

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

**CENTRO DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**CARACTERIZACIÓN DEL DISEÑO DE ALMACENAMIENTO
DE ACIDO SULFURICO PARA EL TANQUE U-FA 652
ACORDE A LA NORMA NACE EN LA PLANTA DE
AMONIACO Y UREA**

**TRABAJO EN OPCIÓN A DIPLOMADO EN TRANSPORTE,
ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS**

GABRIELA AMADOR LUJAN

**Sucre - Bolivia
2023**

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Transporte, Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

GABRIELA AMADOR LUJAN

Sucre, diciembre de 2023

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a:

A Dios por darme la oportunidad de poder seguir desarrollándome en la vida.

A mis padres, Alfredo y Elma, por enseñarme a crecer, a que a pesar de las adversidades siempre los tendré conmigo para apoyarme y guiarme.

A mis hermanos, Jimmy y Sirley, por ser mi motivación y compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mi pareja, Iván por enseñarme el valor del esfuerzo y de la lucha constante para lograr lo que uno se propone.

A mi mejor amiga, Sandra, por su amistad sincera por apoyarme cuando más los necesite y estar conmigo en toda adversidad.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, damos gracias a Dios por permitirnos culminar esta etapa de nuestras vidas, darnos salud y guiarnos en este largo camino de crecimiento y aprendizaje constante. Al Docente de Elaboración de Monografía, por la paciencia, las enseñanzas y su apreciada amistad.

A mis padres, por el apoyo brindado en el transcurso de mi vida quienes me han enseñado a encontrar una solución ante cualquier adversidad y sobre todo por su sincero amor y paciencia.

RESUMEN

La industria del transporte y almacenamiento de hidrocarburos busca continuamente mejoras en materia de capacidad, seguridad, eficacia y rentabilidad con el fin de disminuir los costos. En la presente monografía, se expondrá una breve explicación sobre las características del diseño de almacenamiento de ácido sulfúrico para el tanque U-FA 652 acorde a la norma NACE en la Planta de Amoniaco y Urea.

De acuerdo a la caracterización del ácido sulfúrico, se realizará el diagnóstico del tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico U FA-652. Su diseño y construcción del tanque de describiremos las inspecciones y mantenimientos para tanques de ácido sulfúrico.

Se procederá a un estudio ambiental y de seguridad para el tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico.

La metodología empleada es manera descriptiva y lógica en la tabulación de datos de inspecciones visuales externas para el tanque de acero al carbono en comparación con el tanque de acero inoxidable para el ácido sulfúrico.

En los resultados obtenidos se puede evidenciarse que el material a emplear de acero inoxidable es mejor resistencia, fácil mantenimiento y de mayores costos elevado en su fabricación.

Los aceros inoxidables austeníticos son resistentes al ácido sulfúrico si se les incorpora un sistema de protección anódica. Los aceros inoxidables que contienen en un 5 ó 6% son resistente a disoluciones concentradas de ácido sulfúrico, incluso sin protección anódica. Otras aleaciones se usan ocasionalmente.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.3.1. Justificación Técnica	2
1.3.2. Justificación Económica	2
1.3.3. Justificación Ambiental	3
1.4. METODOLOGÍA	3
1.4.1. Métodos	3
1.4.2. Técnicas	3
1.4.3. Instrumentos	4
1.5. OBJETIVOS	4
1.5.1. Objetivo General	4
1.5.2. Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO II: DESARROLLO	5
2.1. MARCO TEÓRICO	5
2.1.1. Depósito de Almacenamiento	5
2.1.2. Norma NACE INTERNACIONAL	6
2.1.2. Norma STANDARD API-650	7
2.1.3. Características de tanques de almacenamiento	10
2.1.4. Materiales de Construcción	10
2.1.4.1. Materiales de Acero Inoxidable	11
2.1.5. Detalles de diseño y construcción para tanques de Ácido Sulfúrico	12
2.1.5.1. Detalles de Construcción	12
2.1.5.2. Diseño y Construcción del tanque	14
2.1.5.3. Rutinas de Inspección y Mantenimiento	17

2.1.5.4.	Norma API 653	19
2.2.	MARCO CONTEXTUAL	20
2.2.1.	Distribución de la Planta de Amoniaco y Urea	20
2.2.2.	Ácido Sulfúrico con impurezas iónicas en el agua	23
2.3.	INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS	24
2.3.1.	Cálculo de Espesor según la norma API 650	25
2.3.2.	Parte de Construcción del diseño del tanque de almacenamiento	29
2.3.3.	Diagnóstico de Inspección	32
2.3.4.	Estudio ambiental y Seguridad	34
2.4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	36
2.5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
	ANEXOS	40

INDICE DE FIGURAS

Figura No 1: Depósito cilíndrico vertical, fondo plano y techo cilíndrico	5
Figura No 2: Depósito cilíndrico vertical, fondo cónico plano y techo plano	5
Figura No 3: Partes de deposito	6
Figura No 4: Alcance de la norma API 650	7
Figura No 5: Limitaciones de la Norma API 650	8
Figura No 6: Vista Satelital Planta Amoniaco y Urea; señalización del tanque U-FA 652	20
Figura No 7: Localización del Tanque dentro las áreas de trabajo	21
Figura No 8: Tanque de Ácido Sulfúrico U-FA 652	22
Figura No 9: Especificaciones Técnicas del tanque de Ácido Sulfúrico U-FA 652 (De Acero al Carbono)	22
Figura No 10: Impurezas Iónicas en el agua	23
Figura No 11: Peso Específico del Ácido Sulfúrico	26

INDICE DE TABLAS

Tabla No 1: Características principales API 650	9
Tabla No 2: Características Técnicas y Parámetros de diseño	10
Tabla No 3: Ventajas y Desventajas de Acero Inoxidable	12
Tabla No 4: Formas de Tanque de Almacenamiento	13
Tabla No 5: Inspección Externa; Inspección Interna	18
Tabla No 6: Inspección Basa en Condiciones y registros	19
Tabla No 7: Distribución de Áreas PAU	20
Tabla No 8: Características de la producción de Urea	24
Tabla No 9: Condiciones de Operación Acero al Carbono	24
Tabla No 10: Condiciones de Operación Acero Inoxidable	25
Tabla No 11: Tabla de esfuerzos permisibles por condiciones de diseño según la	27
API-650	27
Tabla No 12: Tabla de esfuerzos permisibles por prueba hidrostática según la	27
API-650	27
Tabla No 13: Espesor mínimo de virola según la norma API-650	28

CARACTERIZACIÓN DEL DISEÑO DE ALMACENAMIENTO DE ACIDO SULFURICO PARA EL TANQUE U-FA 652 ACORDE A LA NORMA NACE EN LA PLANTA DE AMONIACO Y UREA

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

En la tesis titulada “Diseño y cálculo de un tanque de almacenamiento de fluido de alta temperatura” de Gonzales Dorta Davinia en el 2018; habla de la importancia que se supone los cálculos estructurales en el diseño de depósitos en general, describe las estructuras de superficiales, en concreto, las láminas. Asimismo, con ayuda de la norma Standard API-650 se sigue las instrucciones para el dimensionamiento de los elementos fundamentales del depósito y su respuesta a determinadas cargas. En primer lugar, se ha realizado un planteamiento de distintas formas y geometrías del tanque, así como de los materiales a usar y se han seleccionado los más adecuados.

Con el fin de extender la vida útil de los tanques de almacenamiento de servicio ácido. Gago Tolentino Roger Enrique en el 2018; presenta en su tesis el estudio como objetivo el diseño de un sistema de protección anódica para tanques de almacenamiento de ácido sulfúrico concentrado, el cual disminuye la velocidad de corrosión interna a valores ínfimos extendiendo así su vida útil. Esta situación se presenta en los tanques de almacenamiento de ácido sulfúrico, donde el ácido sulfúrico se utiliza para establecer el medio ácido y disolver el ánodo del proceso. Para el logro de los objetivos planteados se establecieron los criterios de diseño basados en bibliografía especializada en la electroquímica del estado anódico. De tal forma, el sistema de protección se acopla en el tanque de almacenamiento, considerando el equipamiento y accesorios. En este diseño se muestra un estudio detallado del diseño de la protección anódica del tanque para el ácido sulfúrico.

En la búsqueda continuamente de mejoras en materia de capacidad, seguridad, eficacia y rentabilidad con el fin de disminuir los costos en tanques de almacenamiento. Hinojosa Vásquez Boris Orlando el año 2022 habla en su monografía titulada “Selección y dimensionamiento de un tanque de almacenamiento para gasolina de 3000 Bbl de capacidad, con la finalidad de garantizar eficiencia, confiabilidad y seguridad del tanque, bajo las especificaciones de la norma API 650”. De la Universidad Mayor de San Simón; Donde demuestra la importancia de seguir la norma API 650 correctamente para las características

de un tanque de almacenamiento; de acuerdo a la caracterización de la gasolina, se seleccionó el tipo de tanque atmosférico de techo flotante, fabricado con acero ASTM A36. Se calcularon los espesores de cada una de las virolas que conforman el tanque por el método de un pie. Y por el último se pudo calcular el dimensionamiento de la válvula de presión y vacío para dicho tanque para su diseño.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se sabe que los tanques de almacenamiento son de almacenaje de diferentes compuestos, estos dependen de su diseño y material utilizado para su resistencia; se debe mencionar que en este almacenaje de compuestos; la tasa de oxidación de la corrosión es muy importante.

El ácido sulfúrico deteriora el material de fabricación del tanque de almacenamiento por sus características en su composición química; esto se debe a que el ácido es un mineral altamente corrosivo; los cuales están dañando las paredes del tanque con características de oxidación agresivamente en la planta de Amoniaco y Urea.

El problema radica esencialmente en que la oxidación deteriora el tiempo de vida útil del material de los tanques de almacenamiento de ácido sulfúrico de continuar con este problema el tanque podría generar derrame de sustancia por lo cual produciría daños en la salud; se debe tomar precauciones necesarias para evitar derrames, fugas, inhalación de vapores, daños al equipo o a las instalaciones y al medio ambiente.

El personal de trabajo debe estar bien instruido acerca de los procedimientos para casos de emergencia sobre la forma de proporcionar primeros auxilios en caso de contacto con el ácido o sus vapores.

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Justificación Técnica

Debido a la importancia de conocer el almacenamiento de tanques para ácido sulfúrico en la planta de Amoniaco y Urea se requiere estudiar la norma nace y la norma API 650; que permite describir las características de construcción y diseño en tanques de almacenamiento.

1.3.2. Justificación Económica

El presente trabajo permitirá describir la tasa de oxidación del material empleado para su dimensionamiento, selección y diseño, también se podrá seleccionar el material más adecuado para tanques de almacenamiento de ácido sulfúrico; esto permitirá optimizar de los recursos asignados para las diferentes acciones de mantenimiento y reducir costos de los mismos.

1.3.3. Justificación Ambiental

Por lo antes expuesto, se hace indispensable contar con el diseño y construcción de tanques de almacenamiento para ácido sulfúrico que garantice mayor vida útil; con el fin de no causar daños en el medio ambiente; en cuanto a derrames de la sustancia, o exposición de los vapores al medio ambiente.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Métodos

Los métodos a utilizar son los siguientes:

Método inductivo, Es un proceso de razonamiento que se basa en la observación y la experimentación para llegar a una conclusión general a partir de casos específicos.

Método deductivo, Es una forma específica de pensamiento o razonamiento, que extrae conclusiones lógicas y validas de un conjunto dado.

1.4.2. Técnicas

Las actividades que se debe efectuar, para cumplir cada uno de los objetivos específicos propuestos se muestra de manera estructurada (WBS) como siguiente:

a) Revisión de la necesidad

- Recolección de la información, de forma sistemática.
- Revisión de la bibliografía existente.
- Direccionamiento en la búsqueda de la información, consultas a expertos del área y personal que trabaja.

b) Estudio de información

- Selección de documentos

1.4.3. Instrumentos

Se lo realizará mediante procedimientos y recolección de información, se utilizará técnicas de recolección de informes y revisión de la bibliografía. En la que se utilizara interpretación y comparación de material empleado.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Caracterizar el diseño de almacenamiento de ácido sulfúrico para el tanque U FA-652 acorde a la norma nace en la planta de amoniaco y urea.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar el diagnóstico del tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico U FA-652.
- Desarrollar el diseño y construcción del tanque de almacenamiento U FA-652.
- Describir las inspecciones y mantenimientos para tanques de ácido sulfúrico.
- Realizar el estudio ambiental y de seguridad para el tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico.

CAPÍTULO II: DESARROLLO

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Depósito de Almacenamiento

Los tanques de almacenamiento son estructuras que contienen un producto sólido, líquido o gas a una presión y temperaturas. Su uso más común es en la industria de gases y petroquímicas.

Existen numerosos diseños de depósitos dependiendo de varios factores. Algunos son el tipo y volumen de producto a almacenar, su temperatura, situación del tanque, suelo o material, pero todos tienen en común que constan de un fondo, un cuerpo y posibilidad de tener techo o no.

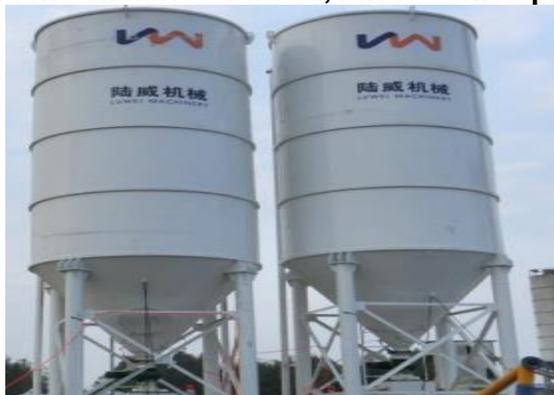
Existen tanques horizontales o verticales; de cuerpo cilíndrico o esférico; de fondo plano, cónico, y con techo esférico, cónico o sin techo. En las siguientes imágenes se pueden ver algunos de estos ejemplos: (González, 2018; pag.1).

Figura No 1: Depósito cilíndrico vertical, fondo plano y techo cilíndrico



Fuente: González. 2018

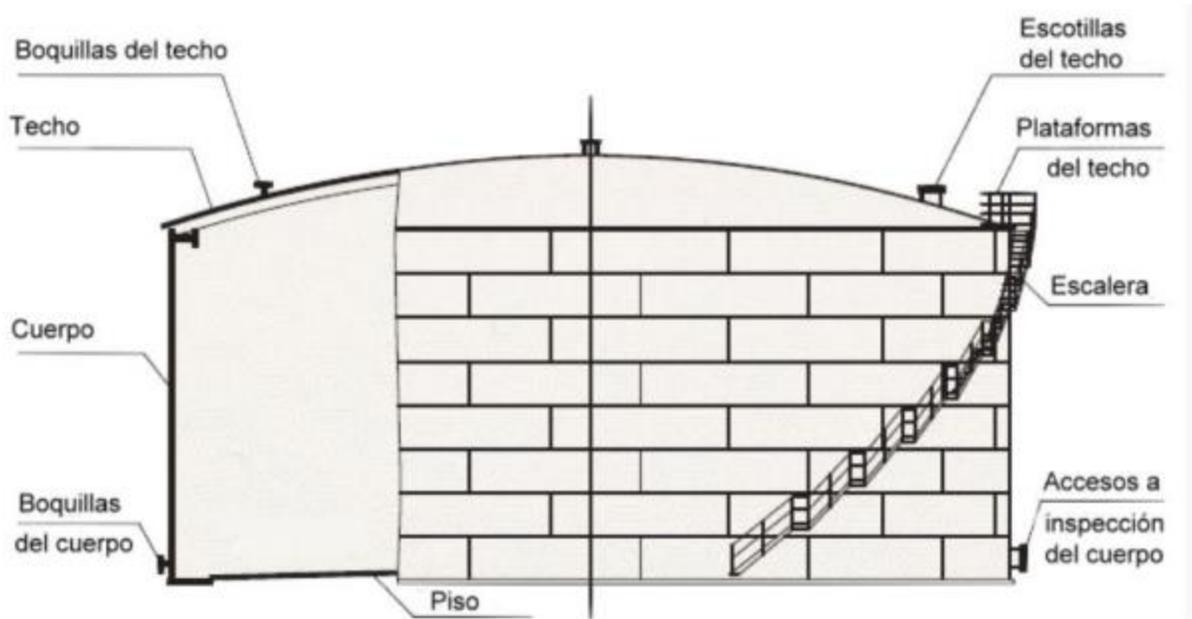
Figura No 2: Depósito cilíndrico vertical, fondo cónico plano y techo plano



Fuente: González. 2018

La norma a seguir comúnmente para proporcionar un diseño adecuado es la Standard API (American Petroleum Institute), que será explicada posteriormente. Los depósitos han de cumplir además de su función de almacenaje de un producto, garantizar la seguridad estructural, seguridad ante cualquier peligro de fuga o contaminación ambiental, mantenimiento de temperatura y presión que se requiera, entre otras. Los elementos principales que conforman un depósito son los siguientes:

Figura No 3: Partes de deposito



Fuente: González. 2018

2.1.2. Norma NACE INTERNACIONAL

Esta norma cubre el almacenamiento de productos frescos y procesados. Ácidos sulfúricos y oleum que pueden manipularse en carbono, equipos de acero. Las concentraciones típicas de ácido fresco son del 93 % y 98% de ácido sulfúrico. El ácido de proceso es ácido sulfúrico entre el 65% y el 99,5% de concentración que se recicla, purificado y/o concentrado en unidades de proceso como parte de un proceso de manufactura.

Esta norma está destinada al ácido a granel a temperatura ambiente situaciones en las que la corriente de entrada está más caliente **superior a 40°C (104°F)**, el tanque tiene calentadores o la ubicación geográfica da como resultado una temperatura del metal mayor. (ISO, Postale, 2006; pag.1).

superiores a 40°C (104°F) requieren consideración especial.

En estos casos, se debe consultar a un ingeniero de materiales para determinar los materiales de construcción y la corrosión asignación. Esta norma cubre los tanques verticales para uso atmosférico de presión y baja presión construidos de acuerdo con API Estándar 650 y estándar API 620, respectivamente API 650 cubre tanques de presión atmosférica y API 620 cubre tanques hasta una presión manométrica de 100 kPa (15 psig).

Esta norma 620 cubre tanques horizontales construidos de acuerdo con Código ASME para calderas y recipientes a presión (BPVC), sección VIII, División 1. Recipientes presurizados para transferir ácido a otros recipientes sin bomba no están dentro del alcance de este estándar. (ISO, Postale, 2006; pag.1).

2.1.2. Norma STANDARD API-650

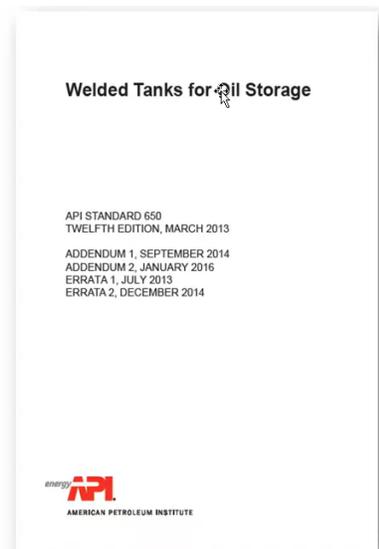
El código cubre requerimientos para materiales, diseño, fabricación, montaje y pruebas de tanques soldados verticales cilíndricos no enterrados con extremo superior abierto o cerrado, para presiones internas aproximadas a la atmosférica, máximo 2,5 PSI. La totalidad del piso debe estar apoyado uniformemente, y para tanques en servicio no refrigerado que tienen una temperatura máxima de diseño de 90°C (200°F). (Coco, 2023; pag.4).

Figura No 4: Alcance de la norma API 650

ALCANCE

Geometría	Cilíndrica
Orientación	Vertical
Material	Acero ⁽¹⁾
Fabricación	Soldado
Apoyo	Sobre suelo plano
Presión máxima interna	18 kPa
Temperatura máxima	93°C ⁽²⁾

1. Pueden ser de aluminio, bajo condiciones adicionales del Anexo AL
2. Pueden alcanzar hasta 260°C, bajo condiciones del anexo M.

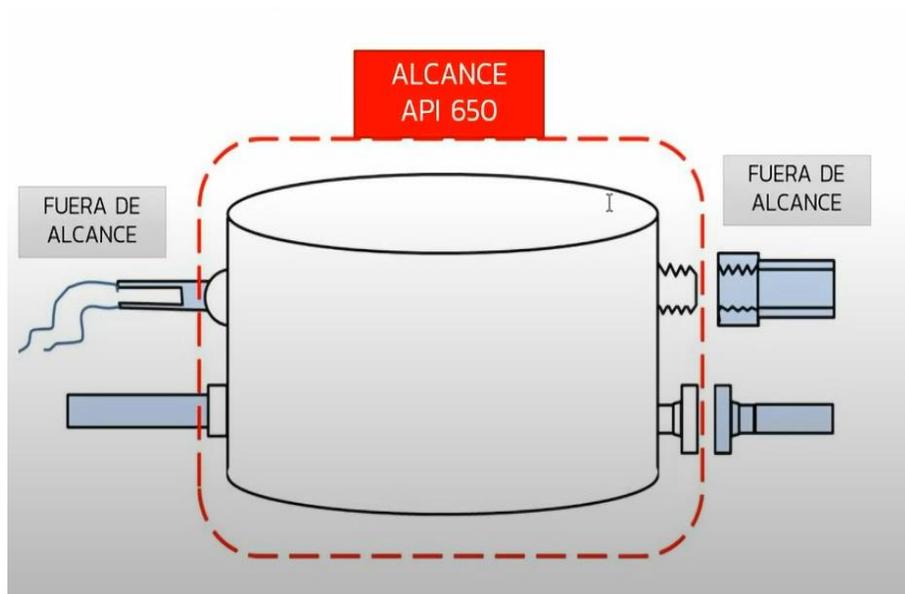


Fuente: Coco,2023.

Las reglas del código no son aplicables más allá de los siguientes límites en las tuberías conectadas interna o externamente al techo, cuerpo o fondo del tanque:

- a) La cara de la primera brida en conexiones bridadas, excepto cuando se suministren tapas o bridas ciegas.
- b) La primera superficie de sello en accesorios o instrumentos.
- c) La primera junta roscada en conexiones roscadas.
- d) La primera junta circunferencial en conexiones soldadas, si no están soldadas a una brida.

Figura No 5: Limitaciones de la Norma API 650



Fuente: Coco,2023.

El cálculo de las características de diseño del tanque en cuestión se ha realizado tomando como referencia la norma Standard API-650. Se explica que los conocimientos tanto de compradores como de fabricantes para facilitar la construcción de depósitos que no son muy específicos, y que cumpla con una seguridad adecuada para su uso posterior. Por tanto, no trata de aplicar cálculos específicos de cada elemento del tanque. Esta norma establece los requisitos necesarios para diseñar tanques de almacenamiento de fluidos (no necesariamente petróleo o derivados) cilíndricos, de fondo uniforme, de cualquier tamaño, con presiones internas cercanas a la atmosférica, con una temperatura máxima de diseño de 93°C

generalmente (ampliable según anexos) y que no tengan un uso de servicios de refrigeración. Esta normativa se estructura de la manera siguiente: (Institute API Standard 650, 2007).

1. Alcance
2. Referencias
3. Definiciones
4. Materiales
5. Diseño
6. Fabricación
7. Erección
8. Métodos de inspección de juntas
9. Procedimientos de soldadura y cualificaciones del soldador
10. Calificación
11. Apéndices

A continuación, se expondrá una tabla con las características más relevantes del diseño de la norma API 650.

Tabla No 1: Características principales API 650

		Unidades	API-650
Temperatura máxima		°C	93.3 ⁽¹⁾
Temperatura mínima		°C	-28.8
Presión interna		Kg/cm ²	Atmosférica
Espesor máximo cuerpo		cm	44.4
Espesor mínimo cuerpo	Si D < 15.2 m	mm	4.76
	15.2 m < D > 36.5 m		6.35
	36.5 m < D > 60.9 m		7.93
	D > 60.9 m		9.52
Espesor máximo techo		mm	6.35+C.A. ⁽²⁾
Espesor mínimo techo		mm	4.76
Ángulo mínimo de coronamiento	D < 10.6 m.		50.8 mm x 50.8 mm x 4.76 mm
	10.6 m < D > 18.2 m		50.8 mm x 50.8 mm x 6.35 mm
	D > 18.2 m		76.2 mm x 76.2 mm x 9.52 mm

Fuente: Institute API Standard 650, 2007

2.1.3. Características de tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento pueden clasificarse de diversas maneras: por su forma, por el producto que contienen, por el material con el que se construyen, por la función que realizan, etc. Los tanques de almacenamiento pueden fabricarse con materiales y formas adecuadas a los requerimientos necesarios. (Alvinox, 2023).

Tabla No 2: Características Técnicas y Parámetros de diseño

Características Técnicas	Parámetros de diseño
<p>Su diseño e instalación deben basarse en la norma API 650.</p> <p>Deben ser diseñados y fabricados a medida, de acuerdo al uso industrial. Sus dimensiones son variables.</p> <p>De formas estos pueden ser tanques cilíndricos, tanques verticales, horizontales, rectangulares, etc.</p>	<p>Las condiciones de temperatura (refrigeración o calentamiento).</p> <p>La resistencia a la corrosión.</p> <p>La resistencia mecánica</p>

Fuente: Alvinox, 2023

Si el material es acero inoxidable, las calidades más empleadas son **AISI-31 y AISI-304**.

2.1.4. Materiales de Construcción

Materiales para construcción de tanques de almacenamiento	
<p>Acero al Carbono</p>	<p>Es la mayormente usado como material de construcción para el almacenamiento de ácido sulfúrico dentro de los rangos de concentración y temperatura cubiertos por esta norma.</p> <p>El acero al carbono que cumple con la siguiente tenacidad se utilizarán los requisitos. propiedades mecánicas de materiales seleccionados, soldaduras y zonas afectadas por el calor.</p>

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		Además, los materiales de la construcción deben ser adecuada para su uso como mínimo; no se deben utilizar resistencias superiores a 620 MPa (90 ksi).
	hierro fundido gris	No debe usarse en servicios de oleum. porque este material puede sufrir grietas si se expone a oleum.
	Acero Inoxidable	Los tanques de acero inoxidable (aleación de hierro, carbono y cromo) son normalmente tanques cilíndricos y ofrecen gran adaptabilidad a las industrias. Son altamente resistentes a la oxidación y corrosión y pueden soportar tanto las bajas como las altas temperaturas. Además, son fáciles de limpiar. (Alvinox, 2023).

Fuente: Lluen Aquino, 2021

2.1.4.1. Materiales de Acero Inoxidable

Los aceros inoxidables son aleaciones de Fe-Cr con al menos un 12%Cr. El Cr se caracteriza por dar la propiedad de resistencia a la corrosión al crearse una película de óxido de cromo en su superficie que protege de la atmósfera. Además, estos aceros contienen Ni, que mejora sus propiedades mecánicas.

a) Aceros inoxidables martensíticos

Son estructura austenítica a alta temperatura que, tras templearlos, se transforman en martensita. A pesar de tener una elevada dureza y una buena resistencia al desgaste, este tipo de aceros se desaconseja para aplicaciones que requieran buena resistencia a la corrosión, ya que contienen menos contenido en Cr. Pueden contener entre 11.5-18% Cr pero disminuye bastante al formar carburos de cromo debido a que éste estabiliza la ferrita a altas temperaturas y por tanto limitará la transformación martensítica. (González, 2018).

b) Aceros inoxidables Ferríticos

Estructura ferrítica con bajos contenidos en Ni (<2%). Independientemente de su bajo coste debido al poco contenido en Ni, a las mejores propiedades de corrosión, su buena ductilidad y oxidación a altas temperaturas que proporciona respecto a los martensíticos, estos aceros son problemáticos a la hora de diseñar grandes espesores y de soldar. (González, 2018).

c) Aceros inoxidables austeníticos

Estructura austenítica granular fundamentalmente. Contienen mayores cantidades de Ni, que permite estabilizar la austenita evitando que el Cr produzca una estructura ferrítica. Estos aceros tienen una alta resistencia a la corrosión, así como son fácilmente soldables, pese a que son menos económicos que los ferríticos. (González, 2018).

2.1.5. Detalles de diseño y construcción para tanques de Ácido Sulfúrico

2.1.5.1. Detalles de Construcción

Para comenzar con el diseño y la construcción del tanque de ácido sulfúrico para la planta de Amoniaco y Urea, se considera que las características que se han de diseñar previamente a cualquier cálculo, son el material y la forma.

Tabla No 3: Ventajas y Desventajas de Acero Inoxidable

Ventajas del acero:	Desventajas del acero:
<ul style="list-style-type: none">-Reduce su riesgo de corrosión mejorando su calidad y fiabilidad gracias a su homogeneidad.-Presenta una alta resistencia a los aceros y a la corrosión en su mantenimiento.-Fácil de soldar, unir a través de tornillos o remaches.-Su uso se encuentra muy extendido en el mercado por lo cual su disponibilidad es de total accesibilidad en el mercado a diferentes geometrías.-Se puede prefabricar estructuras facilita el montaje en obra o en talleres.	<ul style="list-style-type: none">-En general los aceros son muy resistentes a la corrosión, pero al ser acero inoxidable se disminuye este problema dado que contiene como mínimo 10.5% de Cr que protege la humedad.-Presentan mayor resistencia a temperaturas elevadas gracias a su temperatura de fluencia elevada (superior a 800 °C).

Fuente: Lluen Aquino,2021

Tabla No 4: Formas de Tanque de Almacenamiento

CLASIFICACIÓN DE LOS TANQUES SEGÚN SU FORMA GEOMÉTRICA	
Tipo de tanque	Descripción
Tanques cilíndricos con techo cónico	Estos tanques son diseñados con el fin de almacenar productos con presión de vapor relativamente baja, la presión de vapor se conoce como la presión que ejerce los vapores de un producto sobre las paredes internas de un recipiente; a mayor dificultad de evaporación, menor cantidad de vapor y por lo tanto menor presión se ejerce sobre las paredes de dicho recipiente por lo tanto los productos almacenados en estos tanques no tienen la tendencia de producir vapores a temperaturas ambiente. Los fluidos almacenados deben tener un flash mayor a 150 °F.
Tanques cilíndricos con fondo y tapa cóncavos	Estos tanques son utilizados preferentemente para almacenar productos con presiones de vapor relativamente altas. Es decir, con gran tendencia a emitir vapores a la temperatura ambiente, esto con el fin de evitar o reducir al máximo pérdidas del producto a causa de la evaporación. Estos tanques son aptos para almacenar gasolinas livianas.
Tanques cilíndricos con techo flotante	Se asemejan en su construcción a los tanques cilíndricos con techo cónico con la diferencia que su tapa superior es una superficie que se encuentra en contacto directo con el producto almacenado y flota sobre el, esto con el fin de evitar pérdidas por evaporación y evitar la acumulación de vapores que podrían ocasionar daños debido a las altas presiones de vapor.
Tanques cilíndricos con membrana	Con estos tanques se logra minimizar la formación de gases y las pérdidas por evaporación. Son diseñados especialmente para almacenar productos livianos.
Tanques esféricos	Son utilizados para almacenar productos que poseen una presión de vapor muy alta (25 a 200 psi) tales como butanos, propanos, amoníaco, hidrogena, oxígeno y nitrógeno. Son tanque construidos herméticamente lo cual elimina las pérdidas cuando se llena o desocupan.
Tanques cilíndricos horizontales y con cabeza formadas	Son usados cuando la presión de vapor del líquido manejado puede determinar un diseño más resistente, varios códigos han sido desarrollados o por medio de los esfuerzos del API y el ASME para gobernar el diseño de tales recipientes.

Tanques con techo de domo geodésicos

Los techos están formados por un conjunto de estructuras de aluminio que al unir las completamente toman la forma de la superficie terrestre. Estos techos pueden reducir las pérdidas por evaporación en una cifra cercana al 15%.

Fuente: Lluen Aquino, 2021

2.1.5.2. Diseño y Construcción del tanque

a) Soporte

Para tanques de hasta 12 m (40 pies) de diámetro, hay dos opciones para el soporte del tanque:

- Los tanques podrán estar apoyados sobre un soporte elevado, Cimentación de losa de hormigón armado inclinada y ranurada para drenar cualquier agua o fuga.
- Los tanques pueden estar soportados sobre vigas en la detección de fugas mejorada. Las vigas son frecuentemente colocadas sobre pilares de hormigón.

b) Entrada

Para tanques verticales, la boquilla de entrada superior debe estar lo más cerca posible del centro del techo del tanque; lo más práctico posible para reducir el ataque a la pared lateral.

Para todos los tanques de menos de **6 m (20 pies) de diámetro**, la parte superior

La boquilla de entrada debe colocarse lo más cerca posible de el respiradero en el centro del techo del tanque. (Lluen, 2021)

La entrada superior de la boquilla debe estar al menos a 1,8 m (6,0 pies) de distancia del pared lateral, si el diámetro del tanque lo permite. La boquilla de entrada superior puede incluir un tubo de inmersión.

Si se utiliza un tubo de inmersión, debe ser sostenido por guías unidas a la carcasa o un soporte soldado al suelo.

El tubo de inmersión debe ubicarse lo más lejos posible de la pared lateral, instalada a aproximadamente 1 m (3 pies) del parte inferior (asegúrese de que haya una placa de desgaste en el tanque abajo y el tubo de inmersión debe contener un orificio para romper el sifón apuntando hacia el centro del tanque. (Lluen, 2021)

c) Ventilaciones

Los respiraderos deben tener labios de goteo para mantener la humedad. gotea lejos del techo del tanque o de la pared lateral La humedad gotea hacia el centro del tanque. Normalmente

se disuelven en el ácido antes de entrar en contacto con el lado muro. Los tanques más grandes tienen menos problemas que los más pequeños tanques diurnos que cambian de nivel con más frecuencia y tienen respiraderos más cerca de la pared lateral. (Llueen, 2021)

d) Entradas de hombre y boquillas laterales

En tanques verticales, bocas de hombre y boquillas laterales estará al ras con la superficie interna del casco en el inferior 180° y debe tener un mínimo de 25 mm (1,0- pulg.) visera en la parte superior 180° para forzar cualquier burbuja de hidrógeno lejos de la pared lateral. (Llueen, 2021)

e) Placa de Desgaste

Para tanques verticales, una placa de desgaste de tamaño suficiente y el espesor debe ser un sello soldado al fondo del tanque directamente debajo de las tuberías de entrada y salida. El perímetro de la placa de desgaste estará completamente soldado para evitar grietas.

Un orificio de ventilación es parte de la instalación común; las prácticas de almohadillas de desgaste para evitar la porosidad del sello deben ser soldar. Después de que todo el perímetro de la placa de desgaste haya sido soldados, el orificio de ventilación deberá soldarse para cerrarlo o se instalará un tapón roscado en el orificio de ventilación luego se sellará el tapón roscado. (Llueen, 2021)

f) Techo de tanque Vertical

Para diámetro largo de los tanques las columnas de apoyo son aceptables. Los tanques con ácido deberán tener el margen de corrosión adecuado, incluidos todos componentes en el área de vapor.

Columnas de sección abierta están referidas a las secciones tubulares por razones de seguridad, durante la inspección interna.

Se debería considerar la posibilidad de añadir una tolerancia a la corrosión de **3,2 a 4,8 mm (0,13 a 0,19 pulg.) a la placa del techo.**

g) Control de Nivel

Los tanques estarán equipados con un nivel adecuado indicando y protegiendo contra desbordamiento. Se debe tener especial cuidado ser tomado s a minimizar humedad al ingreso de la atmósfera.

Se debe dar consideración a instalar una alarma con señal alta, alta-alta señal y un apagado automático para evitar el desbordamiento. (Llueen, 2021)

h) Sistema de Calefacción

Los sistemas de calefacción para tanques se diseñarán para asegurarse de que la operación esté por debajo del diseño de corrosión. temperatura. Esto es especialmente importante para el tanque de metal cerca de los calentadores.

Para minimizar la corrosión local se debe tener cuidado de descargar las trampas de vapor desde la pared y el fondo del tanque. (Lluen, 2021)

i) Cálculo del Espesor

Para tanques verticales, el espesor mínimo de la placa inferior será de **13 mm (0,50 pulg.)**, incluyendo tolerancia a la corrosión.

Para calcular el espesor requerido del tanque a analizar se aplicará el método de un pie según el apartado 5.6.3 de la Standard API-650. La condición que caracteriza este método es que el diámetro del tanque (D) sea igual o menor de 60.96 m, es decir, 200 pies. Considerando que el dato de partida del diámetro nominal del depósito es de 3.1 m, es posible aplicar el método de 1 pie.

Dadas las condiciones de partida expuestas en la introducción, se tendrán en cuenta para el cálculo del espesor de 3 virolas. A continuación, se señalan las fórmulas a aplicar, de las cuales se elegirá el mayor resultado de los dos espesores, por ser el más crítico.

Espesor para prueba hidrostática (unidades U.S):

$$tt = \frac{4.9D(H-0.3)}{S_t} \quad (1)$$

Donde:

tt = Espesor de prueba hidrostática del cuerpo (mm).

D = Diámetro nominal del tanque (m).

H= Nivel de diseño del líquido (m).

St = Esfuerzo admisible para condición de prueba hidrostática (Mpa).

Espesor por condición de diseño (unidades U.S):

$$td = \frac{4.9D(H-0.3)G}{S_d} + CA \quad (2)$$

Donde:

td = Espesor de diseño del cuerpo (mm).

D = Diámetro nominal del tanque (m).

H= Nivel de diseño del líquido (m).

G= Gravedad específica de diseño del líquido almacenado, definido por el cliente.

CA= Tolerancia para la corrosión, definido por el cliente.

Sd= Esfuerzo admisible para la condición de diseño (Mpa)

2.1.5.3. Rutinas de Inspección y Mantenimiento

Todos los tanques de acero al carbono estarán sujetos a cuatro formas de inspección que se corresponden con pautas de inspección API 653. Estas inspecciones son descrito como:

- **Inspección de rutina en servicio:** Se realizarán inspecciones visuales externas periódicas para comprobar si hay corrosión externa del tanque, soportes, cimientos y componentes. En la mayoría de las plantas, esta inspección es realizada por operadores en el área de la planta, pero puede haber. En estos casos, se debe programar una inspección visual externa en al menos una vez por semana y documentado.
- **Inspección visual externa:** Proporciona una útil lista de verificación visual externa. Inspección debe ser realizado por un API 653, API 510 o NBIC inspector autorizado. Informes de inspección anteriores debe revisarse para detectar cualquier elemento que requiera énfasis
- **Inspección externa de espesor ultrasónico (UT):** Las inspecciones externas del espesor son el aislamiento se debe pelar en la prueba áreas. El inspector debe asegurarse de que los materiales y el margen de corrosión son apropiados para el sulfúrico.
- **Inspección interna:** La mayoría de las fugas de tanques son causadas por efectos localizados en la superficie en contacto con el ácido, como por ejemplo dilución, turbulencia excesiva o sobrecalentamiento localizado por el funcionamiento inadecuado del sistema de calefacción. tales áreas son casi imposibles de localizar con certeza mediante inspección externa.

Por lo tanto, la inspección interna deberá realizarse en un intervalo determinado.

Tanques fabricados totalmente en acero inoxidable. debe inspeccionarse de acuerdo con API 653, requisitos API 510 y/o NBIC.

Para el intervalo máximo para las primeras inspecciones UT internas y externas después de colocar el tanque en ácido sulfúrico en servicio se describe a continuación:

Tabla No 5: Inspección Externa; Inspección Interna

DESCRIPCIÓN DEL TANQUE DE ACERO AL CARBONO	Inspección UT externa Obligatorias	Inspección interna Obligatorias
Tanque en servicio de ácido sulfúrico de acuerdo con API 653 o API 510 y no construido/modificado según los detalles de este estándar	Cada 2 años	Cada 4 años
Tanque en servicio de ácido sulfúrico construido/modificado a los detalles de este estándar	Cada 3 años	Cada 6 años
Tanque en servicio de óleum de acuerdo con API 653 o API 510 y no construido/modificado según los detalles de este estándar	Cada 3 años	Cada 6 años
Tanque en servicio de óleum construido/modificado según los detalles de esta norma	Cada 3 años	Cada 6 años

Fuente: Recolección de Datos, Villarroel, 2023

Intervalo máximo de preinspección después de la primera inspección.

Tabla No 6: Inspección Basa en Condiciones y registros

<i>Inspección basada en la condición</i>			<i>Inspección basada en riesgos (RBI)</i>	
<i>Descripción del tanque</i>	<i>UT externo inspección</i>	<i>Inspección interna</i>	<i>Inspección UT externa</i>	<i>Inspección interna</i>
<i>Tanque de ácido sulfúrico.</i>	Cada 3 años	Cada 6 años	Según lo recomendado por modelo hasta API 653 máximo	Según lo recomendado por el modelo

Fuente: Recolección de Datos, Villarroel ,2023

2.1.5.4. Norma API 653

El alcance del estándar API 653 se limita a los siguientes componentes del tanque: cimentación, fondo, envolvente, estructura, techo y conexiones hasta la cara de la primera brida.

Para la evaluación de la degradación durante servicio, deberá recurrirse a normativa adicional, como la norma API 579-1 / ASME FFS-1 (Fitness for Service). En esta normativa se definen los procedimientos y criterios de aceptación a considerar en el análisis de fallas. Es importante estar familiarizado con dicha normativa para una correcta evaluación del tanque y fallas.

Cuando se requiera una modificación física en el tanque, se hará una evaluación de la futura integridad del tanque durante servicio.

Los factores principales que debemos tener en cuenta durante la evaluación de la integridad del tanque van a estar asociados con el producto almacenado, las condiciones ambientales, materiales, cargas vivas, cimentación, distorsiones o fallas en el tanque existente etc. (Norma API 653, 2006).

Una de las secciones más importantes del estándar API 653 es la asociada a la inspección. A la hora de programar y realizar las inspecciones periódicas durante servicio de los tanques, hay que considerar los requerimientos indicados en la sección 6 de dicho estándar. (Norma API 653, 2006).

2.2. MARCO CONTEXTUAL

La Planta de Amoniaco y Urea se encuentra ubicada en el departamento de Cochabamba (Km 197 de la Ruta Nacional 4), provincia Carrasco, localidad de Bulu Bulu del municipio de Entre Ríos; desde allí abastecemos de Urea a los 9 departamentos del territorio nacional y al mercado externo a países como Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay y Perú principalmente.

Figura No 6: Vista Satelital Planta Amoniaco y Urea; señalización del tanque U-FA 652



Fuente: Tomado de la página Google maps,
Entre Ríos; coordenadas (17°15'22.7"S 64°24'16.4"W)

2.2.1. Distribución de la Planta de Amoniaco y Urea

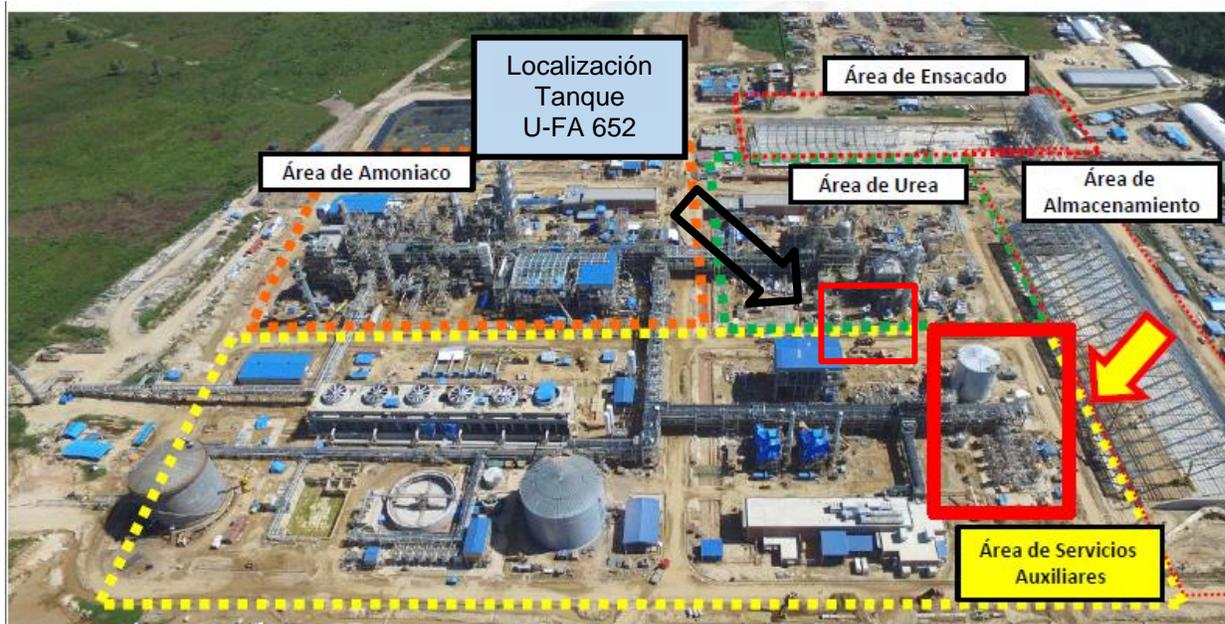
La Planta de Amoniaco y Urea cuenta con las siguientes áreas de Servicios Auxiliares; área de Amoniaco, área de Urea, área Ensacado y área de Almacenamiento; cada una de estas áreas tiene sus funciones respectivas dentro de la laboral de trabajo en la planta.

Tabla No 7: Distribución de Áreas PAU

	Área de Servicios Auxiliares	
	Área de Amoniaco	
	Área de Urea	Tanque de almacenamiento U-FA 652 Ácido Sulfúrico
	Área de Ensacado	
	Área de Almacenamiento	

Fuente: Elaboración Propia, 2023.

Figura No 7: Localización del Tanque dentro las áreas de trabajo



Fuente: Villarroel, 2023.

La planta de PAU cuenta con una capacidad de producción nominal de 1.200 toneladas de amoníaco y 2.100 toneladas métricas de urea por día, la materia prima para la producción es el gas natural y alrededor de 400 personas trabajan operando la planta.

Figura No 8: Tanque de Ácido Sulfúrico U-FA 652



Fuente: Villarroel, 2023.

**Figura No 9: Especificaciones Técnicas del tanque de Ácido Sulfúrico U-FA 652
(De Acero al Carbono)**

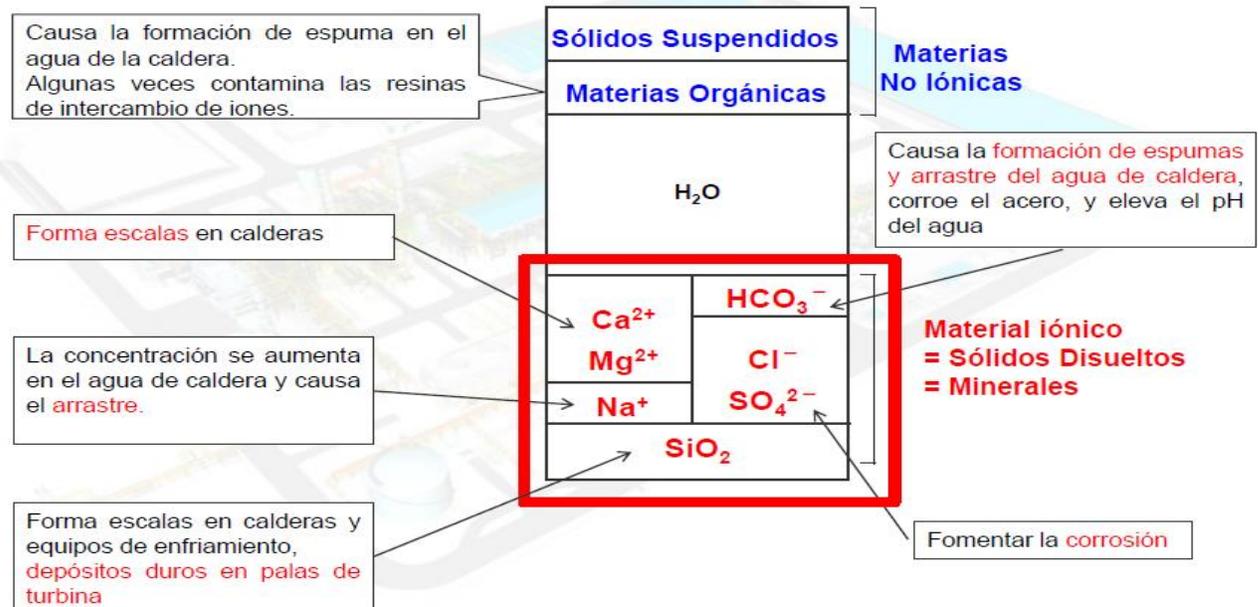


Fuente: Villarroel, 2023.

2.2.2. Ácido Sulfúrico con impurezas iónicas en el agua

Cuando el agua es alcalina se neutraliza con el ácido sulfúrico; con el fin de evitar contaminación.

Figura No 10: Impurezas iónicas en el agua



Fuente: Villaroel,2023.

La urea producida en YPF B puede ser utilizada como fertilizante en la producción de cultivos anuales, hortalizas, frutales, pasturas y ornamentales. Permite incrementar su rendimiento y generar mayores ingresos económicos para el agricultor, incentiva la producción de alimentos y contribuye con la seguridad alimentaria.

Tabla No 8: Características de la producción de Urea

DESCRIPCION	UNIDADES	CONTENIDO
NITRÓGENO	% mínimo	46%
HUMEDAD	% máximo	0.45%
BIURET	% máximo	1%
FORMALDEHIDO	% máximo	0.55%
AMONIACO LIBRE	ppm máxima	100 ppm
TAMAÑO	mm	>90% entre 2 a 4 mm

Fuente: Tomado de la página, (YPFB)

2.3. INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

En esta monografía se realizará el diseño de construcción de tanque de almacenamiento para ácido sulfúrico con las condiciones de Operación del Tanque.

Tabla No 9: Condiciones de Operación Acero al Carbono

Condiciones de Operación	
Código	API 650 11'th ED.+ ADD.3
Presión de diseño	FULL LIQUID mmH2O
Temperatura de diseño	70°C
Diámetro nominal	3.1 m
Altura nominal	4 m
Capacidad nominal	30 m3
Material	Acero al Carbono

Fuente: Elaboración Propia, Recolección de información, 2023

Para el diseño de construcción para material de Acero Inoxidable se tomará las Condiciones de Operación; si el material es acero inoxidable, las calidades más empleadas son **AISI-31 y AISI-304**.

Tabla No 10: Condiciones de Operación Acero Inoxidable

Condiciones de Operación	
Código	x- Norma API 650
Presión de diseño	FULL LIQUID mmH2O
Temperatura de diseño	70°C
Diámetro nominal	3.1 m
Altura nominal	4 m
Capacidad nominal	30 m3
Material	Acero Inoxidable

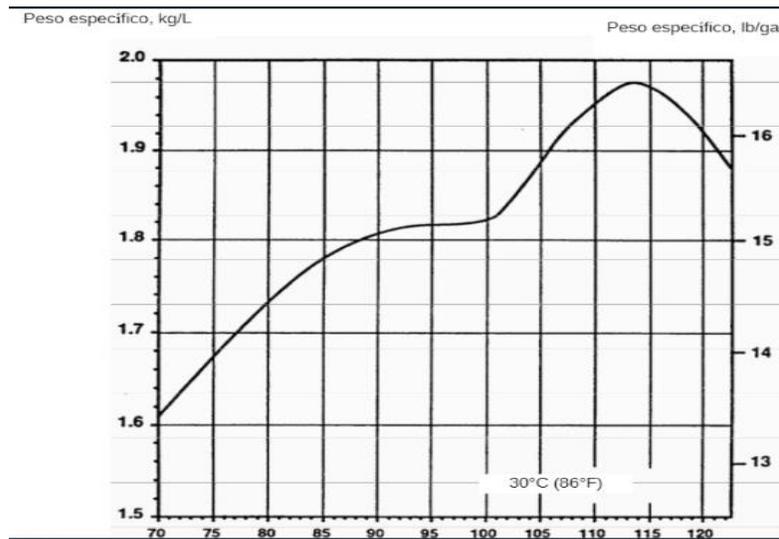
Fuente: Elaboración Propia,2023

2.3.1. Cálculo de Espesor según la norma API 650

SIMBOLO	UNIDAD	DEFINICIÓN	MODO DE OBTENCIÓN	VALOR
t_t y t_d	mm	Espesor de la envolvente	El mayor entre: $t_t = \frac{4.9D(H - 0.3)}{S_t}$ $t_d = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_d} + CA$	$t_1 = 1.26 \text{ mm}$ $t_2 = 1.025 \text{ mm}$ $t_3 = 0.773 \text{ mm}$
D	m	Diámetro Nominal	Dato de partida	D= 3.1m
H	m	Altura de diseño del nivel del liquido		
G	-	Densidad relativa del líquido a almacenar	$G = \frac{\text{densidad del Acido Sulfurico}}{\text{densidad del agua}}$	G=1.83

CA	mm	Corrosión Permissible	Dato de Partida	CA=0.6 mm
S_d	MPa	Esfuerzo permisible por condiciones de diseño	Tabla No 11	$S_d=155$ Mpa
S_t	MPa	Esfuerzo permisible por condiciones de prueba hidrostática	Tabla No 12	$S_t=127,4$ Mpa

Figura No 11: Peso Específico del Ácido Sulfúrico



Fuente: Wiley & Sons, 1983.

Para hallar el valor de la densidad relativa del fluido (G) se resuelve la siguiente ecuación:

$$G = \frac{\text{densidad del Acido Sulfurico}}{\text{densidad del agua}} = \frac{1830 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} = 1.83$$

El esfuerzo permisible por condición de diseño (S_d) y el esfuerzo permisible por prueba hidrostática (S_t) se obtienen a partir de la tabla No 11 y 12 que proporciona la norma Standard API-650 respectivamente.

Se tomará como referencia el acero AISI-317L, ya que posee características según la opción a tomar para el diseño. Por tanto, para el acero 317L S_d tendrá a 70°C y se interpolará 155 MPa:

Tabla No 11: Tabla de esfuerzos permisibles por condiciones de diseño según la API-650

Type	Min. Yield MPa	Min. Tensile MPa	Allowable Stress (S_d) (in MPa) for Maximum Design Temperature Not Exceeding					S_y Ambient
			40°C	90°C	150°C	200°C	260°C	
201-1	260	515	155	136	125	121	--	234
201LN	310	655	197	172	153	145	143	279
304	205	515	155	155	140	128	121	186
304L	170	485	145	132	119	109	101	155
316	205	515	155	155	145	133	123	186
316L	170	485	145	131	117	107	99	155
317	205	515	155	155	145	133	123	186
317L	205	515	155	155	145	133	123	186

Fuente: Institute API Standard 650, 2007

Para hallar el esfuerzo permisible del ensayo bajo presión hidrostática (S_t), se realiza a una temperatura de operación normal (de 70°C):

Tabla No 12: Tabla de esfuerzos permisibles por prueba hidrostática según la API-650

Table S-3a—(SI) Allowable Stresses for Plate Ring Flanges

Type	Allowable Stress (S_t) (in MPa) for Maximum Design Temperature Not Exceeding				
	40°C	90°C	150°C	200°C	260°C
201-1	155	133	115	104	--
201LN	197	167	151	143	138
304	140	115	103	95	89
304L	117	99	88	81	75
316	140	119	107	99	92
316L	117	97	87	79	73
317	140	119	108	99	92
317L	140	119	108	99	92

Minimum

Fuente: Institute API Standard 650, 2007

A 70°C para el AISI 317L, $S_t=127,4$ MPa

Una vez hallados los datos necesarios para el cálculo del espesor, se aplica el Método de un pie explicado anteriormente. En primer lugar, se especificará el espesor mínimo necesario en función del diámetro nominal del tanque a través de la siguiente tabla:

Tabla No 13: Espesor mínimo de virola según la norma API-650

Diámetro nominal en metros	Espesor mínimo en milímetros
< 15.24	4.76
15.24 < 36.576	6.35
36.576 < 60.96	7.93
> 60.96	9.52

Fuente: Institute API Standard 650, 2007

Como en este caso el $D=3.1$ m, el espesor mínimo en milímetros es de 4.76. A continuación, ya se puede aplicar el método de un pie para hallar el valor exacto para las 4 virolas. Suponiendo que el ancho de virola es equivalente para todas, se calcula como

$\frac{\text{altura del cilindro}}{\text{n}^\circ \text{ de virolas}} = \frac{4 \text{ m}}{3} = 1.33 \text{ m}$ es mejor así para optimizar el espesor de cada virola al variar la presión a soportar del tanque con la altura.

Como se ha explicado al inicio del apartado, se calculará el espesor de la primera virola para el caso de prueba hidrostática y para condiciones de diseño. El que resulte mayor, será el espesor escogido.

a) Calculo para el primer anillo

• **Espesor para prueba hidrostática:**

$$tt = \frac{4.9D(H - 0.3)}{S_t} = \frac{4.9 * 3.1 * (4 - 0.3)}{155} = 0.3626 \text{ mm}$$

• **Espesor por condición de diseño (unidades U.S):**

$$td = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_d} + CA = \frac{4.9 * 3.1(4 - 0.3)1.83}{155} + 0.6 = 1.26 \text{ mm}$$

b) Calculo para el segundo anillo

La altura del siguiente anillo será de $4 - 1.33 = 2.67$ m. El resto de datos se conserva.

• **Espesor para prueba hidrostática:**

$$tt = \frac{4.9D(H - 0.3)}{S_t} = \frac{4.9 * 3.1 * (2.67 - 0.3)}{155} = 0.2323 \text{ mm}$$

• **Espesor por condición de diseño (unidades U.S):**

$$td = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_d} + CA = \frac{4.9 * 3.1(2.67 - 0.3)1.83}{155} + 0.6 = 1.025 \text{ mm}$$

c) Calculo para el segundo anillo

La altura del siguiente anillo será de $2.67 - 1.33 = 1.04$ m. El resto de datos se conserva.

- **Espesor para prueba hidrostática:**

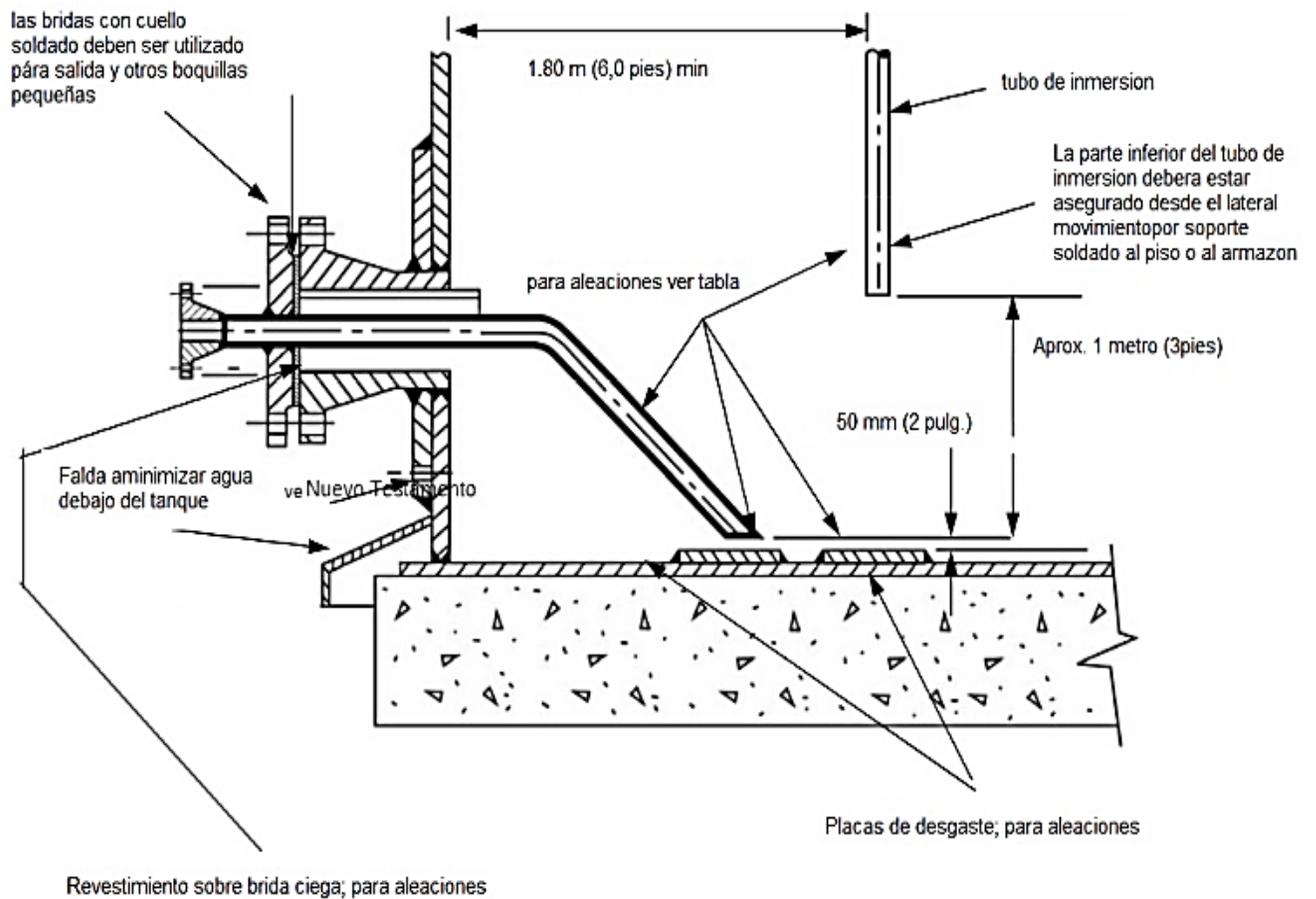
$$t_t = \frac{4.9D(H - 0.3)}{S_t} = \frac{4.9 * 3.1 * (1.04 - 0.3)}{155} = 0.0725 \text{ mm}$$

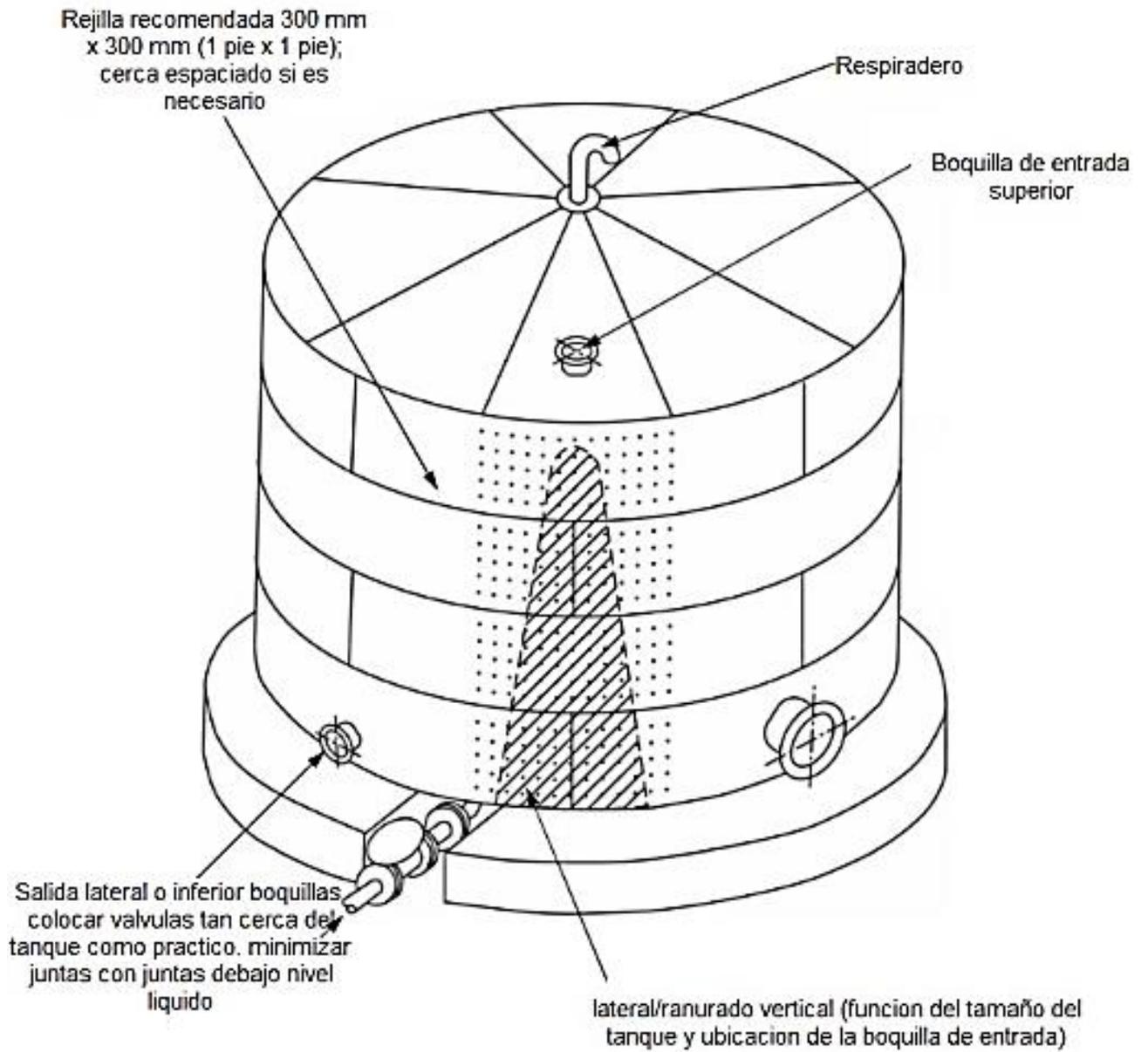
- **Espesor por condición de diseño (unidades U.S):**

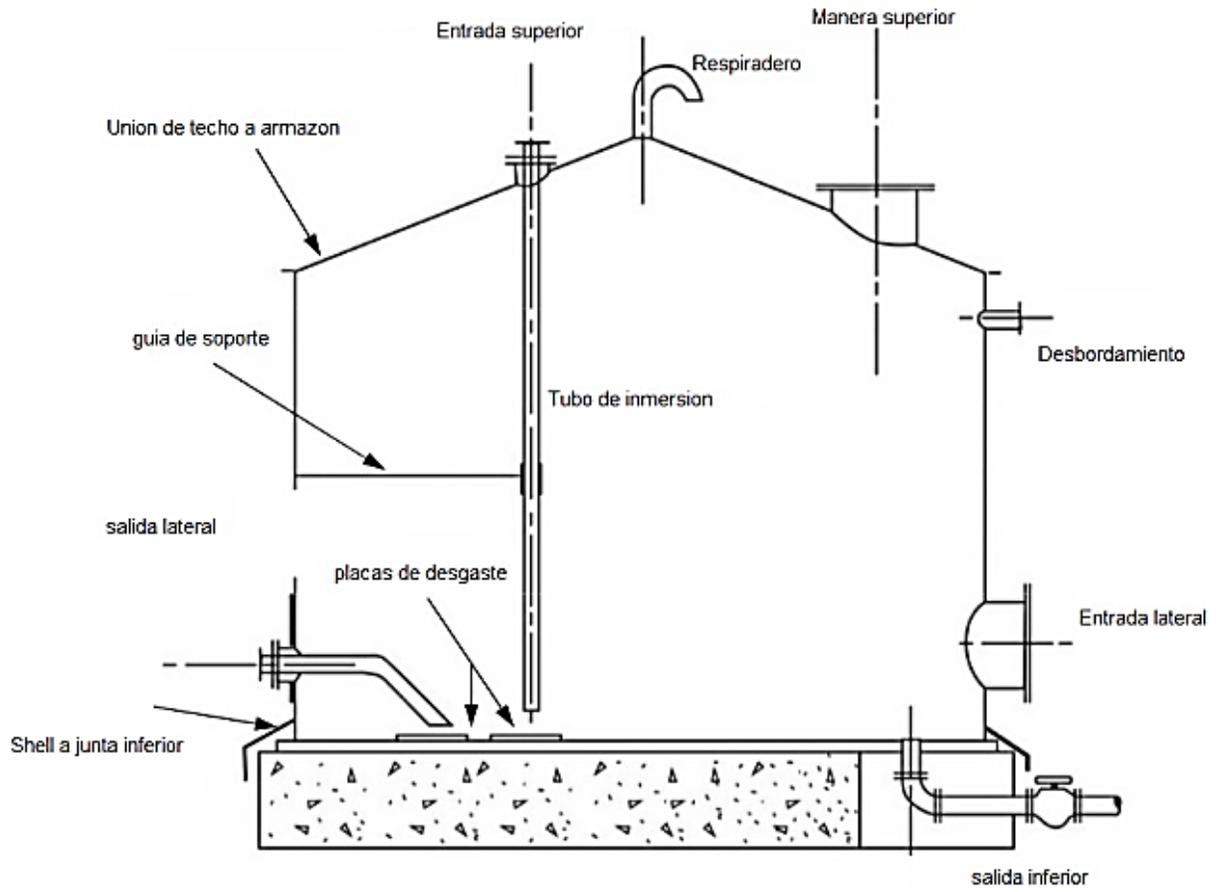
$$t_d = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_d} + CA = \frac{4.9 * 3.1(1.04 - 0.3)1.83}{155} + 0.6 = 0.733 \text{ mm}$$

2.3.2. Parte de Construcción del diseño del tanque de almacenamiento

Vista Lateral







2.3.3. Diagnóstico de Inspección

Resultados Obtenidos con la recolección de planillas de Inspección visual según la norma API 653 para tanque de acero al carbono

	AÑO					
	2019		2021		2023	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
	1	0	1	0	1	0
A.1	1	-	1	-	1	0
A.1.1	5	-	3	2	4	1
A.1.2	2	-	2	-	2	-
A.1.3	1	-	-	1	1	-
A.1.4	1	-	1	-	1	-
A.1.5	2	-	2	-	2	-
A.1.6	1	-	1	-	-	1
A.1.7	1	-	1	-	1	-
A.1.8	-	-	-	-	-	-
A.1.9	3	-	2	1	3	-
A.2	1	-	1	-	1	-
A.2.1	5	-	4	1	3	2
A.2.2	-	-	-	-	-	-
A.2.3	4	-	3	1	3	1
A.2.4	1	-	1	-	1	-

Donde:

A1	Fundación
A.1.1	Anillo de concreto
A.1.2	Asfalto
A.1.3	Arena o Suciedad Aceitada
A.1.4	Rocas
A.1.5	Área de drenaje
A.1.6	Limpieza
A.1.7	Protección catódica
A.1.8	Cuerpo
A.1.9	Inspección Visual Externa
A.2.	Interna (tanque de techo fijo)
A.2.1	Inspección Cuerpos Remachados
A.2.2	Accesorios del cuerpo
A.2.3	Manholes y Boquillas
A.2.4	Corrosión externa de las Láminas del Techo

Fuente: Observaciones según Check list NORMA API 653,

Cuadro Comparativo según observación visual norma API 653 para el Acero al Carbono entre el periodo 2019 al 2023.

ITEM	AÑO									
	2019			2021			2023			
	1	f	f%	1	f	f%	1	f	f%	1
A.1	1	1	0,036	1	1	0,05	1	1	0,0455	1
A.1.1	5	5	0,179	3	3	0,14	3	3	0,1364	3
A.1.2	2	2	0,071	2	2	0,1	2	2	0,0909	2
A.1.3	1	1	0,036	1	1	0,05	1	1	0,0455	1
A.1.4	1	1	0,036	1	1	0,05	1	1	0,0455	1
A.1.5	2	2	0,071	2	2	0,1	2	2	0,0909	2
A.1.6	1	1	0,036	1	1	0,05	1	1	0,0455	1
A.1.7	1	1	0,036	1	1	0,05	1	1	0,0455	1
A.1.9	3	3	0,107	2	3	0,1	3	3	0,1364	3
A.2	1	1	0,036	1	1	0,05	1	1	0,0455	1
A.2.1	5	5	0,179	3	3	0,14	3	3	0,1364	3
A.2.3	4	4	0,143	2	2	0,1	2	2	0,0909	2
A.2.4	1	1	0,036	1	1	0,05	1	1	0,0455	1
TOTAL	28	28	1	21	22	1	21	22	1	21
MEDIA	2,1538	2,1538	1,6154	1,6923	1,6923	1,6923	1,6923	1,6923	1,6923	1,6923
VARIANZA	2,4744	2,4744	0,5897	0,7308	0,7308	0,7308	0,7308	0,7308	0,7308	0,7308

Resultado según proyección para el Acero Inoxidable para el inicio de servicio 2023.

ITEM	AÑO		
	2023	2023	
	1	f	f%
A.1	1	1	0,0238
A.1.1	5	5	0,119
A.1.2	4	4	0,0952
A.1.3	2	2	0,0476
A.1.4	1	1	0,0238
A.1.5	2	2	0,0476
A.1.6	2	2	0,0476
A.1.7	3	3	0,0714
A.1.9	6	6	0,1429
A.2	3	3	0,0714
A.2.1	5	5	0,119
A.2.3	5	5	0,119
A.2.4	3	3	0,0714
TOTAL	42		1
MEDIA	3,23076923		
VARIANZA	2,69230769		

2.3.4. Estudio ambiental y Seguridad

Ley No 1333	ESTUDIO DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL (EEIA): Estudio destinado a identificar y evaluar los potenciales impactos positivos y negativos con el fin de establecer las correspondientes medidas para evitar, mitigar o controlar aquellos que sean negativos e incentivar los positivos.
	<i>Estudio de Peligros Ambientales</i>
Impacto ambiental con la humedad y el agua	<p>El ácido sulfúrico se disuelve en el agua presente en el aire y puede permanecer suspendido durante períodos de tiempo variado; el ácido sulfúrico en la lluvia contribuye a la formación de la lluvia ácida.</p> <p>El ácido sulfúrico en agua se separa dando lugar a iones de hidrógeno y sulfato. La habilidad del ácido sulfúrico para cambiar la acidez (pH) del agua depende de la cantidad de ácido sulfúrico y de</p>

	<p>la habilidad de otras sustancias en el agua para neutralizar los iones de hidrógeno (capacidad de amortiguador).</p> <p>Vapores expuestos al medio ambiente y el personal</p> <p>El ácido sulfúrico puede afectar por inhalación es un CARCINÓGENO. MANIPULE CON EXTREMA PRECAUCIÓN.</p> <p>El ácido sulfúrico es CORROSIVO y al contacto puede producir irritación fuerte y quemaduras en la piel y los ojos llevar a la ceguera.</p> <p>La inhalación de ácido sulfúrico puede irritar la nariz y la garganta.</p> <p>La inhalación de ácido sulfúrico puede irritar el pulmón. La exposición más alta puede causar la acumulación de líquido en el pulmón (edema pulmonar), que es una emergencia médica.</p> <p>La exposición puede causar dolor de cabeza, náusea y vómitos.</p> <p>El ácido sulfúrico es REACTIVO y presenta ALTO RIESGO DE EXPLOSIÓN.</p> <p>El ácido sulfúrico no es un combustible, sino un OXIDANTE FUERTE que acelera la combustión de otras sustancias.</p>
Total	2 estudios de Ambientales

¿Cuáles son los ISO de seguridad?	<p>Es La ISO 45001 es norma de la Organización Internacional de Normalización (ISO) sobre la seguridad y salud en el trabajo (SST); está en vías de mejorar drásticamente los niveles de seguridad en el puesto de trabajo.</p>
	<i>Estudio de Peligros dentro el tanque Diseñado</i>
Detección de fugas	<p>Dependiendo del diseño de la base, se debe considerar</p> <p>Se debe tener en cuenta la instalación de sondas de detección de ácido u otros; tener dispositivos de detección de fugas.</p>
Áreas de Contención	<p>El área alrededor del tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico los sistemas deben disponerse de manera que cualquier derrame llegue a un sistema adecuado de contención y neutralización.</p>
Protección contra daños por colisión	<p>Barreras adecuadas deberían proteger el ácido sulfúrico.</p> <p>Los tanques que pueden sufrir daños por impacto de algún otro equipo.</p>

Diques	<p>La capacidad del dique debe cumplir con todas las regulaciones aplicables, el diseño y la capacidad del dique están fuera del alcance de esta norma.</p> <p>Cuando se requieren diques, el piso del dique debe estar inclinado hacia un sumidero para el agua de lluvia se debe tener cuidado de que no quede agua parado en la zona del dique.</p> <p>Se debe tener cuidado si alguna tubería penetra en el pared del dique para asegurar que la tubería sea capaz de soportar los esfuerzos debidos a la expansión y contracción.</p>
Requisitos de seguridad	<p>de Esta sección proporciona sólo pautas generales de seguridad. Para requisitos detallados, se debe consultar a expertos en seguridad</p>
Se deben disponer de duchas de seguridad y lavaojos	<p>de proporcionados en tales lugares y en cantidades suficientes para Permitir un fácil acceso a cualquier persona que trabaje en las proximidades de los tanques de ácido sulfúrico</p> <p>y Siempre debe haber disponible material para lavar</p>
Equipo de protección personal (EPP) adecuado	<p>de Se debe usar el EPP adecuado para la entrada. en el área restringida o contaminada.</p>
Total	7 estudios de Seguridad

Origen: Datos Descriptivos de acuerdo al estudio ambiental y seguridad, solamente a modo de ilustración

2.4. ANALISIS Y DISCUSIÓN

Realizada la inspección visual en el periodo 2019 al 2023 del tanque del acero al carbono se puede evidenciar que el tanque presenta desgastes, anomalías entre otros en diferentes partes del tanque de acida sulfúrico U-FA 652 de la planta de Amoniaco y Urea.

Asiendo un estudio de análisis con el material de acero inoxidable para el tanque de almacenamiento e acido sulfúrico se logro determinar que es mejor material ya que presenta varias ventajas; como ser:

- Mejor mantenimiento

- Mejor resistencia a la corrosión según norma NACE, norma API 650, norma API 653.
- Fácil acceso en el mercado

2.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Realizar el diagnóstico del tanque de almacenamiento de ácido sulfúrico U FA-652.	Se logro realizar el diagnóstico de ubicación del tanque en la planta de Amoniac y Urea con las condiciones técnicas de la misma en su diseño.
Determinar los detalles de diseño y construcción del tanque de almacenamiento U FA-652.	<p>Para el tanque de acero inoxidable se logro encontrar el espesor de plancha para cada virola:</p> $t_1 = 1.26 \text{ mm}$ $t_2 = 1.025 \text{ mm}$ $t_3 = 0.773 \text{ mm}$ <p>En cuanto al montaje de construcción del tanque se realizó una descripción de las diferentes etapas.</p> <p>Se logro determinar el tanque de Acero Inoxidable de tipo Techo fijo con maya de chimenea y bastón de ventilación con el fin de aliviar los vapores del ácido sulfúrico; y se determinó de forma cilíndrica del tanque.</p>
Describir las inspecciones y mantenimientos para tanques de ácido sulfúrico.	<p>Se realizo un análisis estadístico según los parámetros que plantea la norma API 653 para ver el comportamiento del tanque de acero al carbono y acero inoxidable.</p> <p>Dado a conocer que en observación visual el acero inoxidable presenta mas ventajas que el acero al carbono</p>
Realizar el estudio ambiental y de seguridad para el tanque de	Se realizo el estudio de riesgos y peligros en el medio ambiente con las Ley No 1333; describiendo los daños ambientales que se pueden ocasionar por el ácido sulfúrico.

almacenamiento de ácido sulfúrico	Con la ISO 45001 sobre la seguridad y salud del trabajo se logró determinar los peligros más relevantes dentro del diseño de tanque.
-----------------------------------	--

En cuanto a tanques de ácido sulfúrico se recomienda para el diseño y construcción seguir con las normas establecidas de diseño norma NACE y norma API 650; cuando las sustancias a almacenarse son ácido estos parámetros y condiciones de los ácidos hacen que el diseño ya sea determinado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Alvinox Instalaciones Industriales. (2023). *Principales Características de tanques de Almacenamiento*. Unión Europea. Recuperado de <https://www.alvinox.com/caracteristicas-tanques-almacenamiento/>
- 2.- Coco, Eduardo. (2023). *Tanques de Almacenamiento*. Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca; Bolivia.
- 3.- Equipo Editorial Etecé. (2018). *Ácido Sulfúrico*. Recuperado de <https://humanidades.com/acido-sulfurico/>
- 4.- Escuela Politécnica Nacional. (2007). *Corrosión y degradación de los Metales*. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2771/1/CD-0553.pdf>
- 5.- Gonzales, Davinia. (2018). *Diseño y Calculo de un tanque de almacenamiento de un fluido de alta temperatura*. Madrid; España.
- 6.- Gago, Pedro A. (2018). *Diseño de sistema de protección anódica para tanques de ácido sulfúrico*. Universidad de Ingeniería del Perú; Perú.
- 7.- Hinojosa, Boris Orlando. (2022). *Selección y dimensionamiento de un tanque de almacenamiento para gasolina de 3000 Bbl de capacidad bajo la norma API 650*. UMSS, Cbba; Bolivia
- 8.- Lluen Aquino, Carlos. (2021). *Procesar acido sulfúrico y óleum a temperatura ambiente*. Recuperado <https://es.scribd.com/document/542834647/NACE-SP-0294-2006-Parte-2-ES>
- 9.- Nace Internacional, (2006). *Diseño, fabricación e inspección de almacenamiento. Sistemas de tanques para concentrado fresco y procesar ácido sulfúrico y óleum a temperatura ambiente*. Recuperado de <https://dokumen.tips/documents/nace-sp-0294-2006pdf.html?page=1>

ANEXOS

ANEXO 1:

HOJA INFORMATIVA SOBRE SUSTANCIAS PELIGROSAS



Derecho a Saber

Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas

Nombre común: **ÁCIDO SULFÚRICO**

Sinónimos: Ácido de batería; sulfato de hidrógeno; aceite de vitriolo

Nombre químico: Ácido sulfúrico

Fecha: marzo de 2016 Traducción: febrero de 2017

(SULFURIC ACID)

Número CAS: 7664-93-9

Número Derecho a Saber: 1761

Número DOT: UN 1830

Descripción y uso

El ácido sulfúrico es un líquido inodoro, de incoloro transparente a marrón. Se utiliza en la fabricación de baterías de acumuladores, fertilizantes, productos de papel, textiles, explosivos y productos farmacéuticos, y en la producción de acero y hierro.

Fuentes que lo citan

- ▶ El ácido sulfúrico figura en la *Right to Know Hazardous Substance List (Lista de sustancias peligrosas del Derecho a Saber)* ya que ha sido citado por los siguientes organismos: OSHA, ACGIH, DOT, NIOSH, NTP, DEP, IARC, NFPA y EPA.
- ▶ Esta sustancia química figura en la *Special Health Hazard Substance List (Lista de sustancias extremadamente peligrosas para la salud)*.

VER EL GLOSARIO EN PÁGINA 4.

PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos

- ▶ Enjuague los ojos inmediatamente con abundante agua por al menos 30 minutos, levantando los párpados superiores e inferiores. Si procede, retire los lentes de contacto al enjuagar. Busque atención médica inmediata.

Contacto con la piel

- ▶ Quite rápidamente la ropa contaminada. Lave la piel contaminada de inmediato con abundante agua y jabón. Busque atención médica inmediata.

Inhalación

- ▶ Retire a la víctima del lugar de exposición.
- ▶ Inicie la respiración de rescate (utilizando precauciones universales) en caso de paro respiratorio y la reanimación cardiopulmonar en caso de paro cardíaco.
- ▶ Traslade sin demora a la víctima a un centro de atención médica.
- ▶ Debido al riesgo de edema pulmonar tardío se recomienda observación médica por 24 a 48 horas después de la exposición excesiva.

Resumen de riesgos

Evaluación de riesgos	Departamento	NFPA
SALUD	-	3
INFLAMABILIDAD	-	0
REACTIVIDAD	-	2

CARCINÓGENO
CORROSIVO Y REACTIVO
OXIDANTE
AL INFLAMARSE, SE PRODUCEN GASES TÓXICOS
AL INFLAMARSE, LOS RECIPIENTES PUEDEN EXPLOTAR
NO UTILICE AGUA

Clasificación del riesgo: 0=mínimo; 1=poco; 2=moderado; 3=importante; 4=extremo

- ▶ El ácido sulfúrico puede afectar por inhalación.
- ▶ El ácido sulfúrico es un **CARCINÓGENO**. MANIPULE CON EXTREMA PRECAUCIÓN.
- ▶ El ácido sulfúrico es **CORROSIVO** y al contacto puede producir irritación fuerte y quemaduras en la piel y los ojos llevar a la ceguera.
- ▶ La inhalación de ácido sulfúrico puede irritar la nariz y la garganta.
- ▶ La inhalación de ácido sulfúrico puede irritar el pulmón. La exposición más allá puede causar la acumulación de líquido en el pulmón (edema pulmonar), que es una emergencia médica.
- ▶ La exposición puede causar dolor de cabeza, náusea y vómitos.
- ▶ La exposición repetida puede causar daño pulmonar permanente, daño a los dientes y malestar estomacal.
- ▶ El ácido sulfúrico es **REACTIVO** y presenta **ALTO RIESGO DE EXPLOSIÓN**.
- ▶ El ácido sulfúrico no es un combustible, sino un **OXIDANTE FUERTE** que acelera la combustión de otras sustancias.

Límites de exposición laboral

OSHA: El PEL es de 1 mg/m³ como promedio durante una jornada de 8 horas.

ANEXO 2:

RIESGOS DE ACIDO SULFURICO

Nombre común: **ÁCIDO SULFÚRICO**

Sinónimos: Ácido de batería; sulfato de hidrógeno; aceite de vitriolo

Núm. CAS: 7664-93-9

Fórmula molecular: H₂SO₄

Núm. Derecho a Saber: 1761

Descripción: Líquido inodoro, de incoloro transparente a marrón

DATOS SOBRE LOS RIESGOS		
Evaluación de riesgos	Lucha contra incendios	Reactividad
<p>3 - Salud</p> <p>0 - Incendio</p> <p>2 W - Reactividad</p> <p>Núm. DOT: UN 1830</p> <p>Núm. de la Guía: 137</p> <p>Categoría de riesgo: 8 (corrosivo)</p>	<p>El ácido sulfúrico no es un combustible, sino un OXIDANTE FUERTE que acelera la combustión de otras sustancias.</p> <p>Utilice un agente extintor adecuado para el tipo de fuego circundante. El ácido sulfúrico no arde por sí mismo.</p> <p>NO UTILICE AGUA directamente sobre el ácido sulfúrico.</p> <p>AL INFLAMARSE, SE PRODUCEN GASES TÓXICOS, entre otros óxidos de azufre.</p> <p>AL INFLAMARSE, LOS RECIPIENTES PUEDEN EXPLOTAR.</p> <p>El ácido sulfúrico puede encender materiales combustibles (madera, papel y aceite).</p>	<p>El ácido sulfúrico reacciona de forma violenta con ALCOHOL y AGUA para liberar CALOR y también reacciona de forma violenta o explosiva con MATERIALES ORGÁNICOS; MATERIALES COMBUSTIBLES; BASES FUERTES (como HIDRÓXIDO DE SODIO e HIDRÓXIDO DE POTASIO); AGENTES REDUCTORES (como LITIO, SODIO, ALUMINIO y los HIDRURDS correspondientes); y AGENTES OXIDANTES (como PERCLORATOS, PERÓXIDOS, PERMANGANATOS, CLORATOS, NITRATOS, CLORO, BROMO y FLÚOR).</p> <p>El ácido sulfúrico reacciona con la MAYORÍA de METALES para formar hidrógeno gaseoso, que es inflamable y explosivo.</p> <p>El ácido sulfúrico no es compatible con ÁCIDOS FUERTES (como el CLORHÍDRICO y NÍTRICO); HUMEDAD; AMINAS; ni muchas OTRAS SUSTANCIAS.</p>
FUGAS Y DERRAMES	PROPIEDADES FÍSICAS	
<p>Distancias de aislamiento:</p> <p>Derrame pequeño: 60 metros (200 pies)</p> <p>Derrame grande: 300 metros (1000 pies)</p> <p>Incendio: 800 metros (0.5 millas)</p> <p>Neutralice el material derramado con piedra caliza triturada, cenizas de sosa o cal y deposite en recipientes herméticos para la eliminación.</p> <p>NO UTILICE AGUA NI MÉTODOS HÚMEDOS.</p> <p>NO elimine al alcantarillado los derrames por lavado.</p> <p>El ácido sulfúrico es nocivo para los organismos acuáticos.</p>	<p>Umbral de olor: Inodoro</p> <p>Punto de inflamación: No inflamable</p> <p>Densidad relativa de vapor: 3.4 (aire = 1)</p> <p>Presión de vapor: 0.001 mm Hg at 68 °F (20 °C)</p> <p>Densidad relativa: 1.8 (agua = 1)</p> <p>Solubilidad en agua: Soluble (se mezcla)</p> <p>Punto de ebullición: 554° a 640 °F (290° a 338 °C)</p> <p>Punto de fusión: 51 °F (10 °C)</p> <p>Peso molecular: 98.1</p> <p>pH: 0.3</p>	
LÍMITES DE EXPOSICIÓN	EQUIPO DE PROTECCIÓN	
<p>OSHA: 1 mg/m³, TWA 8 h</p> <p>NIOSH: 1 mg/m³, TWA 10 h</p> <p>ACGIH: 0.2 mg/m³, TWA 8 h</p> <p>IDLH: 15 mg/m³</p> <p>ERPG-1 = 2 mg/m³</p> <p>ERPG-2 = 10 mg/m³</p> <p>ERPG-3 = 120 mg/m³</p>	<p>Guantes: Butilo, Silver Shield®/4H®, Viton y Barrier® (tiempo de paso >8 h)</p> <p>Traje completo: Tychem®; Zytron® 300; ONESuit®TEC; y Trelchem® HPS y VPS (tiempo de paso >8 h)</p> <p>Respiratoria: < 2 mg/m³ - purificador de aire de máscara completa con un filtro contra gases ácidos y prefiltro R o P100</p> <p>>2 mg/m³ - suministro de aire o autónomo</p>	
EFFECTOS SOBRE LA SALUD	PRIMEROS AUXILIOS Y DESCONTAMINACIÓN	
<p>Ojos: Irritación fuerte y quemaduras</p> <p>Piel: Irritación fuerte y quemaduras</p> <p>Inhalación: Irritación de la nariz, la garganta y el pulmón, con tos y asfixia (edema pulmonar)</p> <p>Dolor de cabeza, náusea y vómitos</p> <p>Crónicos: Las neblinas de ácidos inorgánicos fuertes que contienen ácido sulfúrico causan cáncer de laringe en seres humanos</p>	<p>Retire a la víctima del lugar de la exposición.</p> <p>Enjuague los ojos con abundante agua por al menos 30 minutos. Si procede, retire los lentes de contacto. Busque atención médica inmediata.</p> <p>Quite rápidamente la ropa contaminada y lave la piel contaminada con abundante agua y jabón. Busque atención médica inmediata.</p> <p>Inicie la respiración artificial en caso de paro respiratorio y, en caso necesario, la reanimación cardiopulmonar.</p> <p>Traslade sin demora a la víctima a un centro de atención médica.</p> <p>Se recomienda observación médica, ya que los síntomas pueden tardar en aparecer.</p>	

ANEXO 3:

PLANILLA DE INSPECCION VISUAL SEGÚN API 653

Lista de Chequeo Inspección Tanque en Servicio			
Descripción		Completado	Comentarios
A1	Fundación		
	Mida la desnivelación de la fundación y elevaciones del fondo (ver Apéndice B para la cantidad de mediciones)	✓	
A.1.1	Anillo de concreto		
	Inspeccione por concreto partido, astillado, y con grietas, particularmente debajo las platinas de respaldo utilizadas en las soldaduras a tope del anillo anular bajo el cuerpo	✓	
	Inspeccione los drenajes abiertos en el anillo, en la superficie inferior y pared contra el tanque de los desagües por indicación de fugas del fondo.	✓	
	Inspeccione por cavidades en la fundación y vegetación contra el fondo del tanque.	✓	
	Chequeé que las escorrentías del agua lluvia del cuerpo del tanque salgan fuera del tanque.	✓	
	Chequeé el asentamiento alrededor del perímetro del tanque.	✓	
A.1.2	Asfalto		

	Chequeé asentamiento del tanque dentro de la base del asfalto, el cual dirigiría el agua lluvia bajo el tanque, en lugar de sacarla lejos de éste.	✓	
	Chequeé áreas donde las rocas presenten manchas de crudo, el cual indica fugas de hidrocarburo.	✓	
A.1.3	Arena o Suciedad Aceitada		
	Chequeé asentamiento dentro de la base el cual podría dirigir el agua lluvia debajo del tanque en lugar de sacarla lejos de éste.	✓	
A.1.4	Rocas		
	La presencia de roca triturada bajo el fondo del tanque usualmente resulta en corrosión severa en la superficie inferior. Haga una nota para hacer un examen adicional (ultrasonica, ensayo del martillo o cambio de cupones) cuando el tanque está fuera de servicio.	✓	
A.1.5	Área de drenaje		
	Chequeé los sitios de drenaje lejos del tanque y asociados con la tubería y cabezales	✓	
	Chequeé la condición de operación del drenaje del dique.	✓	
A.1.6	Limpieza		

	Inspeccione si las áreas tienen basura, vegetación u otros productos inflamables.	✓	
A.1.7	Protección catódica		
	Revise las lecturas de potenciales de protección catódica.	✓	
TANQUE:	UBICACIÓN:	CLIENTE:	FECHA:
Lista de Chequeo Inspección Tanque en Servicio			
	Descripción	Completado	Comentarios
A.1.8	Cuerpo		
A.1.9	Inspección Visual Externa		
	Inspeccione visualmente fallas en pintura, picaduras y corrosión.	✓	
	Limpie el área del ángulo del fondo e inspeccione por corrosión y adelgazamiento la lámina y soldadura.	✓	
	Inspeccione el sello entre el fondo y la base, si lo hay.	✓	
A.2.	Interna (tanque de techo fijo)		
	Inspeccione por muescas, corrosión, picaduras y fallas en el recubrimiento.	✓	
A.2.1	Inspección Cuerpos Remachados		
	Inspeccione la superficie externa por fugas en los remaches y costuras.	✓	

	Ubique sobre esquemas o fotos las fugas (la marcación se pierde cuando el cuerpo se limpia con abrasivo para pintura.	✓	
	Inspeccione los remaches por corrosión y deterioro.	✓	
	Inspeccione las costuras verticales para ver si han sido soldadas en solape para incrementar la eficiencia de la junta	✓	
	Si no existe ningún reporte de las uniones remachadas verticales, dimensione y esquematice(fotografía) el patrón del remache: número de filas, tamaño del remache, longitud de la altura y anote si la junta es remachada a tope o remachada en translape.	✓	
A.2.2	Accesorios del cuerpo		
A.2.3	Manholes y Boquillas		
	Inspeccione por grietas o signos de fuga en las soldaduras de boquillas, manholes y platinas de refuerzo.	✓	
	Inspeccione las láminas del cuerpo por abombamiento alrededor de las boquillas, causados por deflexión excesiva de la tubería.	✓	
	Inspeccione por fugas los flanges y alrededor de los espárragos.	✓	

	Chequeé por inadecuado flange del manhole y espesor en la tapa de los manholes agitadores.	✓	
A.2.4	Corrosión externa de las Láminas del Techo		
	Visualmente inspeccione por fallas en la pintura, huecos, pitting y productos de corrosión sobre la cubierta.	✓	
TANQUE:	UBICACIÓN:	CLIENTE:	FECHA:

ANEXO 4:

RANGOS DE APLICACIÓN DE CORROSIONES RESISTENTES PARA SERVICIO DE ACIDO SULFURICO

H ₂ SO ₄ (% concentration)	Alloy (UNS number)
70 to 100.5	S31254, ^(A) N10276, N08367, N08024, N08026, N08825, N08028, N08904, N06022, N06030, N06455, N08926, N06625, N06686, N06985, N08020, N09925, N06059
90 to 100.5	S31600, S31603
93 to 100.5	S30400, S30403, N06693

ANEXO 5:

COMPOSICION DE ALEACIONES RESISTENTES A LA CORROSIÓN TABLA No 1

Compositions of Corrosion-Resistant Alloys

Alloy (UNS No.)	C	Cr	Nb+Ta	Cu	Fe	Mo	Ni	Other
N06022	0.015 max	20.0 to 22.5			2.0 to 6.0	12.5 to 14.5	rem	Co 2.5 max W 2.5 to 3.5
N06030	0.030 max	28.0 to 31.5		1.0 to 2.4	13.0 to 17.0	4.0 to 6.0	rem	Co 0.30 to 1.50 W 1.5 to 4.0
N06059	0.010 max	22.0 to 24.0			1.5 max	15.0 to 16.5	rem	Al 0.1 to 0.4 Co 0.3 max
N06455	0.015 max	14.0 to 18.0			3.0 max	14.0 to 17.0	rem	Co 2.0 max
N06625	0.10 max	20.0 to 23.0	3.15 to 4.15		5.0 max	8.0 to 10.0	rem	Al 0.40 max Ti 0.40 max
N06686	0.10 max	19.0 to 23.0			5.0 max	15.0 to 17.0	rem	Mn 0.75 max Si 0.08 max Ti 0.02 to 0.25 W 3.0 to 4.4
N06693	0.15 max	27.0 to 31.0		0.5 max	2.5 to 6.0		rem	Al 2.5 to 4.0 Nb 0.5 to 2.5 Mn 1.0 max Ti 1.0 max Si 0.5 max
N06985	0.015 max	21.0 to 23.5	0.5 max	1.5 to 2.5	18.0 to 21.0	6.0 to 8.0	rem	Co 5.0 max W 1.5 max
N08020	0.070 max	19.0 to 21.0	8xC to 1.0	3.0 to 4.0	rem	2.0 to 3.0	32.0 to 38.0	
N08024	0.030 max	22.5 to 25.0		0.50 to 1.50	rem	3.5 to 5.0	35.0 to 40.0	
N08026	0.030 max	22.0 to 26.0		2.0 to 4.0	rem	5.0 to 6.7	33.0 to 37.2	
N08028	0.030 max	26.0 to 28.0		0.6 to 1.4	rem	3.0 to 4.0	29.5 to 32.5	
N08367	0.030 max	20.0 to 22.0		0.75 max	rem	6.0 to 7.0	23.5 to 25.5	N 0.18 to 0.25
N08825	0.050 max	19.5 to 23.5		1.5 to 3.0	rem	2.5 to 3.5	38.0 to 46.0	Al 0.2 max Ti 0.6 to 1.2
N08904	0.020 max	19.0 to 23.0		1.0 to 2.0	rem	4.0 to 5.0	23.0 to 28.0	

ANEXO 6:

COMPOSICION DE ALEACIONES RESISTENTES A LA CORROSIÓN TABLA No 2

Compositions of Corrosion-Resistant Alloys (Continued)

Alloy (UNS No.)	C	Cr	Nb+Ta	Cu	Fe	Mo	Ni	Other
N09925	0.030 max	19.5 to 23.5	0.50 max	1.50 to 3.00	22.0 min	2.50 to 3.50	38.0 to 46.0	Al 0.10 to 0.50 Ti 1.90 to 2.40
N08926	0.020 max	19.0 to 21.0		0.50 to 1.50	rem	6.0 to 7.0	24.0 to 26.0	N 0.15 to 0.25
N10276	0.020 max	14.5 to 16.5			4.0 to 7.0	15.0 to 17.0	rem	Co 2.5 max W 3.0 to 4.5
S30400	0.080 max	18.0 to 20.0			rem		8.0 to 10.5	
S30403	0.030 max	18.0 to 20.0			rem		8.0 to 12.0	
S31600	0.080 max	16.0 to 18.0			rem	2.0 to 3.0	10.0 to 14.0	
S31603	0.030 max	16.0 to 18.0			rem	2.0 to 3.0	10.0 to 14.0	
S31254	0.020 max	19.5 to 20.5		0.50 to 1.00	rem	6.0 to 6.5	17.5 to 18.5	N 0.18 to 0.22

ANEXO 7:

CORROSIÓN DEL ACERO POR ACIDO SULFURICO FRESCO Y ESTANCADO EN FUNCION DE LA CONCENTRACION Y TEMPERATURA

