

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS “CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ”

FACULTAD DE INGENIERÍA



**UNIVERSIDAD
DE CIENFUEGOS**

Título: Diseño de un tanque de almacenamiento de pintura anticorrosiva para la UEB Servicios de Protección Anticorrosiva (SPAC) de la Empresa de Servicios Técnicos y Especializados Cienfuegos.

Autor: Alejandro Cabrera Cabrera

Tutores: Ing. Lazara Morí Cordoves

Cienfuegos 2023

Dedicatoria

- ❖ *A mi mamá por ser la mejor guía de mi vida, sino fuese por ella no estuviera aquí cumpliendo este sueño.*
- ❖ *A mi padre que es mi mayor ejemplo a seguir, por ser mi apoyo y ayuda incondicional.*
- ❖ *A mi familia por la dedicación y el apoyo brindado en cada etapa de mi vida.*
- ❖ *A mi esposa e hijo que amo con la vida y que también de una forma u otra contribuyeron a mi formación como profesional.*
- ❖ *A mis amigos que gracias a ellos esta experiencia ha sido maravillosa.*

Índice

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.1. Corrosión.....	5
1.2.1. Proceso de corrosión.....	5
1.2.2. Tipos de corrosión. Mecanismos	6
1.2. Depósitos de almacenamiento.....	7
1.3.1. Elementos del depósito	10
1.3.2. Fallos estructurales en depósitos.....	11
1.3.3. Metodología del diseño de un tanque de almacenamiento	14
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PINTURA ANTICORROSIVA EN LA EMPRESA DE SERVICIOS TÉCNICOS Y ESPECIALIZADOS CIENFUEGOS.	17
2.1. Caracterización de la Empresa de Servicios Técnicos Especializados.....	17
2.2. Metodología para el diseño de un tanque de almacenamiento de pintura anticorrosiva.....	24
2.2.1. Normas del diseño.....	24
2.2.2. Dimensiones del tanque.....	26

2.2.3. Datos de partida.....	27
2.2.4. Selección del diseño del tanque.....	28
2.2.5. Forma del depósito.....	28
2.2.7. Envolverte.....	33
2.2.8. Fondo del depósito.....	35
2.2.9. Anclaje del tanque.....	36
2.3. Techo.....	37
2.3.1. Montaje angular de apoyo de techo cónico.....	39
2.3.2. Requerimientos de inspeccion y soldaduras del tanque.....	42
2.3.3. Método Radiográfico.....	42
2.3.4. Inspeccion visual.....	44
CAPITULO III. Análisis de los resultados de la Investigación	46
3.1. Selección del grupo de expertos.....	46
3.2. Captación del grupo de trabajo.....	48
3.3. Parámetros del diseño.....	52
Conclusiones.....	53
Recomendaciones.....	54
Bibliografías.....	55
Anexos.....	56

Resumen

Este trabajo de fin de grado tiene como objetivo el diseño de un tanque de almacenamiento de pintura anticorrosiva en la Empresa de Servicios Técnicos Especializados (ESTEC), partiendo de los datos establecidos por la UEB Servicios de Protección Anticorrosiva (SPAC) se estudiará si el depósito es capaz de soportar las tensiones provocadas por las cargas internas y externas del diseño, presión hidrostática, carga de viento y carga de sismo sin sufrir deformaciones permanentes además del proceso corrosivo, tipos de corrosión que existen y las diferentes metodologías para diseñar tanques de almacenamiento . Para realizar sus cálculos se sigue la norma Estándar API 650 y la NC-ISO 9001: entre otras normas cubanas, para llegar a los diferentes resultados se utilizó el método de expertos, método Delphi y capacitación de fuerza de trabajo, se realizaron entrevistas y revisión de documentos. Como resultado de la investigación se obtiene un resultado que permite el diseño del tanque su investigación proporciona el cumplimiento de sus objetivos específicos.

Palabras clave: diseño, corrosión, metodología, fallos estructurales, tanques

Summary

This final degree project aims to design a storage tank for anticorrosive paint in the Specialized Technical Services Company (ESTEC), based on the data established by the UEB Anticorrosive Protection Services (SPAC), it will be studied whether the tank It is capable of withstanding the stresses caused by the internal and external loads of the design, hydrostatic pressure, wind load and earthquake load without suffering permanent deformations in addition to the corrosive process, types of corrosion that exist and the different methodologies for designing storage tanks. To carry out its calculations, the API Standard 650 and NC-ISO 9001 are followed: among other Cuban standards, to reach the different results, the expert method, Delphi method and workforce training were used, interviews and review were carried out. of documents. As a result of the research, a result is obtained that allows the design of the tank, its research provides the fulfillment of its specific objectives.

Keywords: design, corrosion, methodology, structural failures, tanks

INTRODUCCIÓN

Desde la constitución de la ingeniería como ciencia a través del tiempo y los avances tecnológicos posteriormente han traído consigo la invención de muchos equipos y máquinas electromecánicas con estructuras metálicas que cumplen una determinada función, ante ello, surge como objetivo que estos equipos tengan un rendimiento óptimo capaz de satisfacer las necesidades para las que fueron diseñados. Sin embargo, para que se de este escenario los equipos necesitan de un mantenimiento adecuado que brinde las condiciones idóneas para un correcto funcionamiento y cumplimiento de su vida útil (Delgado-García & Tóala-Arcenales, 2021).

Es preciso entender dentro de un contexto general que existen un sinnúmero de afectaciones por las que un equipo tiende a presentar deterioro en su estructura y sistema de operación en el campo de trabajo, ya sea por falta de mantenimiento o por las condiciones de desgaste ambiental en las que opera el equipo. La protección de los materiales metálicos frente a su degradación, por efecto de la corrosión, es uno de los principales objetivos en el campo de ingeniería de materiales a nivel industrial (Delgado-García & Tóala-Arcenales, 2021).

El territorio cubano se caracteriza por tener un clima tropical, el cual es cálido y muy húmedo. Además, debido a su ubicación geográfica, su forma alargada, la acción de los vientos transportadores del aerosol marino, entre otros factores favorece la existencia de alta agresividad corrosiva en la mayoría del país. Esta condición afecta en gran medida las estructuras fabricadas con materiales metálicos principalmente en zonas de agresividad alta y extrema (Fantony, 2017).

Si bien la corrosión es un fenómeno problemático que ha trascendido a lo largo del tiempo, en la actualidad se ha podido controlar con la aparición de técnicas y tratamientos

anticorrosivos que protegen e inhiben en cierto grado el desgaste y deterioro progresivo de las piezas y estructuras del equipo (Delgado-García & Tóala-Arcenales, 2021).

La importancia del uso de tratamientos anticorrosivos se plantea como una solución ante la afectación corrosiva que se genera en las estructuras metálicas en la ingeniería. Sin embargo, a pesar del gran esfuerzo que se lleva a cabo en la empresa, con el fin de reducir los efectos de la corrosión, la empresa no cuenta con una metodología para el diseño de un tanque para pintura anticorrosiva ha resultado complejo la búsqueda de investigaciones sobre el tema, por lo que se ha indagado en referencias en español, así como en idioma inglés.

A nivel internacional: (Delgado-García & Tóala-Arcetales, 2021) en su estudio “Importancia del mantenimiento con tratamientos anticorrosivos en la durabilidad de equipos de aires acondicionados en ambientes salinos”. Con el objetivo que estos equipos tengan un rendimiento óptimo capaz de satisfacer las necesidades para las que fueron diseñados.

En Cuba: (Fantony, 2017) en su tesis “Propuesta del Sistema de protección anticorrosiva y conservación SIPAYC para los carros General Motors y American la France del Museo de Bomberos de Matanzas”. Se propuso elaborar y proponer la tecnología para la protección anticorrosiva mediante un Sistema de Protección Anticorrosiva y Conservación (SIPAYC) de los carros de bombero General Motors del Museo de Bomberos de Matanzas. A nivel local no se han encontrado estudios sobre el tema

Diseño teórico

Situación problemática

Se realizó una búsqueda de artículos científico sobre el tema y se consultaron de otras fuentes de información en los últimos cinco años. Se evidenció pocos estudios sobre la metodología para el diseño de un tanque de almacenamiento de pintura anticorrosiva, además, se notó que no hay suficiente conocimiento sobre el tema en la Empresa de Servicios Técnicos y Especializados Cienfuegos. Además se realizó este estudio para cuidado de los diferentes metales que componen dicha empresa para su uso y durabilidad ya que la situación geográfica es muy cerca del mar dando paso a la rápida corrosión de los mismos.

Problema científico.

¿Cómo establecer una metodología para el diseño de un tanque de almacenamiento de pintura anticorrosiva en UEB de Servicios de Protección Anticorrosiva (SPAC) de la Empresa de Servicios Técnicos y Especializados Cienfuegos?

Justamente hacia esa dirección es que se realiza la investigación, que tiene como **Objetivo General.**

Aplicar un procedimiento para el diseño de un tanque de almacenamiento de pintura anticorrosiva para la UEB de Servicios de Protección Anticorrosiva (SPAC) en la Empresa de Servicios Técnicos y Especializados Cienfuegos.

Objetivos Específicos.

- Construir el marco teórico-referencial a partir del resultado de la investigación de la literatura, tanto nacional como internacional.
- Describir el procedimiento para el diseño de un tanque de almacenamiento de pintura anticorrosiva en la Empresa de Servicios Técnicos y Especializados Cienfuegos.
- Analizar los resultados de la implementación del procedimiento.

Justificación del estudio

El motivo principal por el que se plantea este Trabajo de Fin de Grado es demostrar la metodología del diseño de un tanque para pintura anticorrosiva, dadas las consecuencias que podría conducir un estudio incompleto o erróneo para la seguridad de la fábrica.

La protección por recubrimientos es uno de los métodos más ampliamente utilizados, destacándose entre ellos las pinturas, por las ventajas que representa tanto desde el punto de vista económico, como de su facilidad de aplicación, versatilidad de empleo y propiedades protectoras en sus tratos y ambientes muy diversos (Fantony, 2017).

Las pinturas como método de recubrimiento anticorrosivo son las más empleadas, no solo en lo económico sino por su fácil aplicación y propiedades protectoras en diferentes estructuras metálicas y diversos. El impacto social tributa a un mejoramiento significativo y perdurable o sustentable en el tiempo de las condiciones de conservación de la pintura anticorrosiva.

La investigación está estructurada de la siguiente forma:

Capítulo 1: Marco teórico referencial de proceso de corrosivo y metodología de diseños de tanques de almacenamientos:

Construir el marco teórico-referencial a partir del resultado de la investigación de la literatura, tanto nacional como internacional (Estado del Arte y la Práctica). Este capítulo se aborda la información referencial bibliográfica necesaria sobre de producción pintura anticorrosiva, desde la perspectiva de la Economía Circular.

Capítulo 2: Procedimiento para el diseño de tanques de almacenamiento de pintura anticorrosiva

En este capítulo se caracteriza la empresa objeto de estudio y se desarrolla la metodología para el diseño de un tanque de almacenamiento de pintura anticorrosiva en la UEB Servicios de Protección Anticorrosiva (SPAC) Empresa de Servicios Técnicos y Especializados Cienfuegos.

Capítulo 3: Aplicación del procedimiento para un tanque de almacenamiento de pintura anticorrosiva.

Se obtienen los resultados de la investigación y se valida la propuesta a través del método Delphi, análisis de expertos y capacitación de trabajadores, además de los cálculos específicos para el diseño de un tanque de almacenamiento de pintura.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Corrosión.

Según Uhlig (2000) la corrosión es un fenómeno espontáneo que se presenta prácticamente en todos los materiales procesados por el hombre. Si bien existen varias definiciones, es común describir la corrosión como una oxidación acelerada y continua que desgasta, deteriora y que incluso puede afectar la integridad física de los objetos o estructuras. Pero, además, (Citado por Medina, 2015) como corrosión se entiende los cambios aparecidos sobre la superficie de un material originados por la influencia indeseada de los factores químicos y electroquímicos (Fantony, 2017).

González, 2010) entiende por corrosión la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas. Las características fundamentales de este fenómeno, es que sólo ocurre en presencia de un electrólito, ocasionando regiones plenamente identificadas, llamadas estas anódicas y catódicas: una reacción de oxidación es una reacción anódica, en la cual los electrones son liberados dirigiéndose a otras regiones catódicas. En la región anódica se producirá la disolución del metal (corrosión) y, consecuentemente en la región catódica la inmunidad del metal (Fantony, 2017).

Según Pancorvo (2011) el paso de estos materiales a su estado natural, es llamado corrosión. La corrosión también se puede definir como la degradación de un material a causa de la acción del medio ambiente, en el sentido más amplio es un fenómeno natural (Fantony, 2017).

1.2.1. Proceso de corrosión

Corrosión es un término muy amplio con diferentes definiciones, pero la definición más abarcadora es la planteada en la NC 12 00 02:79, en la cual se define el término corrosión como: "Deterioro de un material o alteración de sus propiedades a causa de una reacción espontánea con el medio en el cual se encuentra expuesto". La mayoría de los metales tienden a corroerse debido a la característica de presentar pocos electrones en el último nivel de energía, lo que facilita que cedan estos últimos con mucha facilidad ante elementos no metálicos que actúan como agentes oxidantes en procesos de oxidación-reducción (Fantony, 2017).

El hierro, utilizado de forma impura en forma de acero por sus excelentes propiedades mecánicas, presenta como limitación su baja resistencia a la corrosión. Los aceros muestran una propensión muy importante a convertirse nuevamente en óxidos. Esto se debe a un

fenómeno electroquímico en el cual se verifica un proceso de solubilización del metal siendo el electrolito la propia atmósfera. Es imprescindible para que se produzca el fenómeno la presencia de oxígeno (esto explica la durabilidad de las varillas de acero al interior de la masa de hormigón) (Fantony, 2017).

El proceso de solubilización tiene lugar a través del transporte de electrones (partículas elementales de carga negativa) de un ánodo a un cátodo. La idea más representativa de este fenómeno la constituye la pila galvánica constituida por dos metales (o elementos irregulares no homogéneos de un mismo metal) denominados como ánodo y cátodo, un conductor (el propio metal) y un electrolito (atmósfera húmeda, agua dulce o de ácidos, álcalis, soluciones salinas o tierra) (Fantony, 2017).

1.2.2 Tipos de corrosión. Mecanismos

En la actualidad, según Domínguez et al., (1987), está establecido que, por su naturaleza o mecanismo general, los fenómenos de corrosión pueden dividirse en dos grandes grupos (Fantony, 2017).

- Corrosión química.
- Corrosión electroquímica.

Corrosión química

La corrosión química es la producida por los ácidos y álcalis, y tiene interés para la construcción de aparatos resistentes a la corrosión de los productos químicos que intervienen en el proceso de fabricación (Fantony, 2017).

En la corrosión química las características del proceso de intercambio electrónico entre el metal y el medio oxidante se produce en un mismo punto o zona de la superficie metal – medio corrosivo (o metal – óxido – medio corrosivo) (Domínguez et al., 1987). La resistencia de la capa de óxido que se crea es diferente para los diferentes metales y aleaciones. La corrosión química constituye un campo de la corrosión, la misma tiene lugar en ausencia de electrolitos y se cumplen las leyes básicas de la cinética química de las reacciones heterogéneas. En la misma, Echeverría et al. (2015) expresa que tiene lugar un proceso de oxidación reducción, directamente en un punto de la interfase sobre la superficie del metal, no existiendo circulación de corriente de electrones (Fantony, 2017).

Ejemplos de corrosión química:

1. La corrosión de los metales en completa ausencia de humedad, en contacto con gases. Este proceso tiene lugar fundamentalmente a elevadas temperaturas (Fantony, 2017).
2. La corrosión de los metales en contacto con líquidos no electrolitos, como el petróleo, gasolina, alcohol, (Fantony, 2017).

Corrosión electroquímica

En los casos de corrosión electroquímica también denominada corrosión húmeda, ha sido el propio metal o dos metales en contacto o muy próximos los que han proporcionado la fuerza electromotriz para la corrosión electroquímica. Por esto la velocidad de ataque, y por tanto la corrosión, esta forzosamente limitada. Pero cuando se aplica una fuerza electromotriz exterior, las velocidades pueden ser mucho mayores. La corrosión electroquímica es la corrosión predominante en un entorno arqueológico (Fantony, 2017).

La corrosión electroquímica se puede clasificar en:

- Corrosión galvánica por par metálico
- Corrosión no uniforme
- Celdas de aireación diferencial
- Corrosión intersticial
- Corrosión intergranular
- Corrosión fatiga
- Corrosión selectiva
- Corrosión interfacial
- Corrosión atmosférica

1.2 Depósitos de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento son estructuras que contienen un producto sólido, líquido o gas a una presión y temperaturas determinadas. 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, Koppler o Korboggen; y con techo esférico, cónico o sin techo. En las siguientes imágenes se pueden ver algunos de estos ejemplos (González, 2018).



Figura 1: Depósito cilíndrico vertical, fondo plano y techo cilíndrico

Fuente: (González, 2018)



Figura 2: Depósito cilíndrico vertical, fondo cónico y techo plano

Fuente: (González, 2018)



Figura 3: Depósito cilíndrico horizontal, fondo

Fuente: (González, 2018)



Figura 4: Depósito esférico plano y techo cilíndrico

Fuente: (González, 2018)

Los depósitos han de cumplir 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 (González, 2018).

1.3.1 Elementos del depósito

El cuerpo está compuesto por una serie de virolas, que son secciones de la pared de distinto espesor en función de la altura. La virola más cercana a la base será la de mayor espesor ya que tendrá que soportar más carga. La altura de éstas suele estar comprendida entre 1 y 2 m dependiendo del diámetro del tanque. Uno de los accesorios imprescindibles en tanques son los venteos, especialmente para almacenamientos de productos inflamables. Sirven para reducir la evaporación de los productos de un tanque cerrado permitiendo la entrada y salida de aire. Las orejas de izaje sirven de apoyo en la base del tanque para que pueda ser elevado si fuese el caso. Las bocas de hombre permiten el acceso al personal de trabajo en el tanque para cualquier operación en el interior. Pueden estar colocadas en el cuerpo y en el techo. El número de boquillas depende del diámetro del tanque. Además, es obligatorio al menos, dos orificios de entrada y salida de producto, respectivamente. Un último accesorio importante en tanques son los niveles, que son los instrumentos encargados de medir la altura de producto contenido en el tanque. Además de estos, existen diferentes elementos que son específicos para cada tanque (González, 2018).

Los elementos principales que conforman un depósito son los siguientes

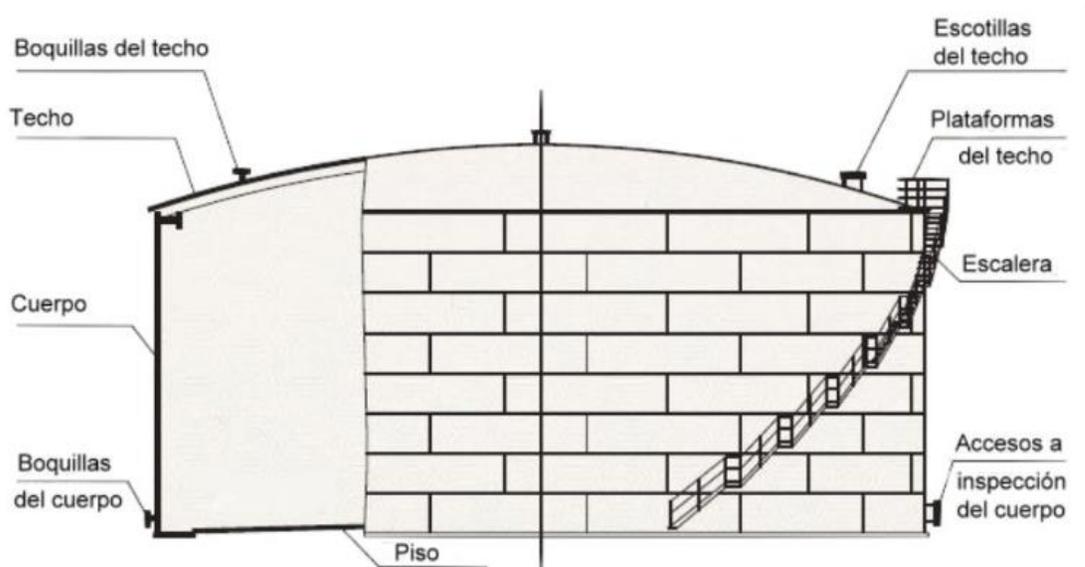


Figura 5: Partes de un depósito

Fuente: (González, 2018)

1.3.1. Fallos estructurales en depósitos

La importancia de un correcto estudio del diseño de depósitos de almacenamiento reduce la posibilidad de fallo de estas estructuras. Los principales factores que causan daños en tanques son: corrosión en depósitos de acero, deterioro de las paredes en tanques de hormigón, variaciones de carga durante el llenado y la descarga, explosión del producto contenido, colapso interno estructural, formación de grietas por limitadas inspecciones del material, fallos en uniones mecánicas y soldaduras, elevadas presiones de cimentación o condiciones del suelo no uniformes (González, 2018).

A continuación, se muestran imágenes sobre algunos fallos graves en depósitos y se explica la razón principal y cómo se podría haber evitado.



Figura 6: Fallo por falta de soldadura

Fallo: plegado del cuerpo debido a vientos débiles

Razón: falta de soldadura en la base

Prevención: correcto diseño de la junta e inspecciones periódicas

Fuente: (González, 2018)



Figura 7: Fallo por dimensionamiento incorrecto

Fallo: pandeo de depósito y rotura con expulsión del producto

Razón: dimensionamiento de cargas incorrecto

Prevención: realizar un correcto cálculo del diseño

Fuente: (González, 2018)



Figura 8: Fallo por pequeños movimientos de tierra.

Fallo: grietas con filtrado de líquido

Razón: pequeños movimientos de tierra

Prevención: revisar las grietas periódicamente y sellarlas y forrar el tanque interiormente

Fuente: (González, 2018)



Figura 9: Fallo por corrosión

Fallo: evacuación del producto

Razón: corrosión

Prevención: eliminación del área corroída y elegir un material adecuado para el producto

Contenido.

Fuente: (González, 2018)



Figura 10: Fallo por terremoto

Fallo: elevamiento de la base

Razón: terremoto

Prevención: realizar un correcto cálculo del diseño

Fuente: (González, 2018)

Con las imágenes anteriores, se puede tomar una idea general de las posibilidades de fallo que pueden ocurrir en un depósito. En algunos casos, son reversibles si se llevan a cabo inspecciones periódicas. En otros, el fallo puede ser tan grave como explosión de productos tóxicos o contaminantes. Por esto, la trascendencia de estudiar al menos uno de los factores más relevantes, como es el diseño del tanque a comprobación de cargas Fuente: (González, 2018).

1.3.3. Metodología del diseño de un tanque de almacenamiento.

Existen varios tipos de metodologías para diseñar tanques de almacenamiento, en esta investigación el autor escoge la metodología de diseño de tanque cilíndrico- vertical de fondo plano y techo fijo cónico debido a que es la que permite almacenar grandes cantidades volumétricas evitando su deformación y con un costo bajo imprescindible para la economía de dicha empresa

- Diseño de tanques de acero inoxidable de mezcla y almacenamiento de forma cilíndrica, son utilizados para almacenar productos químicos de gran viscosidad y densidad y se única en fabricas petroquímicas (Portland Kettle Works 2011, Generales Motos Company)
- Diseño de tanques de almacenamientos de agua verticales de techo plano , se utilizan para almacenar medianas cantidades de agua ya que su objetivo es específico para el uso de personas y se utilizan en edificios habitables y casas (EPA Y AWWA-2002, Finished Wather Storage Facilites, gaceta oficial)
- Diseño de tanques de redes de distribución de agua potable cilíndricos de techo cónico , se utilizan para distribuir agua potable a diferentes lugares donde habiten personas estos tienen la característica de almacenar grandes cantidades de agua hasta 5000l litros (Jonás Carta, tesis de maestría, Conagua 2012)
- Diseño de tanques de tratamiento y captación verticales de forma cuadrada, se utilizan para hacer estudios de productos ya sea agua, petróleo, pintura etc. y se ubica en potabilizadoras , refinerías de petróleo y Empresas de estudios ambientales (Magda Dionora Hernandez Chic, Proyecto comunitario México DF 2005)
- Diseño de tanque de almacenamiento rectangular con refuerzos verticales para agua no potable se utiliza para hacer limpieza de residuos de productos u objetos con gran suciedad, este se encuentra ubicado en plantas de fregado de autos y empresas de limpieza de residuos. (Tesis.ipn.mx)
- Diseño de tanques de almacenamiento de materias primas y productos de la planta de fondo pavimentado utilizados para almacenar aceites y grasa no comestibles ubicado en industrias de lubricación general (tesis de maestría Ernesto Contreras, Universidad Autónoma de Madrid España 2019)
- Diseño de tanques cilíndricos horizontales sujetos a presión del contenido son utilizados para someter producto a altas presiones ubicados en fábricas de producción de aceros fundidos (Juan Manuel León 2001 doc.http// links. Mastertanks)
- Diseño de tanques verticales de pared simple y doble para almacenar aceite comestible y es ubicado en empresa de productos de alimentación a la población (Euro Tanques Works 2010, <https://www.supwr tanks>)
- Diseño de tanques para almacenamiento de nafta de forma cilíndrica utilizado específicamente para almacenar este combustible altamente inflamable de aviones se ubican en lugares escogidos cerca de loa aeropuertos (Tesis curricular Guillermo Gustavo Vázquez, México 2008)

Diseño de un tanque de almacenamiento de pintura anticorrosiva en la Empresa de Servicios Técnicos y Especializados Cienfuegos.



- Tanques atmosféricos de almacenamiento de Crudo de junta de techo envolvente ubicado en las grandes refinerías de petróleo utilizados de reservas para el combustible utilizado en disímiles equipos ya sean automóviles, barcos y generadores energéticos (Tesis de maestría de Ingeniería Mecánica Alejandro Marquina Chávez, México 2019)
- Diseño de tanque de almacenamiento de fluido de alta temperatura

CAPÍTULO II. Implementación de la METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PINTURA ANTICORROSIVA EN LA EMPRESA DE SERVICIOS TÉCNICOS Y ESPECIALIZADOS CIENFUEGOS.

2.1. Caracterización general de la empresa objeto de estudio.

La Empresa de Servicios Técnicos y Especializados Cienfuegos, en forma abreviada ESTEC, de la Unión Eléctrica, perteneciente al Ministerio de Energía Y Minas fue creada mediante Resolución No. 68 por su Ministra Yadira García Vera, con fecha 17 de Febrero del 2005, de duración indefinida; con domicilio legal en carretera Castillo de Jagua Km. 4 ½, Apdo. Postal 409. Municipio Cienfuegos, Provincia Cienfuegos.

La ESTEC tiene como objeto empresarial, cuya modificación fue aprobada el 26 de Noviembre del 2013, dictada por el Ministerio Economía y Planificación, prestar servicios técnicos especializados de montaje, mantenimiento, modernización y reparación a equipos. En la actualidad cuenta con recursos humanos, medios e instalaciones que le permiten cumplimentar este objeto, con potencialidades necesarias para ampliar el alcance de sus acciones a nuevas actividades.

La ESTEC tiene como objeto social aprobado, que se rige por las definiciones y principios generales previstos en la Resolución No 134 del 30 de Abril de 2013 del Ministerio de Economía y Planificación. Prestar servicios técnicos especializados de montaje, mantenimiento, modernización y reparación a equipos en lo fundamental a las empresas de sistema UNE, que la integran entre otras, las Empresas Termoeléctricas, los grupos electrógenos de fuel-oil, los grupos diésel y las Empresas Nacionales de apoyo, además como objeto secundario brindamos servicios de alimentación a las empresas situadas en la provincia de Cienfuegos y de hospedaje a los estudiantes del Centro Nacional de Certificación Industrial.

Adicionalmente, al tener en cuenta la Resolución No. 134/2013 del Ministerio de Economía y Planificación, la cual establece la nueva política para la definición y aprobación de los objetos sociales, se establece que el director de la Empresa tiene la autoridad para decidir sobre la realización de actividades secundarias relacionadas con el objeto social de la entidad y también sobre actividades eventuales que eviten interrupciones en la producción y los servicios. En base a lo expuesto, se aprueban, mediante la resolución 34/2014 las actividades secundarias de la Empresa de Servicios Técnicos y Especializados Cienfuegos (ESTEC), siendo en lo sucesivo las siguientes:

- ✚ Brindar servicios de alojamiento
- ✚ Brindar servicios de alimentación
- ✚ Brindar servicios de construcción civil
- ✚ Brindar servicios de seguridad y protección
- ✚ Brindar servicios de limpieza a depósitos de almacenamiento de combustibles y otras sustancias
- ✚ Brindar servicios de pintura decorativa a inmuebles
- ✚ Brindar servicios de arrendamiento de equipos tecnológicos
- ✚ Brindar servicios de alquiler de equipos tecnológicos
- ✚ Brindar servicios de asesoría, adiestramiento, revisión de proyectos técnicos e inspección y diagnóstico
- ✚ Brindar servicios de transportación de pasajeros y cargas
- ✚ Arrendar equipos para transportación de pasajeros y cargas
- ✚ Arrendar espacios
- ✚ Brindar servicios de parqueo
- ✚ Prestar servicios gastronómicos especializados asociados a: eventos, fórum, coloquios, reuniones y demás actividades recreativas, en las instalaciones pertenecientes a nuestra empresa
- ✚ Comercializar productos alimenticios y otros artículos, aseo, avituallamiento, artículos para el hogar, ropa de trabajo y de presencia a los trabajadores de la empresa y de las entidades del organismo y terceros
- ✚ Realizar y coordinar planes vacacionales en los centros de alojamiento de la empresa, o pertenecientes a las empresas del Ministerio de Energía y Minas, y excursiones a centros turísticos, históricos y otros para trabajadores de la ESTEC, y terceros
- ✚ Alquilar salones, protocolos pertenecientes a la empresa para eventos, reuniones y otras actividades para entidades del organismos y terceros,
- ✚ Vender productos agropecuarios
- ✚ Prestar servicios gastronómicos de Cafetería a la cancha y para llevar, destinados al comercio público en Comedor Ciudad Nuclear
- ✚ Comercializar servicios con raciones de comidas de completas, y de pastas alimenticias con todos los componentes, elaborados en los centros de elaboración de la empresa, en la modalidad de la cancha y para llevar, en cafetería Hotelera No. 19 y Comedor Ciudad Nuclear y demás instalaciones.

La empresa tiene como estrategia definida lograr la integración de todas sus divisiones estructurales hacia la identificación y satisfacción de los requisitos y expectativas de sus clientes, tanto internos como externos. Establece la dirección por objetivos como método participativo y herramienta principal para proponerse en cada período metas superiores que consoliden el nivel alcanzado, y a su vez, propicien el salto al siguiente. Para ello identifica y jerarquiza los valores compartidos en la organización, para potenciar su incorporación al sistema de dirección como motivación personal en el desarrollo deseado para el logro de la meta prevista.

Como soporte para la materialización de la estrategia integrada de la empresa se identifican las áreas de resultados claves:

- ✚ Gestión Comercial.
- ✚ Contabilidad y Finanzas.
- ✚ Logística para la ejecución de los servicios
- ✚ Gestión del Capital Humano.
- ✚ Gestión ambiental.
- ✚ Producción.

Dentro de los Factores Claves para el Éxito tiene identificado:

- ✚ Innovación de procesos.
- ✚ Certificación en calidad de los procesos productivos.
- ✚ Desarrollo y aprendizaje de personas.
- ✚ Ejecución de inversiones de sostenimiento.
- ✚ Integración de los procesos, ambientales, energéticos, control interno, seguridad y salud y calidad.

Dentro de la planeación estratégica de la entidad y para el logro de las funciones tiene definida la misión y visión que se presentan a continuación:

Misión: Prestar Servicios Técnicos y Especializados a la UNE, con un nivel de calidad que satisfaga los requisitos del cliente, alta profesionalidad y en un clima laboral que eleve el nivel de satisfacción de nuestros trabajadores.

Visión: Nuestra organización tiene la visión de aumentar el posicionamiento dentro del MINEM, desarrollando nuevas tecnologías, certificando los sistemas de gestión y logrando un cambio de imagen corporativa que le asegure la permanencia en el mercado.

La Empresa de Servicios Técnicos y Especializados Cienfuegos se encuentra conformada por la Dirección General, cuatro direcciones funcionales y 8 Unidades Empresariales de Base

(UEB), distribuidas en 4 UEB de Apoyo y 4 UEB Productivas, dicha estructura se muestra en el organigrama de la organización (ver **Anexo No. 1**).

La plantilla general de la empresa es de 520 trabajadores, 350 son hombres y 170 son mujeres, estos se encuentran distribuidos por las diferentes áreas (ver tabla 2.1 y figura 2.1).

Tabla 2.1: Cantidad de trabajadores distribuidos por área. **Fuente:** Elaboración propia.

Área de Trabajo	Cantidad de Trabajadores
Dirección General	7
Dirección Contabilidad y Finanzas	14
Dirección de Capital Humano	12
Dirección Técnica	9
Dirección de Organización y Sistemas de Gestión(DOSIG)	7
UEB Servicios Eléctricos, Mecánicos y Automáticos (SEMA)	118
UEB Servicios de Protección Anticorrosiva (SPAC)	73
UEB Servicios de Reparación, Mantenimiento a Equipos de Izado (SERMEI)	27
UEB Servicios Generales (SEGEN)	98
UEB de Mantenimiento	33
UEB Servicios Informáticos y Comunicación (SICOM)	7
UEB de Logística	48
UEB de Seguridad y Protección (SEPROT)	67
Total	520

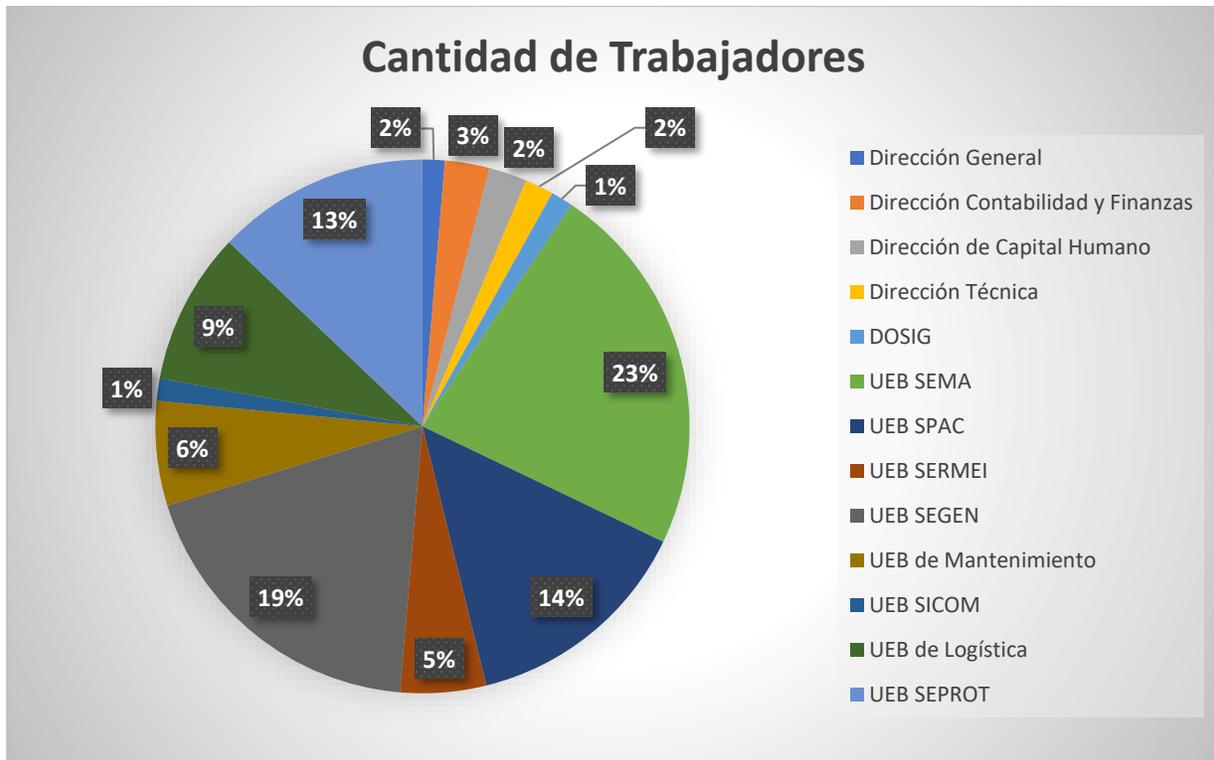


Figura 2.1: Porcentaje de trabajadores distribuidos por las diferentes áreas. **Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 2.3: Cantidad de trabajadores según la categoría ocupacional. **Fuente:** Elaboración propia.

Categoría Ocupacional	Cantidad de Trabajadores
Administrativos	12
Obreros	278
Técnicos	134
Servicios	83
Ejecutivos	13
Total	520

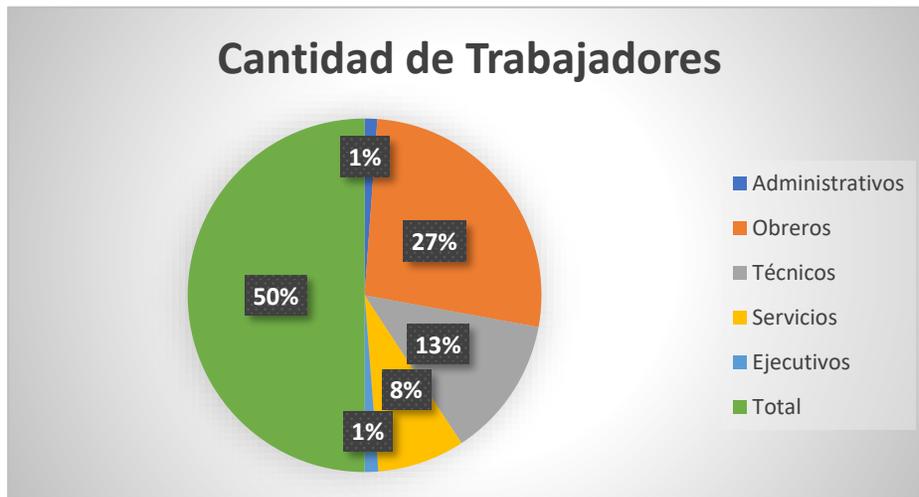


Figura 2.3: Porcentaje de trabajadores según su categoría ocupacional.

Fuente:Elaboración propia.

La mayor cantidad de personas son los Obreros y los Técnicos, debido fundamentalmente al tipo de trabajo que se desarrolla en la entidad, lo que evidencia la profesionalidad y preparación de los trabajadores.

2.1.1 La UEB servicios de protección anticorrosiva (SPAC) está compuesta por:

1. Técnicos de Nivel Superior: 6
2. Técnicos Medios: 7
3. Obreros calificados: 65

La edad promedio de nuestros trabajadores al cierre del año 2022 es de 47 años.

El incremento de la presencia de los jóvenes en la plantilla de trabajadores de la UEB se ha realizado de forma gradual, en estos momentos 25 jóvenes de la UEB integran el Universo Juvenil de la empresa.

El alto nivel de compromiso colectivo con que cuenta la UEB es otra de las fortalezas que ha permitido que los indicadores de producción se cumplan cada año, estabilizándose la producción por encima de \$ 44 569 906.48

Estos indicadores van unidos al cumplimiento de las producciones físicas que tiene que ver con la ejecución de cada uno de los programas de reparaciones, mantenimientos y modernizaciones de la empresa en el cumplimiento de su objeto social, estos programas son:

1. Programa de protección anticorrosiva de los bloques energéticos.
2. Programa de protección anticorrosiva a Sistemas Contra Incendio.
3. Programa de protección anticorrosiva a tanques en Grupos Electrógénos y Termoeléctricas.
4. Programa de protección anticorrosiva a Grupos Electrógénos y Empresas Eléctricas.
5. Programa de protección anticorrosiva a Objetos de Obras Varios a Terceros (Empresas e instituciones fuera del sector eléctrico)

Relacionado con el cumplimiento del plan de producción.

Principales Proveedores

- ETEP - Empresa de Cárnicos Cienfuegos -
- TRANSTUR
- TCP y MYPIMES - DIVEP Cienfuegos -
- Almacenes Universales
- Poligón - Gases Cienfuegos - Frutas
- Selectas

Principales Clientes

- Empresas de sistema UNE (Termoeléctricas, Hidroeléctricas, OBEs, EMCE, EMGEF, GEYSEL, INEL, ECIE, etc.)
- Empresa de Conductores Eléctricos "Conrado Benítez" (LEKA)
- ENERGOMAT - Empresa Militar Industrial Sancti Spíritus
- EPE Capdevila
- Empresa Porcina Villa Clara - Fábrica INPUT, Villa Clara.
- EQUIFA
- Empresa Refractario Habana - UEB ZEDM
- SERVIQUIMICA

- EMCOMED
- CIIQ

- CNCI

2.2. Metodología para el diseño de un tanque de almacenamiento de pintura anticorrosiva.

Dada la necesidad de reunir en un único documento los criterios de diseño fabricación, montaje, inspección y reparación de tanques, el autor ha hecho una recopilación de toda la referencia encontrada. La metodología debe cumplir las normativas de seguridad, además de otras como aspectos ambientales y de higiene.

2.2.1 Contar con normativas para el diseño de un tanque de almacenamiento de pintura anticorrosiva.

Normas del diseño

- Consejo de Estado. (2018). Decreto Ley 252/2007 Sobre la Continuidad y el Fortalecimiento del Sistema de Dirección y Gestión Empresarial Cubano. Publicado en la Gaceta Oficial de la República de Cuba No. 56, Edición Ordinaria, de 19 de diciembre de 2018. Ministerio de Justicia. Consejo de Estado. (2017).
- Consejo de Ministros (2021). Decreto Ley 34/2021 del Sistema Empresarial Estatal Cubano. Publicado en la Gaceta Oficial de la República de Cuba No. 51, Edición Ordinaria, de 7 de Mayo de 2021. Ministerio de Justicia. Consejo de Estado. (2020).
- Consejo de Estado. (2020). Decreto ley 8/2020 De Normalización, Metrología, Calidad y Acreditación. Publicado en la Gaceta Oficial de la República de Cuba No. 66, Edición Ordinaria, de 1 de Octubre de 2020.
- Consejo de Ministros (2020). Decreto 16/2020 Reglamento de Normalización, Metrología, Calidad y Acreditación. Publicado en la Gaceta Oficial de la República de Cuba No. 66, Edición Ordinaria, de 1 de Octubre de 2020.
- Consejo de Ministros. (2018). Decreto 281/2007 Sobre el Reglamento para la Implantación y Consolidación del Sistema de Dirección y Gestión Empresarial Estatal. Publicado en la Gaceta Oficial de la República de Cuba No. 56, Edición Ordinaria, de 19 de diciembre de 2018. Ministerio de Justicia.

- Consejo de Ministros. (2017). Decreto 334/2017 Sobre la Modificación al Decreto 281 Reglamento para la Implantación y Consolidación del Sistema de Dirección y Gestión Empresarial Estatal. Publicado en la Gaceta Oficial de la República de Cuba No. 58, Edición Extraordinaria, de 13 de diciembre de 2017. Ministerio de Justicia.
- Consejo de Ministros. (2017). Decreto 336/2017 Sobre el Sistema de Relaciones de las Organizaciones Superiores de Dirección Empresarial. Publicado en la Gaceta Oficial de la República de Cuba No. No. 58, Edición Extraordinaria, de 13 de diciembre de 2017. Ministerio de Justicia.
- Resolución 102/2012 Reglamento sobre la Seguridad Informática para las entidades de la Unión Eléctrica, emitida por el Director General UNE, de 12 de junio de 2012.
- NC-ISO 1000 Unidades SI y recomendaciones para el empleo de sus múltiplos y submúltiplos y de algunas otras unidades.
- NC-ISO 9000:2015 Sistemas de gestión de la calidad—Fundamentos y vocabulario.
- NC-ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad—Requisitos.
- NC-ISO 14001 Sistemas de gestión ambiental—Requisitos con orientación para su uso.
- NC-ISO 14050 Gestión ambiental—Vocabulario.
- NC-ISO 45001 Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo—Requisitos con orientación para su uso.
- NC-ISO 50001:2019 Sistemas de gestión de la energía—Requisitos con orientación para su uso.

2.2.2 .Dimensionamiento del tanque

Los tanques verticales de pintura sobre el suelo fueron diseñados a partir de las siguientes consideraciones del cliente:

- ✓ Capacidad útil: en metros cúbicos
- ✓ Velocidad máxima de los vientos: 250 Km/h.

- ✓ Todo el material suministrado cumpla a plenitud con la API 650.
- ✓ Tipo de acero: CSA-G40.21-300W con una resistencia a la tensión de 300 MPa.

A partir de los parámetros de diseño antes mencionados, se obtienen los siguientes resultados:

Gravedad específica: Bunker C - 0.89

Diámetro interior del tanque: Según proyecto específico.

Diámetro exterior del tanque: Según proyecto específico.

Espesor de pared: Según proyecto específico.

Tipo de techo: Cónico (18°) espesor de chapa (según proyecto)

Sistema de anclaje: 20 sillars de anclaje con pernos de 30 mm de diámetro ubicados en diagonal en todo el perímetro del tanque.

Piso del tanque: Chapa de acero de 1/4" de espesor a solape entre ellas y con un aro anular de 3/8" soportando el peso de las paredes y el techo del tanque.

Altura del tanque:

Altura útil de trabajo: (según proyecto)

Altura de las paredes: (según proyecto)

Altura máxima del tanque: (según proyecto)

2.2.3. Datos de partida

Para poder comenzar con el cálculo del tanque, es necesario partir de la información que el cliente establece.

- Se trata de almacenar un fluido en un depósito para almacenar pintura anticorrosiva.
- ¿Qué características presenta este fluido?
- ¿Qué datos es necesario conocer para el dimensionamiento del depósito?

Diámetro interno del tanque (m)

El diámetro de un tanque es igual a la longitud más larga que puede ser ubicada en las bases circulares y que pasa por el centro de los dos círculos ($d=2r$)

Altura de la envolvente (m)

El cuerpo o envolvente del tanque se forma con la unión de anillos hasta lograr la altura requerida. Estos anillos se construyen soldando laminas roladas $X_s = l \cdot a \cdot h$

Altura del tanque (m)

Tamaño del tanque según la capacidad que se valla a almacenar en su interior

Altura del producto contenido (m)

Es el producto almacenado dentro del tanque que no llega precisamente a a la misma altura del tanque sino que siempre se queda un poco por debajo

Densidad del producto (kg/m³)

La densidad es una propiedad única de cada material es cuanta masa cabe en un espacio de volumen

Número de virolas

Las virolas son para realizar uniones entre tuberías mediante 2 tuercas

Presión de diseño interna (kPa)

Presión del diseño = 1.5*presión de trabajo

Presión de diseño externa (kPa)

Es la presión que ejerce el conjunto de la masa de gases de la atmosfera sobre la superficie terrestre y sobre todo lo que repose sobre ella

Velocidad del viento de diseño (km/h)

Es un proceso esencial de ingeniería estructural que se encarga de calcular y determinar como una edificación resistirá a las fuerzas del viento

Categoría de terremoto

Superficiales hasta 70km de profundidad, intermedios entre 70 y 450 km de profundidad y profundos +450km de profundidad

2.2.4. Selección del diseño del tanque

Para comenzar con el diseño del depósito y dados los datos que el cliente establece, se considera que dos de las características que se han de diseñar previamente a cualquier cálculo en concreto, son el material y la forma (González, 2018).

-Para el diseño y cálculo de tanques de almacenamiento, el usuario deberá proporcionar los datos y la información necesaria para llevar a cabo el proyecto.

La información mínima requerida (condiciones de operación y de diseño) es: volumen, temperatura, peso específico del líquido, corrosión permisible, velocidad del viento, coeficientes sísmicos de la zona, etc. Dado que es el que conoce con exactitud las características tanto del fluido que desea almacenar y el

lugar donde se ha de instalar dicho tanque, por lo que el fabricante no deberá suponer estas condiciones, y si así fuera, el fabricante tiene la obligación de informar al usuario, quien tiene la responsabilidad de autorizar o no las condiciones expuestas por la compañía constructora. Así también el usuario establecerá la magnitud y dirección de las cargas externas que pudieran ocasionar deformaciones en el tanque, con el fin de diseñar los elementos involucrados con este.

El sobre espesor por corrosión que especificará el usuario se incluirá en cuerpo, fondo, techo y estructura, y sólo se agrega al final del cálculo de cada uno de los elementos del tanque, debido a que la agresividad química no es lo mismo para el fluido en estado líquido o gaseoso y en algunos casos hasta para los lodos.

2.2.5. Material del depósito

Se ha de identificar un material cuya tensión admisible sea suficiente para cumplir con el rendimiento del depósito ya que como se dijo anteriormente la situación geográfica y climática del territorio puede deteriorarla fácilmente dando paso a una deformación lo que ocasiona un fallo a la hora de almacenar el depósito además como se va almacenar pintura para que no se adrede al metal.

2.2.6. Forma del depósito

El tanque dispone de 16 orificios para diferentes funciones entre los cuales se encuentran:

- ✓ Dos puertos de entrada para el personal de mantenimiento u operación, uno al nivel 760 mm del nivel del piso A – MANHOLE DE SERVICIO

- ✓ En el techo a 9325 mm del nivel del piso B – MANHOLE DE TECHO.
- ✓ Una salida del producto interior a 450 mm del nivel del piso.
- ✓ Una entrada del producto a través de una tubería de 6” de diámetro.
- ✓ Una conexión para la bomba de extracción del producto de 4” de diámetro a 160 mm del nivel del piso (C).
- ✓ Una conexión para el drenaje del agua de 3” de diámetro a 160 mm del nivel del piso (D).
- ✓ Tres orificios para la toma de muestra de 1” ubicados a diferentes niveles del piso F1, F2 y F3 a una altura según proyecto.
- ✓ Una toma para el transmisor de nivel a una altura según proyecto de 3”.
- ✓ Una toma para el nivel ultrasónico de 6” en el techo del tanque a una altura según proyecto.
- ✓ Una salida de reboso de 2” a una altura según proyecto.
- ✓ Dos entradas a 180° a una altura según proyecto de tuberías de 4 “ para el sistema de espuma contra incendio
- ✓ Una toma para la sonda de temperatura (H) de 1” ubicada a una altura según proyecto.
- ✓ Un orificio de venteo con cuello de ganso situado en el techo cónico.

Montaje de las paredes del tanque

- Los tanques verticales de más 1000 metros cúbicos, poseen una pared formada por seis (7) planchas de acero, dobladas según el radio de diseño. Las planchas de las paredes se unen entre sí por soldaduras verticales a tope con bisel, formando un anillo de 2235 mm de altura. Para lograr el volumen requerido el tanque tiene cuatro (4) anillos de 2235 mm de altura.
Los anillos están unidos entre sí por soldaduras horizontales (perimetrales) con bisel. De igual forma la parte inferior del primer anillo está unida al aro anular del piso del tanque por soldadura en ángulo por ambas caras, y en el cuarto anillo se suelda en el perímetro exterior un angular de 76 x 76 x 9 mm que soporta el techo cónico.

- Para el montaje de las paredes del tanque se utilizan un herramental especial suministrado por el fabricante de los tanques que permite su unión perimetral y alineación horizontal y vertical. Este herramental está compuesto por presillas de sujeción, bull pins (pines cónicos), orejas de fijación, piezas en forma de U con sus cuñas de alineación.
- Para la sujeción entre las planchas de un anillo, se colocan las presillas de manera horizontal, utilizando para ello las orejas previamente colocadas de manera provisional en las planchas en los lugares indicados. Antes de su izaje, se inserta un pin cónico en cada oreja y se fija la presilla.
- Insertando pines cónicos y cuñas en los pases de las presillas se logra la alineación vertical entre las planchas de un anillo. Para lograr la alineación de un anillo con otro se utilizan las piezas en forma de U y las cuñas metálicas.
- Para el proceso de montaje de un anillo de la pared del tanque se requieren una grúa con operario y un ayudante para el izaje, dos mecánicos montadores para la fijación y alineación, un soldador para la colocación de las orejas y el punteo y otro soldador adicional en las soldaduras de refuerzo de las planchas.
- Secuencia de montaje de las paredes de un tanque de fuel oil comenzando por el primer anillo:
 - Se colocan las orejas de fijación en la cara interior del tanque en la parte superior y en los laterales.
 - Se marca sobre el aro anular el radio interior del tanque, así como el radio exterior colocando en estos últimos topes de acero punteados al aro anular.
 - Izaje de la primera plancha utilizando los grilletes de tornillo y las eslingas de tela.
 - Colocación de la primera plancha a partir de cero grados, según plano 4306-DM-09, y fijación con puntos de soldadura al aro anular en la posición que le corresponde.
 - Izaje de la segunda plancha y fijación de esta a la primera plancha con las presillas y los pines cónicos. Una vez fijada se procede a la alineación en el perímetro con puntos de soldadura. Después se alinea en la vertical utilizando pines y cuñas de acero con ayuda de martillo por los mecánicos montadores y se fija por puntos de soldadura de 51 mm longitud cada 51 mm.
- Se procede de modo similar en las planchas siguientes.

- Una vez se ha completado el primer aro anular se refuerzan las soldaduras verticales.
- Después de reforzadas las soldaduras verticales se comienza a soldar perimetralmente el primer anillo con el aro anular del piso con cordones de soldadura de 100 mm de longitud a intervalos de 300 mm.
- Concluidas las soldaduras de refuerzo en el perímetro, se procede a comprobar el nivel del aro anular del piso y el nivel vertical de las paredes del tanque. En caso que las deformaciones excedan los valores permisibles se procede a corregir estas utilizando calzos metálicos (liner).
- Después de comprobado el nivel del aro anular y del primer anillo de la pared del tanque, se está en condiciones de proceder al montaje del segundo anillo. Para ello es imprescindible proceder al montaje de las presillas para los andamios en la pared interior del primer anillo. Las mismas se sitúan a una separación de 2500 mm.
- Se procede a ensamblar los andamios y colocar los tablones de madera sobre estos.
- Se repiten los pasos como las planchas del primer anillo, con las planchas del segundo anillo, pero en este caso se debe prestar atención a la disposición de las orejas en las planchas del segundo anillo. En este caso las planchas tienen orejas en la parte superior e inferior y las primeras están desplazadas con respecto a las otras, para evitar que coincidan los cordones verticales de los anillos de la pared.
- Se marcan 152 cm a partir del extremo de la primera plancha colocada en el primer anillo para colocar la primera plancha del segundo anillo.
- Se realiza el izaje de la primera plancha del segundo anillo, se coloca en la marca descrita anteriormente y se fija a las planchas del anillo inferior con las presillas y los pines cónicos.
- Una vez fijada la primera plancha del segundo anillo, se procede a realizar la alineación con el perímetro con ayuda de las piezas en U, las cuñas metálicas y los pines cónicos mediante golpes de martillo a las cuñas y pines por los mecánicos montadores. La plancha del primer anillo y el segundo en la horizontal se colocan a tope. Una vez lograda la alineación y la separación de las planchas se procede a puntear estas con soldaduras de 25 mm de longitud

y 75 mm de separación. La ubicación de esta primera plancha en forma correcta define la calidad del montaje del resto de este anillo.

- Se continúa el montaje de la segunda plancha de modo similar a lo descrito anteriormente para la primera plancha del segundo anillo, pero con la particularidad que en este caso se requiere de una alineación en el perímetro y en la vertical. Primero se trata de lograr la alineación en la vertical y después en el perímetro o en la horizontal. La fijación entre las planchas del segundo anillo se hace mediante puntos de soldadura de 51 mm de longitud y 51 mm de separación y entre las planchas del primer anillo y el segundo se hace mediante soldaduras de 25 mm de longitud y 75 mm de separación.
- Después de transcurridas 72 horas de la fundición de los pernos en la base hormigón del tanque se procede a la nivelación final de este utilizando los instrumentos apropiados y corrigiendo los lugares con desviaciones mediante la utilización de liner metálicos colocados debajo del aro anular en la parte exterior de la pared del tanque. La nivelación final del tanque se logra con el apriete de los pernos de anclaje.
- Culminada la operación de nivelación final del tanque se procede al montaje del tercer anillo de manera similar a lo descrito para el segundo anillo.
- Concluido el montaje del tercer anillo se procede a culminar las soldaduras verticales y horizontales interiores de los tres anillos y en ángulo exterior e interior entre las planchas del primer anillo y el aro anular del piso, dejando tres puntos de 100 mm sin soldadura a 120 grados entre ellos para la evacuación del agua en caso de lluvias.
- Una vez terminada la soldadura en ángulo en todo el perímetro exterior del tanque se procede a la ubicación, fijación y fundición de los pernos de anclaje a la base de hormigón del tanque, así como a la colocación y soldadura de las sillas de anclaje en los lugares indicados
- El montaje del cuarto y último anillo se realiza en paralelo con los tres anillos anteriores, se procede al marcaje en el piso de hormigón el diámetro del anillo, se barrena por el interior y exterior del diámetro marcado en el hormigón para colocar cabillas de 80 mm que sirven de guía para la colocación de las planchas. Luego se alinean por la horizontal y vertical.
- Concluido el montaje y fijación de las planchas del cuarto anillo se procede a realizar las soldaduras verticales internas y externas.

- Una vez realizadas todas las soldaduras en el interior del tanque se procede a la limpieza exterior de la raíz de las soldaduras verticales y horizontales utilizando discos de corte para lograr una apertura que elimine la escoria y defectos en la capa externa.
- Después de terminado este paso se procede a la soldadura exterior de las uniones verticales y horizontales de todos los anillos de las paredes del tanque

2.2.7. Envolverte

- El montaje del aro anular es la primera actividad a realizar en construcción de los tanques. Resulta sin dudas de gran importancia, pues de ella depende una base segura, firme y nivelada para soportar el resto de la estructura del tanque. Antes de proceder al montaje del aro anular se debe comprobar el nivel en la base de concreto.
- El primer paso consiste en disponer, sobre la base de concreto, los segmentos que componen el aro anular. Cada segmento debe quedar separado del otro entre ocho a nueve milímetros.
- Las caras de los segmentos deben quedar niveladas horizontalmente con una tolerancia de ± 1 mm. Para lograr esta precisión en el nivel horizontal se utilizan calzos metálicos colocados debajo del aro anular en los lugares que los requiera.
- Una vez obtenido el nivel horizontal se procede a fijar los calzos metálicos con puntos de soldadura al segmento correspondiente del aro anular; así como a unir los segmentos entre ellos con puntos de soldadura observando no perder el nivel obtenido.
- Comprobado el nivel se procede a la soldadura entre los segmentos del anillo de la siguiente forma: 76 milímetros desde el radio interior hacia el exterior del anillo y 76 milímetros desde el radio exterior hacia el interior del anillo. Es importante lograr la extensión deseada de los 76 milímetros, para evitar que queden espacios abiertos cuando se coloquen las planchas del piso y las paredes.
- La soldadura de los 76 milímetros en el radio exterior e interior del anillo se deben hacer simultáneamente en dos direcciones opuestas de forma tal que se minimicen las deformaciones.

- Concluida la operación de soldadura del aro anular se comprueba el nivel en todos los segmentos y se corrige si resulta necesario.
- Es fundamental no completar el resto de la soldadura de los segmentos del aro anular hasta que no se coloque el piso y al menos los primeros tres anillos de paredes del tanque para evitar deformaciones.
- La soldadura completa del anillo no debe ejecutarse de manera continua, es decir debe ser soldada a intervalos en piezas opuestas para evitar distorsiones en el piso.

Sugerencias:

Cuando no se logre evitar las deformaciones en el aro anular será necesario corregirlas de modo excepcional con fijaciones externas. Estas pueden hacerse de dos maneras:

1. Con expansiones mecánicas en la base de concreto y pestañas de fijación en el espacio entre la pared del tanque y el radio exterior de anillo.
2. Barrenando la chapa del aro anular en el espacio entre la pared del tanque y el radio exterior del anillo y colocando dos expansiones por cada segmento del anillo.

2.2.8. Fondo del depósito

Para la selección del diseño del fondo del depósito se deberían de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cimientos
- Método de desalojo del producto
- Grado de sedimentación de sólidos en suspensión
- Corrosión del fondo
- Tamaño del tanque

La finalidad del fondo es que el producto no se filtre por la base, además de soportar la compresión y flexión que induce el cuerpo del depósito sobre la periferia de la base. Como el producto a almacenar es un fluido, se descarta la opción de base en forma cónica, que serviría para evacuar sedimentos y no es la cuestión más relevante. Fondos esféricos

facilitarían el vaciado del producto o de sedimentos al igual que la forma cónica (González, 2018).

Montaje del piso del tanque

- Una vez nivelado y fijado el aro anular se puede proceder al replanteo del piso del tanque para su ensamblaje.
- Antes de colocar las planchas del piso es necesario colocar una capa de arena lavada sin materias extrañas de aproximadamente 76 mm de espesor en el centro. La arena se distribuye sobre la base de concreto una vez que este se haya barrido cuidadosamente. La distribución de la arena sobre la base se hace con ayuda de un listón de madera o regla, respetando la pendiente de la base desde el centro hacia el radio exterior del aro anular.
- Las planchas se montan todas a solape del exterior al interior con 38 mm de monta entre ellas, excepto en las finales que podrá ser diferente.
- El orden en cual se colocan las planchas del piso es el siguiente, (ver plano 4306-DM-09):
- Después de distribuidas las planchas se les aplican uno o dos puntos de soldadura iniciales para obtener una posición fija.
- Cuando todas las planchas están fijas se procede a las soldaduras por punteo. Este se realiza con puntos de 2 cm de longitud separados entre sí a 15 cm.
- La soldadura completa del piso se realiza después haber colocado al menos dos anillos de las paredes del tanque.

2.2.9. Anclaje del Tanque

- Los tanques quedan anclados a la base de hormigón mediante 20 puntos. En cada uno de ellos se suelda una silla de anclaje a la pared del tanque según plano 4306-DM-11. La silla de anclaje se suelda en todo su perímetro a la pared del primer anillo del tanque con un cateto de 5 mm y al aro anular con un cateto de 6 mm. Es muy importante observar el detalle de unión de la placa de respaldo de la silla de anclaje a la pared del primer anillo del tanque ya que no requiere de la soldadura entre el aro anular y la pared del primer anillo del tanque.

- Para la fijación de los pernos de anclaje a las cabillas de la base de acero se preparan unas pletinas de acero al carbono de 76x76x9 mm, con un orificio central de diámetro 38 mm para que pase el perno de anclaje de 32 mm.
- Se bisela la parte inferior que descansa sobre el aro anular de la silla de anclaje con un ángulo de 45 grados (ver plano 4306-DM-11), para la soldadura exterior de la silla de anclaje al aro anular.
- Se suelda todo el perímetro de la silla de anclaje a la pared del primer anillo del tanque.
- Se introduce el perno con la pletina y una tuerca en los huecos de la base de concreto y se suelda a las cabillas.
- Se coloca la arandela y la tuerca en la parte superior del perno y se ajusta a la silla de anclaje.
- Se funden todos los pernos de anclaje con concreto de resistencia no menor que 500 Kg/cm².
- Se deja fraguar el concreto durante 72 horas, antes de efectuar el apriete requerido para la nivelación final del tanque.

2.3. Techo

Para seleccionar el tipo de techo se han estudiado las siguientes características funcionales que la API-650 señala (González, 2018).

Tabla: Características de los distintos tipos de techo

	Características
Sin techo	Productos que no soliciten requerimientos de contaminación del ambiente o evaporación.
Techo fijo	Unido permanentemente al cuerpo del depósito Productos no volátiles
Techo volátil	Productos con altos contenidos volátiles. Reduce la cámara de aire entre la superficie libre del fluido y el techo. Reducen los riesgos de almacenar productos inflamables.

Fuente: (González, 2018)

Ensamble y fabricación del techo cónico

- El ensamblaje y fabricación del techo se realiza en varias etapas secuenciales cuyo contenido general es el siguiente:
- Replanteo en el piso sobre la plataforma de concreto de las planchas que conforman el techo. El techo se replantea en dos mitades por separado.
- Disposición de las planchas de cada semicírculo en el orden y con el nivel de solape indicado (40 mm) en cada caso y soldadura inicial por punteo para fijarlos en la posición correcta como se describe en la siguiente secuencia.
- La disposición de las planchas se realiza sobre la plataforma de concreto entre las dos bases después de barrer cuidadosamente entre las mismas a fin de eliminar cualquier objeto extraño. La disposición de las planchas es la siguiente:
- Se procede de afuera hacia adentro de semicírculo colocando inicialmente las planchas marcadas según proyecto.
- Con esta disposición se obtendrá un semicírculo abierto uno de cuyos lados formará un ángulo de unos 18 grados que se cerrará al producirse el izaje y la unión de las dos mitades del techo.
- Soldadura a intervalos de todas las uniones a solape con un punteo de 51 mm de cordón y espacios de 75 mm y de todas las intercepciones con un cordón de 30 cm hacia cada lado de la te.
- Unión de las dos mitades del techo utilizando un polipasto o señoritas montando una mitad encima de la otra con 40 mm de solape.
- Izaje y conformación del techo cónico.
- Se procede entonces a soldar los cuatro puntos de izaje del centro del techo. Estos se ubican espaciados igualmente a una distancia de 30 cm del borde del orificio central a 90 grados.
- Comprobación de las dimensiones del techo después de unidas las dos mitades. En especial se debe verificar que la separación entre los extremos abiertos se corresponda con un ángulo de 18 grados aproximadamente.

- Se procede a izar el techo utilizando cuatro eslingas de 3 toneladas cada una con sus grilletes correspondientes ubicados en las orejas de izaje próximas al orificio central del techo.
- Una vez izado el techo con la ayuda de los polipastos se van acercando las dos mitades hasta que monte una mitad sobre la otra, verificando que el radio exterior de estas coincida. Durante esta operación se requiere disponer de un soldador, un mecánico en cada polipasto y dos mecánicos con mandarrias para acercar las planchas hasta que la separación sea menor o igual a 2 mm. Entonces se procede a puntear con cordones de soldadura de 51 mm de longitud a intervalos de 76 mm desde el radio exterior hacia el centro del techo cónico.
- Soldadura exterior de las planchas a solape de la siguiente forma:
- Se realizan las soldaduras verticales con la técnica del paso de peregrino. Por último se unen las dos mitades del techo.
- Luego se procede a marcar los centros de los agujeros de los orificios del Manhole, cuello de ganso y entrada de combustible. Posteriormente se hace la proyección de la arista del tubo de conexión del Manhole al techo cónico con ayuda de un nivel y escuadras y se une con una línea continua que
- definirá el corte.
- La apertura de los orificios se hace con ayuda del oxicorte o un equipo de corte por plasma. Una vez ejecutado se colocan las tubuladuras de conexión y se comprueban los niveles verticales y horizontes de estos. Cuando se logra se procede a su fijación con puntos de soldadura en todo el perímetro a una distancia de 75 mm uno de otro.
- Una vez colocados todas las tubuladuras en su posición y fijadas por puntos de soldadura se procede a completar su soldadura exterior.
- Se levanta el techo y se coloca sobre apoyos de madera para hacer las soldaduras en la parte interior de este y se cierra la parte central del cono.
- Para facilitar la manipulación del techo cónico y su izaje final se han previsto seis puntos de izaje (elementos 13 C y 14C) ubicados como se indica el plano 4306-DM-10 de la documentación técnica de los tanques de 1000 m³. Estos serán colocados y soldados con un cateto de soldadura de 6 mm en todo el perímetro.

- Cuando se hayan completado todas las soldaduras exteriores e inspeccionadas y rectificadas en caso que fuera necesario, se procede a la ejecución de las soldaduras interiores de las tubuladuras de las conexiones con el techo.
- Una vez inspeccionadas y rectificadas las soldaduras interiores del techo, se procede a la colocación del casquete cónico (12C) en el centro del techo, y a su fijación por soldadura exterior e interior.

2.3.1. Montaje del angular de apoyo del techo cónico

- El angular de apoyo del techo cónico está compuesto por piezas que en su conjunto suman el perímetro del tanque. Una de las piezas debe ser cortada a la medida necesaria para cerrar el perímetro.
- Las piezas del angular se disponen en la parte superior del cuarto anillo del tanque como se indica en el plano 4306-DM-10. Los tramos de angulares se van ajustando con puntos de soldadura y sargentos de apriete. Es importante observar que el angular quede a 10 mm por encima de la pared.
- Es necesario biselar las caras que se sueldan del angular de apoyo con biseles de 30 grados.
- Una vez que se colocan cada segmento del angular, se van punteando por la parte superior de este y por la parte exterior con el cuarto anillo.
- El último tramo se corta a la longitud requerida del centro del angular evitando tomar los extremos.
- Los segmentos se van punteando unos con otros con cordones de soldadura en los extremos.
- Concluida la colocación del angular se procede a la soldadura del perímetro superior del angular y el cuarto anillo y después del perímetro inferior entre el angular y la pared del tanque por la parte inferior.

Selección del material

Se ha de seleccionar un tipo de material, se debe hacer una comparación de los tipos del material seleccionado para la selección definitiva.

Cálculo del espesor de la envolvente

Cálculo del espesor del techo

Diseño del anillo de coronación

El diseño del anillo de coronación entre la envolvente cilíndrica y el techo del tanque es significativo porque, además de soportar el peso del techo y las cargas exteriores a las que esté sometido, rigidiza al cuerpo evitando una posible deformación en la parte superior del éste. En el caso contrario, cuando la presión interior deforme el casquete hacia el exterior, el anillo reduce la deformación comprimiéndose. Además de esto, el anillo de coronación sella el cuerpo y el techo (González, 2018).

Comprobaciones de carga

Para este punto se ha notado el uso de software de simulación, donde se comprueba: la presión externa, presión interna, presión hidrostática, etc.

Comprobación para carga de viento

Para hacer la comprobación de carga de viento en el depósito en cuestión, se ha de verificar si existe la necesidad de una viga de viento intermedia y si hay que anclar el depósito (González, 2018).

Comprobación para carga de sismo

El objetivo de estudiar la carga sísmica para el diseño del tanque es su prolongación de vida y protección al colapso, partiendo de la categoría del terremoto al que puede estar expuesto.

Los tanques se clasifican en los 3 Grupos de Uso Sísmico (SUG) siguientes:

- SUG III: son aquellos tanques en los que es necesaria una rápida recuperación tras el Terremoto; tanques que contienen grandes cantidades de sustancias peligrosas de las que no se tienen un control adecuado en su exposición pública.
- SUG II: son aquellos tanques que pueden contener una sustancia peligrosa a la exposición pública y que deberían de seguir su correcto funcionamiento para el confort de los habitantes después de un seísmo.
- SUG I: tanques que no han sido nombrados en los SUG II y III

Comprobación para descargas eléctricas

Esta debe de realizarse cumpliendo con la NFPA 780 capítulo 7 la API 545 del 2023 agrupando un grupo de medidas

Comprobación para carga ciclones tropicales

Esta debe realizarse muy a menudo ya que la ubicación de dicho tanque está en una zona tropical y muy cerca del mar donde las tormentas tropicales son muy abundantes.

Aislamiento del depósito

La inexistencia de aislantes, podría provocar pérdidas de material, incendios, reducción del impacto ambiental o daños humanos, así como un aumento general de costes. La Guía de las Buenas Prácticas en el Aislamiento Industrial recomienda que en procesos industriales las pérdidas máximas recomendadas sean menores de 90 W/m². Por esto, se hará un balance energético del tanque eligiendo un tipo y una marca de aislante.

Los principales aislantes que se utilizan en la industria son los siguientes:

- Lana mineral: Son productos naturales entrelazados en filamentos formando un fieltro.

Es comúnmente utilizado en tanques ya que existe una amplia gama de productos. Soportan temperaturas entre 0° y 800°C.

- Vidrio expandido: Producto elaborado a partir de polvo de de vidrio cocido. Su temperatura de trabajo es aproximadamente desde -265°C a 430°C.

- Fibra cerámica: Formado por filamentos de alúmina y sílice con fibras orgánicas. Consiguen resistir altas temperaturas ($\leq 1200^{\circ}\text{C}$).

- Espumas de polietileno: Se trata de espumas plásticas con base de polietileno cuyo rango de temperatura de trabajo va desde -220°C hasta 175°C.

2.3.2. Requerimientos de inspecciones y soldadura del tanque

1. El ancho de las soldaduras mínimo debe ser de 8 mm y el máximo 12 mm.
2. La altura del refuerzo de la unión soldada debe ser de 2.5 mm.
3. Inspección requerida.
 - ✓ Inspección visual,
 - ✓ Radiografía industrial según API 650 Sección 6.5.
 - ✓ Líquidos penetrantes ó prueba de vacío para buscar fugas,

2.3.3. Método Radiográfico

- Aplicación.

La inspección radiográfica es requerida para las soldaduras horizontales y verticales de las paredes del tanque.

La inspección radiográfica no deberá ser requerida para las soldaduras del techo, ni del piso, ni en las juntas de las chapas del techo y piso, con borde inferior o superior de la envolvente o en los accesorios del Tanque.

- Número y ubicación de las placas radiográficas.
- Uniones Verticales.
- Para uniones soldadas de chapas en las cuales el espesor más fino es de 3/8" o menos, se deberá tomar una placa radiográfica en los primeros 3 metros soldadura vertical completa de cada tipo de espesor soldado y para cada soldador u operador de soldadura. Tiempo después, y sin considerar en número de soldadores u operadores de soldadura, deberá ser tomada una placa adicional aproximadamente cada 30 metros. Al menos un 25% de las zonas seleccionadas, deberá estar en los cruces de uniones verticales y horizontales, con un mínimo de dos intersecciones por tanque. Además de los requerimientos precedentes, se deberá radiografiar un área al azar en cada una de las uniones verticales del primer rollo.
- Cada placa deberá mostrar claramente por lo menos 2" a cada lado de la unión vertical. En la virola inferior se deberán tomar 2 (dos) áreas en cada unión vertical, una tomada al azar y la otra lo más cerca del fondo que sea posible.
- Las chapas deberán ser consideradas del mismo espesor cuando la diferencia en el diseño o en la especificación no excede los 0.76 mm.
- Cuando dos ó más tanques están erigidos en la zona y de un mismo comprador, tanto concurrentemente o continuamente, el número de placas radiografiadas puede ser basada en la longitud medida en metros en cada grupo de tanques, así como en la longitud en metros de cada tanque individual del mismo tipo y espesor.

- Es reconocido que un mismo soldador u operador de soldadura puede soldar o no a ambos lados de una misma junta a tope. Es por lo tanto permisible inspeccionar el trabajo de dos (2) soldadores u operadores de soldadura con una sola placa, en caso de que ellos suelden en lados opuestos de una junta a tope. Cuando una placa es rechazada, se deberá determinar con otra placa si es que falló uno o ambos soldadores u operadores de soldadura.
- En cuanto sea posible, se deberá tomar un número igual de placas del trabajo de cada soldador u operador de soldadura, excepto que este requerimiento no se aplique donde el largo de la unión soldada por un soldador u operador de soldadura esté muy por debajo del promedio.
- A medida que la soldadura progresa, las radiografías deberán ser tomadas tan rápido como sea posible. La ubicación para tomarlas puede ser determinada por el Inspector de soldadura contratado.
- Cada radiografía deberá mostrar claramente un mínimo de tres 76 mm de longitud soldada. La película deberá estar centrada y ser suficientemente ancha como para permitir la ubicación de marcas de identificación.

2.3.4. Inspección visual

- La inspección visual de las uniones soldadas será llevada a cabo según la sección 6.5 de la norma API 650 y el Código ASME.
- Durante la ejecución de las uniones soldadas se llevará a cabo la inspección visual por el inspector de construcciones soldadas, debidamente entrenado para llevar a cabo este trabajo.
- El inspector dejará constancia escrita en la hoja de inspección de los siguientes aspectos:
 - ✓ Limpieza de los bordes de las chapas.
 - ✓ Separación entre las chapas (gap).
 - ✓ Secuencia de soldadura.
 - ✓ Cantidad de pases.
 - ✓ Número de reparaciones.
 - ✓ Identificación del soldador.
 - ✓ Identificación de la unión soldada.

✓ Estado de la unión: terminada, pendiente de aceptación, rechazada, en reparación.

- El marcaje de las uniones verticales se llevará a cabo de la siguiente forma:

VXYZ

X – Número del anillo en el tanque.

Y – Número del tanque.

Z – Número de la unión soldada.

- El marcaje de las uniones horizontales se llevará a cabo de la siguiente forma:

HXYZ

X – Número del anillo inferior.

Y – Número del tanque.

Z – Número de la unión soldada.

- Las uniones soldadas serán debidamente marcadas e identificadas, especificando el soldador o soldadores que las ejecutaron, la identificación del tanque y la localidad.

Capítulo III. Análisis de los resultados de la investigación

En este capítulo se abordan los resultados arrojados por la investigación a través de los diferentes métodos utilizados y los cálculos dimensionales del tanque según su diseño metodológico

3.1 Selección del grupo de expertos y capacitación.

El primer paso es determinar el grupo de expertos, para ello se realiza un diagnóstico que requiere de una preparación previa en la que a nivel local y nacional se deben desarrollar actividades de concientización y capacitación para técnicos y decisores de los cuales sus entidades intervienen de una u otra forma en el diseño del tanque. Es importante que los mismos se sientan con sentido de pertenencia debido a la importancia del tema deben conocer las características del enfoque, las acciones a realizar, así como los objetivos, de manera que se puedan garantizar las condiciones necesarias para el ejercicio de análisis participativo:

- Los especialistas e instituciones que intervienen en el diseño que conducen técnica y metodológicamente el proceso deben movilizarse, motivarse y comprometerse.
 - Los actores deben comprender el enfoque, visualizar intereses comunes, establecer un diálogo constructivo y afianzar un clima de confianza que los consolide como equipo.
 - Los decisores deben comprender la complejidad y utilidad del análisis que se pretende realizar y garantizar su apoyo político-institucional al proceso.
- Los actores de la cadena deben organizarse y formalizar un sistema de trabajo.

La conformación y composición del equipo técnico depende del contexto en el cual se desarrolla el proceso, y debe basarse, fundamentalmente, en la voluntariedad e interés de las personas que lo integran. Aunque el compromiso institucional es importante y puede ser de gran apoyo, el equipo no puede conformarse solamente mediante la designación de un representante por las instituciones, ya que se requiere un compromiso individual muy fuerte y sostenido.

Los facilitadores del proceso pueden tener en cuenta los siguientes criterios y requisitos que son importantes para el éxito del trabajo en equipo.

Dimensión: El equipo no puede ser ni muy reducido, porque no garantizaría la adecuada representatividad (de intereses y experticia), ni muy amplio, porque dificultaría su gestión y operatividad. Se recomienda un equipo ampliado (de 15 a 20 personas) del cual seleccionar un núcleo más estrecho (5 a 10 personas) que lidere y coordine el trabajo.

Para determinar la cantidad de expertos que se necesita se utiliza el método Delphi, que cuenta con cuatro características clave: anonimato, iteración, retroalimentación controlada y agregación estadística de un grupo de respuestas. Se realiza el cálculo del número de expertos a través de la expresión.

$$n = \frac{p}{(1-p)^k} \cdot \frac{1}{i^3}$$

Nota: Elaboración propia.

Dónde:

K: constante que depende del nivel de significación estadística.

p: proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos.

I: precisión del experimento. ($I \leq 12$)

Valores de K de acuerdo con el nivel de significación estadística.

1- α	K
99%	6,6564
95%	3,8416
90%	2,6896

Selección de los expertos.

Para la selección de los expertos se aplicó el siguiente procedimiento el cual consta de las siguientes etapas:

1ra. Elaboración de una lista de candidatos a expertos dentro de la institución que cumplan los siguientes requisitos: Nivel de conocimiento de la actividad, Años de Experiencia en la empresa y Disposición de Participar. Teniendo en cuenta estos requisitos se logra reunir un grupo de 15 expertos.

2da. Determinación del coeficiente de competencia de cada experto. Se aplicó una encuesta, en la cual el candidato expresa el grado de conocimiento sobre el tema relacionado con la exportación de la yuca.

Se utiliza la metodología de (Cortés & Iglesias, 2005) para el cálculo del coeficiente de competencia, la misma tiene como objetivo asegurar que los expertos que se consultan verdaderamente pueden aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio. Se seleccionan aquellos expertos que tengan un coeficiente de competencia entre medio y alto.

Esto permite asegurar que los expertos que se consultan verdaderamente pueden aportar criterios significativos respecto al tema objeto de estudio.

El coeficiente de competencia de los expertos, según exponen Cortés & Iglesias (2005), se calcula a partir del cuestionario general que se muestra en el Anexo 2.

Se utiliza la fórmula siguiente:

$$K_{comp} = 1/2 (K_c + K_a)$$

Donde:

Kc: Coeficiente de Conocimiento: Se obtiene multiplicando la autovaloración del propio experto sobre sus conocimientos del tema en una escala del 0 al 10, por 0,1.

Ka: Coeficiente de Argumentación: Es la suma de los valores del grado de influencia de cada una de las fuentes de argumentación con respecto a una tabla patrón que se muestra en el Anexo 4.

Dados los coeficientes Kc y Ka se calcula para cada experto el valor del coeficiente de competencia Kcomp siguiendo los criterios siguientes:

➤ La competencia del experto es ALTA si $K_{comp} > 0,8$ ➤ La competencia del experto es MEDIA si $0,5 < K_{comp} \leq 0,8$ ➤ La competencia del experto es BAJA si $K_{comp} \leq 0,05$

3.2 Capacitación al equipo de trabajo.

En este paso se pretende realizar una capacitación al equipo de trabajo con el objetivo de que sus miembros conozcan y entiendan de manera colectiva los principales elementos relacionados con la soldadura, estudio de terreno, modelos para el diseño, así como las herramientas a utilizar.

Este paso facilita la correcta ejecución para el diseño y aporta elementos a los miembros del equipo de trabajo contribuyendo a su preparación

3.3 Parámetros de diseño:

Peso total: 3500kg

Capacidad nominal: 2300 m³

Temperatura de trabajo: 32 °C

Gradiente máximo de temperatura: 9 °C

Presión de trabajo: Atmosférica.

Prueba de presión: Hidráulica, líquidos penetrantes u otra apropiada

Resistencia a los sismos: Zona 3

Datos de las partes principales del tanque

Descripción	Identificación
1. Aro anular de 3/8" de espesor, 263/16" (665 mm) de acero CSA 40.21.- 300W.	8A
2. Piso Planchas de 1/4" (6.35 mm) de acero CSA 40.21.-300W.	De la 1A a la 7 A
3. Techo de 3/8" (9.50 mm) de acero CSA 40.21.- 300W.	De la 1C a la 12 C
4. Angular de refuerzo de 76 x 76 x 9.6 x 6096 de acero CSA 40.21.- 300W de acero CSA 40.21.-300W.	15C
5. Espesor de la paredes según proyecto de acero CSA 40.21.- 300W	1B a la 2B
6. Sillas de anclaje	3B, 4B y 5B
7. Orejas de izaje	13C y 14C
8. Refuerzos de O.D 1270 x I.D 613 x 5/16"	1D
9. Refuerzos de O.D 485 x I.D 222 x 5/16"	16D
10. Refuerzos de O.D 305 x L.D 285 x 5/16"	17D
11. Refuerzos de O.D 238 x I.D 210 x 5/16"	20D
12. Manhole de 24" de diámetro con 28 tornillos y tuercas.	A(1D,2D,3D,4D)
13. Tubería de 8" de diámetro de acero S.A – 106 B Sch.40 con brida de 8" de acero S.A. 105	B(1D,2D,12D,15D,23D)
14. Bridas de 8" de diámetro con 8 agujeros de 22 mm.	14D
15. Brida de 4" de diámetro con mocheta de tubo SA – 105	18D y 19D
16. Brida de 2" de diámetro con mocheta de tubo SA – 105	21D y 22D

Diseño de un tanque de almacenamiento de pintura anticorrosiva en la Empresa de Servicios Técnicos y Especializados Cienfuegos.

17. Nudo hembra 1" NPT 3000#, S.A-105

F1, F2, F3, y J

19. Cuello de ganzo con malla de seguridad

26D,27D y 28D

Clasificación de los materiales metálicos

Parte del Tanque	Material
Anillo anular	Acero C.S.A G.40.21 – 300 W
Piso del tanque	Acero C.S.A G.40.21 – 300 W
Paredes del tanque	Acero C.S.A G.40.21 – 300 W
Techo	Acero C.S.A G.40.21 – 300 W
Angular de apoyo	Acero C.S.A G.40.21 – 300 W
Sillas de anclaje	Acero C.S.A G.40.21 – 300 W
Tuberías de entrada de combustible	Acero ASTM A 106. Grado B sin costura
Pernos de anclaje	Acero ASTM 193 Grade B7

Composición de la fuerza de trabajo de montaje y soldadura para la ejecución del tanque.

Descripción de la mano de obra	Cantidad
Jefa de brigada	1
Soldadores homologados	4

Mecánicos montadores	4
Operario de grúa	1
Electricista	1
Técnico de la Brigada	1

PLANTEAMIENTO

Con la finalidad de hacer más claro y específico lo expuesto en los capítulos anteriores, se calculará un tanque de almacenamiento para pintura anticorrosiva, el cual será instalado en la Empresa de Servicios Técnicos Especializados con una capacidad nominal de 2,300m³. Dicho tanque operará a presión atmosférica y temperatura ambiente.

CÁLCULO DEL ESPESOR DEL TANQUE

Datos para el cálculo:

Diámetro interior (D) = 1,967.8 cm.

$$d = l/\pi$$

L: longitud de la circunferencia

d: diámetro interior del tanque

Segmento que desde un punto a otro pasando por el centro de la circunferencia. Se representa con la letra d está formado por dos radios consecutivos, por lo que el diámetro siempre mide el doble del radio

Altura (H) = 978.2 cm.

La instalación de este depósito debe de ser al menos dos metros por encima de la salida del líquido. Esta dimensión fue asignada por la empresa

Corrosión permisible (C.A.) = 0.16 cm.

(*Psi*)

P: presión máxima de trabajo

Si: esfuerzo permisible

La corrosión permisible de una sustancia usualmente metálica por la reacción que tiene con el medio ambiente, es la tendencia a deteriorarse en un periodo de tiempo (Nace National Of Corrosión 2016)

Material = A-G.40.21

La rama de la metalurgia que se especializa en producir acero se denomina siderurgia o acería

Esfuerzo de diseño (Sd) = 1,4102 kg/cm

Esfuerzo de prueba hidrostática (St) = 1,580 kg/cm

$$P = pgh$$

P: presión hidrostática del ejercida sobre el cuerpo

p: presión del medio ambiente

g: constante de gravedad

h: altura del tanque

Fluido = pintura anticorrosiva

Densidad relativa (G) = 1(1,000 kg/cm³ m/v

m: masa del cuerpo a almacenar

v: volumen del cuerpo

Dimensiones de las placas a usar:

Ancho: 182.9 cm.

Largo: 609.6 cm

Conclusiones.

1. Tras este tres capítulos se considera cumplido el objetivo propuesto por el trabajo, ya sea como guía de iniciación del diseño de tanque de almacenamiento de pintura anticorrosiva, o como referencia en casos atípicos del diseño de los tanques, tanto por parte de la metodología propuesta como por el caso de estudio.
2. En cuanto a la metodología de diseño de tanques de almacenamientos propuesta, no deberá considerarse como lineal, sino como una guía base con múltiples etapas de retroalimentación, especialmente en lo referente a diseños no convencionales y por parte de diseñadores sin experiencia previa en tanques de este tipo.
3. La metodología propuesta en la realización de este trabajo se puede emplear en la futura realización y supervisión de tanque de almacenamiento de pintura en cualquier otra empresa del país , acortando tiempos de diseño y optimizando los mismos

Recomendaciones.

El autor recomienda de esta investigación recomienda a los empleados involucrados en la obra de diseño del tanque, en especial al personal de soldadura trabajar con la mayor calidad y eficiencia, que se realice un profundo estudio del terreno para futuros proyectos similares ya que la empresa (ESTEC) al tener déficits de entrada de materias primas puedan tener depósitos propios de la empresa.

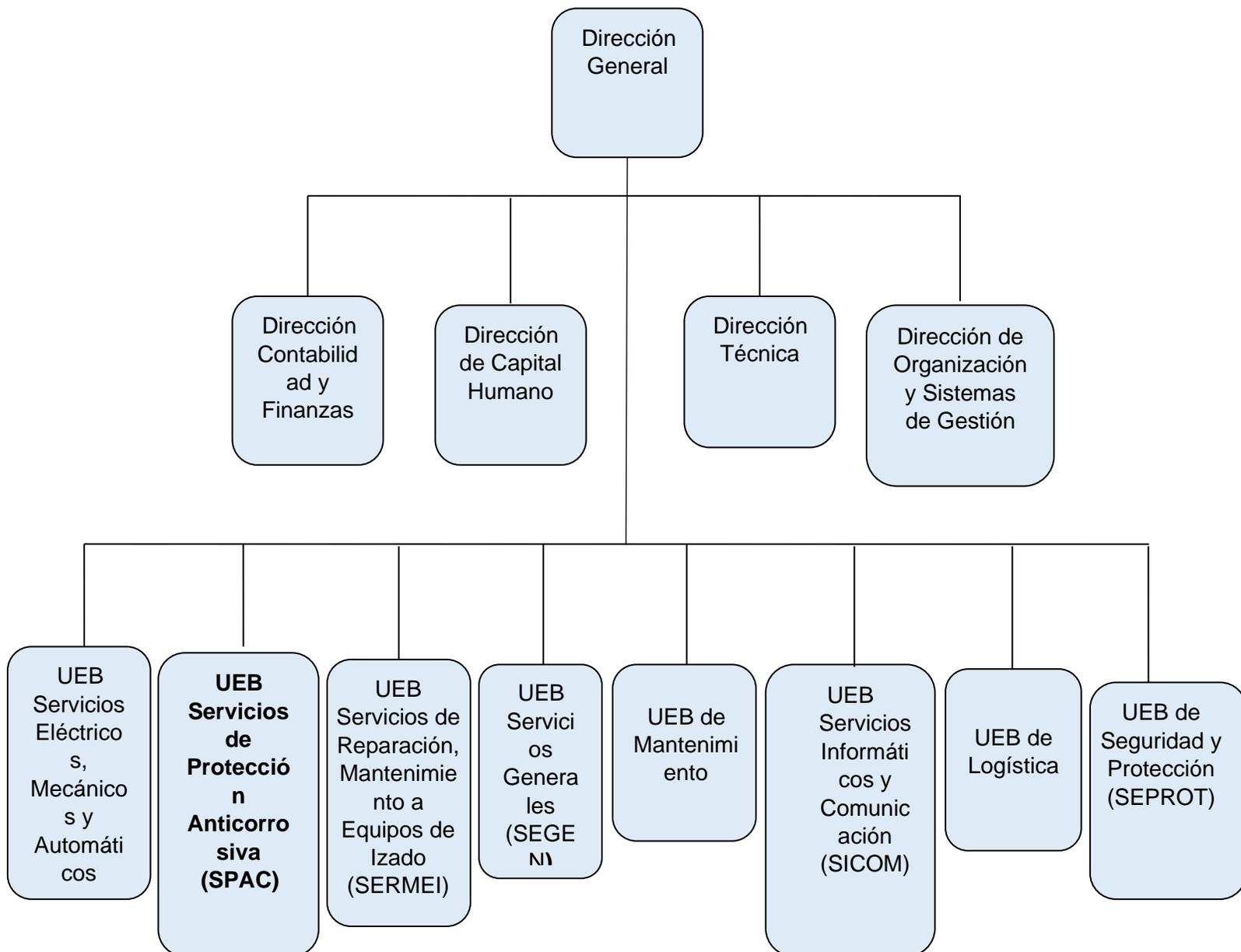
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Contreras, E. (2019). *Diseño de tanques de almacenamiento de materias primas y productos de la planta de fondo pavimentado*. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Madrid España.
- Cortés & Iglesias. (2005). *Patrón de coeficiente de competencia*.
- Delgado-García, & Tóala-Arcentales. (2021). Importancia del mantenimiento con tratamientos anticorrosivos en la durabilidad de equipos de aires acondicionados en ambientes salinos. *Revista Científica INGENIAR*, 4(8). <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespnov.0031>
- Euro Tanques Works. (2010). *Diseño de tanques verticales de pared simple y doble para almacenar aceite comestible*. <https://www.supwr tanks>.
- Fantony, L. K. (2017). *Propuesta del Sistema de protección anticorrosiva y conservación SIPAYC para los carros General Motors y American la France del Museo de Bomberos de Matanzas*. (Tesis de grado). Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. <https://rein.umcc.cu/bitstream/handle/123456789/1703/TD20%20Lilian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Finished Water Storage Facilities. (2002). Diseño de tanques de almacenamientos de agua verticales de techo plano. EPA Y AWWA, gaceta oficial. <http://www.suncam.com>.
- González, D. (2018). *Diseño y cálculo de un tanque de almacenamiento de un fluido de alta temperatura*. (Tesis de grado). Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/51986/1/TFG_DAVINIA_GONZALEZ_DORTA.pdf
- Gustavo Vázquez, G. (2008). *Diseño de tanques para almacenamiento de nafta de forma cilíndrica*. (Tesis de maestría). Universidad de México.
- Hernández Chic, M. D. (2005). *Diseño de tanques de tratamiento y captación verticales de forma cuadrada*. Proyecto comunitario México DF
- Jonás. (2012). *Diseño de tanques de redes de distribución de agua potable cilíndricos de techo cónico*. (Tesis de maestría). Conagua
- Kettle Works. (2011) Diseño de tanques de acero inoxidable de mezcla y almacenamiento de forma cilíndrica. Portland, Generales Motos Compañía. <http://www.fmet.es>.

- López Falcón & Ramos Serpa. (2021). Acerca de los métodos teóricos y empíricos de investigación: Significación para la investigación educativa. *Revista Conrado*.17(23). <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/download/2133/2079/>
- Manuel León, J. (2001). *Diseño de tanques cilíndricos horizontales sujetos a presión*. <http://links.Mastertanks>.
- Marquina Chávez, A. (2019). *Tanques atmosféricos de almacenamiento de Crudo de junta de techo envolvente*. (Tesis de maestría). Universidad de México.

Anexos.

Anexo 1: Organigrama de la Empresa de Servicios Técnicos y Especializados Cienfuegos. (ESTEC). Fuente: Manual de Calidad de la ESTEC



Fuentes de Argumentación	Alto	Medio	bajo
Análisis teóricos realizados por usted.			
Experiencia obtenida.			
Trabajo de autores nacionales que conoce			
Trabajo de autores extranjeros que conoce Conocimientos propios sobre el estado del tema.			

Nota:(Cortés & Iglesias, 2005: Patrón de coeficiente de competencia) **Anexo: 2**

Anexo3

Tabla patrón para la determinación del coeficiente de competencia de cada experto

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
Experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
Trabajo de autores nacionales que conoces	0.5	0.4	0.3
Trabajo de autores extranjeros que	0.5	0.4	0.3

conoces			
Conocimientos propi sobre el tema	0.5	0.4	0.3

Nota: Elaboración propia

Anexo 4

Cálculo de coeficiente de competencia de cada experto

Expertos	Coeficiente de conocimiento KC	Coeficiente de argumentación KA	Coeficiente de competencia $K=1/2(KC+KA)$	Nivel
1	0.90	0.79	0.85	Alto
2	0.80	0.80	0.80	Alto
3	0.80	0.96	0.88	Alto
4	0.90	0.79	0.85	Alto
5	0.30	0.84	0.57	Alto
6	0.90	0.79	0.85	Alto
7	0.80	0.96	0.88	Alto
8	0.50	0.85	0.68	Media
9	0.80	0.82	0.81	Alto
10	0.75	0.60	0.68	Media
11	0.89	0.79	0.84	Alto
12	0.60	0.50	0.55	Media
13	0.70	0.90	0.80	Media
14	0.80	0.85	0.83	Alto
15	0.40	0.75	0.58	Media

Nota: elaboración propia