

METODOLOGÍA PARA LA INSPECCION MECÁNICA DE TANQUES DE
ALMACENAMIENTO BAJO EL ESTÁNDAR API 653.

GUSTAVO ANDRÉS QUINTERO MORA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA METALURGICA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES
ESPECIALIZACION EN INTEGRIDAD DE EQUIPOS Y DUCTOS
BUCARAMANGA
2017

METODOLOGÍA PARA INSPECCION MECÁNICA DE TANQUES DE
ALMACENAMIENTO BAJO EL ESTÁNDAR API 653.

GUSTAVO ANDRÉS QUINTERO MORA

Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de Especialista
en integridad de equipos y ductos.

Director: Gerardo Santos Santos
Ingeniero Metalúrgico
Magister en Ingeniería Mecánica.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA METALURGICA Y CIENCIA DE LOS MATERIALES
ESPECIALIZACION EN INTEGRIDAD DE EQUIPOS Y DUCTOS
BUCARAMANGA
2017

DEDICATORIA

Esta monografía está dedicada a mi esposa Genny Lorena Reyes, a mi hijo Juan Andrés Quintero, a mis padres y hermanos que me han dado su permanente apoyo durante mi vida profesional.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	20
1. OBJETIVOS.....	21
1.1 OBJETIVO GENERAL	21
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
2. JUSTIFICACION.....	22
3. TIPOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO	23
3.1 GENERAL.....	23
3.2 CLASIFICACION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....	24
3.2.1 Clasificación por tipo de tanques.	24
3.2.2 Clasificación de tanques por tipo de techos.....	24
3.2.2.1 Techos fijos.....	24
3.2.2.2 Techos flotantes.....	27
3.2.3 Clasificación por fondos de tanques	31
3.2.4 Clasificación tanques de almacenamiento de gas licuado refrigerado.....	34
3.2.4.1 Contención simple	34
3.2.4.2 Contención doble	35
3.2.4.3 Contención completa	36
4. RAZONES PARA INSPECCIONAR Y CAUSAS DE DETERIORO	38
4.1. RAZÓN PARA INSPECCIONAR	38
4.2. DETERIORO DE TANQUES	38
5. PLANES DE INSPECCION.....	43
5.1. CONTENIDO GENERAL DE UN PLAN DE INSPECCIÓN.....	43

5.2. ELABORACIÓN DE UN PLAN INSPECCIÓN	44
5.3 PLANES DE INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO (“RBI”).....	45
5.4. FRECUENCIA DE LA INSPECCIÓN.	46
5.5 PLANIFICACIÓN DE LA INSPECCIÓN BASADA EN CONDICIÓN Y ESPESOR MÍNIMO ACEPTABLE.	49
5.6. EVALUACIÓN “FITNESS FOR SERVICE” (APTITUD PARA EL SERVICIO) 51	
 6. METODOLOGIA DE INSPECCION	53
6.1 PREPARACIÓN ANTES DE REALIZAR INSPECCIONES.....	53
6.2 EQUIPOS BÁSICOS PARA INSPECCIÓN EN TANQUES.....	54
6.3 INSPECCIÓN EXTERNA-TANQUE EN SERVICIO.....	62
6.3.1 Fundación	62
6.3.2 Cuerpo	66
6.3.2.1 Inspección visual externa.....	66
6.3.2.2 Inspección interna (techo flotante)	68
6.3.2.3 Inspección del cuerpo remachado	68
6.3.2.4 Inspección de la viga contra viento (“Windgirder”) tanques de techos flotantes	70
6.3.2.5 Accesorios del cuerpo.....	72
6.3.3. Techo	79
6.3.3.1 Corrosión interna de la lámina de la cubierta.....	79
6.3.3.2 Corrosión externa de la lámina de la cubierta.....	80
6.3.3.3 Drenaje de la cubierta del techo.	80
6.3.3.4. Nivel del techo flotante.....	81
6.3.3.5 Prueba de gases de techos flotantes internos.	81
6.3.3.6 Sistemas de sellos del techo.....	81
6.3.3.7 Accesorios del techo	84
6.3.4 Pasamanos, plataformas y escaleras	87
6.3.4.1 Plataforma y barandas	87
6.3.4.2 Estructura de la plataforma	89

6.3.4.3 Escalera de gato	91
6.3.4.4 Escalera rodante	92
6.4 General – tanque fuera de servicio.	96
6.4.1 General	96
6.4.2 Fondo - superficie interior	99
6.4.3 Techo - superficie interior.....	107
6.4.3.1 General	107
6.4.3.2 Estructura de soporte del techo fijo.....	108
6.4.3.3 Techo fijo – accesorios	109
6.4.4. Techo flotante	111
6.4.4.1 Cubierta del techo	111
6.4.4.2 Pontones del techo flotante.....	112
6.4.4.3 Aberturas en el techo flotante	113
6.4.4.4Soportes del techo flotante	114
6.4.4.5 Conjunto del sello del techo flotante	117
6.4.4.6 Accesorios del techo flotante	118
6.4.5 Accesorios comunes del tanque.	122
6.4.5.1 Pozo de medición	122
6.4.5.2. Sistema de muestreo, escotilla de muestreo en el techo	124
6.4.5.3 Difusores.....	125
7. CONCLUSIONES	127
8. RECOMENDACIONES	128
BIBLIOGRAFIA	129
ANEXOS	130

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Clasificación detallada de tanques de almacenamiento.	23
Figura 2. Techo fijo tipo cónico.	25
Figura 3. Techo fijo tipo sombrilla	26
Figura 4. Techo fijo tipo domo de aluminio	26
Figura 5. Techo fijo tipo domo de acero al carbono	27
Figura 6. Techo flotante externo con pontones.....	28
Figura 7. Techo flotante externo doble cubierta.....	28
Figura 8. “Pan roof”	29
Figura 9. Corte transversal techos flotantes	29
Figura 10. Partes internas de un techo flotante interno	31
Figura 11. Fondo plano.....	32
Figura 12. Fondo cónico hacia arriba.....	32
Figura 13. Fondo cónico hacia abajo	33
Figura 14. Fondo con inclinación única.....	34
Figura 15. Tanque pared simple	35
Figura 16. Tanque pared simple	35
Figura 17. Tanque pared doble.....	36
Figura 18. Tanque pared doble.....	36
Figura 19. Tanque pared doble.....	37
Figura 20. No se presenta sello flexible entre pestaña y anillo de concreto.	39
Figura 21. Grieta en costura vertical del cuerpo.	40
Figura 22. Grieta en soldadura anular.	41
Figura 23. Grieta en tanques remachados.....	41
Figura 24. “Yoke” o yugo	54
Figura 25. Kit líquidos penetrantes	54
Figura 26. Equipo medición de aislamiento	55
Figura 27. Kit visual	55

Figura 28. Cámara vacío “corner” (esquinera) y plana.	56
Figura 29. “Silverwing” (“MFL”) y “handscan”	56
Figura 30. “Crawler”	57
Figura 31. Medidor de espesores de lámina	57
Figura 32. Medidor de espesores de recubrimientos	58
Figura 33.. Equipo de adherencia	58
Figura 34.. Equipo de topografía.....	59
Figura 35.. Equipo de ultrasonido para defectología.....	59
Figura 36. Electrodo de referencia.....	60
Figura 37. Osciloscopio	60
Figura 38.. Neumática para refuerzos.....	61
Figura 39.. Equipo portátil.....	61
Figura 40.. División del tanque en ejes	62
Figura 41.. Deterioro anillo de concreto.	63
Figura 42. Toma de altura del anillo de concreto.	63
Figura 43. Estado de sello.	64
Figura 44. Deterioro de pestaña anular por corrosión.....	64
Figura 45. Drenajes	64
Figura 46. Vegetación dique.	65
Figura 47. Drenajes sin obstrucción.....	65
Figura 48. Asentamiento tanque	66
Figura 49. Toma de puestas a tierra del tanque.	66
Figura 50. Daño en recubrimiento, desprendimiento.	67
Figura 51.. “Pitting” en tanques por falta de recubrimiento.	67
Figura 52.. Inspección platina anular	68
Figura 53.. Detalle cuerpo interno techo flotante.	68
Figura 54. Fuga en remaches	69
Figura 55.. Fuga en remaches	69
Figura 56. Corrosión en Remaches	69
Figura 57. Eficiencia de junta tanques remachados.	70

Figura 58. Viga corta viento	71
Figura 59.. Estado soldadura corta viento	71
Figura 60. Soporte soldado directamente al cuerpo	72
Figura 61.. Inspección visual a manholes.	72
Figura 62. Inspección para doblez de “manhole”	73
Figura 63.. Corrosión en pernos.	73
Figura 64.. Estado aislamiento.....	73
Figura 65.. Espesores de boquillas, ruana, brida.....	74
Figura 66.. “Manifolds” (Estación de tuberías)	74
Figura 67. Componente del sistema contraincendios	75
Figura 68. Tubería anclada al cuerpo del sistema contraincendio	75
Figura 69. Toma muestra.....	76
Figura 70. Termocupla.....	76
Figura 71.. Sistema de medición.....	77
Figura 72.. Mezclador	78
Figura 73.. Presencia de producto en mezclador.....	78
Figura 74.. Líneas eléctricas del mezclador.....	79
Figura 75. Condición lamina de techo interna.....	80
Figura 76. Corrosión lamina de techo externa	80
Figura 77. Acumulación de agua	81
Figura 78. “Rim space”	82
Figura 79. “Seal fabric”	82
Figura 80. Daño en el sello	83
Figura 81. Partes metálicas	83
Figura 82. Daño sello.....	84
Figura 83.. Detalle cobertura.....	84
Figura 84. Detalle cobertura.....	85
Figura 85. Corrosión pernos	85
Figura 86. Pozo de medición	85
Figura 87. Rodillos tubo guía	86

Figura 88. “Rim vents” libre de obstáculos.....	86
Figura 89. Pontón.	87
Figura 90. Presencia de producto.	87
Figura 91. Plataforma	88
Figura 92.. Falla de recubrimiento de la baranda.....	88
Figura 93. Soldadura soporte de baranda	88
Figura 94. Barra de seguridad	89
Figura 95. Pasamanos escalera rodante y plataforma.....	89
Figura 96. Estructura de la plataforma.....	90
Figura 97. Soportes de la estructura al cuerpo	90
Figura 98. Soportes sin platina al cuerpo.....	91
Figura 99. Corrosión escalera de gato	91
Figura 100. Escalera gato soldado directamente al cuerpo	92
Figura 101. Escalera gato al concreto	92
Figura 102. Varillas escalera rodante	93
Figura 103. Peldaño desalineado	93
Figura 104. Parte móviles	94
Figura 105. Fricción ruedas	94
Figura 106. Soporte de las ruedas.....	95
Figura 107. Angulo escalera rodante	95
Figura 108. Medición de atmosferas explosivas	96
Figura 109. Limpieza de tanques.....	96
Figura 110. Sin aislamiento de línea.....	97
Figura 111. Con aislamiento de línea	97
Figura 112. Soportes del techo flotante.	97
Figura 113. Posición de mantenimiento.....	98
Figura 114. Escalera en malas condiciones	98
Figura 115. Mejorar limpieza lamina anular	99
Figura 116. Rectificador.....	99
Figura 117. Galga para “pitting”	100

Figura 118. Falta de refuerzo.....	100
Figura 119. Limpieza unión casco-fondo	101
Figura 120. Partículas fluorescentes.....	101
Figura 121. Lamina de borde	101
Figura 122. Sumidero	102
Figura 123. Inspección sumidero	102
Figura 124. Plano parches fondo	103
Figura 125. Inspección cámara de vacío plana	103
Figura 126. Inspección por ultrasonido	104
Figura 127. Soporte sin refuerzo.....	104
Figura 128. Soporte mal instalado	105
Figura 129. Deformación de las guías de restricción.	105
Figura 130. Ampollamientos de recubrimiento.....	106
Figura 131. Soldadura unión cuerpo-fondo deteriorada.....	106
Figura 132. Topografía redondez y verticalidad.....	107
Figura 133. Condición techo interior.	107
Figura 134. Corrosión venteo.....	110
Figura 135. Malla	110
Figura 136. Válvula “P/V”	111
Figura 137. Rejilla de la válvula “P/V”	111
Figura 138. Válvula abierta	112
Figura 139. Pontón	112
Figura 140. Presencia de producto	113
Figura 141. Cuello de ganso de pontón	113
Figura 142. Corrosión en abertura externa del manhole de techo.	114
Figura 143. Soldadura de abertura de techo.	114
Figura 144. Muesca parte inferior.	115
Figura 145. Pasador	115
Figura 146. Falta de verticalidad de las patas.	115
Figura 147. Arriostramiento de pata.....	116

Figura 148. Grieta en refuerzo de pata.	116
Figura 149. Cuello manhole.....	118
Figura 150. Corrosión lado pernos.....	119
Figura 151. Venteo del anillo	119
Figura 152. Malla de protección.....	119
Figura 153. Drenaje de techo.....	120
Figura 154. Drenaje de emergencia.....	120
Figura 155. Mesa de medición.....	125
Figura 156. Difusores.....	125
Figura 157. Interior difusor	126
Figura 158. Soporte difusor	126

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. PROCEDIMIENTO.....	130
ANEXO B. DIAGRAMA DE INSPECCION.....	144

GLOSARIO

- **Alteración:** cualquier trabajo en el tanque que implique cambios físicos en configuración o dimensiones.
- **Inspector autorizado:** Persona quien ha sido calificada y certificada bajo los estándares de inspección; el término usado es API STD 653 para referirse a los inspectores certificados y autorizados.
- **Rata de corrosión:** Pérdida total de material en un periodo determinado.
- **Zona crítica del tanque:** Parte del fondo o anillo anular (3”) desde unión casco-fondo hacia el centro.
- **Inspección externa:** Es una inspección visual, conducida o supervisada por un inspector certificado para asegurar la integridad del tanque sin suspender su servicio.
- **“Fitness for service”:** metodología mediante la cual se evalúan defectos contenidos dentro de una estructura para determinar la adecuación de la estructura con defectos para un servicio continuo sin fallo inminente.
- **Inspección interna:** Inspección completa, supervisada por un inspector autorizado con acceso a todas las superficies internas del tanque.
- **Lado producto:** lado del fondo del tanque que está en contacto con el producto almacenado.

- **Reparación:** trabajo necesarios para mantener o restaurar las condiciones para operación segura.
- **Lado suelo:** Parte del fondo que está en contacto con la tierra u otro material de contacto.
- **Ensayos no destructivos:** (también llamado END, o en inglés NDT de non destructive testing) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales.

RESUMEN

TITULO: METODOLOGÍA PARA INSPECCION MECÁNICA DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO BAJO EL ESTÁNDAR API 653*

AUTOR: GUSTAVO ANDRES QUINTERO MORA

PALABRAS CLAVES: Tanques de almacenamiento API 650, inspección reparación y mantenimiento de tanques API 653, Inspector autorizado y certificado, ensayos no destructivos, END.

DESCRIPCION:

Esta monografía está enfocada a realizar un paso a paso para la inspección de tanques de almacenamientos sobre tierra basados en el estándar API STD 653 quinta edición noviembre 2014, con el objetivo de no dar por pasado ningún ensayo, cálculo y análisis que afecten la aptitud de servicio de estos.

El planteamiento se basa en facilitar una metodología organizada a los inspectores autorizados y certificados API 653, tomando como base la lista de chequeo para tanques en servicio y fuera de servicio con información recolectada en el transcurso de las inspecciones en campo, los lineamientos para definir las inspecciones necesarias requeridas por el estándar API 653 y un procedimiento de inspecciones que permita facilitar la implementación de las diferentes etapas de ejecución.

Se describen los tipos de tanques de almacenamiento que existen en la industria, el porqué de realizar las inspecciones y su planteamiento, por lo cual se realiza una metodología acorde a los mecanismos de daños encontrados en los tanques de almacenamiento.

Esta monografía dejara abiertas las opciones para estudios adicionales en inspección basada en riesgos por API 580 y análisis por elementos finitos de acuerdo a API 579 para tanques de almacenamiento con el fin de determinar la integridad mecánica de estos. Se dejara a criterio del personal la realización de formatos o software que ayuden a las inspecciones en tanques de almacenamiento con compatibilidad en SAP u otros.

* Monografía de grado

** Facultad de Ingeniería Fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales Especialización en Integridad de Equipos Y Ductos Director: Gerardo Santos Santos Ingeniero Metalúrgico. Magister en Ingeniería Mecánica.

ABSTRACT

TITLE: METHODOLOGY FOR MECHANICAL INSPECTION OF STORAGE TANKS UNDER API 653*

AUTHORS: GUSTAVO ANDRES QUINTERO MORA**

KEY WORDS: storage tanks, inspection reparation and maintenance of API STD 653 tanks, certified inspector, Nondestructive testing.

DESCRIPTION:

The current work is focused on conducting a step for the inspection of aboveground storage tanks under the standard API STD 653 fifth edition, November 2014, with the aim of not finally giving any assay, calculation and analysis that affect the suitability of Service of these.

The establishment is based on providing an organized methodology to authorized inspectors and API 653 certified, based on the check list for in-service and out-of-service tanks with the information collected during field inspections, guidelines for define necessary inspections required by the standard API 653 and an inspection procedure that allows the implementation of the different stages of execution.

It describes the types of storage tanks that exist in the industry, why to carry out the inspections and the approach, so it makes a methodology according to the damage mechanisms found in the storage tanks.

This monograph includes options for additional studies and risk-based inspection by API 580 and finite element analysis according to API 579 for storage tanks in order to determine the mechanical integrity of these. This monograph will leave open the options for further studies on risk-based inspection by API 580 and finite element analysis according to API 579 for storage tanks in order to determine the mechanical integrity of these. It will be left to the discretion of the personnel to make formats or software that will assist inspections in storage tanks with compatibility in SAP or others.

* Degree monograph

** Faculty of Physicochemical Engineering. School of Metallurgical Engineering and Materials Science Specialization in Integrity of Equipment and Pipelines Director: Gerardo Santos Santos Metallurgical Engineer. Magister in Mechanical Engineering.

INTRODUCCION

En la actualidad el almacenaje de hidrocarburos y sus derivados son conservados en tanques de almacenamientos construidos en su mayoría bajo API 650 y su predecesor API 12C, estos tanques pueden presentar fugas ya sean por corrosión, reparaciones inadecuadas, facilidades en mal estado, una mala operación por parte del dueño del tanque, entre otros, estas fugas de hidrocarburos conllevan a las empresas a sufrir pérdidas económicas grandes. Por este motivo se recomienda realizar inspecciones mecánicas bajo el estándar API 653, la cual dan las pautas necesarias para garantizar que nuestros activos estén dentro de la aceptabilidad para seguir en servicio durante el tiempo de operación.

El estándar API STD 653 detalla una serie de inspecciones por ensayos no destructivos con los cuales se realizaran los cálculos y análisis de aptitud para el servicio de los tanques de almacenamiento. Estos ensayos no destructivos deben ser realizados por personal calificado y certificado, lo cual debe ser documentado. Entre los ensayos más conocidos están, la inspección del fondo o piso del tanque por medio de la técnica MFL (perdida por flujo magnético), medición de espesores (de cuerpo, fondo o piso, accesorios, techo, entre otros), inspección por topografía (verticalidad, redondez, asentamientos), inspección visual API STD 653 por parte de un inspector certificado y autorizado, inspección de recubrimientos, inspección del funcionamiento de la protección catódica, inspección de soldaduras por cámara de vacío, entre otros.

Esta monografía está enfocada a suministrar un paso a paso para la inspección de tanques de almacenamiento sobre tierra o aéreos basados en el estándar API 653, con el objetivo de no obviar ningún ensayo, cálculo y análisis que puedan comprometer la integridad del tanque o puedan afectar la aptitud de servicio de estos.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer una metodología para la inspección mecánica de tanques de almacenamiento bajo el estándar API 653.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mencionar bajo el estándar API 653, “Tank inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction, Fifth edition, November” 2014, los lineamientos para definir las inspecciones necesarias y requeridas por el estándar API 653.
- Registrar en la actualidad la tecnología para los diferentes ensayos no destructivos disponibles que ayudan al inspector certificado y autorizado API STD 653 para analizar la integridad mecánica en los tanques de almacenamiento.
- Definir un procedimiento de inspecciones que permita facilitar la implementación de las diferentes etapas de ejecución.

2. JUSTIFICACION

Esta monografía es una guía de apoyo para que los inspectores API STD 653 no omitan inspecciones por desconocimiento del estándar API 653, o por no tener un procedimiento adecuado que faciliten las inspecciones de tanques de almacenamiento; este procedimiento documentado, quedara a disposición de los inspectores certificados y autorizados API 653, operadores o personal encargado de inspecciones esporádicas de sus activos.

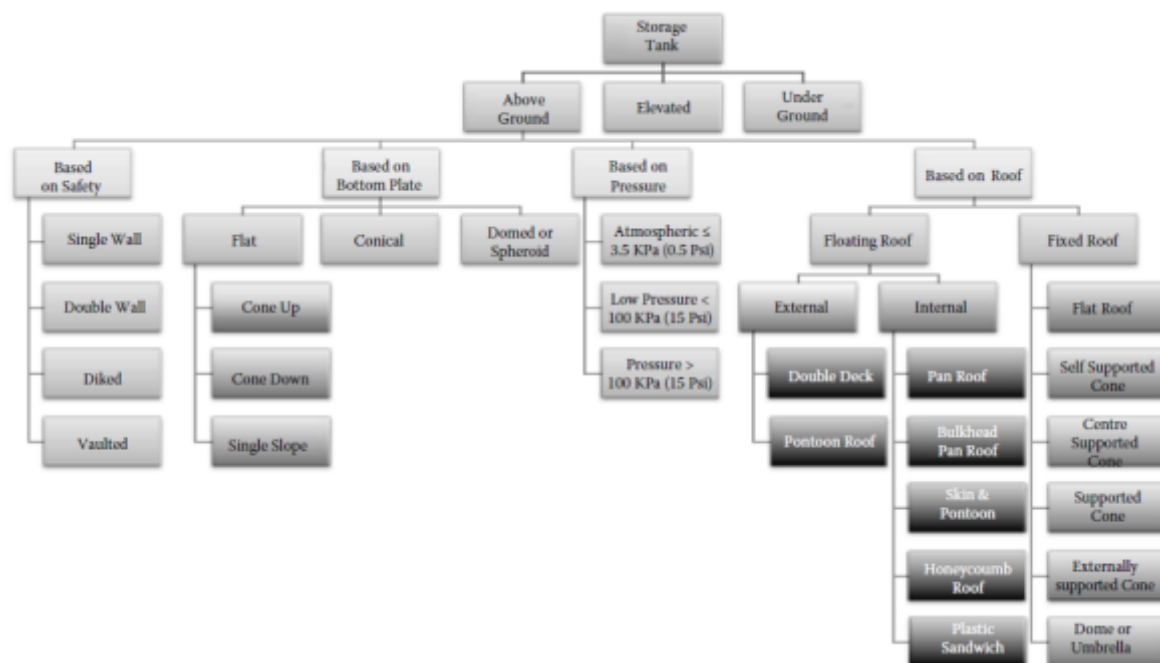
Con el trabajo se pueden presentar procedimientos y desarrollar software que puedan mejorar las inspecciones en campo por parte de los inspectores certificados y autorizados API 653.

3. TIPOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

3.1 GENERAL

Los tanques de almacenamientos son utilizados para almacenar fluidos como crudos, productos intermedios y refinados, gas, químicos, agua, productos mixtos entre otros. Los tanques dependiendo de factores como temperatura, presión y volatilidad se construyen de diversos tipos, tamaños y materiales de construcción. En esta monografía se tendrá en cuenta los tanques sobre tierra (“Aboveground”) y con presión atmosférica menor a 2.5 lbf/in^2 (18 kPa)¹. En la figura 1 se observa una clasificación de los tanques de almacenamiento.

Figura 1. Clasificación detallada de tanques de almacenamiento.



Fuente: Aboveground storage tanks. Editorial CRC Press.2015. Sunil Pullarcot

¹Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed. April 2014, 4 p.

3.2 CLASIFICACION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO².

3.2.1 Clasificación por tipo de tanques.

- **Tanques atmosféricos.** Son tanques que operan a una presión interna ligeramente superior a la atmosférica, hasta una presión de $\frac{1}{2}$ psi. Esta monografía está basada en este tipo de tanques.
- **Tanques presión baja.** Son tanques que operan en su zona de gas o vapor a una presión mayor a los tanques atmosféricos, que exceden 2.5 lbf/in^2 permitido por API 650 pero no exceden los 15 lbf/in^2 . Generalmente construidos en acero al carbono o aleaciones normalmente soldados o remachado.
- **Tanques presurizados.** Son tanques que operan por encima de los 15 lbf/in^2 ; normalmente se conocen como recipientes a presión.

3.2.2 Clasificación de tanques por tipo de techos³.

3.2.2.1 Techos fijos. El techo más común en tanques atmosféricos, son los techos cónicos los cuales pueden tener un diámetro hasta de 300ft (91.5m) y 64 ft (19.5m) de altura como se muestra en la figura 2. Normalmente están soportados por vigas estructurales internas, vigas y columnas, pero pueden ser totalmente auto-soportado para diámetros pequeños, como se muestra en la figura 3.

²MYERS, Philip, Aboveground storage tanks. First edition. USA.: McGraw-Hill, 1997. 11 p

³Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed. April 2014, 8 p.

Figura 2. Techo fijo tipo cónico.



Fuente: Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed.
April 2014, 8 p.

- La **ventaja** de los techos fijos cónicos auto soportados son: construcciones mínimas internas, relativamente económico, adecuado para protección por recubrimiento interno. Sus **desventajas** son: puede requerir láminas pesadas para la cubierta de los techos, y solo adecuado para tanques pequeños.
- La **ventaja** de los techos cónicos soportados son: diseño estructural simple, mínimas construcciones internas, relativamente económico adecuado para diferentes diámetros de tanques. Sus **desventajas** son: poco ideal para protección por recubrimiento interno, diámetro del tanque limitado por las vigas internas, dificulta las inspecciones.
- Otro tipo de techo fijo es el tipo sombrilla y techo tipo domo geodésico. El primero son laminas radialmente arqueadas normalmente sin columnas de soporte como se observa en la figura 3. El domo geodésico normalmente está construido de aluminio como se observa en la figura 4. Sin embargo existen domos geodésicos en acero al carbono que están contruidos con láminas curvadas de esta manera ser auto-soportados como se observa en la figura 5.

Figura 3. Techo fijo tipo sombrilla



Fuente: Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed.
April 2014, 8 p.

- La **ventaja** del techo fijo tipo sombrilla son: excelente diseño para recubrimientos internos, excelente diseño para servicios con alta tasa de corrosión por ejemplo el contenido de sulfuros. Sus **desventajas** son: es más costoso que un techo cónico, adecuado para tanques pequeños y medianos. No adecuado para presiones altas de vapor al menos que tenga sistema de recuperación de este, no es frangible.

Figura 4. Techo fijo tipo domo de aluminio



Fuente: Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed.
April 2014, 9 p.

Techo domo geodésico de aluminio son similares a los techos tipo sombrilla excepto que su superficie es más cercana a una esfera que las secciones segmentadas del techo tipo sombrilla. Ofrecen una resistencia a la corrosión.

Figura 5. Techo fijo tipo domo de acero al carbono



Fuente: Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed.

Abril 2014, 9 p.

3.2.2.2 Techos flotantes. Otro tipo de techo común en tanques de almacenamiento atmosféricos son los techos flotantes. Están diseñados para minimizar el llenado y pérdidas por evaporación o minimizar el espacio de vapor por encima del nivel del líquido almacenado. El cuerpo y el fondo son similares a los tanques de techo fijo, pero el techo flotante está diseñado para flotar sobre la superficie del producto almacenado.

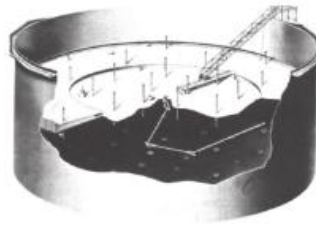
Se presentan dos subdivisiones: techos flotantes externos y techos flotantes internos.

Techo flotantes externos

- **Techo con pontones.** Es un tipo de techo común para rangos de 10 m a 30 m de diámetro. Este techo es una simplemente una plataforma de acero con un compartimiento anular que proporciona flotabilidad⁴.

⁴PULLARCOT, Sunil, Aboveground storage tanks. First edition. USA.: Taylor & Francis Group, LLC, 2015. 6 p

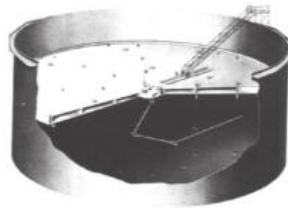
Figura 6. Techo flotante externo con pontones



Fuente: Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed.
Abril 2014, 10 p.

- **Techo con doble cubierta.** Estos tanques están contruidos para diámetros mayores de 30m (100ft). Estos son muy fuertes y duraderos por la doble cubierta, es adecuado para tanques de gran diámetro. Como se observa en la figura 7.

Figura 7. Techo flotante externo doble cubierta



Fuente: Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed.
Abril 2014, 10 p.

Sus ventajas son: fácil de aislar de ser necesarios, estructura fuerte, adecuada para altas presiones de vapor, se puede reparar sus pontones en servicio, excelente flotabilidad. Sus desventajas son: costoso para pontones de 20' y hasta 170' de diámetro, pérdida de capacidad del tanque debido a la altura de francobordo requerida.

- **“Pan roof”.** Están contruidos por una simple hoja de discos en el borde para tener flotabilidad. Estos techos son propensos a hundimiento debido a una pequeña fuga. Se encuentran prohibidos para su uso de acuerdo a API 650 Apéndice C.

Figura 8. "Pan roof"



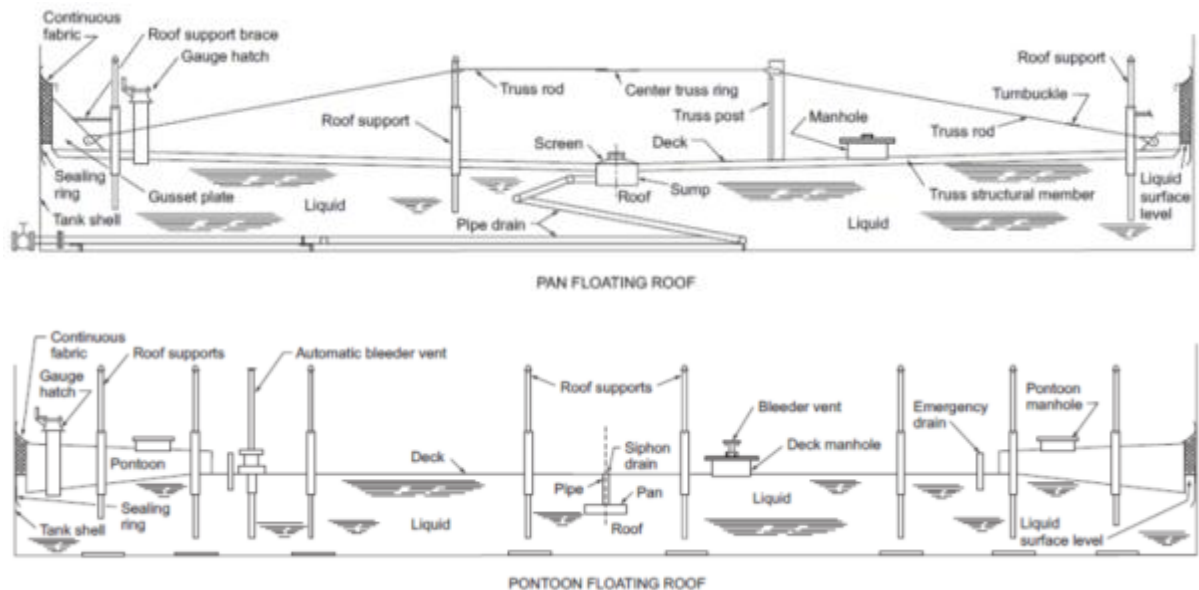
Fuente: Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed.

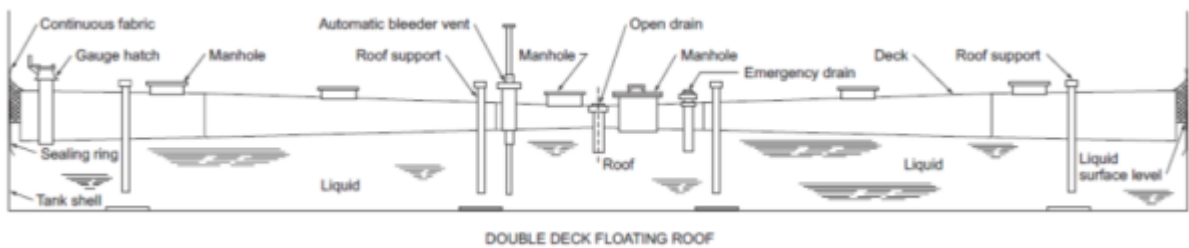
Abril 2014, 10 p.

Su ventaja es el bajo costo. Sus desventajas es vulnerable a hundimiento, peligro de incendio, por eso ya no es recomendable.

Corte transversal de las partes más importantes en techos flotantes externos.

Figura 9. Corte transversal techos flotantes





Fuente: Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed.
 April 2014, 11 p.

Techo flotantes internos⁵.

- **Techos metálicos flotantes internos.** Este tipo de techo tiene un borde periférico por encima del líquido para flotabilidad. Están en pleno contacto con el producto y por lo general se construyen en acero.

- **Techo metálico flotante interno con pontones.** Tiene compartimientos en la periferia del tanque cerrados para flotabilidad. Estos techos están en pleno contacto con el producto y normalmente contruidos en acero.

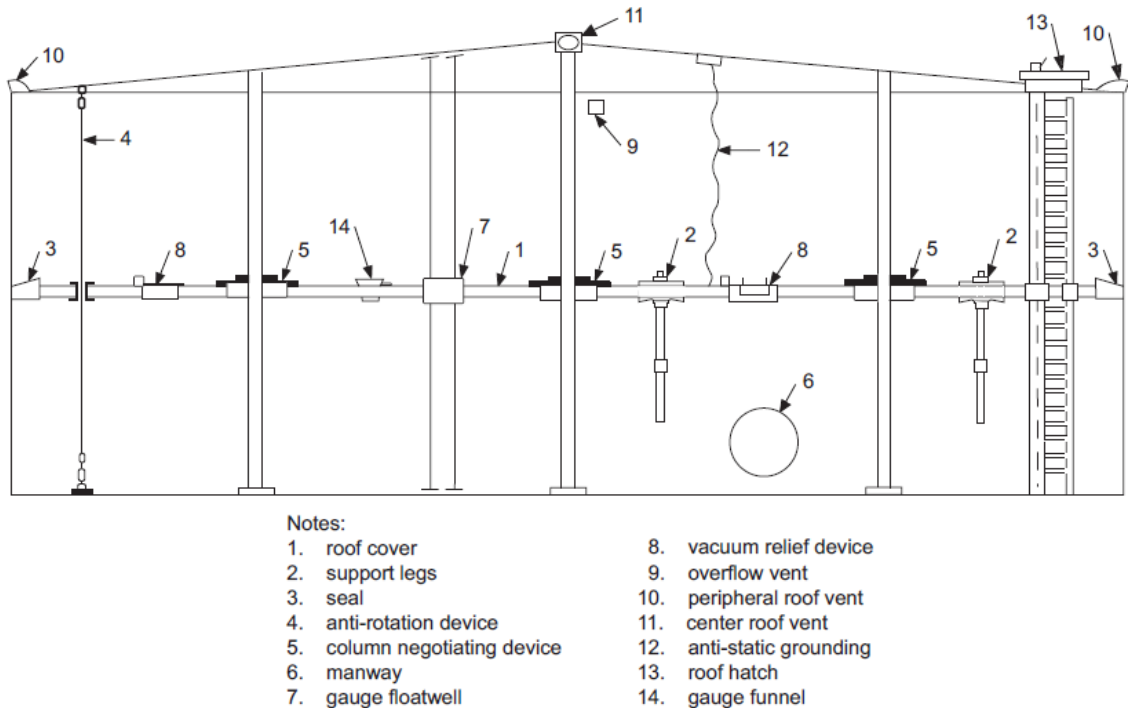
- **Techo metálico flotante interno doble cubierta con pontones.** Tiene compartimientos distribuidos cerrados para flotabilidad. Estos techos están en pleno contacto con el producto y normalmente contruidos en acero.

- **Techos flotantes internos metálicos sobre flotadores.** Estos techos tienen su cubierta por encima del líquido, con el apoyo de compartimientos cerrados pontón para la flotabilidad. Estas cubiertas de techo no están en pleno contacto con la superficie del líquido y por lo general están contruidos con aleaciones de aluminio o acero inoxidable.

⁵MYERS, Philip, Aboveground storage tanks. First edition.USA.: McGraw-Hill, 1997. 20 p

Componentes típicos de techos flotantes internos.

Figura 10. Partes internas de un techo flotante interno



Fuente: Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed.

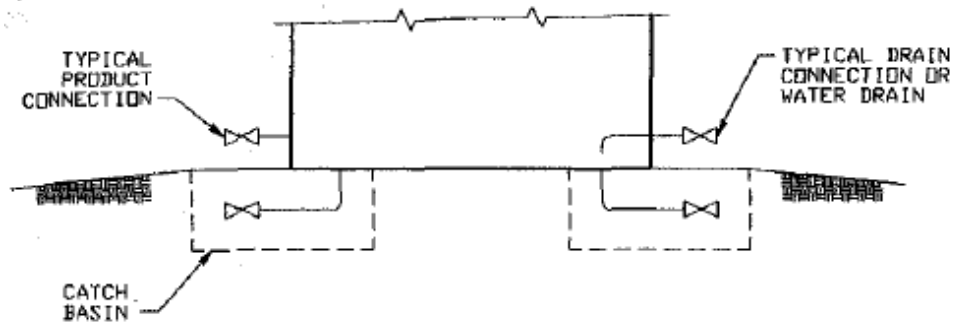
Abril 2014, 15 p.

3.2.3 Clasificación por fondos de tanques⁶.

- **Fondo plano.** Para los tanques de 6 m hasta 10 m (20 a 30 ft) de diámetro; incluir una pequeña pendiente no proporciona beneficio y por lo tanto se permite un fondo plano. Son económicos de fabricar e instalar. Difíciles de drenar debido a los puntos bajos causados por el asentamiento de bases y deformaciones de las placas de fondo.

⁶MYERS, Philip, Aboveground storage tanks. First edition. USA.: McGraw-Hill, 1997. 21 p

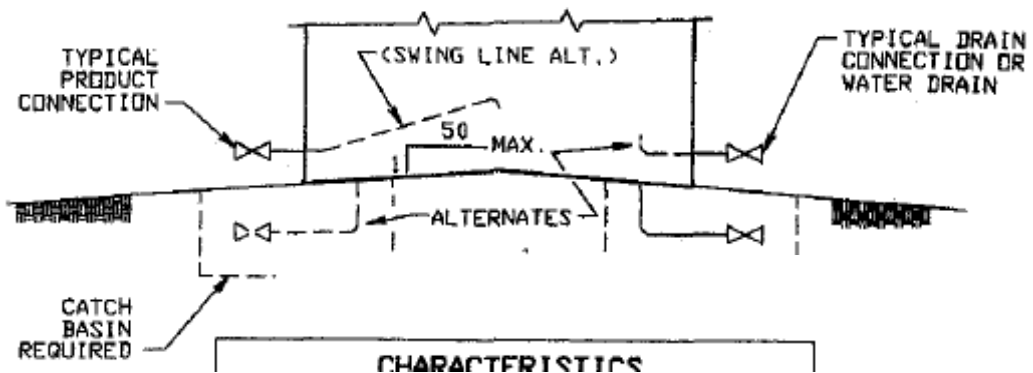
Figura 11. Fondo plano.



Fuente: MYERS, Philip, Aboveground storage tanks. First edition. USA.: McGraw-Hill, 1997. 16 p.

- **Fondo cónico hacia arriba.** Tiene un punto alto y una pendiente de aproximadamente 25 mm a 50 mm por 3m de diámetro. Esto se logra por diseño de la fundación y la construcción. El agua se dirige hacia el borde por lo cual el tanque puede ser drenado por completo lo cual es una ventaja con respecto a los fondos planos o cónicos hacia adentro, adecuado para almacenar productos con gravedad específica más altas que el agua, fáciles de construir. Sin embargo son tanques de menor capacidad de almacenamiento que los cónicos hacia abajo y no drena bien la periferia del tanque.

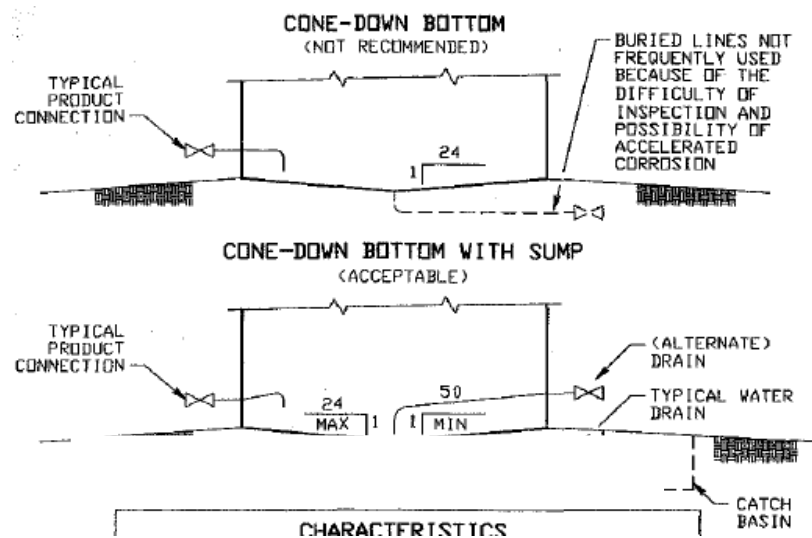
Figura 12. Fondo cónico hacia arriba



Fuente: MYERS, Philip, Aboveground storage tanks. First edition. USA.: McGraw-Hill, 1997. 17 p.

- **Fondo cónico hacia abajo.** Tiene un punto bajo en el centro del tanque. Tiene un sumidero el cual tiene su tubería de drenaje. Aunque es muy eficaz para la eliminación de agua de los tanques, este diseño es inherentemente más complejo, ya que requiere un sumidero, tuberías subterráneas, y un colector de aceite externo fuera del tanque. También es especialmente propenso a problemas de corrosión si no se presta muy meticulosa atención al diseño y los detalles de construcción, tales como la tolerancia de corrosión y revestimientos o protección catódica. Como se observa en la figura 13.

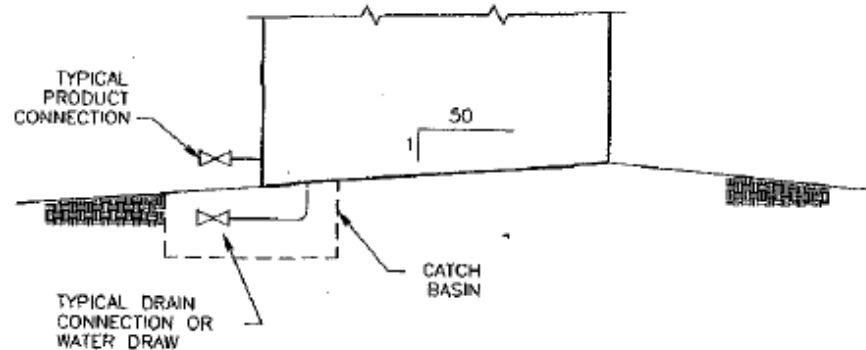
Figura 13. Fondo cónico hacia abajo



Fuente: MYERS, Philip, Aboveground storage tanks. First edition. USA.: McGraw-Hill, 1997. 18 p.

- **Fondo con pendiente única.** Este diseño utiliza una parte inferior plana, pero está inclinada ligeramente hacia un lado. Esto permite el drenaje a ser dirigida al punto más bajo en el perímetro, donde puede ser recogida de manera eficaz. Dado que no hay un aumento constante en todo el diámetro del tanque, la diferencia en elevación de un lado a otro puede ser bastante grande. Por lo tanto, este diseño se limita generalmente a aproximadamente 30 m (100 ft). Sus costos son altos con respecto a los anteriores por diseño y construcción.

Figura 14. Fondo con inclinación única.



Fuente: MYERS, Philip, Aboveground storage tanks. First edition. USA.: McGraw-Hill, 1997. 19 p.

3.2.4 Clasificación tanques de almacenamiento de gas licuado refrigerado⁷.

API 625, Sección 5, define y describe varios conceptos de almacenamiento para sistemas de tanques de gas licuados refrigerados. Estos incluyen conceptos de contención simples, dobles, y full contención. Algunos de estos conceptos se describen brevemente a continuación.

3.2.4.1 Contención simple. Este sistema incorpora un recipiente para los líquidos y un recipiente para el vapor. Hay varias variantes al concepto de contención único tales como los siguientes.

- **Pared simple.** Estos tanques generalmente son cilíndricos con una orientación vertical u horizontal. Los tanques horizontales son soportados por silletas, ocupan más espacios que los tanques verticales pero tienen la ventaja que en caso de fuga se pueden evidenciar. El agua puede ser fácilmente drenada. Ver figura 15.

⁷Tank Systems for Refrigerated Liquefied Gas Storage. API Standard 625, 1 ed. Addendum 2 November 2014. Section 5, 5-1.

Figura 15. Tanque pared simple

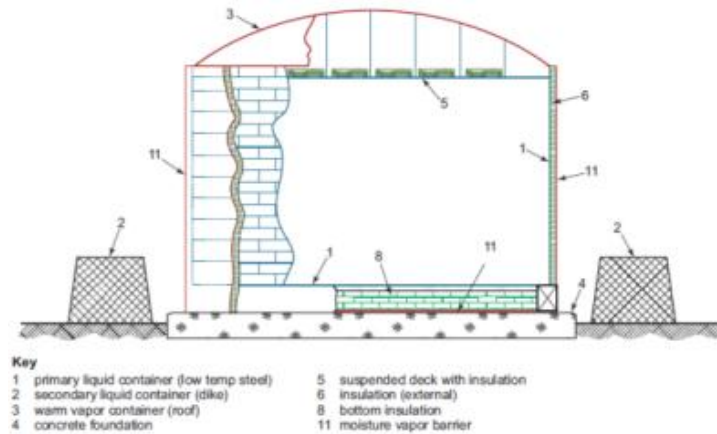


Figure 5.1—Single Containment Tank System
Single Wall with Steel Primary Container and Suspended Insulation Deck

Fuente: Tank Systems for Refrigerated Liquefied Gas Storage. API Standard 625, 1 ed. Addendum
2 November 2014. 20 p.

Figura 16. Tanque pared simple

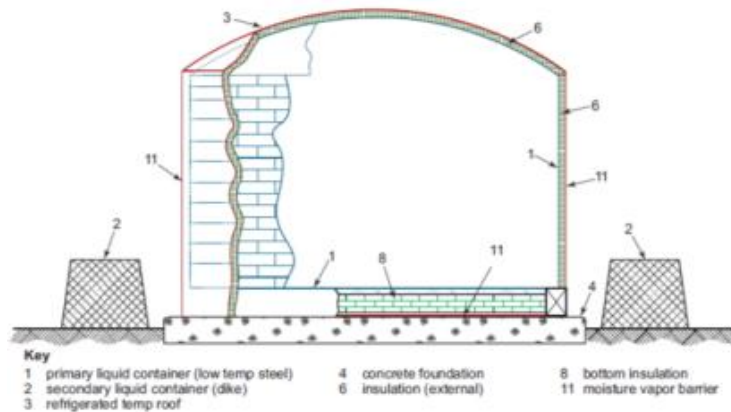


Figure 5.2—Single Containment Tank System
Single Wall with Steel Primary Container and External Insulation

Fuente: Tank Systems for Refrigerated Liquefied Gas Storage. API Standard 625, 1 ed. Addendum
2 November 2014. 20 p.

3.2.4.2 Contención doble. Estos han llegado a ser comunes tanto para aplicaciones sobre tierra y subterráneos, desde el tanque exterior puede contener una fuga en el tanque interior y también sirve como medio de detección de fugas. Estos por lo general son tanques cilíndricos con cualquier orientación vertical u horizontal.

Figura 17. Tanque pared doble

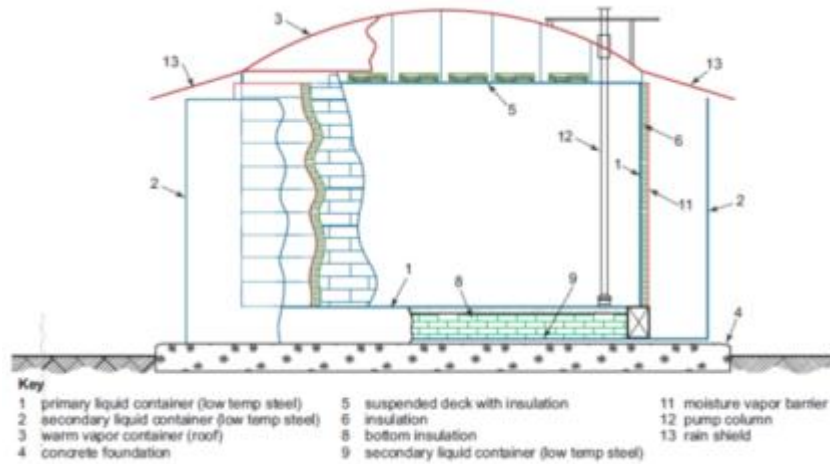


Figure 5.5—Double Containment Tank System
Steel Primary Container and Steel Secondary Container

Fuente: Tank Systems for Refrigerated Liquefied Gas Storage. API Standard 625, 1 ed. Addendum
2 November 2014. 22 p.

Figura 18. Tanque pared doble

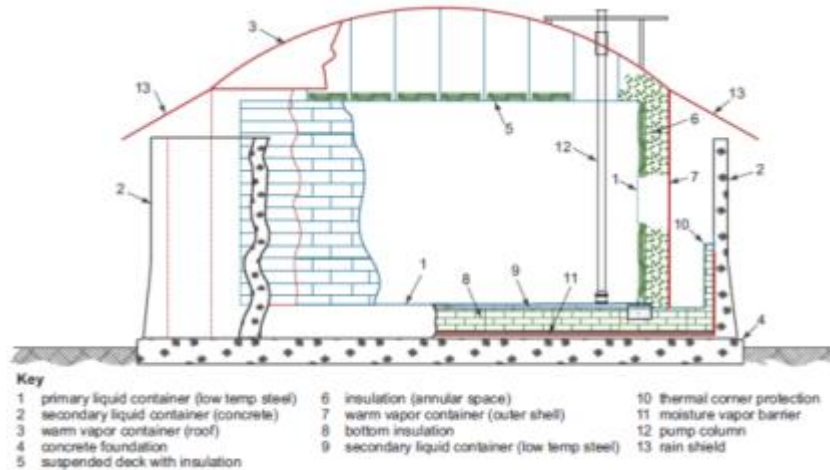


Figure 5.6—Double Containment Tank System
Steel Primary Container, Steel Vapor Container, and Concrete Secondary Container

Fuente: Tank Systems for Refrigerated Liquefied Gas Storage. API Standard 625, 1 ed. Addendum
2 November 2014. 22 p.

3.2.4.3 Contención completa. Un interior (acero de baja temperatura o de hormigón) que contiene el líquido frío rodeado por un tanque de contención secundaria de acero o de hormigón que contiene el líquido filtrado y proporciona

una liberación controlada de vapor. Existen varios tipos pero no serán tenidos en cuenta para esta monografía.

Figura 19. Tanque pared doble

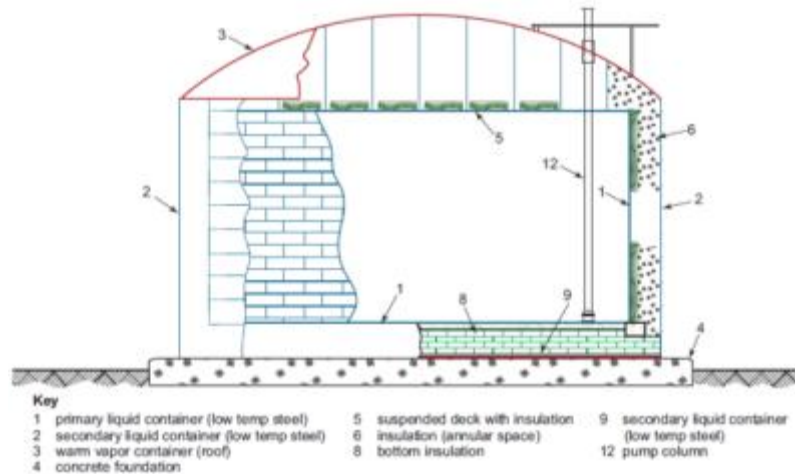


Figure 5.7—Full Containment Tank System
Steel Primary Container, Steel Secondary Container, and Steel Roof

Fuente: Tank Systems for Refrigerated Liquefied Gas Storage. API Standard 625, 1 ed. Addendum
2 November 2014. 22 p.

4. RAZONES PARA INSPECCIONAR Y CAUSAS DE DETERIORO⁸

4.1. RAZÓN PARA INSPECCIONAR.

La razón básica para inspeccionar es determinar la condición física actual, del tanque, poder conocer el tipo y rata de corrosión, el mecanismo que causa el deterioro de sus partes, si se presenta ovalamiento del cuerpo o asentamiento diferencial, pérdida de redondez, grietas en sus materiales, malfuncionamiento de los equipos de alivio de presión o control, entre otros. La información y datos obtenidos de inspecciones contribuyen a la planeación de futuras inspecciones, reparaciones, reemplazos e historial para inspecciones basados en riesgos (“RBI”).

4.2. DETERIORO DE TANQUES.

La corrosión es la causa principal en el deterioro de los tanques y sus accesorios, si no se chequea, la corrosión esta puede avanzar progresivamente y puede ocasionar un daño para las personas, el medio ambiente, daños a la propiedad y altos costos económicos.

Existen diferentes tipos de tanques contruidos de materiales distintos, ejemplo de madera, de acero inoxidable, aluminio, concreto y diferente tipo de aleaciones cada uno para propósitos especiales y mecanismos de daños diferentes que pueden ser revisados en la API 571. Los tanques deberían ser inspeccionados para detectar fugas actuales o inminentes que puedan ocasionar daño a las personas, ambiente o infraestructura.

Los tipos de corrosión que pueden presentarse en los tanques son:

⁸Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks.API RP 575, 3 ed. April 2014, 21 p.

- **La corrosión atmosférica**, puede afectar los tanques y sus componentes auxiliares externamente sino se protegen con un recubrimiento. Un ejemplo son los tanques cerca al ambiente marino, estos deberán estar protegidos por recubrimientos que lo protejan de lo contrario su tasa de corrosión es demasiado alta.

- **La corrosión externa**, en los fondos de los tanques puede ser significativa. La fundación civil deberá estar construida con materiales que no creen focos de corrosión ya que el tanque esta estará soportado sobre ésta. Por ejemplo la presencia de madera, grava o arcilla pueden causar corrosión por picadura (“pitting”) en donde esté presente alguno de estos contaminantes. Un mal drenaje puede causar que el agua se acumule y genere corrosión generalizada. Los tanques soportados en anillos de concreto que no tengan sello flexible entre la lámina del tanque y el anillo de concreto puede generar filtración de agua y generar corrosión, figura 20.

Figura 20. No se presenta sello flexible entre pestaña y anillo de concreto.



Fuente: El autor.

- **La corrosión interna**, depende del material con el que fue construido y por el tipo de producto que maneja. Los tanques principalmente presenta corrosión en sus paredes internas del cuerpo en el espacio que existe entre el producto y el techo, este es causado por vapores de agua, sulfuro de hidrogeno, oxigeno o la

combinación de estos. En la secciones donde el producto está en contacto con la lámina del tanque interna presenta corrosión por las sales acidas, sulfuro de hidrogeno u otro componente de sulfuros, acumulación de agua o sedimentos.

Otros tipos de defectos encontrados:

- **La fractura frágil.** Puede ocurrir en los tanques de almacenamiento por ese motivo es ideal realizar una evaluación para reducir el riesgo por fallo de fractura frágil de acuerdo a API STD 653 Sección 5.3.
- **Las grietas.** Son posiblemente ocasionadas por un mal diseño, fabricación y mantenimiento, suele presentarse en unión cuerpo-fondo, alrededor de las boquillas como manholes, alrededor de agujeros de los pernos o en las cabezas de estos y costuras soldadas. Pueden ser debidas a un mal procedimiento de alivio de tensiones o ausencia de este.

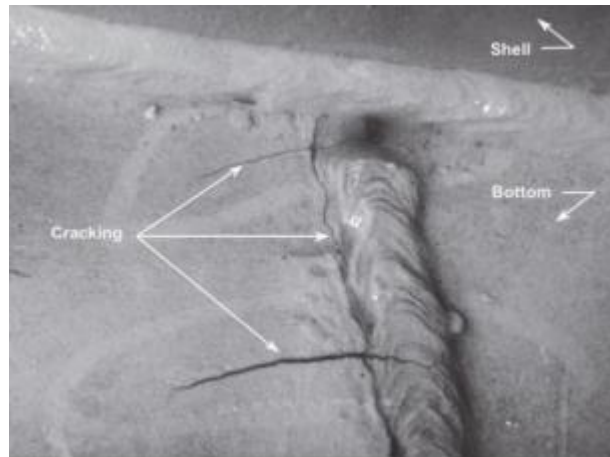
Figura 21. Grieta en costura vertical del cuerpo.



Fuente: Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed.

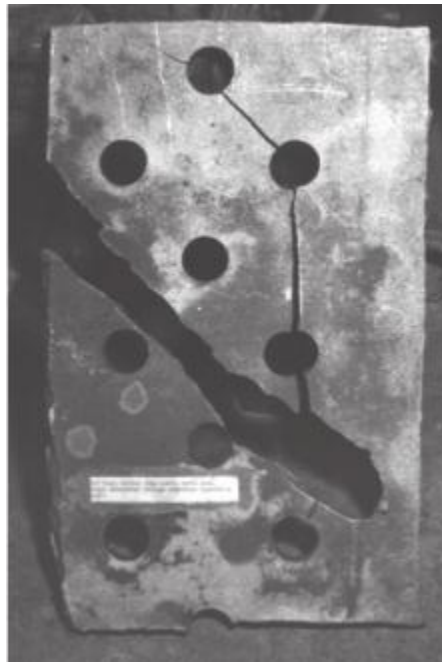
Abril 2014,33 p

Figura 22. Grieta en soldadura anular.



Fuente: Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed.
April 2014, 34 p

Figura 23. Grieta en tanques remachados.



Fuente: Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed.
April 2014, 34 p

- **El asentamiento** de un tanque debido a movimientos de tierras puede provocar un daño mecánico. Un asentamiento uniforme no necesariamente causa un daño

estructural o no se consideraría grave. Pero asentamientos graves pueden causar que las boquillas y tuberías sufran estrés y se presenten grietas. El asentamiento en los tanques de almacenamiento causa que los techos flotantes no trabajen de la manera adecuada.

- **Falla válvula de presión y vacío.** pueden fallar por presencia de material o residuos, corrosión en las partes móviles, depósito de material fecal por insectos o pájaros, presencia de hielo, acumulación de material abrasivo, presencia de pintura en la ventilación, manipulación por personal no autorizado.

Sin embargo son muchos los mecanismos de daños q se pueden presentar en los tanques de almacenamientos en toda su vida útil de trabajo. Por eso es recomendable realizar las inspecciones en los tiempos establecidos y así minimizar los riesgos de falla.

5. PLANES DE INSPECCION⁹

5.1. CONTENIDO GENERAL DE UN PLAN DE INSPECCIÓN

Un plan de inspección deberá contener las tareas de inspección, el alcance de la inspección, el tiempo requerido para monitorear mecanismos de daños y asegurar la integridad mecánica del tanque. El plan típicamente será:

- Definir el tipo de inspección (Interna o externa).
- Identificar los intervalos de próximas inspecciones y fecha para cada tipo de inspección.
- Describir los ensayos no destructivos e inspecciones.
- Describir la extensión y localización de los ensayos no destructivos.
- Describir el tipo de limpieza y preparación de los sectores a inspeccionar.
- Describir los requisitos para de cualquier ensayo por presiones o de estanqueidad necesaria, tipo de prueba y duración.
- Describir las reparaciones necesarias.

Otros detalles incluidos son:

- Describir anticipadamente los mecanismos de daños que pueden originarse.
- Definir la localización del daño.
- Definir los requerimientos para un acceso especial.

Todas estas inspecciones los propietarios deberán mantener hojas de cálculos, copias duras. El uso de software también es muy útil.

⁹Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed. April 2014, 27 p.

5.2. ELABORACIÓN DE UN PLAN INSPECCIÓN.

A menudo se desarrolla un plan de inspección a través del trabajo colaborativo del inspector, ingeniero, especialista en corrosión y personal de operaciones. Deben considerar varias informaciones tales como los rangos de temperaturas de funcionamiento, los niveles de contaminantes corrosivos, el material de construcción, el diseño y la configuración del tanque, los cambios de servicio desde la última inspección y el historial de inspección / mantenimiento. Además, se pueden consultar otras fuentes de información, incluidas las publicaciones de la API y de la NACE, para obtener experiencia en la industria con servicios similares.

Toda esta información proporciona una base para definir los tipos de daños y localizaciones para su ocurrencia. El conocimiento de las capacidades y limitaciones de las técnicas de “NDE” permite la elección apropiada de las técnicas de examen para identificar mecanismos particulares de daño en lugares específicos. La comunicación continua con el personal de operación cuando se producen cambios en el proceso y / o trastornos que podrían afectar los mecanismos de daños y las tasas son fundamentales para mantener un plan de inspección actualizado.

Para tanques los planes de inspección deberán abordar lo siguiente:

- Lugar de inspección.
- Requerimientos de acceso (andamios u otros)
- Tipo de ensayo a usar.
- Limpieza del tanque.
- Especificar la preparación de la superficie.
- Requerimientos de acceso.
- Remoción de aislamiento.
- Consideración de inspección de techo y acceso.

- Venteos.
- Aseguramiento de la fundación
- Componentes del sello de los techos.
- Protección catódica.
- Recubrimientos.
- Entre otros.

5.3 PLANES DE INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO (“RBI”).

- La Inspección basada en riesgo “RBI” se puede utilizar para determinar los intervalos de inspección, el tipo y la extensión de la inspección y exámenes futuros. API 580 detalla la evaluación sistemática tanto de la probabilidad de falla como de la consecuencia de la falla para el establecimiento de planes de “RBI”. El estándar API STD 653 describe los requisitos y limitaciones para realizar una evaluación del “RBI” para un tanque de almacenamiento. Además, los requisitos reglamentarios en la jurisdicción aplicable deben ser considerados para determinar la aceptabilidad de usar “RBI” para la planificación de la inspección y la programación.

- La identificación y evaluación de posibles mecanismos de daño, la condición del tanque actual y la efectividad de las inspecciones pasadas son pasos importantes para evaluar la probabilidad de una falla del tanque. La evaluación de probabilidad debería considerar todas las formas de degradación que razonablemente se podría esperar que afecten a los tanques en cualquier servicio en particular. Ejemplos de estos mecanismos de degradación incluyen: pérdidas de metal internas o externas por una forma identificada de corrosión (localizada o general), todas las formas de agrietamiento, incluyendo el agrietamiento por corrosión por tensión (“SCC”) (desde las superficies interiores o exteriores de un tanque) y cualquier Otras formas de degradación metalúrgica, corrosión o mecánica, tales como fatiga, fragilización, fluencia, entre otros.

- Después de realizar una evaluación de “RBI”, los resultados se pueden utilizar para establecer el plan de inspección y definir mejor lo siguiente:

- Los métodos, herramientas y técnicas de inspección de ensayos no destructivos más apropiados.
- La extensión de los ensayos no destructivos (por ejemplo, el porcentaje o la ubicación de la superficie del tanque a examinar);
- El intervalo de inspecciones internas, externas y en curso;
- Las medidas de prevención y mitigación para reducir la probabilidad y la consecuencia de una falla (por ejemplo, reparaciones, procedimientos operativos, protección catódica, recubrimientos, etc.).

5.4. FRECUENCIA DE LA INSPECCIÓN.

El API STD 653 proporciona criterios para la inspección y la programación basadas en condiciones de los tanques utilizando resultados de inspección visual interna y externa y datos de varias técnicas de ensayos no destructivos. API STD 653 también reconoce el uso de metodologías alternativas de inspección. Por ejemplo, la inspección robótica es una aproximación posible para realizar una evaluación del fondo del tanque y otros componentes internos sin entrada del personal. La aplicación de procedimientos de inspección basados en el riesgo (“RBI”) para determinar intervalos de inspección puede resultar en intervalos de inspección más largos o más cortos.

Aunque las inspecciones se programan normalmente en intervalos que van desde un mes a 20 años o más, algunas circunstancias justifican una acción inmediata para mitigar el potencial de peligros inminentes. Por ejemplo, los agujeros pasantes en el espacio líquido-vapor del tanque pueden presentar peligros inmediatos. Estos orificios pueden liberar vapores inflamables, causando incidentes graves. Incluso sin una liberación de vapor sustancial, el espacio de

vapor dentro del tanque puede potencialmente ser encendido por el trabajo caliente cercano, rayos u otras causas, dando lugar a incidentes muy graves. Los orificios en los tanques deben ser abordados inmediatamente o el tanque debe ser retirado de servicio y los orificios reparados.

Las inspecciones visuales en servicio deben realizarse con mayor frecuencia para la detección temprana de cambios o deficiencias, y deben realizarse en tanques cubiertos por el API 653. Las inspecciones en servicio deben incluir la comprobación de la corrosión, fugas, asentamiento, distorsión y estado de la cimentación, sistemas de aislamiento y sistemas de pintura. Las observaciones, especialmente de un cambio en la condición, deben ser documentadas e informadas a personal cualificado, tal como un especialista en tanques, para una evaluación y evaluación adicionales. Por ejemplo, las indicaciones de la liquidación pueden provocar un análisis formal de la liquidación y / o un programa de supervisión estructurado. El intervalo de una inspección en servicio debe basarse en la experiencia, el riesgo y debe ser determinado por alguien conocedor del tanque y su funcionamiento. En ningún caso el intervalo de inspecciones visuales en servicio debe ser inferior al prescrito por API 653.

Después de eventos climáticos severos tales como vientos fuertes, lluvia fuerte o rayos, es deseable comprobar los componentes potencialmente afectados. Estos componentes incluyen, pero no se limitan a:

- Los techos flotantes externos por cargas excesivas de agua;
- El deterioro de la fundación;
- La cubierta flotante externa y los sellos para observar si han sido dañados;
- Evidencia de deformación del cuerpo debido a una carga excesiva.

Después de eventos sísmicos significativos, el tanque, el techo flotante y la tubería del tanque asociado deben ser inspeccionados cuidadosamente. Si se detecta una

fuga durante una inspección en servicio, un especialista en tanques debe investigar para determinar si la fuga es causada por corrosión interna o externa o alguna otra condición que puede corregirse mientras el tanque permanece en servicio. Si la fuga no puede ser corregida con el tanque en servicio, los pasos correctivos deben ser tomados tan pronto como sea posible.

Otro aspecto de la inspección que es crítico para las operaciones seguras es la inspección de los techos flotantes. En el servicio de líquido inflamable, el techo flotante es crítico para reducir el potencial de incendios de tanques y / o explosiones. El pontón anular de acero o los techos flotantes de doble cubierta son eficaces para este propósito. Para los techos flotantes internos, los compartimientos deben ser verificados, cuando hay una inspección fuera de servicio, para posibles fugas en los pontones. Para los techos flotantes externos, los compartimientos deben ser inspeccionados para detectar fugas siempre que haya una inspección interna y externa.

El API 650 fomenta la protección contra fugas en el fondo de nuevos tanques, incluyendo el uso de sistemas de barrera contra la liberación, protección catódica, pruebas de fugas, etc. Existen varias tecnologías o enfoques de detección de fugas diferentes, tales como:

- Métodos de detección de fugas volumétricas / masivas;
- Métodos de detección de fugas por emisiones acústicas;
- Métodos de detección de fugas de monitoreo del suelo;
- Métodos de detección de fugas de control de inventario.

Cuando sea aplicable, los inspectores deben intentar coordinar inspecciones mientras los tanques están fuera de servicio para asuntos operacionales. Esta programación a menudo requiere el conocimiento de los intervalos de inspección internos, los horarios de operación y la experiencia de operación para el tanque o

tanques involucrados. Los intervalos de inspección internos también pueden basarse en la experiencia y el riesgo, según lo determinado por alguien que conozca el (los) tanque (s) y su funcionamiento. En ningún caso la frecuencia de estas inspecciones será inferior a la prescrita en el API 653. Esta coordinación requiere el conocimiento de los intervalos de inspección internos y la experiencia operativa de los tanques involucrados.

Para minimizar el costo y reducir la generación de desechos, se debe hacer todo lo posible por considerar completar todo el mantenimiento necesario cuando los tanques están fuera de servicio para su inspección.

5.5 PLANIFICACIÓN DE LA INSPECCIÓN BASADA EN CONDICIÓN Y ESPESOR MÍNIMO ACEPTABLE.

Para determinar si un tanque es apto para servicio se pueden evaluar los datos de las inspecciones y los límites de corrosión aceptables. Para el adelgazamiento, se puede establecer la vida útil restante del componente del tanque (por ejemplo, el fondo, el casco o el cuello de la boquilla) utilizando el espesor actual, la velocidad de corrosión medida estimada y el espesor mínimo aceptable. Las siguientes ecuaciones:

$$\text{Vida remanente (años): } \frac{t_{\text{actual}} - t_{\text{mínimo}}}{\text{rata de corrosión}} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Dónde:

- t_{actual} : es el espesor medido en el momento de la inspección para un equipo para determinar el espesor mínimo aceptable (mm) o (in).
- $t_{\text{mínimo}}$: es el espesor mínimo aceptable para un equipo (mm) o (in).

Rata de corrosión: $\frac{t_{previo} - t_{actual}}{\text{tiempo entre } t_{previo} \text{ y } t_{actual}}$, En pulgadas o mm por año.

Ecuación 2

Dónde:

- t previo: es el espesor en la misma ubicación donde se mide el espesor actual en un equipo, en (mm) o (in).

El espesor mínimo aceptable es determinado por **API STD 653** sección 4. Sin embargo el espesor mínimo aceptable depende de los análisis realizados por el ingeniero de tanques o especialista de acuerdo al tipo de corrosión presente en la inspección.

En caso de presentarse un espesor mínimo aceptable este puede comprometer la integridad del tanque por lo cual se deben tomar medidas. Se deberá siempre conocer los espesores mínimos para cada tanque y los métodos utilizados para su cálculo.

El espesor mínimo aceptable se calcula para soportar la carga del producto, más cualquier presión interna (o externa) en el tanque, más una tolerancia de diseño. Los métodos para determinar el espesor de los componentes en los nuevos tanques de almacenamiento se dan en las normas o códigos a los que se construyó el tanque. Los tanques nuevos construidos bajo API STD 650 y superiores pueden tener un espesor de lámina de acuerdo a la gravedad específica del producto a almacenar o de acuerdo a la prueba hidrostática el que resulte mayor.

La presión ejercida por el producto almacenado es mayor en el fondo y primer anillo por ese motivo pueden ser de mayor espesor y disminuye hacia arriba del cuerpo del tanque, estos datos deben ser verificados por cálculos.

Normalmente los tanques se diseñan con una gravedad específica deseada, básicamente se diseñan con agua, sin embargo un producto con gravedad específica menor el diseño puede estar sobredimensionado, para una gravedad específica mayor a la de agua, se deberá reconsiderar nuevos cálculos para espesores de cuerpo nuevos.

Las partes incluyen pontones, líneas de oscilación, sistemas de drenaje de techo flotante, boquillas, válvulas y elementos estructurales secundarios. Los soportes de techo, vigas de viento, plataformas y escaleras están cubiertos por las reglas API STD 650 para tanques de almacenamiento atmosférico y API 620 para tanques de baja presión. Para elementos estructurales y partes, como soportes de techo y plataformas, se puede usar la práctica normal aceptada para el diseño estructural (como los métodos proporcionados en el Manual de Construcción de Acero del Instituto Americano de Construcción de Acero) para calcular las cargas permisibles de miembros en la nueva condición.

5.6. EVALUACIÓN “FITNESS FOR SERVICE” (APTITUD PARA EL SERVICIO)

Entre otros tipos de equipos de refinación, los tanques de almacenamiento sobretierra pueden ser evaluados para determinar la aptitud para el servicio continuo. API 579 proporciona criterios de evaluación de la aptitud para el servicio (“FFS”) para tanques basados en lo que se sabe o se puede determinar sobre el tanque de varias inspecciones. “FFS” se ocupa principalmente de la evaluación de defectos y defectos tales como corrosión, picaduras, fisuras como grietas, laminaciones y distorsiones que pueden afectar la vida útil restante. Los criterios específicos para la evaluación de defectos o fallas en los tanques también se proporcionan en el Anexo A, Sección A.6, de la API 579. Existen 3 niveles de evaluación.

Nivel 1: Esta es una evaluación básica que puede ser realizada por inspectores o ingenieros de planta adecuadamente entrenados. Una evaluación de nivel 1 puede implicar cálculos manuales sencillos.

Nivel 2: Este nivel de evaluación es más complejo que el Nivel 1, y debe ser realizado solamente por ingenieros entrenados en el estándar API / “ASME FFS”. La mayoría de los cálculos de nivel 2 se pueden realizar con una hoja de cálculo.

Nivel 3: Este es el nivel de evaluación más avanzado, que debe ser realizado sólo por ingenieros con un alto nivel de experiencia y experiencia. Una evaluación de nivel 3 puede incluir simulación por computadora, como análisis de elementos finitos (“FEA”) o dinámica de fluidos computacional (“CFD”).

6. METODOLOGIA DE INSPECCION

6.1 PREPARACIÓN ANTES DE REALIZAR INSPECCIONES.

Antes de ingresar o reingresar a un tanque se deberá tomar todas las precauciones necesarias de seguridad, están discutidas en API 2015 y 2016. Estas son algunas recomendaciones pero no está limitada a:

- Remover gases peligrosos.
- Reducir gases pirofóricos o residuos tóxicos.
- Aislar toda fuente de fluidos tóxicos o generadores de gas por desconexión y/o aislamiento.
- Asegurar que la atmosfera contenga el suficiente oxígeno para espacios confinados (29 CFR part 1910.146).
- Aseguramiento techos fijos y flotantes.

Un tanque con una adecuada preparación de limpieza y seguridad es un tanque el cual tendrá una adecuada inspección. Los métodos de limpieza dependerán del tipo de sedimentos, escamas, productos sólidos o cualquier material extraño que esté presente que puedan interferir en la inspección. Tanque de almacenamiento con productos limpios, puede ser suficiente un lavado con solo agua, pero atendiendo principalmente las soldaduras y zonas donde se requiera buena atención.

Se debe realizar una inspección visual a las vigas, soportes, columnas que puedan caerse y lesione a cualquier persona. El techo flotante no debe contener agua que pueda producir un colapso del techo y pueda afectar al personal que realizará la inspección. Todo el ingreso deberá ser desde la puerta de acceso u otra destinada para este propósito. Todos los equipos y herramientas deberán ser chequeados antes de iniciar la inspección para asegurar su buen funcionamiento.

6.2 EQUIPOS BÁSICOS PARA INSPECCIÓN EN TANQUES.

- Equipo de partículas magnéticas: Para inspección de soldaduras y/o donde requiera el inspector autorizado API 653, especialmente utilizado en la unión casco-fondo, sumideros y parches.

Figura 24. “Yoke” o yugo



Fuente: <http://magnaflux.com/Magnaflux/Products/Magnetic-Particle-Inspection/Equipment/Y-7.htm>

- Equipo de líquidos penetrantes: Para inspección de soldaduras y/o donde requiera el inspector autorizado API 653, especialmente utilizado en la unión casco-fondo, sumideros, parches y refuerzos.

Figura 25.. Kit líquidos penetrantes



Fuente:

[http://mx.magnaflux.com/Productos/Inspecci%C3%B3nporL%C3%ADquidosPenetrantes/Spotcheck%C2%AE\(Visible\)/Equiposdeinspecci%C3%B3nporpenetrantes/SK816Kit/tabid/1679/Default.aspx](http://mx.magnaflux.com/Productos/Inspecci%C3%B3nporL%C3%ADquidosPenetrantes/Spotcheck%C2%AE(Visible)/Equiposdeinspecci%C3%B3nporpenetrantes/SK816Kit/tabid/1679/Default.aspx)

- “Megger” equipo para medir aislamientos: Utilizado para medir aislamientos entre boquillas del cuerpo y boquillas de válvulas.

Figura 26. Equipo medición de aislamiento



Fuente: <http://es.megger.com/medidor-de-resistencia-de-aislamiento-de-5-kv-mit515>

- Kit visual: Equipo esencial para los inspectores autorizados Api 653, para personal que realiza los ensayos no destructivos con el objetivo de dimensionar defectología encontrada durante las inspecciones.

Figura 27.. Kit visual



Fuente: http://www.galgage.com/measuring_tool_kits.html

- Cámaras de vacío: Se usa con solución jabonosa para soldaduras de fondo, unión casco-fondo, y techo, con el objetivo de evidenciar poros pasantes.

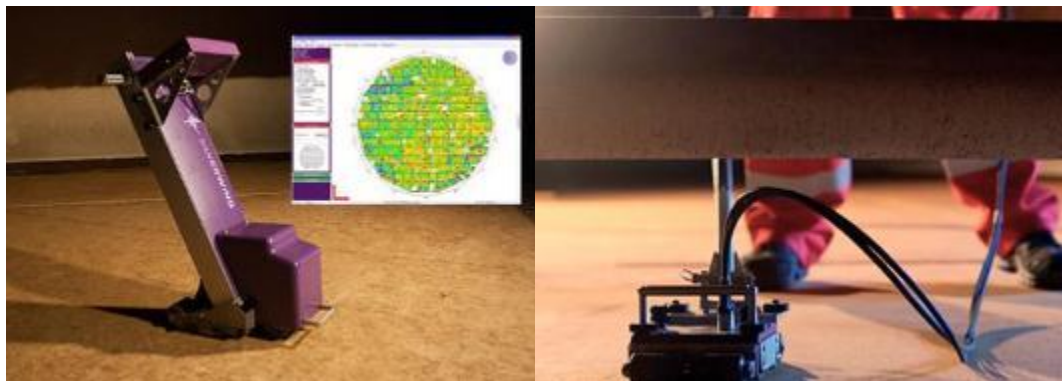
Figura 28. Cámara vacío “corner” (esquinera) y plana.



Fuente: <http://www.silverwingndt.com/vacuum-box/vac-box-weld-inpsection>

- Equipo de “MFL” (pérdida por flujo magnético) y “handscan” (MFL pequeño): Son dos equipos esenciales y muy complementarios para la inspección API 653, con el objetivo de encontrar corrosión en el fondo de tanques ya sea por el lado producto o lado suelo.

Figura 29. “Silverwing” (“MFL”) y “handscan”.



Fuente: <http://www.silverwingndt.com/magnetic-flux-leakage/floormap3di-mfl-tank-floor-scanner>

- Medidor de espesores de cuerpo “Crawler”: se usa para medir verticalmente y sin necesidad de trabajo en alturas de personal para tomar espesores de cuerpo los cuales son utilizados para los cálculos de t_{min} .

Figura 30. "Crawler"



Fuente: <http://www.silverwingndt.com/ultrasonic-testing/scorpion-remote-ut-thickness-measurements>

- Medidor de espesores de lámina; Se usan para toma de espesores de fondo, techo, accesorios y tubería, entre otros, con el objetivo de hallar tmin y algún tipo de corrosión.

Figura 31. Medidor de espesores de lámina



Fuente: <http://www.dakotaultrasonics.com/product/corrosion/mv-x/>

- Medidor de espesores de recubrimientos: se usa para determinar el espesor de recubrimiento en el primer anillo del cuerpo, anillos adicionales por las escaleras, fondo, techo, accesorios y tuberías.

Figura 32. Medidor de espesores de recubrimientos



Fuente: <http://www.elcometer.com/es/inspeccion-revestimientos/espesor-de-pelcula-seca/digital/medidor-de-espesor-de-revestimientos-elcometer-456.html>

- Equipo de adherencia: Se usa para determinar el estado de adherencia del recubrimiento en cuerpo, fondo y techo.

Figura 33. Equipo de adherencia



Fuente: <http://www.defelsko.com/adhesion-tester/positest-ata.htm>

- Equipo de topografía (Nivel, estación total, plomada, etc): Se utiliza para medir redondez, asentamientos y verticalidad del tanque, adicional para determinar la verticalidad de soportes, columna central y otros.

Figura 34. Equipo de topografía



Fuente: El autor

- Equipo de ultrasonido para defectología: Se requiere para la verificación de defectos encontrados por corrosión en el fondo de tanques, techo o cuerpo, se debe contar con equipos que dejen registro.

Figura 35. Equipo de ultrasonido para defectología.



Fuente: <http://www.olympus-ims.com/es/omniscan-mx2/>

- Equipos para inspección de protección catódica: para los tanques que tengan protección catódica se realizara toma de potenciales “on/off” para determinar la funcionalidad del sistema.

Figura 36. Electrodo de referencia



Fuente: http://www.mcmiller.com/ProductDetails.aspx?item_no=15210

Figura 37. Osciloscopio



Fuente: <http://en-us.fluke.com/products/portable-oscilloscopes/fluke-120b-series-industrial-scopemeter-hand-held-oscilloscopes.html>

- Equipo para prueba neumática: Con este equipo se verifica el estado de los refuerzos o ruanas de las boquillas y asegurar su hermeticidad, cada boquilla deberá tener su testigo ("telltal hole").

Figura 38. Neumática para refuerzos



Fuente: <http://snappipeinspeccion.com/neumatica.html>

- Equipo portátil: En caso de requerirse algún software de inspección en campo por ejemplo para el “silverwing” (“MFL”) se necesitará un equipo portátil adecuado para el trabajo en campo.

Figura 39. Equipo portátil.



Fuente: <http://www.panasonic.com/business/latin-am/toughbook-toughpad/toughbook/toughbook->

31/

El personal que realizará la inspección deberá tener entrenamiento en alturas y espacios confinados, adicionalmente todos los procedimientos para espacios confinados y alturas, procedimiento de rescate.

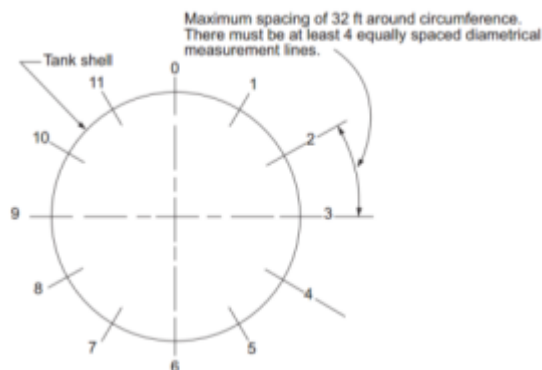
6.3 INSPECCIÓN EXTERNA-TANQUE EN SERVICIO¹⁰.

6.3.1 Fundación. La fundación de los tanques puede estar construida de arenas y/o rellenos, anillo de concreto, asfalto u otros. Las condiciones de estas deberán ser evaluadas de la siguiente manera.

1. De acuerdo al diámetro del tanque se dividirá en ejes, se recomienda los siguientes datos:

- Tanques con diámetros menores a 30 m (4 ejes).
- Tanques con diámetros entre 30 y 76 m (8 ejes).
- Tanques con diámetros mayores a 76 m (12 ejes).

Figura 40. División del tanque en ejes



Fuente: Tank inspection, repair, alteration and reconstruction. API STD 653, 5 ed. Noviembre 2014, B-2 Pág. 98.

2. Se realizará inspección visual y un bosquejo donde se evidencie agrietamiento, erosión, deterioro del concreto ya sea por calcinación, ataque de agua subterránea, ácidos y álcalis.

¹⁰Tank Inspection, repair, alteration and reconstruction. API STD 653, 5 ed. November 2014, Annex C, 115 p.

Figura 41. Deterioro anillo de concreto.



Fuente: Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed.
April 2014, 40 p.

3. Se deberá realizar la toma de la altura del anillo de concreto con respecto al suelo.

Figura 42. Toma de altura del anillo de concreto.



Fuente: El autor.

4. Estas medidas se realizaran en la periferia del anillo de concreto.
5. Se deberá verificar el estado del sellante de la pestaña del tanque con respecto al anillo de concreto esto con el fin de evitar el paso de agua al interior de este que pueda ocasionar algún tipo de corrosión al fondo del tanque.

Figura 43. Estado de sello.



Fuente: <http://khia.belzona.com/en/view.aspx?id=1448>,

Figura 44. Deterioro de pestaña anular por corrosión.



Fuente: el autor

6. Se deberá verificar las aberturas de los drenajes donde se pueda realizar verificación en caso de alguna fuga.

Figura 45. Drenajes

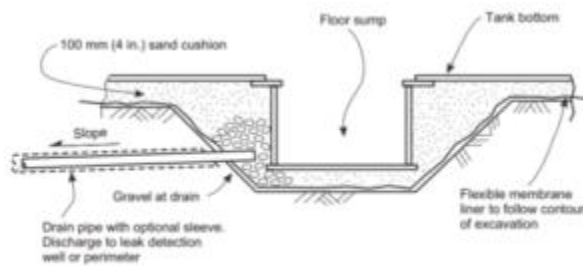


Figure 1.8—Typical Drawoff Sump

Fuente: Welded tanks for oil storage. API Std 650, 12 ed. September 2014, 341 p.

7. Se verificará presencia de vegetación, tanto en el dique como en áreas cercanas al anillo de concreto y pestaña.

Figura 46. Vegetación dique.



Fuente: El autor.

8. Se verificará los drenajes circundantes al tanque y si es posible su operación, que no estén obstruidos por ningún tipo de desecho.

Figura 47. Drenajes sin obstrucción.



Fuente: El autor.

9. Se realizara inspección topográfica para medir el nivel de asentamiento del tanque de acuerdo a API STD 653 Apéndice B.

Figura 48. Asentamiento tanque



Fuente: <http://hghouston.com/our-services/api-storage-tank-services/storage-tank-settlement>

10. Se verificará la puesta tierras de los tanques, esta tierras no excederá su resistencia en 25 ohm.

Figura 49. Toma de puestas a tierra del tanque.



Fuente: El autor.

6.3.2 Cuerpo

6.3.2.1 Inspección visual externa.

1. Se verificará el estado del recubrimiento donde se presente fallas por piel de naranja, desprendimientos, ampollamientos, entizamiento, agrietamiento (“cracking”).

Figura 50. Daño en recubrimiento, desprendimiento.



Fuente: <http://www.atslab.com/tank-inspections/>

2. Se verificará presencia de corrosión por falta de recubrimiento en las láminas.

Figura 51. “Pitting” en tanques por falta de recubrimiento.



Fuente: <http://www.commtank.com/services/commercial/tank-inspection-ma.php>

3. Se verificara la platina anular se inspeccionará cualquier tipo de corrosión y adelgazamiento de la lámina y soldadura.

Figura 52. Inspección platina anular



Fuente: <http://www.uie-solutions.com/higher-order-modes-clusters-tank-annular-plate-inspection/>

6.3.2.2 Inspección interna (techo flotante)

1. Se inspeccionará visualmente para detectar corrosión, fallas estructurales y/o fallas del recubrimiento.

Figura 53. Detalle cuerpo interno techo flotante.



Fuente: El autor

6.3.2.3 Inspección del cuerpo remachado

1. Se realizara inspección externa para los remaches y se evidenciara alguna fuga.

Figura 54. Fuga en remaches



Fuente: El autor

2. Se dejará registro por foto de las fugas presentes.

Figura 55. Fuga en remaches



Fuente: el autor

3. Se inspeccionará los remaches para la perdida de corrosión y desgastes.

Figura 56. Corrosión en Remaches



Fuente:https://www.researchgate.net/publication/228524850_REPAIRING_WORKS_IN_RIVETED_STEEL_TANK_WITH_5000_m_3_CAPACITY

4. Inspeccionar las juntas verticales para ver si han sido soldadas con filetes traslapados completos para incrementar la eficiencia de la junta.

5. Si no existe registro de las juntas verticales remachadas, se dimensionaran el arreglo de los remaches: número de juntas, tamaño del remache y definir si es a tope o traslapada.

Figura 57. Eficiencia de junta tanques remachados.

Table 4.3—Joint Efficiencies for Riveted Joints

Type of Joint	Number of Rivet Rows	Joint Efficiency <i>E</i>
Lap	1	0.45
Lap	2	0.60
Lap	3	0.70
Lap	4	0.75
Butt ^a	2 ^b	0.75
Butt	3 ^b	0.85
Butt	4 ^b	0.90
Butt	5 ^b	0.91
Butt	6 ^b	0.92

^a All butt joints listed have butt straps both inside and outside.
^b Number of row on each side of joint center line.

Fuente: Fuente: Tank inspection, repair, alteration and reconstruction. API STD 653, 5 ed.

Noviembre 2014, Numeral 4.3.4.4 Pág. 25

6.3.2.4 Inspección de la viga contra viento (“Windgirder”) tanques de techos flotantes

1. Se inspeccionará la viga y el pasamano para verificar corrosión, daño estructural, daño del recubrimiento, ampollamientos especialmente en la soldadura.

Figura 58. Viga corta viento



Fuente: El autor

2. Se deberá realizar la verificación de la soldadura para evidenciar picaduras por corrosión, especialmente en la lámina del cuerpo.

Figura 59. Estado soldadura corta viento



Fuente: El autor

3. Se deberá registrar si los soportes tienen láminas de refuerzo adherida al cuerpo.

Figura 60. Soporte soldado directamente al cuerpo



Fuente: El autor

6.3.2.5 Accesorios del cuerpo

“Manholes” (entrada hombre) y boquillas

1. Se deberá inspeccionar visualmente para detectar grietas o fugas en las uniones de la soldadura en las boquillas, “manholes” y refuerzos.

Figura 61. Inspección visual a manholes.



Fuente: El autor

2. Inspeccionar por doblez del cuerpo del tanque en áreas cercanas a las boquillas, debido a la deflexión de la tubería.

Figura 62. Inspección para doblez de “manhole”.



Fuente: El autor

3. Inspeccionar para fugas en el área de los “flanges” y pernos.

Figura 63. Corrosión en pernos.



Fuente: El autor

4. Inspeccionar los sellos del aislamiento alrededor de los “manholes” y boquillas.

Figura 64. Estado aislamiento



Fuente: El autor

5. Revisar los espesores de las bridas, boquillas y ruana.

Figura 65. Espesores de boquillas, ruana, brida.



Fuente: El autor

Cabezales de tuberías del tanque.

1. Inspeccionar los “manifolds” en la tubería, “flanges” y válvulas para verificar fugas.

Figura 66. “Manifolds” (Estación de tuberías)



Fuente: <http://www.doyonemerald.com/our-projects/pipelines-terminals/tankage-pipelines-terminals/>

2. Inspeccionar los componentes del sistema de prevención de fuegos

Figura 67. Componente del sistema contraincendios



Fuente: El autor

3. Chequear la tubería que está anclada al tanque que puedan ser peligrosas para este en caso de un movimiento telúrico.

Figura 68. Tubería anclada al cuerpo del sistema contraincendio



Fuente: El autor

4. Chequear las conexiones de toma muestra para detectar fugas.

Figura 69. Toma muestra



Fuente: El autor

5. Chequear los indicadores de temperatura para verificar daños.

Figura 70. Termocupla



Fuente: El autor

6. Chequear las soldaduras de los soportes de las tapas montados en el cuerpo para válvulas mayores de 6”.

Sistema de automedición del nivel del tanque.

1. Inspeccionar la guía de medición.
2. Inspeccionar la cabeza del automedidor para verificar si hay daños.

3. Empujar el chequeador en la cabeza del automedidor para verificar el movimiento apropiado de la cinta.
4. Identificar el tamaño y el material de construcción de la guía de la cinta de auto-medición (tanques de techo flotante).

Figura 71. Sistema de medición



Fuente: El autor

5. Comparar el nivel actual del producto con la lectura del equipo automedidor (la variación máxima es de 2 in).
6. En tanques de techo flotante, cuando el techo está en su posición más baja, chequear que no haya más de 2 ft de la cinta expuesta en el extremo de la guía de la misma.
7. Probar la libertad de movimiento del indicador marcador y el flotador.

Estación de muestreo montada en el cuerpo

1. Inspeccionar las líneas de muestreo para verificar el funcionamiento de las válvulas y destaponamiento de líneas, incluyendo la línea de drenaje o retorno al tanque.
2. Probar los brazos y soportes de las líneas y equipos de muestreo

Calentadores (“Manhole” montado en el cuerpo).

1. Inspeccionar los drenajes de condensado para ver si hay presencia de producto, que sería indicación de fugas.

Mezcladores (“Mixer”).

1. Inspeccionar para verificar si el montaje de las bridas y los soportes es correcto.

Figura 72. Mezclador



Fuente: El autor

2. Inspeccionar para verificar si hay fugas.

Figura 73. Presencia de producto en mezclador



Fuente: El autor

3. Inspeccionar la condición de las líneas de potencia eléctrica y las conexiones del mezclador.

Figura 74. Líneas eléctricas del mezclador



Fuente: El autor

Líneas de balanceo: operación del malacate (“Swing lines: winch operation”).

1. No flotantes. Levantar y luego bajar la línea de balanceo con el malacate y chequear el apriete seguro del cable para confirmar que la línea de balanceo baja apropiadamente.
2. Flotantes. Con el tanque lleno hasta la mitad o más, bajar la línea de balanceo luego soltar el cable y chequear si el balanceo ha halado el cable apretado, indicando que el malacate está operando apropiadamente.
3. Indicador. Chequear que el indicador se mueve en la dirección apropiada. Los indicadores de las líneas de balanceo flotantes muestran un nivel bajo a medida que el cable es enrollado hacia arriba en el malacate. Los indicadores de las líneas de balanceo no-flotantes muestran lo opuesto.

6.3.3 Techo

6.3.3.1 Corrosión interna de la lámina de la cubierta

1. Por seguridad, antes de ingresar al techo, chequear con equipo de ultrasonido o con un martillo de bola liviano para probar la lámina de la cubierta del techo cerca del borde para verificar si hay adelgazamiento (La corrosión ataca normalmente primero la lámina de la cubierta en los bordes de los techos fijos y en las vigas de soporte –“rafters”- del centro del techo.

Figura 75. Condición lamina de techo interna



Fuente: El autor

6.3.3.2 Corrosión externa de la lámina de la cubierta

1. Inspeccionar visualmente para verificar si hay falla de la pintura, huecos, picaduras y corrosión por producto en la cubierta del techo.

Figura 76. Corrosión lamina de techo externa



Fuente: El autor

6.3.3.3 Drenaje de la cubierta del techo.

1. Mirar para ver si hay indicaciones de empozamiento de agua (Hundimiento excesivo de la cubierta indica falla posible de las vigas de soporte en techos fijos. Áreas de empozamiento grandes en techos flotantes indican que el diseño de los drenajes es inapropiado o, si están en un solo lado, que el techo está desnivelado con posibles fugas en los pontones).

Figura 77. Acumulación de agua



Fuente: El autor

6.3.3.4. Nivel del techo flotante.

1. En varias localizaciones, medir la distancia desde la lámina de borde (“rim”) a una junta horizontal de soldadura arriba del techo. Una variación en las medidas indica un techo desnivelado con posible falta de redondez o falta de verticalidad del cuerpo, pontones con fugas o con obstáculos. En tanques de diámetros pequeños, una condición de desnivel puede indicar cargas desiguales en ese nivel.

6.3.3.5 Prueba de gases de techos flotantes internos.

1. Hacer medición es para prueba de gas explosivo en la parte superior del techo flotante interno. Si hay mediciones positivas puede ser indicación de fugas del techo, fugas del sistema de sello o ventilación inadecuada del área por encima del techo flotante interno.

6.3.3.6 Sistemas de sellos del techo.

1. Inspeccionar la condición del sello, medir y registrar el espacio máximo de separación del techo al cuerpo (“rim spaces”) y “gaps” máximas cuerpo-a-sello alrededor de la circunferencia completa, en el nivel de inspección (Nota: inspección del sello y mediciones de los espacios de separación del techo y de las luces cuerpo-a-sello en más de un nivel, puede ser necesario para determinar

completamente si existe cualquier problema en otros niveles de operación del tanque).

Figura 78. “Rim space”



Fuente: El autor

2. Medir y registrar la distancia del espacio anular alrededor del techo en separaciones de 30 ft (mínimo para cuatro cuadrantes). Las mediciones se deberían por parejas en puntos directamente opuestos.

3. Chequear si el textil de sello (“seal fabric”) en las zapatas del sello primaria está empujando las zapatas separándolas del cuerpo (textil de sello con ancho insuficiente).

Figura 79. “Seal fabric”



Fuente: http://www.elsont.com/external_floating_roof_tank_seals

4. Inspeccionar el textil de sello para observar si hay deterioro, huecos, rasgaduras y grietas.

Figura 80. Daño en el sello



Fuente: El autor

5. Inspeccionar las partes metálicas para evidenciar corrosión y desgaste.

Figura 81. Partes metálicas



Fuente: http://www.elsont.com/external_floating_roof_tank_seals

6. Inspeccionar para observar si hay aberturas en el sello que permitan emisión de gases.

Figura 82. Daño sello



Fuente: el autor

7. Inspeccionar para detectar alguna protuberancia de remache o tornillo este desgastando el cuerpo.
8. Empujar el sistema de sello primario y secundario alrededor del cuerpo del tanque para verificar su operación correcta.
9. Inspeccionar los sellos secundarios para ver si hay signos de pandeo o indicaciones de que su ángulo con el cuerpo es muy superficial.

6.3.3.7 Accesorios del techo

Toma muestra

1. Inspeccionar la cobertura

Figura 83. Detalle cobertura



Fuente: El autor

2. Verificar la condición de la junta que sella la cobertura

Figura 84. Detalle cobertura



Fuente: El autor

3. Verificar si hay corrosión.

Figura 85. Corrosión pernos



Fuente: El autor

Pozo de medición.

1. Inspeccionar la parte visible del pozo de medición para detectar defectos.

Figura 86. Pozo de medición



Fuente: El autor

2. Inspeccionar la condición de la guía del techo flotante particularmente la condición de los rodillos en la base.

Figura 87. Rodillos tubo guía



Fuente: El autor

“Rim vents” (Venteo de lámina de borde)

1. Verificar la condición de los filtros contra ingreso de animales e insectos que puedan impedir el funcionamiento adecuado del sistema.

Figura 88. “Rim vents” libre de obstáculos.

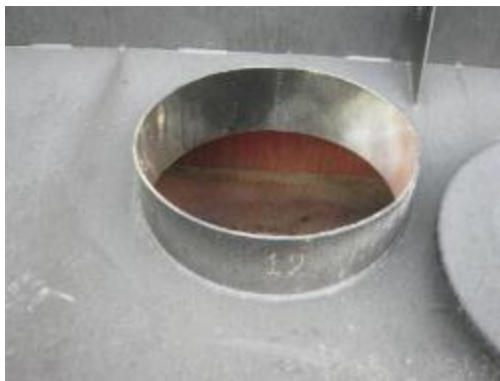


Fuente: El autor

Inspeccionar los pontones.

1. Visualmente detectar presencia de producto dentro del pontón.

Figura 89. Pontón.



Fuente: El autor

Figura 90. Presencia de producto.



Fuente: El autor

2. Probar en el interior del pontón para detectar gases.

6.3.4 Pasamanos, plataformas y escaleras

6.3.4.1 Plataforma y barandas

1. Identificar y reportar el tipo (tubería de acero, tubería galvanizada, tubería cuadrada, ángulo) y tamaño de las barandas.

Figura 91. Plataforma



Fuente: El autor

2. Inspeccionar para verificar si hay corrosión y huecos o falla de la pintura.

Figura 92. Falla de recubrimiento de la baranda



Fuente: El autor

3. Inspeccionar las soldaduras de unión.

Figura 93. Soldadura soporte de baranda



Fuente: El autor

4. Inspeccionar la barra o cadena de seguridad para verificar si hay corrosión si están funcionando y tienen la longitud adecuada.

Figura 94. Barra de seguridad



Fuente: <http://www.fishertank.com/blog/bid/317630/Top-5-Storage-Tank-Repair-Myths>

5. Inspeccionar los pasamanos entre la escalera rodante y la plataforma de medición para verificar si hay huecos peligrosos cuando el techo flotante está en su nivel más bajo.

Figura 95. Pasamanos escalera rodante y plataforma



Fuente: El autor

6.3.4.2 Estructura de la plataforma

1. Inspeccionar la estructura para verificar si hay corrosión o fallas de la pintura.

Figura 96. Estructura de la plataforma



Fuente: El autor

2. Inspeccionar la unión de la estructura a los soportes y de estos al tanque para verificar si hay corrosión y fallas de la soldadura.

Figura 97. Soportes de la estructura al cuerpo



Fuente: El autor

3. Chequear las platinas de refuerzo donde los soportes están unidos al cuerpo o techo.

Figura 98. Soportes sin platina al cuerpo



Fuente: El autor

4. Inspeccionar la superficie donde se apoyan las láminas de la cubierta o la rejilla, para verificar si hay adelgazamiento o huecos.
5. Chequear que las uniones de láminas planas a láminas planas tienen soldadura de sello.

6.3.4.3 Escalera de gato

1. Inspeccionar la escalera de gato para verificar si hay corrosión, fallas de la pintura y fallas de las soldaduras. Inspeccionar las uniones de los peldaños de la escalera.

Figura 99. Corrosión escalera de gato



Fuente: El autor

2. Inspeccionar las soldaduras de unión de los soportes al cuerpo y de las platinas de refuerzo.

Figura 100. Escalera gato soldado directamente al cuerpo



Fuente: El autor

3. Inspeccionar la unión de los soportes de acero al concreto para verificar si hay corrosión.

Figura 101. Escalera gato al concreto



Fuente: El autor

6.3.4.4 Escalera rodante

1. Inspeccionar las varillas (“stringers”) de la escalera para verificar si hay corrosión

Figura 102. Varillas escalera rodante



Fuente: El autor

2. Identificar e inspeccionar los peldaños fijos (barra cuadrada, barra redonda, ángulos) para verificar las soldaduras de unión y si hay corrosión, particularmente donde los ángulos de los peldaños están soldados a las varillas.

Figura 103. Peldaño desalineado



Fuente: El autor

3. Chequear si hay desgaste y corrosión donde la escalera rodante se une a la plataforma de medición.
4. Inspeccionar la barra de pivote para verificar si hay desgaste y si es segura.
5. Inspeccionar la operación de los escalones auto-nivelantes de la escalera.

6. Inspeccionar las partes móviles para verificar si hay corrosión y desgaste.

Figura 104. Parte móviles



Fuente: El autor

7. Inspeccionar las ruedas de la escalera rodante para verificar la libertad de movimiento, áreas planas y desgaste del eje.

Figura 105. Fricción ruedas



Fuente: El autor

8. Inspeccionar el alineamiento de la escalera con la estructura de rodamiento en el techo

9. Inspeccionar la superficie superior de la estructura de rodamiento para verificar si hay desgaste por las ruedas, para asegurar al menos 18 in de estructura no desgastada (estructura suficientemente larga).

Figura 106. Soporte de las ruedas



Fuente: El autor

10. Inspeccionar las soldaduras de unión de la estructura de rodamiento para verificar si hay corrosión.
11. Chequear por dimensionamiento, el ángulo máximo de la estructura de rodamiento cuando el techo está en las patas en posición baja.

Figura 107. Angulo escalera rodante



Fuente: El autor

12. Si la estructura de rodamiento de la escalera se extiende dentro de los 5 ft del borde del techo sobre el lado lejano, chequear el pasamano en la parte superior del cuerpo en ese lado.

6.4 General – tanque fuera de servicio.

6.4.1 General

1. Verificar si el tanque ha sido limpiado, está libre de gases y es seguro para entrar.

Figura 108. Medición de atmosferas explosivas



Fuente: El autor

Figura 109. Limpieza de tanques



Fuente: El autor

2. Verificar si el tanque está completamente aislado de las líneas de entrada de producto, de la alimentación de energía eléctrica y de las líneas de vapor.

Figura 110. Sin aislamiento de línea



Fuente: El autor

Figura 111. Con aislamiento de línea



Fuente: El autor

3. Verificar si el techo está debidamente soportado, incluyendo la estructura de soporte del techo y las patas de soporte de los techos flotantes.

Figura 112. Soportes del techo flotante.



Fuente: El autor

Figura 113. Posición de mantenimiento



Fuente: El autor

4. Verificar que no exista el riesgo de caída de elementos tales como partes corroídas del techo o su estructura de soporte, estalactitas de asfalto e hidrocarburos atrapados en accesorios bloqueados o no abiertos.
5. Verificar que no existe el riesgo de superficies deslizantes en el fondo o el piso del tanque.
6. Verificar que las soldaduras en las escaleras y ganchos de izaje son adecuadas y están en buenas condiciones.

Figura 114. Escalera en malas condiciones



Fuente: El autor

7. Verificar si hay superficies con corrosión severa, cordones de soldadura o superficies engrasadas donde se vayan a efectuar soldaduras y que necesiten mejor limpieza, incluido chorro de arena.

Figura 115. Mejorar limpieza lamina anular



Fuente: El autor

8. Revisión de las lecturas del potencial de la protección catódica.

Figura 116. Rectificador



Fuente: el autor

6.4.2 Fondo - superficie interior

1. Inspección por martilleo del fondo completo y visual usando una linterna sostenida cerca de la superficie y paralela a ella y de acuerdo con el plano de distribución de la lámina.

2. Medir la profundidad de las áreas de corrosión local (“pitting”) y describir su apariencia (bordes con filo, tipo lago, densos, aisladas, etc.).

Figura 117. Galga para “pitting”



Fuente: el autor

3. Marcar las áreas que requieren parches de reparación o inspección adicional.

Figura 118. Falta de refuerzo



Fuente: el autor

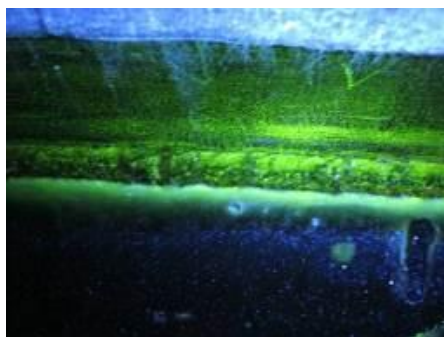
4. Inspección de todas las soldaduras para verificar si hay corrosión o fugas, especialmente la soldadura cuerpo-fondo.

Figura 119. Limpieza unión casco-fondo



Fuente: El autor

Figura 120. Partículas fluorescentes



Fuente: El autor

5. Inspeccionar las láminas del borde del fondo (“sketches”) para verificar si hay corrosión o fugas.

Figura 121. Lamina de borde



Fuente: El autor

6. Verificar la condición de los sumideros internos (“sump”). El líquido remanente deberá ser removido para permitir la inspección completa y la prueba de vacío de las soldaduras. La tapa del fondo y la lámina lateral y sus soldaduras se deben evaluar por corrosión en el lado del producto y en el lado del suelo.

Figura 122. Sumidero



Fuente: El autor

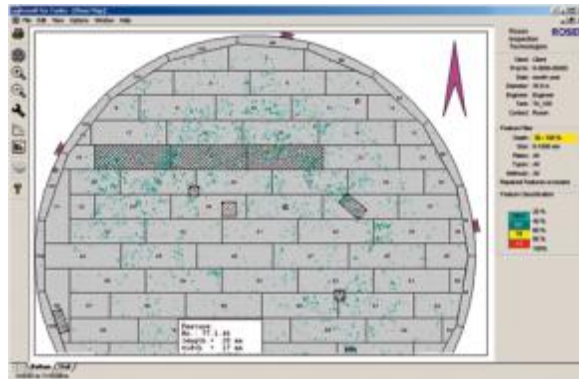
Figura 123. Inspección sumidero



Fuente: El autor

7. Registrar la información del fondo en un esquema utilizando las láminas del fondo como una rejilla. Hacer un listado de con la identificación, localización y tamaño de los parches requeridos.

Figura 124. Plano parches fondo



Fuente: <http://www.rosen-group.com/global/solutions/services/service/tank-bottom-inspection-service.html>

8. Hacer prueba de vacío de las soldaduras de traslape del fondo.

Figura 125. Inspección cámara de vacío plana



Fuente: El autor

9. Inspección por martilleo o ultrasonido de cualquier área localizada que se vea ligeramente descolorida

Figura 126. Inspección por ultrasonido



Fuente: El autor

10. Inspección de todos los refuerzos debajo de soportes, orejas (“brackets”) y ganchos en el fondo.

Figura 127. Soporte sin refuerzo



Fuente: El autor

11. Inspección de las láminas de apoyo de las patas de soporte del techo flotante para verificar si hay corrosión, cortaduras debido a carga excesiva o mal instalada.

Figura 128. Soporte mal instalado



Fuente: El autor

12. Inspeccionar las platinas de base de las columnas de soporte del techo fijo y los elementos de restricción de movimiento de la columna en el fondo.

Figura 129. Deformación de las guías de restricción.



Fuente: El autor

13. Inspeccionar el recubrimiento del fondo para verificar si hay huecos, levantamiento (“disbonding”), deterioro y descoloramiento.

Figura 130. Ampollamientos de recubrimiento



Fuente: El autor

14. Inspeccionar para verificar si hay áreas que presenten desgaste (“rubbing”), causadas por demasiada presión de las zapatas del sello o luz inadecuada entre el cuerpo y el techo flotante.
15. Inspeccionar para verificar si hay indicaciones de fugas de producto por las láminas o las soldaduras.

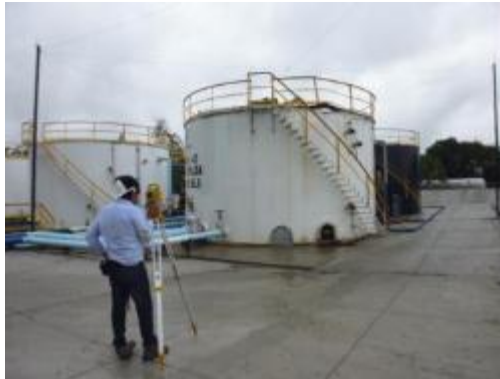
Figura 131. Soldadura unión cuerpo-fondo deteriorada.



Fuente: El autor

16. Verificar la redondez y verticalidad del cuerpo.

Figura 132. Topografía redondez y verticalidad



Fuente: el autor

6.4.3 Techo - superficie interior

6.4.3.1 General

1. Inspeccionar visualmente las láminas del techo para verificar si hay corrosión localizada (“pitting”), huecos y formación de costras (“scale build up”).

Figura 133. Condición techo interior.



Fuente: El autor

2. Inspección por martilleo o ultrasonido de cualquier área que presente disminución de espesor, especialmente en el área de vapor en techos flotantes y en el borde (“edge”) de los techos cónicos.

3. Inspeccionar todos los ganchos (“clips”), soportes (“brackets”), brazos (“braces”), etc. soldado a las láminas (“deckplates”) para verificar si las ruanas de refuerzo (“pads”) no se encuentran sueltas.
4. Si no hay ruanas de refuerzo, hacer inspección por líquidos penetrantes (PT) para verificar si hay agrietamiento en las soldaduras.
5. Inspeccionar el recubrimiento para verificar si hay huecos, levantamiento (“disbonding”), deterioro y decoloramiento.

6.4.3.2 Estructura de soporte del techo fijo.

1. Inspeccionar las columnas de soporte para verificar si hay disminución de espesor en los 2 ft (0.6 m) superiores.
2. En columnas tipo API (dos canales soldadas) inspeccionar para verificar si los puntos de soldadura están rotos por corrosión, a menos que las canales estén unidas por cordón de soldadura continuo.
3. Verificar la soldadura de las platinas de base a las columnas y de los elementos (clips) de restricción del movimiento horizontal.
4. Determinar si las columnas en tubo están rellenas con concreto o vacías. Si el tubo está vacío, verificar que los agujeros de drenaje del interior del tubo en la parte inferior, están abiertos.
5. Inspeccionar y medir los espesores de las vigas y demás elementos estructurales para verificar si hay disminución de espesor, especialmente cerca del centro del techo. Reportar las pérdidas de metal.
6. Verificar si hay las vigas y elementos estructurales sueltos o pandeados.

7. Inspeccionar y medir las cartelas para verificar si hay disminución de espesor y chequear si están firmemente unidas a la parte superior de las columnas.
8. Reportar si las columnas tiene brazos en cruz (“cross bracing”) en el área entre la bomba baja de salida (“low pump out”) de la parte superior del techo (para instalación futura de techo flotante interno).
9. Inspeccionar y reportar la presencia de líneas de choque montadas en el techo (“roof mounted swing line bumpers”).
10. Tomar fotografías o hacer esquemas de la estructura de techo, si no hay planos disponibles.

6.4.3.3 Techo fijo – accesorios

Desfogues de inspección e iluminación

1. Inspeccionar los desfogues para verificar si hay corrosión o huecos, el estado de la pintura y la tapa de sello (“Cover sealing”).
2. En tapas sueltas (“loose covers”) verificar si la cadena de seguridad (“safety chain”) está en buenas condiciones.
3. En desfogues de iluminación (“light hatches”) de más de 30” a través (“across”), verificar las barras de seguridad.
4. Inspeccionar la condición de los empaques en las tapas.

Respiradores y venteos

1. Inspeccionar y hacer mantenimiento a los respiradores (“breather”).

Figura 134. Corrosión venteo



Fuente: El autor

2. Inspeccionar las mallas (“screens”) de los respiradores y venteos.

Figura 135. Malla



Fuente: El autor

Válvula presión y vacío.

1. Verificar el funcionamiento de la misma

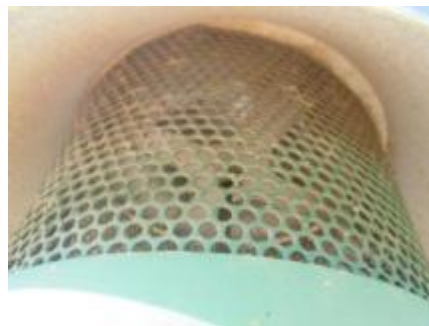
Figura 136. Válvula “P/V”



Fuente: El autor

2. Verificar presencia de depósitos de aves u otro tipo de animal.

Figura 137. Rejilla de la válvula “P/V”



Fuente: El autor

6.4.4. Techo flotante

6.4.4.1 Cubierta del techo

1. Inspeccionar por prueba por martilleo las áreas entre el anillo del techo (“roof rim”) y el cuerpo. (Si el acceso para la prueba por martilleo, medir la distancia desde el borde inferior del techo hasta el área corroída y después hacer la prueba por martilleo desde el interior del pontón).
2. Verificar que los drenajes del techo del techo están abiertos o que el tapón de drenaje está abierto en caso de lluvia inesperada.

Figura 138. Válvula abierta



Fuente: El autor

3. En cubiertas de techo planas o cónicas hacia abajo, verificar que hay una barrera para vapor (“vapor dam”) alrededor de la periferia del techo. La barrera debe ser continua sin espacios que permitan el escape de vapores hacia el área de sello desde debajo del centro del techo.

6.4.4.2 Pontones del techo flotante

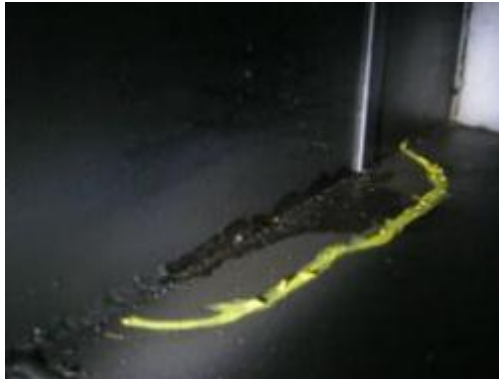
1. Inspección visual de cada pontón para verificar si hay fugas de producto.

Figura 139. Pontón



Fuente: El autor

Figura 140. Presencia de producto



Fuente: El autor

2. Meter un alambre delgado a través de las conexiones de venteo “cuello de ganso” en las tapas de los huecos de inspección, para verificar que se encuentran abiertos.

Figura 141. Cuello de ganso de pontón



Fuente: El autor

3. Inspeccionar los mecanismos de cierre de cada tapa de los huecos de inspección.

6.4.4.3 Aberturas en el techo flotante

1. Inspección visual por el lado externo de las aberturas para verificar si hay daños mecánicos.

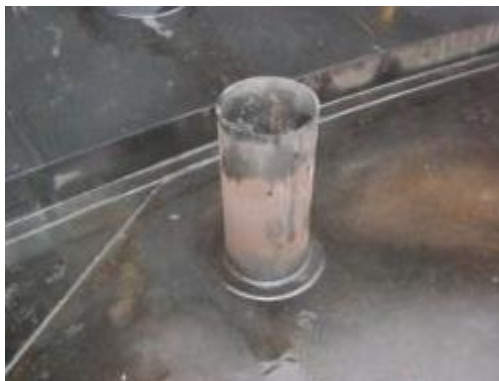
Figura 142. Corrosión en abertura externa del manhole de techo.



Fuente: El autor

2. Inspección visual de las soldaduras para verificar si hay grietas.

Figura 143. Soldadura de abertura de techo.



Fuente: El autor

6.4.4.4 Soportes del techo flotante

1. Inspección visual de las patas para verificar que no presentan disminución de espesor.
2. Verificar que las patas tienen una muesca en la parte inferior para drenaje del interior.

Figura 144. Muesca parte inferior.



Fuente: El autor

3. Inspeccionar los huecos de los pasadores en las camisas para verificar que no tienen rebabas.

Figura 145. Pasador



Fuente: El autor

4. Verificar la verticalidad de todas las patas.

Figura 146. Falta de verticalidad de las patas.



Fuente: El autor

5. Verificar el adecuado arriostramiento de todas las patas a través de una porción sencilla del techo.

Figura 147. Arriostramiento de pata



Fuente: El autor

6. Inspeccionar el área alrededor de las patas para verificar si hay grietas, si no hay ruanas de refuerzo interno o si las ruanas del lado superior no están soldadas por debajo a la lámina de la cubierta.

Figura 148. Grieta en refuerzo de pata.



Fuente: El autor

6.4.4.5 Conjunto del sello del techo flotante

Conjunto de sello primario con zapatas.

1. Remover cuatro secciones del sello de espuma (“foam filled seals”) en localizaciones a 90° para inspección.
2. Inspeccionar los accesorios de fijación al anillo perimetral del techo (“roof rim”) para verificar que no hay disminución de espesor, pandeos, soldaduras rotas o desgaste en los huecos de los pasadores.
3. Inspeccionar los ganchos soldados al anillo perimetral del techo (“roof rim”) para verificar que no hay disminución de espesor.
4. Inspeccionar las zapatas para verificar que no hay disminución de espesor o perforaciones.
5. Inspeccionar los tornillos, ganchos y accesorios para verificar que no tienen daños.
6. Inspeccionar la membrana del sello para verificar que no presenta deterioro, endurecimiento, perforaciones o rasgaduras.
7. Medir la longitud de la membrana desde la parte superior de la zapata hasta el anillo perimetral del techo y verificar contra el máximo espacio anular previsto para el techo en operación.
8. Inspeccionar la luz de las zapatas sobre los cuellos de las conexiones, mezcladores, etc. Para verificar que es adecuada.
9. Inspeccionar las zapatas para verificar que no presentan daños causados por choques contra los cuellos de las conexiones, mezcladores, etc.

Conjunto de sello secundario montado en el anillo perimetral

1. Inspeccionar la barra de tornillos montados en el anillo perimetral (“rim-mounted bolting bar”) para verificar si hay corrosión y soldaduras rotas.
2. Medir y hacer plano de reporte de la luz de separación entre cuerpo y sello.
3. Inspección visual de la junta desde abajo, para verificar si hay perforaciones según se puede evidenciar si hay paso de luz.
4. Inspeccionar la membrana o elemento de sello para verificar que no hay deterioro o endurecimiento por tostadura.
5. Inspeccionar para verificar que no hay obstrucciones por encima del techo.

6.4.4.6 Accesorios del techo flotante

“Manhole”

1. Inspeccionar las paredes de los cuellos de las entradas de hombre para verificar que no hay disminución de espesor o corrosión localizada.

Figura 149. Cuello manhole



Fuente: El autor

2. Inspeccionar los empaques de las tapas y los pernos

Figura 150. Corrosión lado pernos



Fuente: El autor

Venteo del anillo perimetral del techo

1. Chequear el venteo del anillo para buscar corrosión (“pitting”) y huecos.

Figura 151. Venteo del anillo



Fuente: El autor

2. Chequear la condición de la malla de protección en los venteos.

Figura 152. Malla de protección



Fuente: El autor

Drenaje del techo.

1. Chequear el nivel del líquido dentro de los drenajes del techo para verificar que el espacio de desalojo es adecuado. Reportar si la distancia entre el nivel de líquido y la parte alta del drenaje es insuficiente.

Figura 153. Drenaje de techo



Fuente: El autor

2. Si el drenaje de emergencia no está en el centro del techo, chequear que hay al menos tres drenajes de emergencia.

Figura 154. Drenaje de emergencia



Fuente: El autor

Sistema de automedición y alarma

1. Chequear la libertad de movimiento de la cinta a través de la guía de la cinta de automedición.

2. Inspeccionar la libertad de movimiento de los “sheaves”.
3. Prueba de operación de los chequeadores (“checkers”).
4. Inspeccionar la cinta y el cable para verificar si hay enrollamientos (“twisting”) y deshilachados (“fraying”).
5. Probar la libertad de movimiento de la cinta a través de las guías de los “sheaves” y de la tubería de guía.
6. En tanques de extremo abierto, chequear que las compuertas de las cintas con cable no tienen más de 1 ft de cinta expuesto con el flotador en su punto más bajo.
7. Chequear el flotador para verificar que no tiene fugas.
8. Chequear la acción de resorte de los anclajes de la guía del flotador por medio del halado y soltado del cable.
9. Inspeccionar los pozos de flotación (“float wells”) en techos flotantes para verificar si hay adelgazamiento y corrosión de las paredes justo por encima del nivel del líquido.
10. Chequear que la cinta de automedición está agarrada firmemente al flotador.
11. Inspeccionar los sellos (“fabric seals”) del cable de la cinta y del alambre guía del flotador a través de la tapa del pozo del flotador.

12. Inspeccionar que la abrazadera (clip) inferior de unión del cable guía; inspeccionar para verificar si hay una barra de contrapeso temporal en lugar de una abrazadera soldada permanentemente.
13. Inspeccionar los indicadores tipo tabla de auto-medición (“board type autogauge”) para verificar su legibilidad y su libertad de movimiento.
14. Medir y registrar las siguientes distancias para determinar si pueden ocurrir daños del sello si el techo del tanque se desplaza más allá desde:
 - El ángulo superior del techo hasta el lado de abajo del sistema de guía de la cinta.
 - El nivel de líquido en el flotador superior hasta la parte superior del sello secundario.
15. Identificar si el techo flotante tiene la cinta conectada directamente al techo.
16. Alarma de sobrellenado: inspeccionar que los interruptores de la alarma de sobrellenado están operando apropiadamente.

6.4.5 Accesorios comunes del tanque.

6.4.5.1 Pozo de medición

1. Inspeccionar si la puerta de la tubería del pozo presenta adelgazamiento a una distancia de aproximadamente dos tercios por encima del fondo: mirar si hay adelgazamiento de los bordes de las ranuras.
2. Chequear si hay corrosión en la junta de la tubería. Chequear que las cuerdas de muestreo, pesos, termómetros, etc., han sido removidos de la tubería.

3. Chequear la conicidad en el extremo inferior de la tubería aproximadamente a 1 ft por encima del fondo.
4. La condición de la arandela (“washer”) de la tubería del pozo y si su lado conformado (“flared”) está dirigido hacia el lado más cercano de la lámina de refuerzo del separador (“hold off pad”)
5. Chequear que los soportes del pozo de medición están soldados a la lámina de refuerzo o al cuerpo y no directamente a la lámina del fondo.
6. Chequear la operación de la tapa del pozo de medición.
7. Chequear la presencia de un marcador de distancia del separador (“hold off”) en la tubería del pozo y registrar esta distancia. Distancia del separador (“hold off”)
8. Identificar y reportar el tamaño de la tubería y si esta es sólida o ranurada. Reportar el tamaño de las ranuras.
9. Chequear que la lámina de separación de distancia (“hold off distance plate”) tiene soldadura de sello en el fondo y que cualquier soporte del pozo de medición está soldado a la lámina y no directamente al fondo.
10. Inspecciona el flotador del control de vapor y el cable.
11. Chequear la presencia y condición de la arandela (“washer”) del pozo de medición.
12. Chequear el tapón de cierre (“bull plug”) o la tapa ciega en la válvula de la arandela del pozo de medición.

13. Inspeccionar la guía del pozo de medición en el techo flotante para verificar si hay corrosión (pitting) y adelgazamiento.
14. Inspeccionar los rodillos de guía y las láminas de deslizamiento para verificar su libertad de movimiento.
15. Inspeccionar la condición del sistema de sello de la tubería del pozo de medición.
16. En servicio en petróleo negro (“black oil”) o diésel: si el pozo de medición se usa también para muestreo, chequear la presencia de una escotilla tipo ladrón (“thief type hatch”) y tipo medición (“gauge type hatch”) para evitar derrames (“spillage”).
17. Inspeccionar visualmente el interior de la tubería para verificar que no hay protuberancias que puedan frenar o dañar el flotador del control de vapor.

6.4.5.2. Sistema de muestreo, escotilla de muestreo en el techo

1. Inspeccionar las escotillas de muestreo montadas en el techo para verificar las láminas de refuerzo y si hay agrietamientos.
2. Inspeccionar la operación de la tapa.
3. Chequear el alineamiento horizontal de las escotillas de muestreo en el techo flotante interno.

Figura 155. Mesa de medición.



Fuente: El autor

4. Inspeccionar el sistema de sello de las tapas de las escotillas de muestreo en el techo flotante interno.

6.4.5.3 Difusores

1. Inspeccionar la tubería difusora para verificar si hay erosión y adelgazamiento.

Figura 156. Difusores



Fuente: El autor

2. Chequear los huecos en el difusor para verificar si hay desgaste excesivo y alargamiento.

Figura 157. Interior difusor



Fuente: El autor

3. Inspeccionar los soportes del difusor para verificar si hay daños y corrosión.

Figura 158. Soporte difusor



Fuente: El autor

7. CONCLUSIONES

- Con el desarrollo de la metodología se busca incluir y contemplar todos los sitios a ser inspeccionados con sus respectivas técnicas de ensayos no destructivos que puedan ser obviados u omitidos en las inspecciones que se realizan los inspectores certificados y autorizados API STD 653 en el estudio de integridad de tanques de almacenamiento sobre tierra.
- Es de vital importancia que los inspectores certificados y autorizados estén en constante actualización de tecnologías para la inspección en servicio o fuera de servicio de los tanques de almacenamiento siempre teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada técnica.
- Todos los inspectores certificados y autorizados API STD 653 deberán estar familiarizados con los diferentes mecanismos de daños que pueden presentarse en los tanques de almacenamiento, por ello es importante conocer el producto almacenado y sus variables operacionales.
- Con los diagramas propuestos se pueden realizar software que contemplen todas las inspecciones, ensayos a realizar y mecanismos de daños que puedan ser encontrados durante las mismas.
- Todas las inspecciones realizadas deberán ser conservadas con el fin de llevar trazabilidad que apoyen a inspecciones basadas en riesgos (“RBI”), o un “fitness for service” ya sean por niveles I, II y III que soporten la integridad mecánica de los tanques o su aptitud para el servicio.

8. RECOMENDACIONES

- Con esta monografía queda abierto temas para especializaciones o maestrías en estudios de “fitness for service” API 579, ya sean por cada uno de los niveles I, II o III para tanques de almacenamiento, es decir la posibilidad de estudiar por ejemplo distorsiones en cuerpos de tanques donde se puede realizar simulaciones para determinar la aptitud de servicios de tanques.
- Otros estudios recomendados después de realizada esta monografía, serian análisis baso en riegos para tanques de almacenamiento de hidrocarburos el cual puede realizarse un estudio para un tanque en específico en la industria y aplicando los criterios de aceptación y rechazo pertinentes, al igual que los periodos próximos de inspección bajo API 653 y “RBI”.
- Elaborar formatos adecuados para documentar la inspección, que sean manejados a través de Bases de Datos compatible con la plataforma que maneje la empresa (“SAP” u otro). La gestión documental es una de las claves de éxito en la evaluación de tanques por condición, evaluación de integridad y estimación de vida útil remanente.
- Elaboración de formatos aplicados a la inspección de tanques de almacenamiento, los cuales pueden ser utilizados por personal de operaciones, personal de integridad de equipos e inspectores certificados y autorizados API 653.

BIBLIOGRAFIA

Inspection practices for atmospheric and low-pressure storage tanks. API RP 575, 3 ed. April 2014, 106 pages.

MYERS, Philip, Aboveground storage tanks. First edition. USA.: McGraw-Hill, 1997. 358 pages.

PULLARCOT, Sunil, Aboveground storage tanks. First edition. USA.: Taylor & Francis Group, LLC, 2015. 391 pages.

Tank Inspection, repair, alteration and reconstruction. API STD 653, 5 ed. November 2014, 172 pages.

Tank Systems for Refrigerated Liquefied Gas Storage. API Standard 625, 1 ed. Addendum 2 November 2014. Section 5, 5-1, 19 p.

Welded tanks for oil storage. API Std 650, 12 ed. September 2014, 341 p.

ANEXOS

ANEXO A. PROCEDIMIENTO

INSPECCION API STD 653 PARA TANQUES ATMOSFERICOS EN Y FUERA DE SERVICIO.¹¹

1. OBJETIVO

Determinar las condiciones técnicas mínimos para el desarrollo de la inspección de tanques atmosféricos, reconstruidos, reubicados, en mantenimiento y en servicio de techo fijo y/o flotante.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica para tanques de almacenamiento atmosféricos, reconstruidos, reubicados, en mantenimiento y en servicio, el cual se definen las pautas para la planeación, toma de datos en campo, interpretación de resultados e informe final. Aplica para tanques contruidos soldados o remachados bajo parámetros de API 12A, API 12C Y API STD 650 e inspeccionados, reparados o reconstruidos conforme a API 653.

3. RESPONSABILIDADES

Ingeniero inspector API 653

- Verificar el cumplimiento del procedimiento garantizando que el personal que interviene ejecute sus funciones de manera adecuada.

¹¹Procedimiento inspección API 653 para tanques atmosféricos en y fuera de servicio. QTI Ingeniería S.A.S

- Divulgar el procedimiento a las personas relacionadas en la actividad.
- Verificar la disponibilidad y uso adecuado de los EPP por parte del personal involucrado.
- Corroborar en obra que el procedimiento sea desarrollado de manera segura de acuerdo a lo anteriormente establecido, con el fin de detectar errores y establecer acciones correctivas.
- Divulgar a los trabajadores involucrados la correcta aplicación del presente procedimiento, con apoyo del área técnica.

Ingeniero y/o técnico Nivel II

- Conocer y entender el procedimiento garantizando que el personal que interviene ejecute sus funciones de manera adecuada.
- Divulgar el procedimiento a las personas relacionadas en la actividad.
- Verificar la disponibilidad y uso adecuado de los EPP por parte del personal involucrado.
- Corroborar en obra que el procedimiento sea desarrollado de manera segura de acuerdo a lo anteriormente establecido, con el fin de detectar errores y establecer acciones correctivas.
- Divulgar a los trabajadores involucrados la correcta aplicación del presente procedimiento, con apoyo del área técnica.

Auxiliar de Ultrasonido:

- Usar adecuadamente la dotación y EPP establecidos en el presente procedimiento.
- Conocer y entender el presente procedimiento.
- Tomar los correctivos a que haya lugar, solicitados por el Ingeniero y/o técnico Nivel II y el personal HSE del proyecto, respecto a la ejecución inadecuada del presente procedimiento.

4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- API STANDARD 650: WELDED TANKS FOR OIL STORAGE.
- API STANDARD 653: TANK INSPECTION, REPAIR, ALTERATION AND RECONSTRUCTION.
- API RP 575 GUIDELINES AND METHODS FOR INSPECTION OF EXISTING ATMOSPHERIC AND LOW – PRESSURE STORAGE TANK.
- API RP 571 DAMAGE MECHANISMS AFFECTING FIXED EQUIPMENT IN THE REFINING INDUSTRY.
- ASME SECCION V: NONDESTRUCTIVE EXAMINATION, ART. 4 ULTRASONIC EXAMINATIONS METHODS FOR WELD Y ART 5, ULTRASONIC EXAMINATION METHODS FOR MATERIALS. Edition July 1, 2013. ART 23. ULTRASONIC STANDARDS.
- ASNT SNT-TC-1A RECOMMEENDEN PRACTICE N° SNT –TC – 1A AND ASNT STANDARD TOPICAL OUTLINES FOR QUALIFICATION OF NONDESTRUCTIVE TESTING PERSONNEL.
- ASNT CP-189 QUALIFICATION AND CERTIFICATION OF NONDESTRUCTIVE TESTING PERSONNEL.

5. ACCIONES ADMINISTRATIVAS INICIALES

- Se debe realizar el análisis de riesgos de la actividad teniendo en cuenta las competencias del personal que realizará la actividad, junto con los Elementos de Protección Personal adecuados en función de los riesgos a los que estarán expuestos los ejecutores y las condiciones de la infraestructura, así como las características climáticas o ambientales que rodean cada lugar de trabajo en el momento del desarrollo de la actividad, se le debe divulgar el análisis de riesgos a todo el personal que se involucrará en la ejecución de la actividad,
- Se debe diligenciar y validar el permiso de trabajo.

- Se deben preparar e inspeccionar los equipos y herramientas a utilizar, diligenciar los formatos de inspección o preoperacionales de equipos, que apliquen para la actividad.
- Antes de comenzar la actividad se debe inspeccionar el área de trabajo, tomando en cuenta los controles respectivos que garanticen un ambiente de trabajo seguro.
- Señalizar el área donde se ejecutará el trabajo.
- Al final de la actividad dejar el área de trabajo en completo orden y aseo.

6. PERSONAL

El inspector certificado y autorizado en tanques deberá estar certificado bajo los lineamientos de API STD 653 con certificado vigente. El personal deberá estar certificado bajo los lineamientos determinados por "ASNT-TC-1A", para el análisis y evaluación de soldaduras, defectología, manejo de códigos, etc. y estar certificado Nivel I y/o II.

- Personal que realiza la inspección en campo.

De acuerdo a "ASNT SNT-TC-1A" (Calificación del personal y certificación en END) el personal de inspección que realizará el ensayo puede ser un Nivel II o un Nivel I bajo supervisión de un Nivel II.

- Interpretación de resultados

La interpretación y presentación de informes estará a cargo de un Nivel II de acuerdo a SNT-TC-1A.

7. PROCEDIMIENTO A EJECUTAR

La inspección se realiza por medio de ensayos no destructivos en la parte interna y externa del tanque. La inspección interna siempre y cuando el tanque se

encuentre fuera de servicio o se usen técnicas especiales para la inspección del fondo (Emisiones acústicas o inspecciones robotizadas).

7.1 ETAPAS DE LA INSPECCIÓN.

- **Planeación:**

- Se consolidaran los históricos del tanque desde su construcción, servicio y las distintas acciones de inspección y mantenimiento que haya tenido durante su tiempo de operación.
- Se recolectaran planos existentes disponibles para identificar componentes y materiales.
- Se realizara una inspección visual externa previo a la inspección y/o mantenimiento del tanque para identificar el estado del mismo y tener un mejor alcance de la inspección
- Definir de acuerdo al servicio, mecanismos de daños esperados, información histórica, planos e inspección visual previa, se definen las acciones que se deben desarrollar para realizar una adecuada inspección.

- **Preparación para la inspección**

- Se requiere iluminación, aireación, descontaminación, accesos, limpieza de la superficie etc para una adecuada inspección interna (Cuando aplique inspección interna).
- Para una inspección externa se requiere limpiezas adecuadas, medición de gases, etc.
- En el caso de que el inspector API STD 653 requiera limpieza a soldaduras debe realizarse para una adecuada visual.
- Para inspecciones por UT a la pestaña del tanque y zona crítica se debe realizar en superficies óptimas.

8. INSPECCION

Siguiendo los lineamientos de API STD 653 y Checklist Anexo C, a continuación se detallan cada una de las inspecciones a realizar en el techo, cuerpo y fondo de tanques atmosféricos, tanto en servicio como fuera de servicio.

8.1. INSPECCIÓN FUERA DE SERVICIO.

8.1.1 Inspección del fondo

- **Inspección mediante la técnica MFL (perdida de flujo magnético):** Se realizará inspección interna al 100% de las láminas del fondo del tanque mediante la inspección con técnica pérdida de flujo magnético (MFL), para determinar las pérdidas de material por corrosión, el cual será reportado en un mapa de datos que permite determinar los porcentajes de pérdida que serán verificados mediante la técnica de ultrasonido y reportados al inspector API STD 653 para la determinación de reparaciones. Se asegurará la inspección de la zona crítica del tanque, ya sea por medio de accesorios especiales referidos a las dos técnicas antes mencionadas o con alguna herramienta ultrasónica con representación B-Scan que garantice la inspección de dicha zona, al mostrar un perfil del espesor remanente de la lámina. En el reporte se especificará los parches (si fueran necesarios) en tamaño, forma, espesor, material a utilizar, ensayos no destructivos requeridos cuando se van a reparar y localización de cada uno de ellos, de acuerdo al código API 653.
- **Medición de espesores laminas del fondo:** Se realizara la marcación del total de las láminas del fondo del tanque y se tomaran 5 puntos por lámina cubriendo las zonas de difícil acceso para el equipo MFL reportaran en el formato de toma de espesores de fondo del tanque.

- **Cámara de vacío:** Dependiendo del estado del recubrimiento y el criterio del inspector API 653, se realizará prueba de cámara de vacío a las soldaduras de traslape y tope de las láminas del fondo. La junta perimetral cuerpo-fondo debe ser inspeccionada 100% con cámara de vacío.
- **Evaluación deformaciones láminas del fondo:** La evaluación de las deformaciones de las láminas del fondo se realiza con el fin detectar discontinuidades en las láminas que puedan crear esfuerzos que ocasionen grietas o rasgaduras en las juntas del fondo y en la junta casco-fondo.
- **Evaluación visual del fondo:** En la evaluación del fondo se evidenciara con inspección visual la corrosión generalizada o por picadura, perforaciones, abombamientos de las láminas incluyendo los sumideros, y daños mecánicos de los soportes de techo. Se inspeccionará que el sumidero y tubería de drenaje (si existe) cumpla con norma API 650.
- **Inspección del sistema de Protección catódica:** si existe, se deben realizar tomas de potencial alrededor de la pestaña con el fin de verificar el funcionamiento, al menos en 8 puntos alrededor de la pestaña, utilizando una celda de cobre/ sulfato de cobre. Los criterios de evaluación deberán estar en acuerdo con API 651.

Se debe registrar los potenciales del fondo en cada una de las siguientes pruebas:

- 1. Prueba básica: Los rectificadores de la facilidad que estén en influencia eléctrica directa del tanque deben estar apagados.
- 2. Prueba Critica: Todos los sistemas o rectificador se ciclaran, mientras se registran los potenciales del fondo del tanque.

- 3. Prueba Despolarizada: El rectificador de influencia del tanque se ciclara y se tomaran las lecturas de potenciales del fondo.

8.1.2 Inspección cuerpo (Externa)

Se registra el estado de todos los componentes del tanque y permite detectar fallas o discontinuidades como: desgaste, corrosión, abrasión, erosión, fisuras, deformaciones, ampollas, pérdida de recubrimiento y estado en general de sus componentes.

- **Evaluación visual del cuerpo:** Se inspeccionará los defectos, el deterioro o cualquier condición que pueda afectar el desempeño o la integridad estructural de cuerpo, corrosión, distorsiones, sistemas de aislamiento de la protección catódica y aperturas. Dentro de las distorsiones se evaluarán la pérdida de redondez, distorsiones, aplastamientos y deformaciones verticales y horizontales en las soldaduras (“peaking y banding”). Se verificará la condición de las conexiones, entradas de hombre (manholes), puertas de limpieza y boquillas para asegurar la integridad del cuerpo del tanque, y se indicará las boquillas o manholes que no está de acuerdo al API 650, en cuanto a diámetros, altura con respecto al fondo del tanque, ausencia de refuerzos y “flanches” deteriorados. Se evaluará el estado de las soldaduras afectadas por corrosión generalizada o picaduras. Se evaluará la condición de cualquiera de las estructuras de refuerzo del casco o contravientos.
- **Medición de espesores laminas del cuerpo.** Se realizará la toma de espesores con el equipo “crawler” el cual se desplazará por el cuerpo en forma vertical tomando 8 puntos por lamina en cada anillo, dividido en 8 ejes de inspección cada 45 grados en la totalidad del perímetro del tanque.
- **Verificación topográfica:** Se evaluaran el asentamiento de pestaña del tanque, la redondez (en el primer anillo) y la verticalidad en al menos 8 ejes

circunferenciales, se evaluará los resultados que puedan causar al tanque problemas de integridad, aplicando la metodología descrita en el apéndice B del API STD 653 y procedimiento. Se registrará y reportará la información de esta inspección.

- **Prueba neumática:** Se realizará prueba neumática a los refuerzos de las boquillas del tanque para detección de posibles fugas.
- **Inspección de las boquillas y manhole del primer anillo:** Se realizará medición de espesores Scan A e inspección visual en las boquillas y manhole; estos se evaluarán de acuerdo con las tablas 5-4 a/b y 5-6 a /b del API 650.
- **Inspección de los refuerzos de las boquillas y de los manhole del primer anillo:** Se realizará medición de espesores Scan A e inspección visual en los refuerzos de las boquillas y de los manhole; estos se evaluarán de acuerdo con las figuras 5-6, 5-7A y 5-8.
- **Evaluación e inspección del sistema de recubrimiento:** Se realizará la inspección al 100% del sistema de recubrimiento mediante pruebas de ensayos no destructivos y destructivos.

✓ **Evaluación del sistema de recubrimiento**

- Mediciones de adherencia según norma ASTM D4541 usando equipo hidráulico o mecánico con precisión mínima de ± 50 psi. Se realizarán dos en el techo y una en cada uno de los anillos impares del cuerpo exterior.

✓ **Medición de espesores de recubrimiento.**

- Medición de espesores de pintura atendiendo norma SSPC correspondiente, en los anillos del cuerpo (donde sea accesible), y en el centro de todas las láminas del techo. Para el primer anillo del cuerpo, se realizará mediciones en cada lámina en el perímetro, 5 puntos por lámina. Para los demás anillos se realizarán mediciones puntuales, en zonas accesibles por medio de la escalera del tanque.

8.1.3 Inspección del techo:

- **Evaluación visual del techo:** En techos flotantes se realizará la inspección para encontrar, evaluar y registrar grietas, perforaciones, picaduras por corrosión en las láminas centrales y cámaras de flotación. Se evaluará el sistema de soporte del techo, el sistema de sello perimetral, la escalera rodante del techo, el dispositivo anti rotación, el sistema de drenaje de agua y el sistema de venteo. Para la condición externa del techo flotante se evaluará de acuerdo a API STANDARD 650 APENDICE C. Se verificará el estado de las plataformas de acceso a las cámaras de espuma.
- **Evaluación de la membrana flotante:** Si el tanque dispone de membrana flotante, esta debe evaluarse de acuerdo con los criterios establecidos en el documento API Standard 650-Appendix H. Realizar y registrar mediciones del gap, distancia entre el casco del tanque (superficie interna), y el anillo perimetral de la membrana en los puntos donde se presenten anomalías de la distancia normal establecida en el API.
- **Evaluación sistema de drenaje del techo:** Se debe realizar una prueba de hermeticidad o estanqueidad al sistema de drenaje del techo para verificar posibles fugas.

- **Medición de espesores en techo.** Se realizará la marcación del total de las láminas del techo y se tomarán 5 puntos por lámina los cuales se reportaran en el formato de toma de espesores de. Donde se evidencien empozamiento o corrosión se tomaran espesores en un área estimada de 10 * 10 cm.
- **Medición de espesores en boquillas del techo.** Se realizará la toma de espesores a las tuberías y accesorios del tanque tomando 4 puntos cada 90 grados en el perímetro de la tubería y accesorios se reportaran en el formato de toma de espesores de tanque.

8.1.4 Evaluación de las bases o fundaciones: Se inspeccionará la fundación del tanque para reportar daños por asentamientos, erosión, agrietamiento y deterioro del concreto por calcinación, ataque de aguas subterráneas y ataque por ácidos y álcalis.

8.1.5 Estructuración de plan de mantenimiento: Con la información registrada se estructurará y presentará un programa de mantenimiento correctivo y preventivo para el tanque inspeccionado, orientado a corregir las fallas detectadas en lo relacionado con la inspección del cuerpo, del fondo, de las tuberías inspeccionadas, de la membrana flotante, de las bases o fundaciones, del recubrimiento exterior e interior, del sistema de protección catódica, del aislamiento eléctrico, de la puesta a tierra, de la verticalidad, redondez y asentamientos del tanque y de la inspección y calibración de válvulas de presión y vacío y garantizar su confiabilidad y disponibilidad.

8.2 INSPECCIÓN DEL FONDO PARA TANQUES EN SERVICIO

Para la inspección de los fondos de tanques en servicio, se deben desarrollar como mínimo las siguientes tres actividades:

- **Emisión Acústica:** Este ensayo permite la detección de ondas de sonido generadas por la actividad o movimiento de zonas del fondo del tanque que están bajo esfuerzos o corrosión; por medio de unidades transductores que se instalan en el cuerpo del tanque.
- **Ultrasonido de Corto Alcance:** se realizará en la pestaña del tanque, con el fin de obtener información del espesor de la lámina del fondo en la zona crítica (3"); este ensayo utiliza ultrasonido con Ondas de corte que avanzan por la lámina del fondo y permiten inspeccionar parte de la zona crítica.
- **Inspección visual:** se realiza a la junta cuerpo fondo, proyección de la pestaña, conexión a tierra, sistema de protección catódica, sello pestaña-anillo, espesor de pestaña y demás accesorios externos que presente el tanque.

9. CRITERIOS DE ACEPTACION Y RECHAZO

Los criterios de aceptación y rechazo, deberán estar alineados al estándar API STD 653 última edición.

10. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Tabla 1. Elementos de protección personal

EPP		CARACTERISTICAS
Casco con Barbuquejo	Blanco	Fabricado en polipropileno. Que brinde protección a la cabeza de impactos de objetos en caída libre, golpes contra objetos fijos, para riesgos comunes en la industria.
Protección Auditiva	Protectores de inserción y tipo copa	En buen estado de aseo y almacenamiento, que no estén deformes o que sean compatibles al tamaño del conducto del trabajador.
Gafas	Lentes con protección UV, claras, oscuras, monogafas.	Antiepañantes. Verificar estado de aseo y almacenamiento, sin ralladuras, con lentes montura o brazo en buen estado y que se adapten a la anatomía del trabajador.
Tapabocas	Desechables –	Verificar estado de aseo y almacenamiento, Tipo

EPP		CARACTERISTICAS
	Respirador	de exposición (Material particulado).
Guantes de vaqueta	Clase 0 tipo II	Fabricados con vaqueta flexible con refuerzo en la palma y dedos.
Botas de seguridad de cuero.	Con puntera de acero.	Para grandes impactos y contra la compresión, comprobando la capacidad del calzado para la protección de los dedos del pie contra caída de objetos. Cuero liso de alta resistencia con suela de caucho antideslizante.
Botas de caucho	Con puntera de acero.	Caña alta, impermeables, con puntera que proteja contra impactos.
Ropa de Trabajo: Pantalón industrial y camisa manga larga	Camisa manga larga, pantalón jean.	Debe estar en buen estado de aseo, botones completos, cremallera en buen estado (overol) y marcado en la espalda con el nombre del contratista (Letras Negras de 10 cm)

11. ANÁLISIS DE RIESGOS

Tabla 2. Análisis de riesgos

PELIGRO	CONTROL
Trabajos simultáneos entre varias especialidades.	- Disponer y seguir rigurosamente el orden establecido para la ejecución trabajo según documento establecido en procedimiento de trabajo. - Verificar que la planeación y programación de los trabajos involucren controles efectivos para la ejecución de trabajos simultáneos.
Desconocimiento de la actividad, actos y condiciones inseguras	- Divulgación del AR y permisos de trabajo antes de realizar la actividad. -Aplicar el pare, piense y actúe, Mantener en el lugar de las actividades; Botiquín de primeros auxilios. -Activar MEDEVAC, en caso de un evento llevar al personal a Centro médico más cercano
PELIGRO	CONTROL
Manipulación de Herramienta de trabajo	- Revisión de estado físico de equipo de ultrasonido (baterías, cargadores, carcasa). - Uso y porte adecuado de los EPP en buen estado para el desarrollo de toda esta actividad. - Mantener en el área de trabajo botiquín de primeros auxilios.
Ruido	- Protección auditiva tipo Copa o inserción.
Temperaturas extremas (calor)	- Realizar pausas activas - Uso de bloqueador. - Hidratación permanente
Orden y aseo, disposición de residuos	- Se deberán disponer los residuos generados en el punto ecológico o el designado por el cliente. - Antes de cerrar el permiso, verificar en sitio que el área quede libre de residuos que puedan causar daño a instalaciones o personas, dejando el sitio en condiciones seguras.
Trabajos sin terminar, afectación al cliente	Cierre del permiso de trabajo al terminar la actividad.

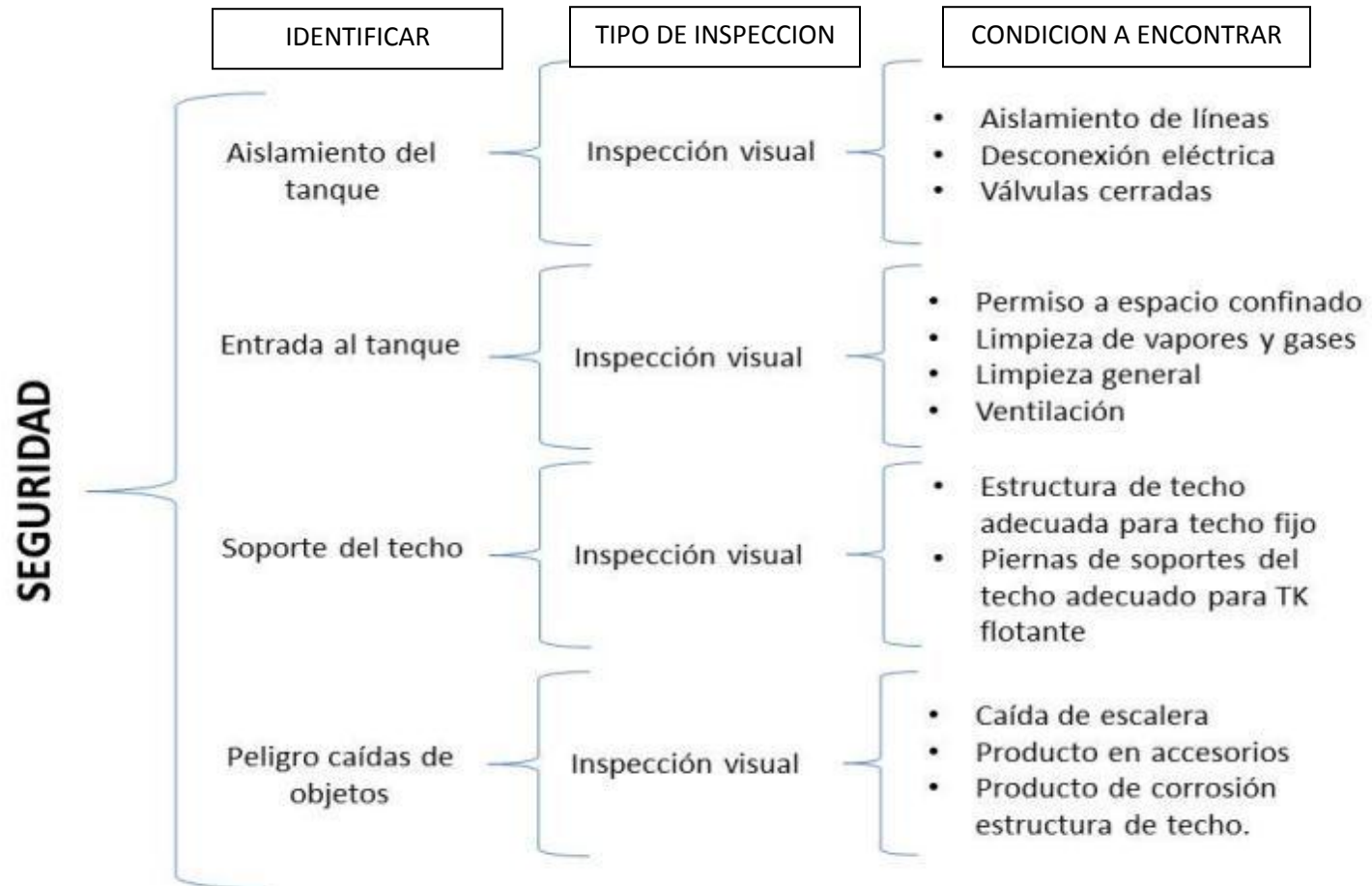
12. EMERGENCIAS

En caso de presentarse una situación imprevista y no deseada que afecte a las personas, equipos e instalaciones, proceso, materiales y al medio ambiente, en el desarrollo de las operaciones del presente Contrato, se procederá de acuerdo a lo señalado en el Plan de Emergencias y Rescate de la empresa y/o los Planes Internos de Emergencias del cliente.

13. REGISTROS Y/O FORMATOS

Formato de lista de chequeo API STD 653 y ensayos no destructivos

ANEXO B. DIAGRAMA DE INSPECCION



SEGURIDAD

Peligro de
atrapamiento y
deslizamiento

Inspección visual

- Obstrucciones
- Presencia de agua en el fondo
- Presencia de agua en el techo.

Espesor de las
laminas del techo

- Inspección visual
- Ensayo de martillo
- Ultrasonido espesores

- Verificar el espesor de la lamina antes de subir al techo
- Verificar los soportes de la estructura antes de subir al techo.

Escaleras y
pasamanos

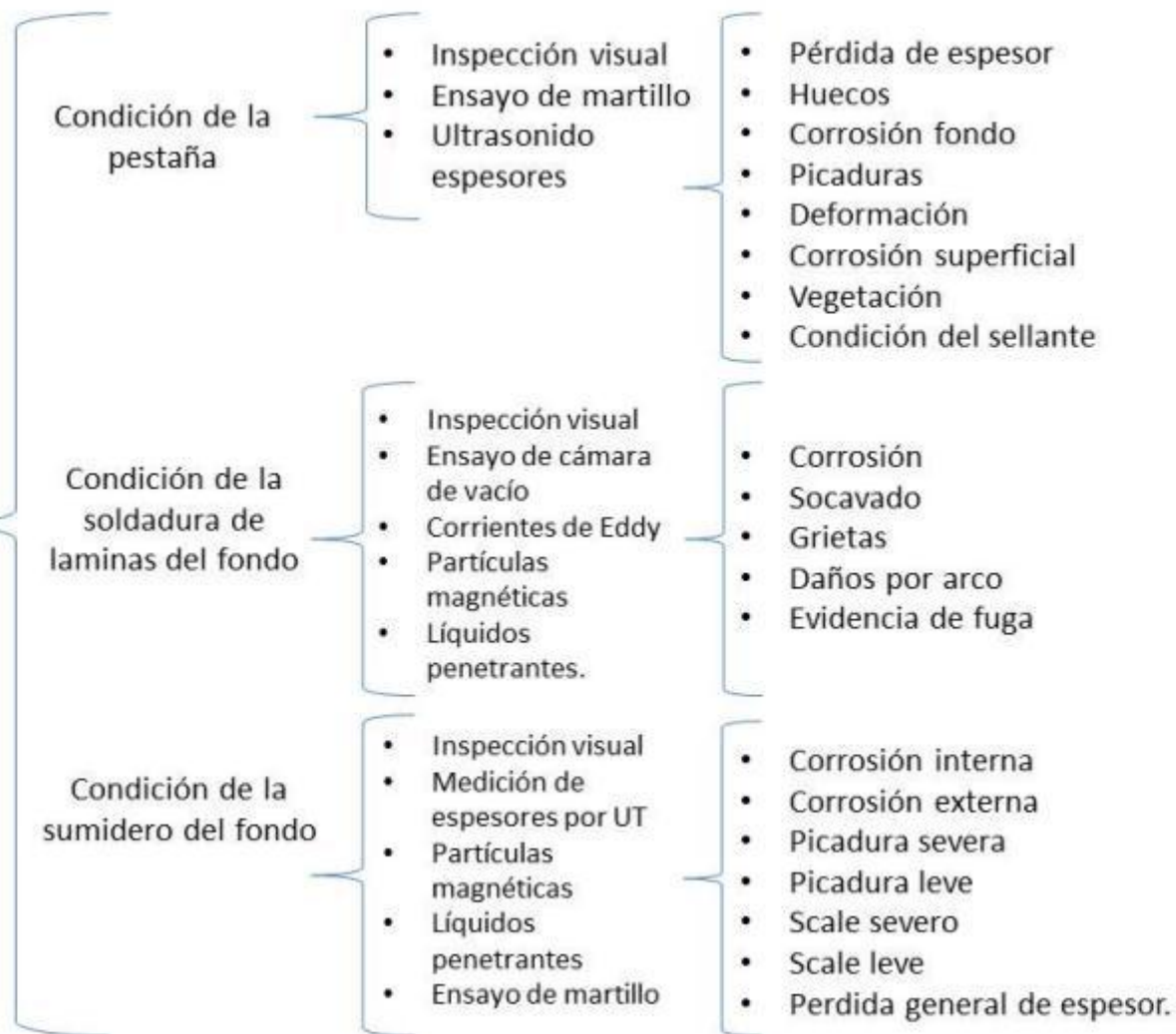
- Inspección visual
- Ensayo de martillo
- Ultrasonido espesores

- Verificar la escaleras y pasamanos antes de usarlos.
- Verificar las soldaduras estructurales.

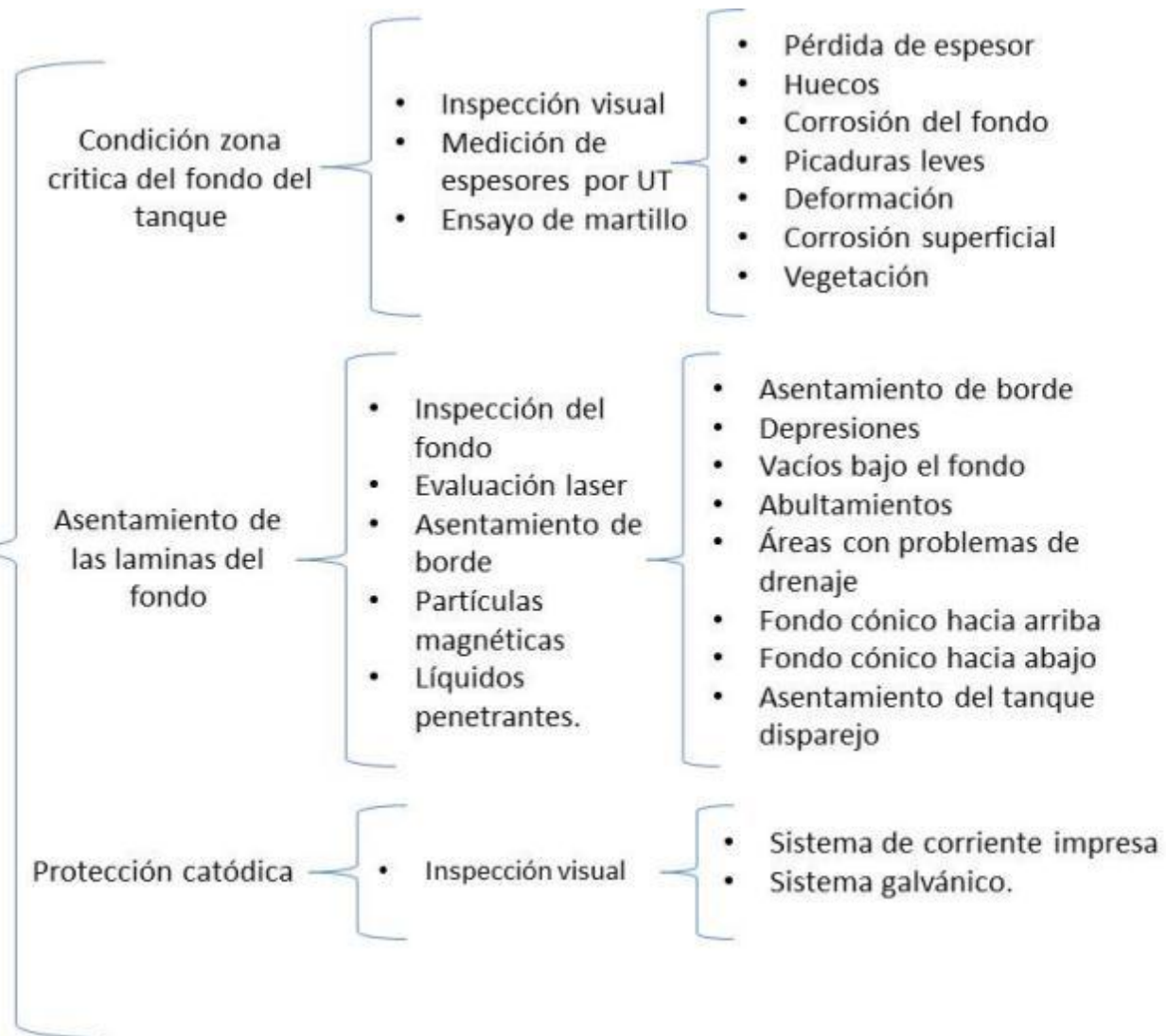
REPORTE DE INSPECCION DEL FONDO



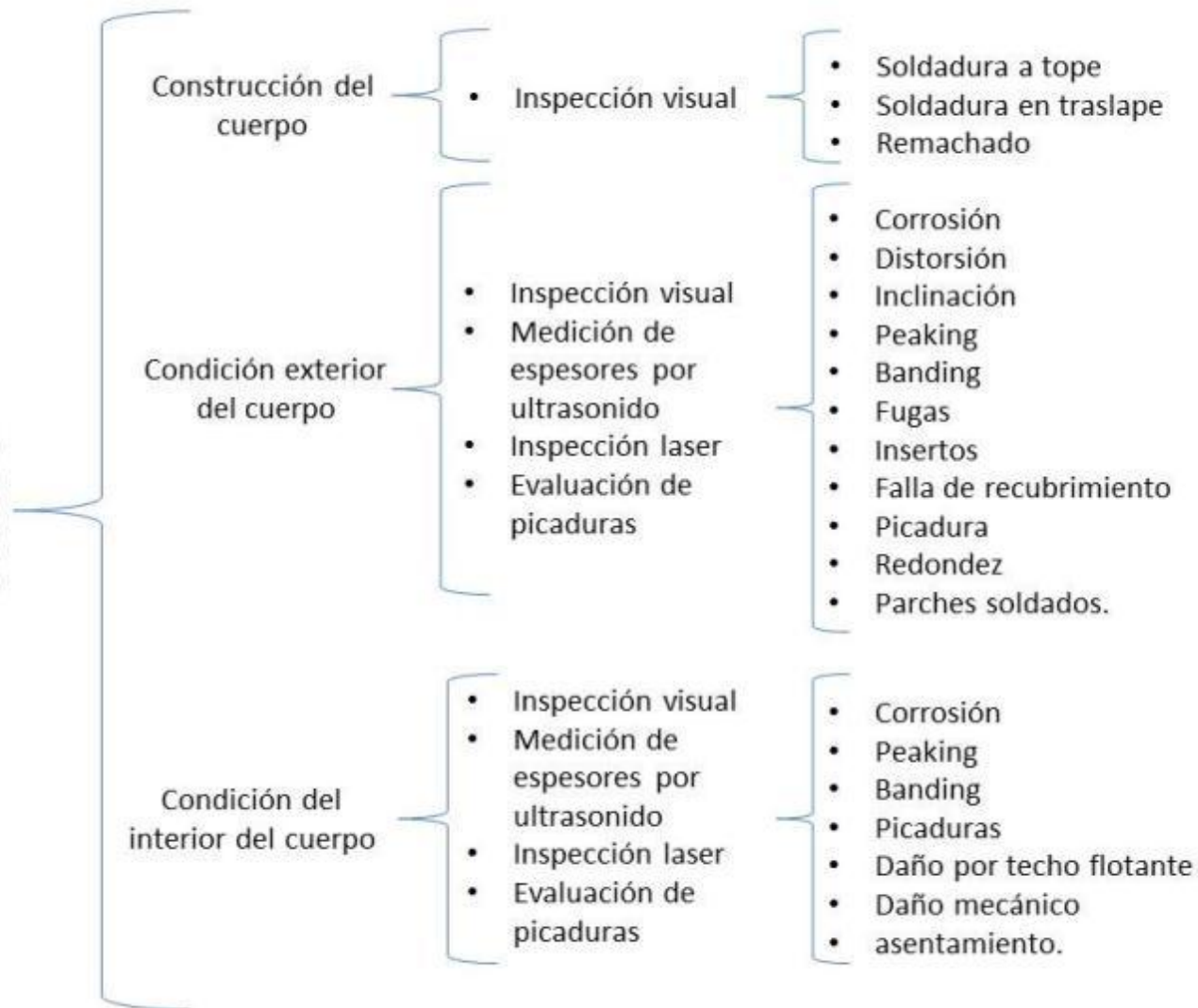
REPORTE DE INSPECCION DEL FONDO



REPORTE DE INSPECCION DEL FONDO



REPORTE DE INSPECCION DEL CUERPO



REPORTE DE INSPECCION DEL CUERPO



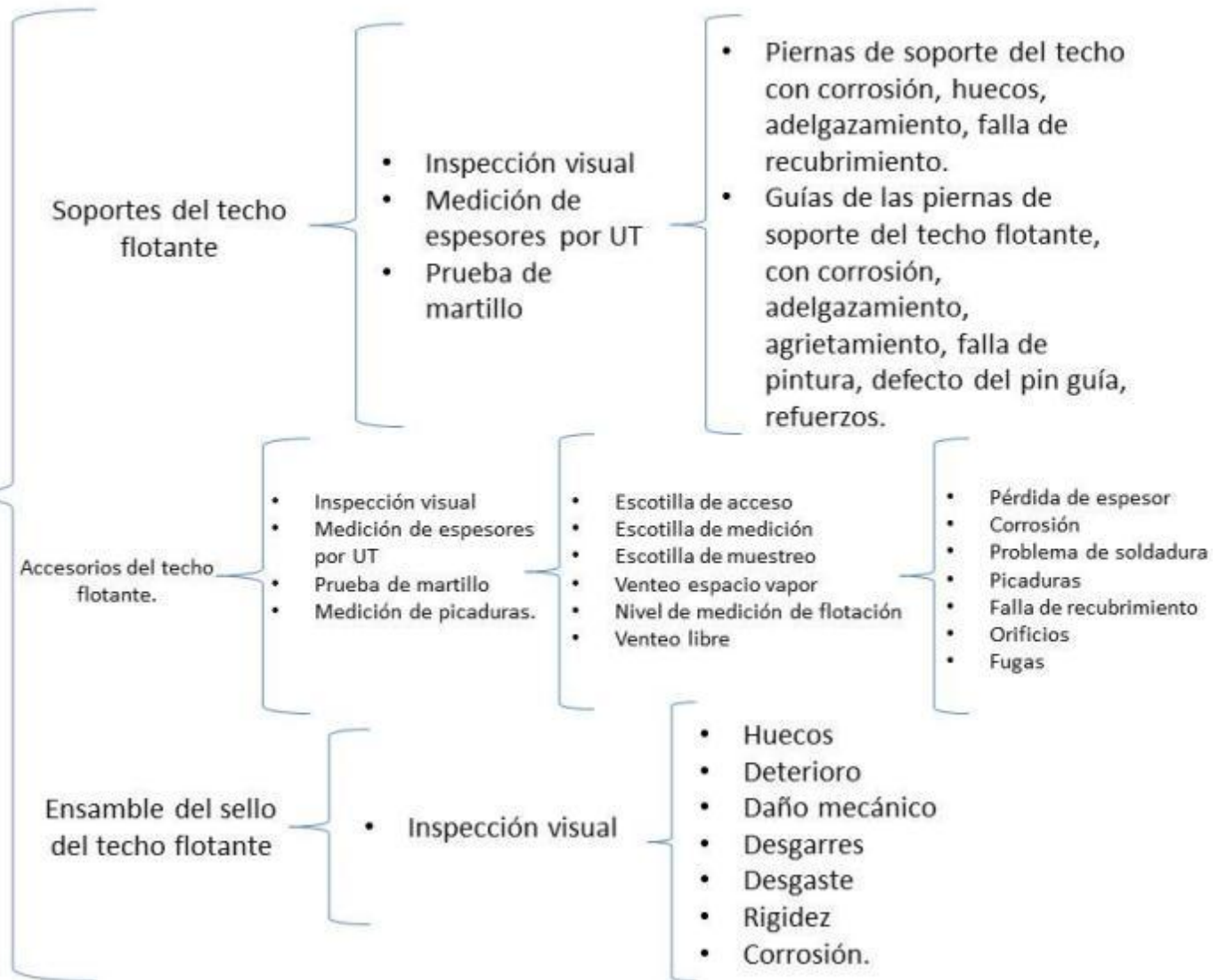
REPORTE DE INSPECCION DEL CUERPO



REPORTE DE INSPECCION DEL TECHO FLOTANTE



REPORTE DE INSPECCION DEL TECHO FLOTANTE



REPORTE DE INSPECCION DEL TECHO FIJO



REPORTE DE INSPECCION DEL TECHO FIJO

Accesorios del techo fijo

- Inspección visual
- Medición de espesores por ultrasonido
- Ensayo de martillo
- Medición de picaduras.

- Boquilla de acceso
- Toma muestra
- Rim vent
- Venteo libre
- Boquilla de radar
- Medición de nivel

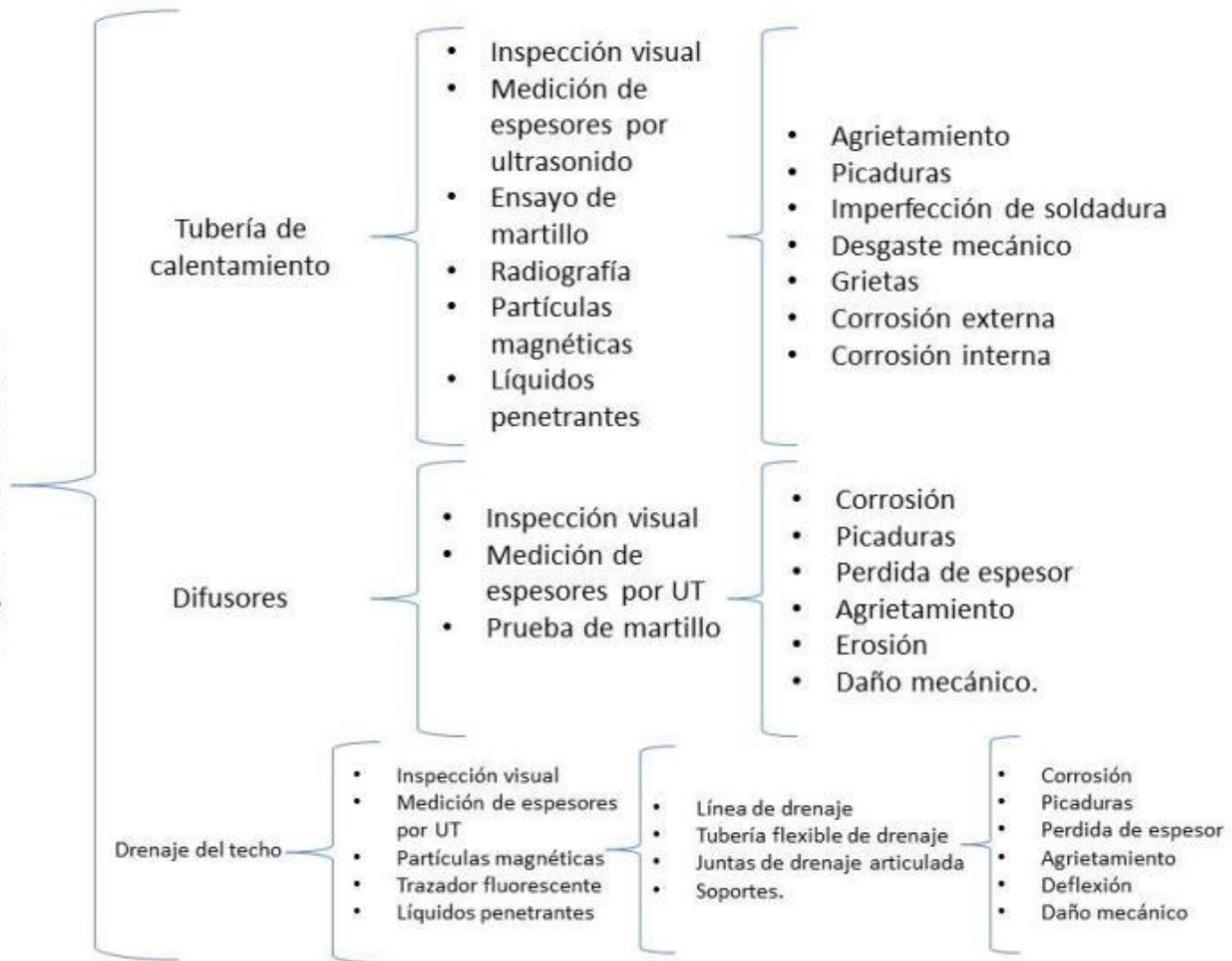
- Corrosión
- Adelgazamiento
- Problema de soldaduras
- Falla de recubrimiento
- Agujeros
- Fugas

Soldadura techo - cuerpo

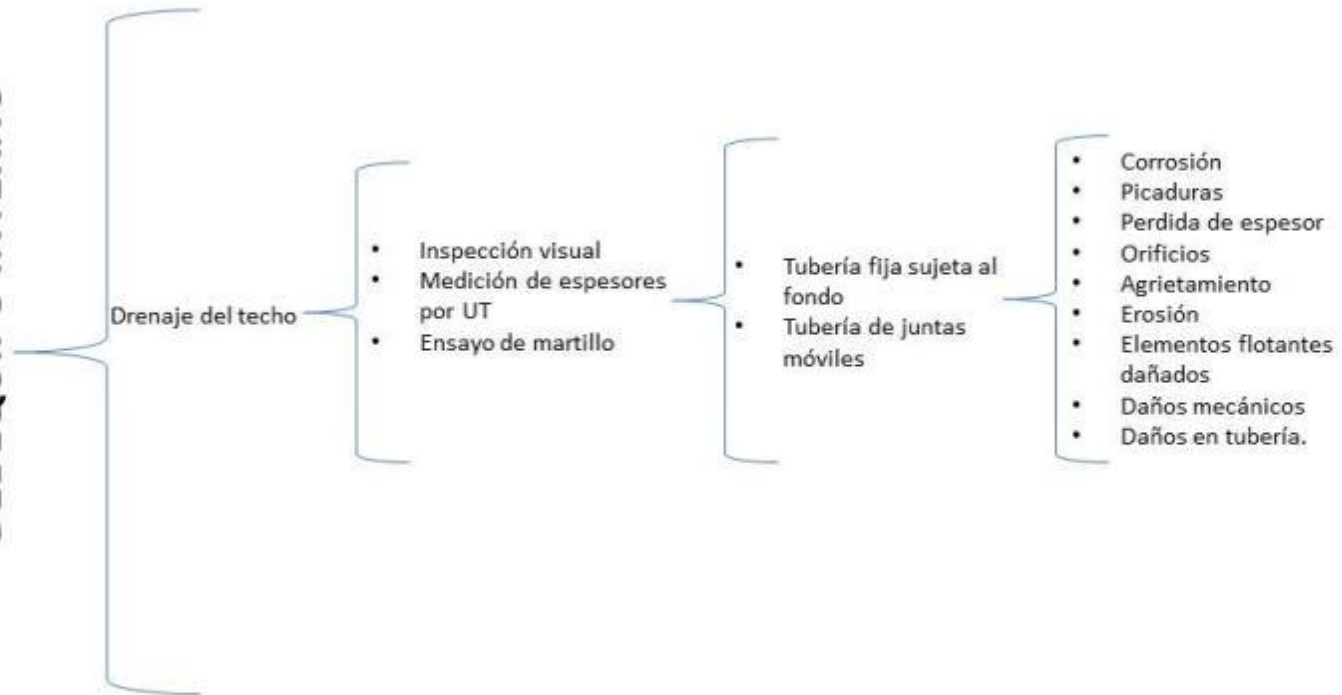
- Inspección visual
- Ensayo de martillo.

- Corrosión
- Falla de recubrimiento
- Soldadura mayor a 5 mm
- Soldadura menor o igual a 5mm

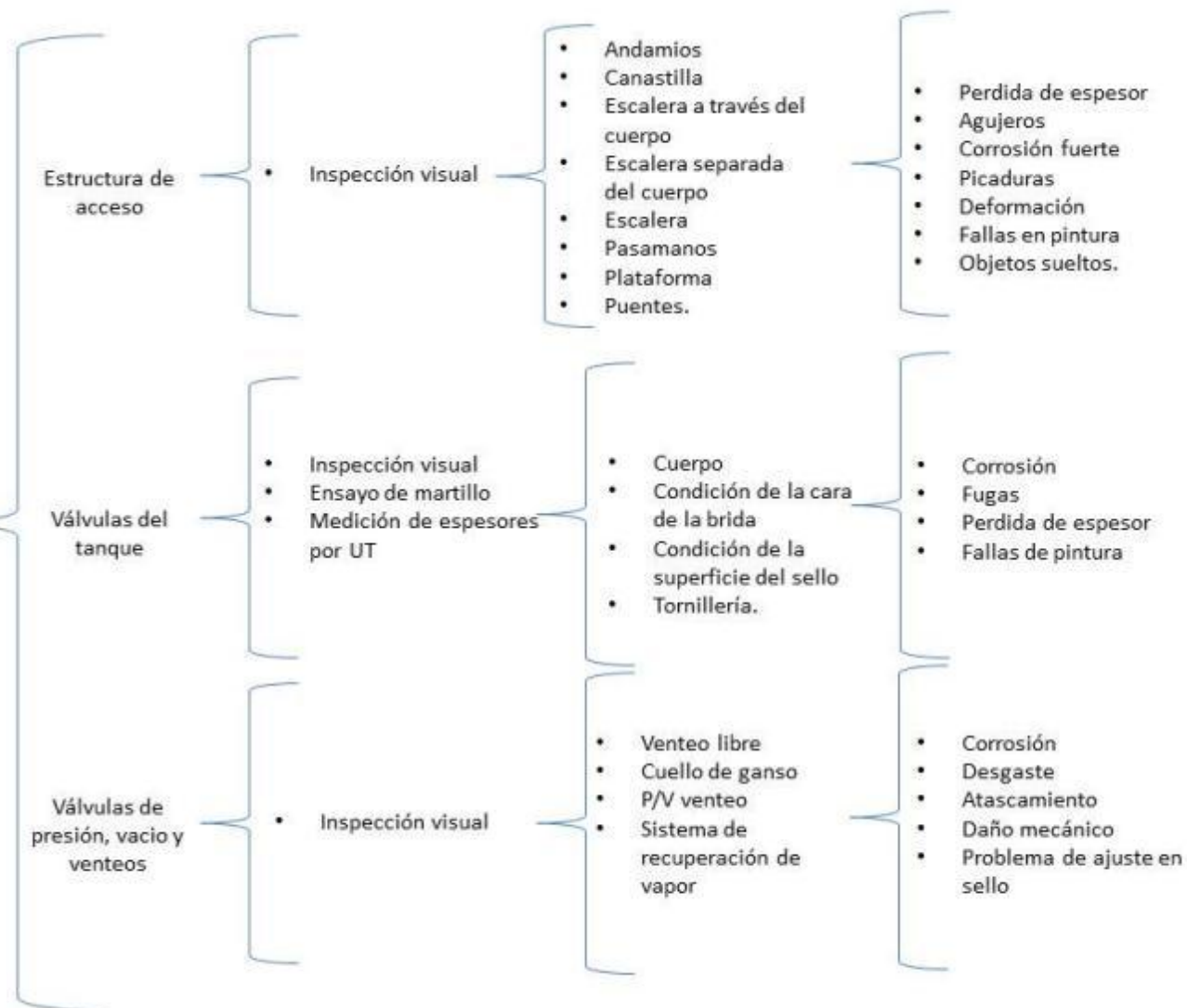
REPORTE DE INSPECCION DEL EQUIPO INTERNO



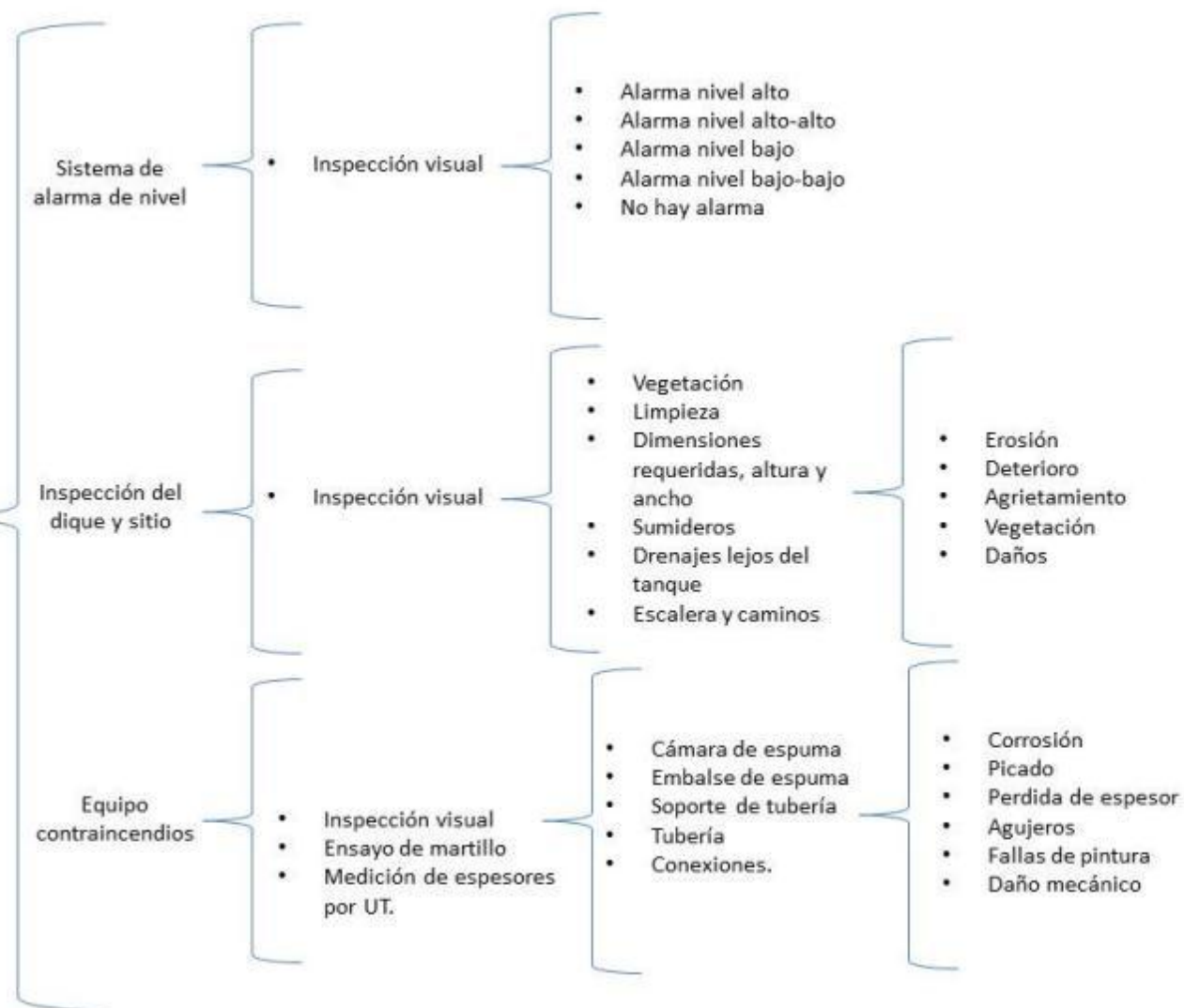
REPORTE DE INSPECCION DEL EQUIPO INTERNO



REPORTE DE INSPECCION DEL EQUIPO AUXILIAR (EXTERIOR DEL TANQUE)



REPORTE DE INSPECCION DEL EQUIPO AUXILIAR (EXTERIOR DEL TANQUE)



REPORTE DE INSPECCION DEL EQUIPO AUXILIAR (EXTERIOR DEL TANQUE)

