



UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Diseño de tanque de almacenamiento de Nafta con protección
catódica para la refinería de Iquitos”**

PRESENTADO POR:

Yafac Torres, Juan Jherson

ASESOR:

Ing. Villalobos Cabrera, Jony

Lambayeque – Perú

2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“Diseño de tanque de almacenamiento de Nafta con protección
catódica para la refinería de Iquitos”**

Presentado por:

Yafac Torres, Juan Jherson.

- **Presidente** : **Ing. Chambergo Larrea, Carlos.**
- **Secretario** : **Ing. Yupanqui Rodríguez, Carlos.**
- **Miembro** : **Lic. Gutiérrez Atoche, Egberto.**
- **Asesor** : **Ing. Villalobos Cabrera, Jony.**

Lambayeque – Perú

2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

TÍTULO

**“Diseño de tanque de almacenamiento de Nafta con protección
catódica para la refinería de Iquitos”**

CONTENIDO:

CAPITULO I :	PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACION
CAPITULO II:	MARCO TEORICO
CAPITULO III:	MARCO METODOLOGICO
CAPITULO IV:	PROPUESTA DE LA INVESTIGACIÓN
CAPITULO V:	ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS
CAPITULO VI:	CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

Ing. Chambergó Larrea, Carlos
Presidente

Ing. Yupanqui Rodríguez, Carlos.
Secretario

Lic. Gutiérrez Atoche, Egberto
Miembro

Ing. Villalobos Cabrera, Jony.
Asesor

Lambayeque – Perú

2019

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a:

A mis padres porque han sido mi apoyo a lo largo de mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida, quienes han puesto toda su confianza en lograr un sueño y objetivo más.

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

A mis hermanos, sobre todo a mi hermano Manuel que con su experiencia, conocimiento y motivación me orientó en este tema de investigación.

A mi asesor de Tesis el Ing. Jony Villalobos que gracias a sus correcciones hoy puedo culminar este trabajo.

Y a todos los docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo me motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

RESUMEN

En el presente trabajo está relacionado con el diseño y cálculo de un tanque de almacenamiento de Nafta con protección catódica, basándonos de la norma API 650.

Se sabe que este insumo es de suma importancia para las empresas con mayor indicador del potencial de producción y transporte tan necesitada en el desarrollo industrial.

En el capítulo uno encontraremos la realidad al problema de cual pasa en dicha ciudad, las diferentes necesidades de almacenamiento, y objetivos por los cuales se está desarrollando este trabajo.

En el capítulo dos tenemos el marco teórico, en lo que nos cuenta algunos antecedentes con respecto al tema a nivel mundial y nacional, conceptos básicos del tema que se va a desarrollar como tipos, clasificación de tanques y parámetros necesarios para el cálculo de estos, así como sus medidas de seguridad.

En el capítulo 3 se encontrará con la descripción, localización y métodos para el desarrollo de esta tesis.

En el capítulo 4 tenemos la propuesta de investigación la cual sabremos que normas, tablas y materiales basados según la norma API 650 vamos a utilizar para el correcto desarrollo del proyecto.

En el capítulo 5 entramos a lo que son los cálculos realizados en este trabajo, ya sea en el fondo, forro, estructuras del techo y protección catódica el cual nos ayudará a evitar la corrosión del tanque.

En el capítulo 6 encontremos se procedió a realizar los metrados y evaluación económica de este proyecto lo cual es de suma importancia para decidir si el proyecto se ejecutará o no.

Finalmente nos encontramos con las conclusiones, recomendaciones y anexos realizados para este proyecto.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se refiere al problema de desabastecimiento de Nafta que ocurre en la ciudad de Iquitos, cuyo insumo es muy usado en el sector industrial y transporte.

Para analizar esta problemática es necesario mencionar las causas. Una de ellas es el desempleo que existe en dicha región, al encontrar este tipo de problemas, los pobladores toman las estaciones (Estación 5 – Oleoducto) donde llega este producto en forma cruda para luego ser transportada a refinería Iquitos donde llevará al cabo el proceso de refinación y así lograr la Nafta.

Al haber este problema, genera un problema de abastecimiento de Nafta, para lo cual se diseñará un tanque de almacenamiento con una capacidad de 40,000 barriles para cubrir la necesidad de mayor disponibilidad y a su vez permita almacenar producto como reserva.

Para la realización del diseño se basó en la aplicación de la norma API 650 (American Petroleum Institute) y las medidas de seguridad necesarias con el fin de determinar criterios y requerimientos para asegurar calidad y resistencia ya sea del producto y del tanque.

INDICE

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN	7
INDICE.....	8
INDICE DE FIGURAS	11
INDICE DE TABLAS	13
CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	15
1.5 OBJETIVOS.....	15
1.5.1 OBJETIVO GENERAL:.....	15
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	15
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	16
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	16
2.1.1 Internacional.....	16
2.1.2 Nacional.....	17
2.2 DESARROLLO DE LA TEMÁTICA CORRESPONDIENTE AL TEMA DESARROLLADO.	19
2.2.1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO	19
2.2.2 CLASIFICACIÓN DE GENERAL DE TANQUES Y RECIPIENTES A PRESIÓN	22
2.2.3 SOLDADURA EN LOS TANQUES	29
2.2.4 SELLOS	33
2.2.5 VENTEO	34
2.2.6 CIMENTACIONES	35
2.2.7 SISTEMA ELÉCTRICO	35
2.2.8 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.....	35
2.2.9 SISTEMA CONTRA INCENDIOS.	36
2.3 PROTECCIÓN CATÓDICA	36

2.4. PRODUCTO NAFTA	37
2.5 NORMAS TÉCNICAS, ESTANDARDS Y ESPECIFICACIONES	38
2.6 REGLAMENTOS DE SEGURIDAD.....	39
2.7 DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA TERMINOLOGÍA UTILIZADA	40
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.	41
3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	41
3.2 HIPOTESIS	41
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	42
3.3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	42
3.4 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	43
3.5 DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.	43
3.6 DESCRIPCIÓN DE INSTRUMENTOS UTILIZADOS	43
3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	44
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.	45
4.1 NORMATIVA.....	45
4.2 APLICACIÓN DE LA NORMA	47
4.3 MATERIALES.....	47
4.3.1 PLANCHAS.....	47
4.3.2 PERFILES ESTRUCTURALES	49
4.3.3 BRIDAS Y PERNOS	49
4.4 DISEÑO DE BOQUILLAS	50
4.5 MANHOLES	55
4.6 PERNOS Y AGUJEROS.....	56
4.7 EMPAQUES	56
CAPITULO V: ANÁLISIS INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	62
5.1 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE.	62
5.1.1 NIVELES DE LLENADO A CONSIDERAR EN EL TANQUE.....	62
5.2 DISEÑO DEL TANQUE.....	63
5.2.1 DISEÑO DEL CUERPO DEL TANQUE.	63
5.3 DISEÑO DE FONDO	70
5.4 CALCULOS ESTRUCTURALES DEL TANQUE Y TECHO DOMO.....	74
5.4.1 ANALISIS DE TANQUE Y ANILLO RIGIDIZADOR.....	75
5.4.2 ANÁLISIS DE TECHO DOMO	79

5.5 DISEÑO DE SUMIDERO Y DRENAJE DE FONDO.....	81
5.6 PROTECCIÓN CATÓDICA	82
5.6.1 CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN CATÓDICA	84
5.6.2 RESISTIVIDAD DEL SUELO EN EL FONDO DEL TANQUE	85
5.6.3 SUPERFICIE A PROTEGER DEL TANQUE.....	86
5.6.4 CALCULO DE LA CANTIDAD DE CINTAS ANÓDICAS REQUERIDAS.....	87
5.6.5 CALCULO DE CINTA ANÓDICA	89
5.6.6 CALCULO DE LA RESISTENCIA TOTAL DEL SISTEMA ANÓDICO	90
5.6.7 UBICACIÓN DE LAS BARRAS DISTRIBUIDORAS DE TITANIO	91
5.6.8 SELECCIÓN DE EQUIPOS Y CONDUCTORES	93
5.6.9 CABLES.....	94
5.7 METRADOS, COSTOS Y PRESUPUESTOS DEL PROYECTO.....	96
5.7.1 COSTO DIRECTO DE SUMINISTROS.....	97
5.7.2 ANÁLISIS DE COSTOS GENERALES	103
CAPITULO VI: CONCLUSIONES-RECOMENDACIONES.....	108
CONCLUSIONES.....	108
RECOMENDACIONES	109
LINKOGRAFÍA.....	110
ANEXOS	111

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tanque simple pared	20
Figura 2 Tanque isométrico.....	21
Figura 3 Tanque aséptico.	21
Figura 4 Tanques a presión.	22
Figura 5 Tanque techo cónico.	23
Figura 6 Tanque techo domo.	24
Figura 7 Tanque techo flotante externo.	25
Figura 8 Tanque de techo pontón.	26
Figura 9 Tanque techo doble plataforma.....	26
Figura 10 Tanque esférico.	27
Figura 11 Tanque cilíndrico horizontal.	27
Figura 12 Tanque empernado.	28
Figura 13 Soldadura a tope doblemente soldada.....	29
Figura 14 Soldadura simple.....	30
Figura 15 Soldadura Traslapada doblemente soldada.....	30
Figura 16 Soldadura simple traslapada.....	31
Figura 17 Soldadura a tope.	31
Figura 18 Soldadura en filete.	32
Figura 19 Soldadura por puntos.	32
Figura 20 Sellos.	33
Figura 21 Tipos de venteo.	34
Figura 22 Localización del proyecto.....	42
Figura 23 Boquillas y placas de refuerzo.....	50
Figura 24 Placa de fondo de tanque.	51
Figura 25 Tipos de boquillas.....	53
Figura 26 Manholes.	55
Figura 27 Altura desde la base del tanque hasta manhole.	57
Figura 28 Volumen y niveles de tanque de almacenamiento.	63
Figura 29 Forro de tanque.....	69

Figura 30 Detalles de forro de tanque.	69
Figura 31 Fondo de tanque.	72
Figura 32 Detalles de fondo de tanque.	72
Figura 33 Secuencia de soldadura de fondo de tanque.	73
Figura 34 Anillo rigidizador.	76
Figura 35 Punto de apoyo para techo domo.	76
Figura 36 Desplazamiento de techo domo.	77
Figura 37 Desplazamiento de techo domo (2).	77
Figura 38 Estructura general del tanque.	78
Figura 39 Esfuerzos sometidos en techo.	79
Figura 40 Desplazamientos de esfuerzos en techo domo.	80
Figura 41 Deformaciones en techo domo.	80
Figura 42 Detalle de sumidero para tanque.	81
Figura 43 Área a proteger con cintas anódicas.	87
Figura 44 Barra Anódica para conductividad de corriente.	92
Figura 45 Conductores usados para la protección catódica.	95
Figura 46 Metrado del proyecto de tanque de almacenamiento.	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades de la Nafta.	37
Tabla 2 Normativa aplicada para este proyecto.....	45
Tabla 3 Planchas más usadas en construcción de tanques.	48
Tabla 4 Mínimas distancias de separación de aberturas de cuerpo.	52
Tabla 5 Dimensiones para boquillas.	54
Tabla 6 Dimensiones para manhole.	56
Tabla 7 Espesor de manhole y bridas.	58
Tabla 8 Espesores de tapa y brida.	58
Tabla 9 Espesores mínimos de manhole.....	59
Tabla 10 Dimensiones del diámetro circular de los pernos y diámetro de cubierta de la placa.....	60
Tabla 11 Dimensiones para conexiones en el cuerpo.....	61
Tabla 12 Diámetro y espesores nominales del tanque.	63
Tabla 13 Dimensión y espesores del tanque de almacenamiento.	68
Tabla 14 Espesor nominal del tanque y tamaño de filete de soldadura.	68
Tabla 15 Espesor para lámina anular del fondo.	70
Tabla 16 Dimensiones para sumidero de drenaje.	81
Tabla 17 Aleaciones más usadas en protección catódica.....	83
Tabla 18 Resistividad para protección catódica.	85
Tabla 19 Cuadro de distanciamiento de cintas anódicas.	90
Tabla 20 Distanciamiento de barras anódicas.....	92
Tabla 21 Selección de conductores.....	94
Tabla 22 Presupuesto general del proyecto.....	102
Tabla 23 Costos generales.....	103

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

El problema actual en la ciudad de Iquitos es el abastecimiento de Nafta que es combustible muy usado en dicha región, la mayoría de veces causado por los mismos pobladores en las tomas de estación (Estación 5 – Oleoducto) originando paralizaciones en despacho y recepción de este producto.

Al generarse este problema genera más problemas sociales como el caso de transporte, industrias, alimentación, etc.

Y el otro problema es de los tanques de almacenamiento basado en la norma API 650 es el de la corrosión, la cual es originada por la humedad, debido a que este tanque se encuentra localizado en una zona muy húmeda por las constantes lluvias, se tratará de dar solución para evitar futuros derrames en la zona de trabajo y así evitar contaminación ambiental.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo mejorar el problema de almacenamiento de Nafta en la ciudad de Iquitos?

1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Definir los criterios de diseño que se aplicarán en el cálculo, dimensionamiento y especificaciones de diseño que se encuentra en la norma API. Se realizará el cálculo y diseño de un tanque de almacenamiento de Nafta con techo domo que servirá para satisfacer las necesidades de almacenamiento.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

El requerimiento de nafta en nuestro país es de gran cantidad, por lo que podemos encontrar diferentes refinerías dedicadas a este proceso, interesados por mantener las percepciones y expectativas de este proceso es que se elabora este proyecto de investigación, que tiene precisamente como finalidad cubrir las expectativas del mercado de fabricación de tanques, además de aplicar correctamente la normatividad que es necesaria para conseguir una eficiencia optima en el desarrollo de fabricación del tanque. Se espera que a partir de este estudio se obtengan mejoras en la recopilación de datos que permitan evaluar e identificar áreas de oportunidad y proponer medidas que faciliten el desarrollo de una mejora continua en esta área de trabajo.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL:

Diseñar un tanque de almacenamiento para 40,000 barriles de Nafta en la refinería de Iquitos.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar la capacidad del tanque de almacenamiento a diseñar.
- Calcular las dimensiones y características del tanque de almacenamiento.
- Realizar la evaluación económica del diseño a realizar.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1 Internacional

- **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE PARA ALMACENAR 2000 TONELADAS DE ACEITE DE PALMA BASADO EN LA NORMA API 650 – (2007) – Ecuador.**

AUTOR: JIMÉNEZ PASMIÑO ENRIQUE

CONCLUSIÓN:

La selección de los elementos constitutivos del tanque de acuerdo con API-650, el desarrollo de unos procedimientos de soldadura requiere estar familiarizado con el estándar ASME IX para poder establecer el verdadero alcance del ensayo realizado para calificar los procedimientos.

- **ANALISIS DE LA CONSTRUCCION DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE TIPO AUSTRALIANO EN EL SECTOR PIEDRAS NEGRAS PARROQUIA SAN JUAN DE LAGUNILLAS MUNICIPIO SUCRE ESTADO DE MÉRIDA - (2016) – Venezuela.**

AUTOR: AMÉRICO MARQUINA

OBJETIVO:

Estudiar qué tipo de construcción de tanque de almacenamiento es necesario para el Sector Piedras Negras, para ofrecer a la comunidad mayor beneficio a sus demandas del vital líquido.

CONCLUSIÓN:

Siendo el agua indispensable para la vida, no cabe duda que tan importancia tiene, para lo cual se ha estudiado la construcción de un tanque para su almacenamiento en un sector el cual se ve afectado debido a la falta de este recurso.

- **PREVENCIÓN DE INCENDIOS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PETRÓLEO CRUDO (2011) – México.**

AUTOR: PARRALES GALLARDO JOSÉ MANUEL

OBJETIVO:

El propósito principal de esta tesis fue señalar la importancia que tienen los tanques de almacenamiento en la industria petrolera, el diseño de tanques para su construcción se emplea en los tanques para evitar, controlar y extinguir un incendio.

CONCLUSIÓN:

Los tanques de techo fijo son más económicos en diseño, debido a que no necesitan una gran cantidad de accesorios.

Se recomienda el uso de tanques de techo flotante para evitar la pérdida de evaporación del líquido almacenado.

2.1.2 Nacional

- **DISEÑO Y CÁLCULO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO ATMOSFÉRICO DE 60000 BARRILES PARA ALMACENAJE DE GASOLINA DE 90 OCTANOS EN LA SELVA – (2017).**

AUTOR: PEJERREY ZEGARRA GIANFRANCO

OBJETIVO:

Realizar el diseño y cálculo estructural para la implementación de un tanque de almacenamiento de 60,000 barriles de capacidad que será montado en refinería de la zona selva.

CONCLUSIÓN:

Se ha diseñado un tanque uso sólo el estándar API 650, 12 th edición del 2013 sin comprometer los estándares de algunos de los clientes de la empresa, obteniendo un tanque bastante genérico y cumpliendo los parámetros requeridos por Osinergmin.

- **DISEÑO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL DE 200,000 GALONES DE CAPACIDAD, BASADO EN LA NORMA API 650, PARA LA UNIDAD MINERA TOQUEPALA, DEPARTAMENTO DE TACNA – (2018).**

AUTOR: CONCHA CAPUÑAY FREDDY

OBJETIVO:

Realizar un diseño, un procedimiento de fabricación y montaje de un tanque cilíndrico vertical para el almacenamiento de diésel, de 200,000 galones de capacidad, basado en la norma API 650, para así responder la demanda y la necesidad de abastecimiento de combustible en la unidad minera Toquepala, departamento de Tacna.

- **DISEÑO DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS E IMPACTO AMBIENTAL (2002).**

AUTOR: BARRIOS REATEGUÍ CARLOS ALFONSO

OBJETIVO:

Promover el adecuado diseño para la fabricación de tanques de almacenamiento de hidrocarburos líquidos y motivar la regulación de esta actividad para reducir la contaminación ambiental provocada durante su funcionamiento y por las operaciones de transferencia de productos.

2.2 DESARROLLO DE LA TEMÁTICA CORRESPONDIENTE AL TEMA DESARROLLADO.

Introducción

Este tipo de tanques son ampliamente utilizados en distintas industrias, para almacenamiento temporal de productos a utilizar posteriormente. El almacenamiento constituye un elemento de suma valor en distintas industrias por lo cual:

- Actúa como pulmón entre producción y transporte para absorber las variaciones de consumo.
- Permite la sedimentación de agua y barros de producto almacenado antes de despacharlo por medio de un oleoducto o destilación.
- Brindan flexibilidad operativa al proceso productivo.
- Actúan como punto de referencia en la medición de despachos.

Los tanques forman parte de la industria en distintas operaciones como:

- Producción.
- Tratamiento.
- Mantenimiento.
- Refinación.
- Distribución.
- Inventario/Reservas.

2.2.1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Es un recipiente mayormente de forma cilíndrica que están diseñados para el almacenamiento y conservación de productos líquidos o sólidos. Pueden ser fabricados con diversos materiales de acuerdo al uso que se llegó a usar, entre los materiales más comunes son:

- Fibra de vidrio.
- Acero al carbono.
- Acero inoxidable.

Pues el tipo de material se determina de acuerdo al sector en el cual se trabajará, los cuales pueden ser:

- Alimentario.
- Químico.
- Cosmético.
- Farmacéutico.
- Petrolero.

En el caso de los tanques de almacenamiento en el sector petrolero se puede almacenar una gran variedad de productos como: butano, propano, gas licuado de petróleo, nafta, solventes, petróleo crudo y agua, para que posteriormente sea comercializado.

2.2.1.1 TIPOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Tanque de simple pared: son recipientes para almacenar cualquier tipo de producto a temperatura ambiente.



Figura 1 Tanque simple pared

Tanques isotérmicos: Son aquellos recipientes que cuentan con una cámara de aislamiento y forro exterior de acero inoxidable o aluminio. Su principal función es aislar térmicamente, para conservar la temperatura en el interior del recipiente.



Figura 2 Tanque isométrico

Tanques asépticos: Son aquellos tanques que pueden esterilizarse con vapor y en ciertos casos requieren de una inertización, normalmente con nitrógeno, debido a la naturaleza del producto, en lo cual requiere evitar mezclarse con el aire ambiente. Para la inertización se utiliza una válvula especial.



Figura 3 Tanque aséptico.

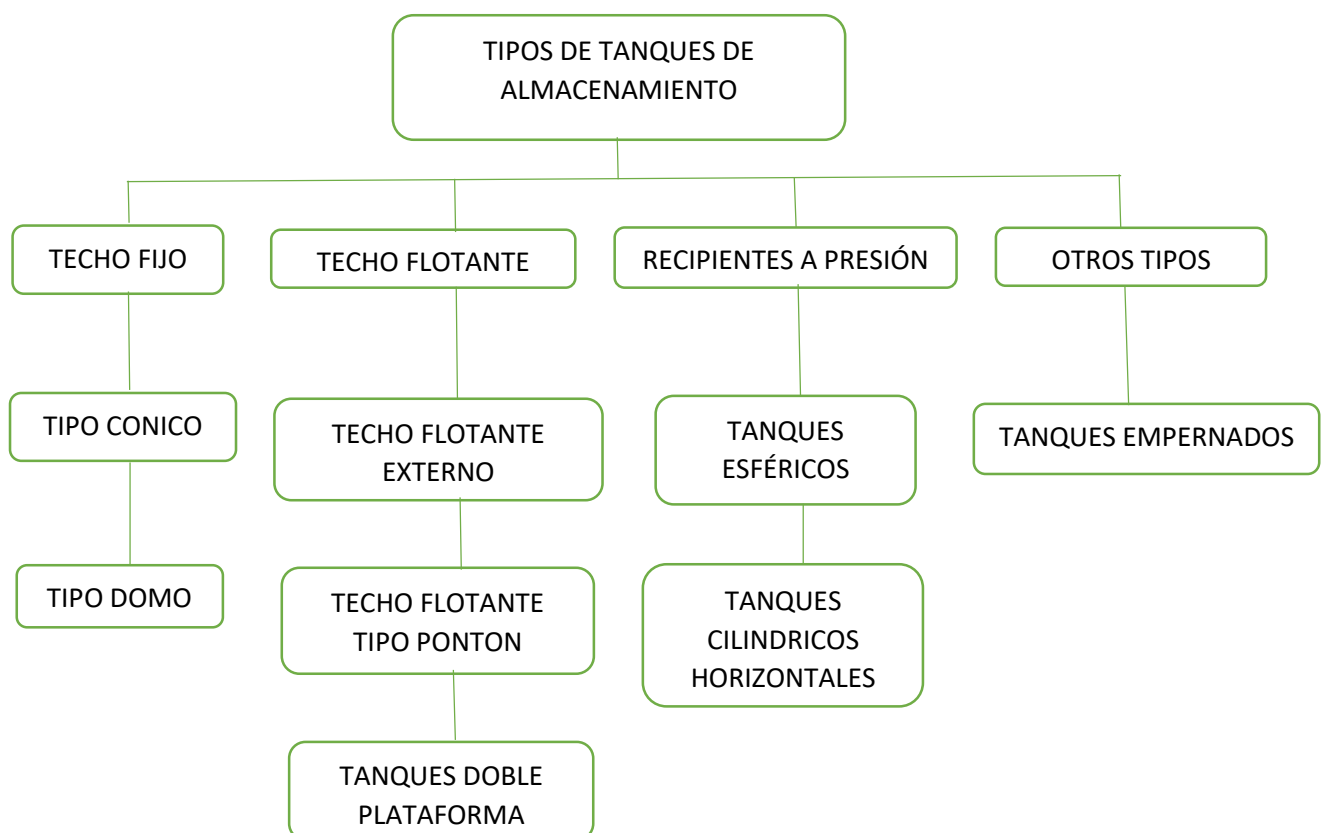
Tanques a presión: Estos tanques son especiales ya que su función es tener mejor conservación del producto, en la mayoría de casos son cilíndricos verticales de fondo

plano que permite almacenar grandes cantidades volumétricas con un coste bajo y solo se pueden usar a presión atmosférica o presiones internas pequeñas.



Figura 4 Tanques a presión.

2.2.2 CLASIFICACIÓN DE GENERAL DE TANQUES Y RECIPIENTES A PRESIÓN



2.2.2.1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TECHO FIJO

Estos tanques se utilizan para almacenar petróleo y sus derivados que poseen un punto de inflamación alto y de considerable presión a vapor, es decir, aquellos hidrocarburos que no se evaporan fácilmente evitando así acumulación de gases en el interior del tanque no excede la atmosférica.

Están formados por un solo cuerpo, cuyo techo no tiene ninguna posibilidad de movimiento. Poseen varias válvulas de venteo, que permite la salida de los vapores que están formándose continuamente en su interior, porque los tanques de techo fijo no están preparados para resistir sobrepresiones. Puede tener techo auto soportado o soportado por columnas, la superficie del techo puede tener forma de domo o cono. El tanque opera con un espacio para los vapores, el cual cambia cuando varía el nivel del líquido. Las ventilaciones en el techo permiten la emisión de vapores para evitar sobre presiones en el tanque.

2.2.2.2 TANQUE DE ALMACENAMIENTO TECHO TIPO CÓNICO

El techo se soporta mediante una estructura interna que se clasifica en: auto soportados, este techo no quiere columnas para sostenerse, además debe tener un diámetro pequeño, y soportados que son tanques de hasta 25 pies de diámetro, con estructura interna que soporta el techo.

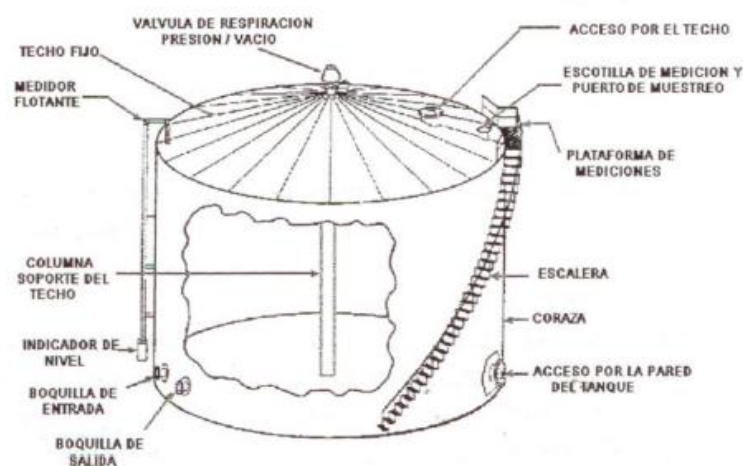


Figura 5 Tanque techo cónico.

2.2.2.3 TANQUE DE ALMACENAMIENTO TECHO TIPO DOMO

Son modificaciones del techo cónico. Para el tanque de techo domo, el techo se conforma por placas circulares que se auto soportan y no requieren de columna al interior del tanque ya que se apoyan en el borde superior del borde del tanque. Otra característica de estos techos es que reducen las perdidas por evaporación al 15% y trabaja con una membrana flotante, estos techos son muy livianos y poseen buena estabilidad sísmica y durabilidad más prolongada. EL tipo de paraguas son placas en forma de gajos. En algunos casos tienen más de 60 pies de diámetro interno.



Figura 6 Tanque techo domo.

2.2.2.4 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TECHO FLOTANTE

2.2.2.4.1 TECHO FLOTANTE EXTERNO

Los tanques de techo flotante externo poseen un techo de techo móvil que flota encima del producto almacenado. El techo flotante consiste de una cubierta, accesorios y un sistema de sello de aro en la periferia.

Estos tanques reducen de forma significativa las pérdidas de líquidos volátiles que se almacenan. Con esto se logra reducir los costos de operación, contaminación ambiental, riesgo de incendio y evitar la formación de mezclas explosivas.

Tanques de techo flotante externo (FRT)

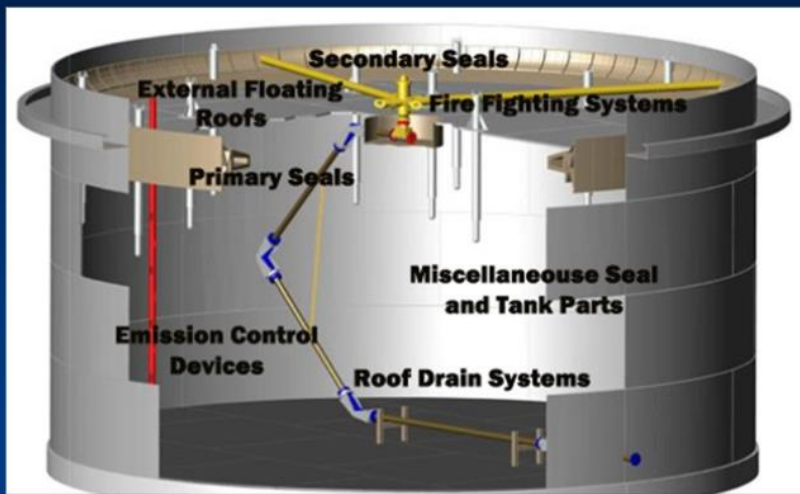


Figura 7 Tanque techo flotante externo.

2.2.2.4.2 TECHO FLOTANTE TIPO PONTON

Estos tanques tienen una serie de pontones anulares alrededor del borde y una plataforma de espesor simple en el centro. Estos tanques se utilizan para almacenar petróleo y sus derivados que poseen un punto de inflamación alto y de considerable presión a vapor, es decir, aquellos hidrocarburos que no se evaporan fácilmente evitando así acumulación de gases en el interior del tanque no excede la atmosférica.

Están formados por un solo cuerpo, cuyo techo no tiene ninguna posibilidad de movimiento. Poseen varias válvulas de venteo, que permite la salida de los vapores que están formándose continuamente en su interior, porque los tanques de techo fijo no están preparados para resistir sobrepresiones. Pueden tener techo auto soportado o soportado por columnas, la superficie del techo puede tener forma de domo o cono.

El tanque opera con un espacio para los vapores, el cual cambia cuando varía el nivel del líquido.

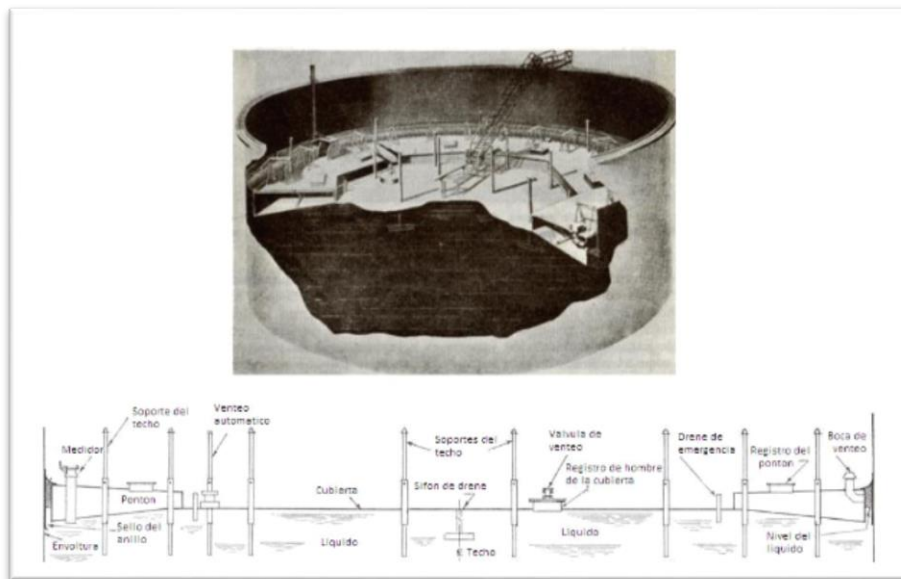


Figura 8 Tanque de techo pontón.

2.2.2.4.3 TECHO FLOTANTE DE DOBLE PLATAFORMA

Estos tipos de tanques tienen dos plataformas completas que flotan sobre la superficie del líquido. Aunque estos diseños de tanques fueron los primeros en construirse, recién a mediados de 1940 se empezaron a construir los tanques de alta capacidad.

La plataforma superior presenta una inclinación hacia el centro del tanque con el fin de permitir el drenaje de las aguas de lluvias hacia el sistema primario de drenaje y al de emergencia que se dispone el tanque. Este tipo de techo, fue utilizado en épocas pasadas, ya que se poseen dos laminas entre las cuales existe un espacio lleno de aire que se produce un aislamiento efectivo entre la superficie total del el líquido y el techo, lo que permite almacenar líquidos de alta volatilidad.

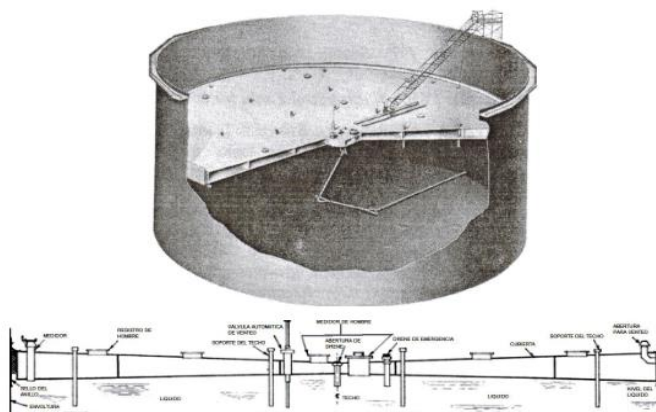


Figura 9 Tanque techo doble plataforma.

2.2.2.5 RECIPIENTES A PRESIÓN

2.2.2.5.1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO ESFÉRICOS

Los tanques de almacenamiento esferas son principalmente usados para almacenamiento de productos ligeros como propano, butano, GLP, su forma facilita que soporten presiones sobre los 25 psi.



Figura 10 Tanque esférico.

2.2.2.5.2 TANQUE DE ALMACENAMIENTO CILINDRICOS HORIZONTALES

Poseen un armazón cilíndrico con esferoides (casquetes), la presión de trabajo puede ser desde 15 psi a 1000 psi o mayor. Algunos de esos tanques tienen cabeza plana o hemisférica.



Figura 11 Tanque cilíndrico horizontal.

2.2.2.6 OTROS TIPOS

TANQUE DE ALMACENAMIENTO EMPERNADOS

Son diseñados y acondicionados como elementos segmentos los cuales son montados en localidades para poder proporcionar un alineamiento vertical encima del terreno, cierre y apertura de la parte superior de los tanques. Los tanques empernados API, estandarizados están disponibles en capacidad nominal de 100 a 10000 barriles, diseñados a presión atmosférica. Estos tanques ofrecen la ventaja de ser fácilmente transportados en cualquier localidad y levantados manualmente. Son utilizados para almacenamiento de agua potable o agua contra incendios.



Figura 12 Tanque empernado.

2.2.3 SOLDADURA EN LOS TANQUES

La norma API 650 basa sus estándares de uniones soldadas en el código ASME y AWS, establece que toda unión soldada debe realizarse con un procedimiento y un tipo de soldadura de acuerdo al tipo de material que se va a usar, además de que tiene que realizarlo una persona calificada y certificada para realizar este tipo de trabajos.

Una vez terminado el proceso de soldadura, estos pasarán por pruebas y ensayos no destructivos tales como pruebas de tintes penetrantes, ultrasonidos, pruebas de dureza, radiográficas, etc. Con el fin de comprobar la calidad de soldadura.

Se indica que ante cualquier desperfecto u observación que se aprecie, el fabricante está en la obligación de subsanar y asumir responsabilidad de hacer una nueva prueba.

Los procedimientos de soldadura aprobados para utilizar son el arco eléctrico por electrodo sumergido SAW, arco eléctrico SMAW, arco con gas inerte o electrodos recubiertos, puede ser utilizados de forma manual o automática, esto se decidirá según la disponibilidad de los equipos, el tipo de zona donde se trabajará y de la urgencia del trabajo, ya que la soldadura automática aplicada con buen criterio agiliza tiempo, aunque aumenta el consume de energía eléctrica.

SOLDADURAS MÁS USADAS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO

a) Uniones a tope doblemente soldadas

Este tipo de soldadura sirve unir 2 piezas terminales que se encuentran en el mismo plano y para resistir refuerzos grandes, motivo por el cual es usada para soldar planchas que conforman el anillo del tanque.

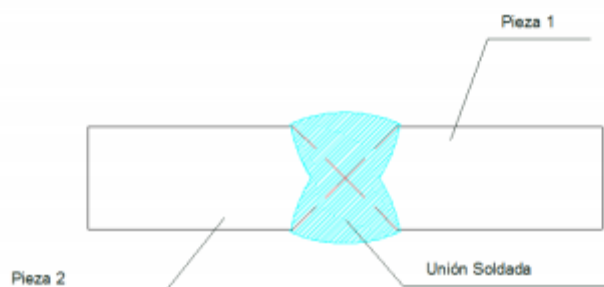


Figura 13 Soldadura a tope doblemente soldada.

b) Uniones a tope de soldadura simple y respaldo.

Este tipo de soldadura mayormente es usado en el fondo del tanque y con el respaldo de arriba, con cual se logra aumentar el punto de contacto de las presiones que ejercen sobre las uniones soldadas y reducir riesgo de fractura.

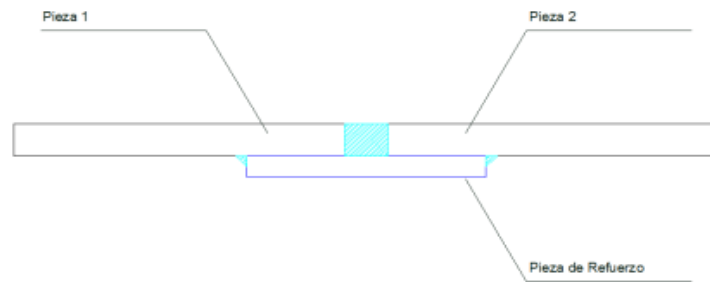


Figura 14 Soldadura simple.

c) Uniones traslapadas doblemente soldadas.

Son aquellas uniones en las cuales dos piezas son colocadas con los extremos superpuestos y se suelda por ambos lados de soldadura filete. Este tipo de soldadura es aplicado en la parte del piso del tanque, la elección de este tipo de soldaduras depende de las presiones, la capacidad del tanque, posición de la soldadura, etc.

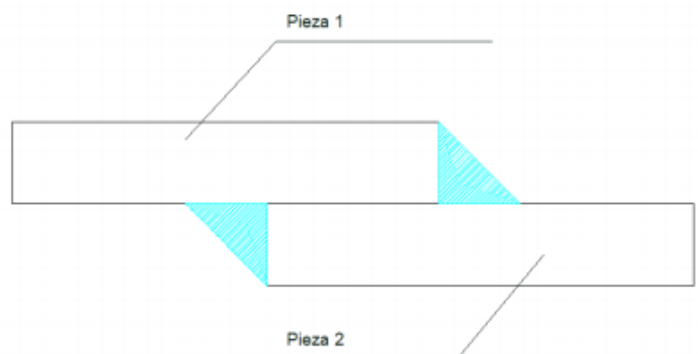


Figura 15 Soldadura Traslapada doblemente soldada.

d) Uniones traslapadas con soldadura simple.

Este tipo de soldadura se usa para el montaje de los accesorios que se ubican en el exterior del tanque, para la unión de soporte de tuberías, y demás accesorios que no involucren presiones tan elevadas como las del tanque.

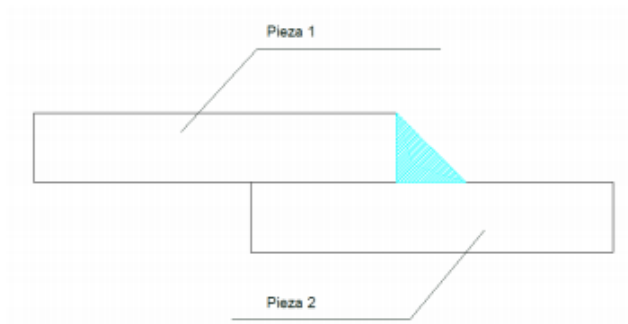


Figura 16 Soldadura simple traslapada.

e) Soldadura a tope.

Es aquella en la cual se unen dos piezas cuyos extremos ya han tenido una preparación, con el fin de que el cordón de soldadura que se está aplicando tenga la penetración adecuada en la primera pasada. Este tipo de soldadura, en los tanques, se aplica principalmente en la unión de piezas que conformarán los anillos o incluso también la unión de anillo con anillo.

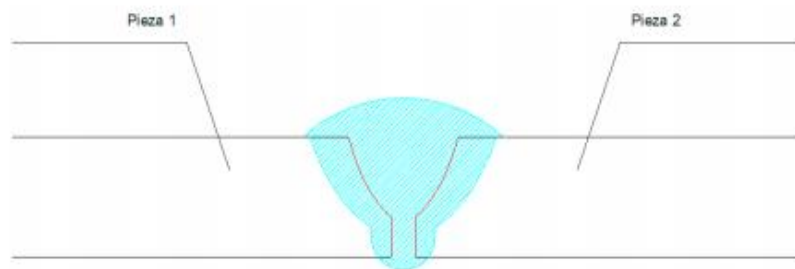


Figura 17 Soldadura a tope.

f) Soldadura en filete.

Es aquella soldadura la cual tiene una sección parecida a la de un triángulo rectángulo, este tipo de soldadura se aplica en uniones cuyas piezas formarán ángulos iguales o cercanos a 90° como es el caso de piezas perpendiculares.

En los tanques este tipo de soldadura es aplicado en las estructuras externas del tanque como escaleras, accesos, refuerzos, soporte de tuberías, etc.

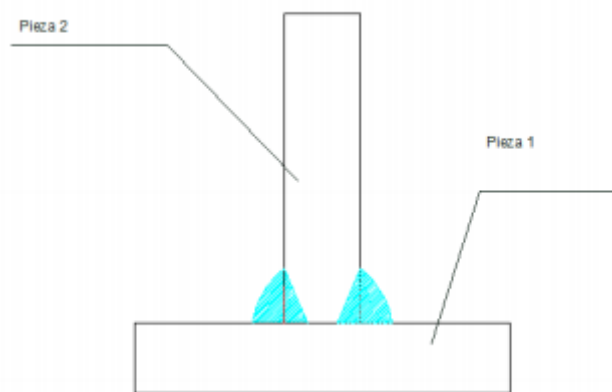


Figura 18 Soldadura en filete.

g) Soldadura provisional o por puntos.

Es aquella que se usa para fijar temporalmente las piezas hasta el momento de pasar el cordón completo. En los tanques este tipo de soldadura pueden usarse en cualquier parte que requiera de una visión previa de avance o para realizar el transporte de algunas piezas previamente unidas.

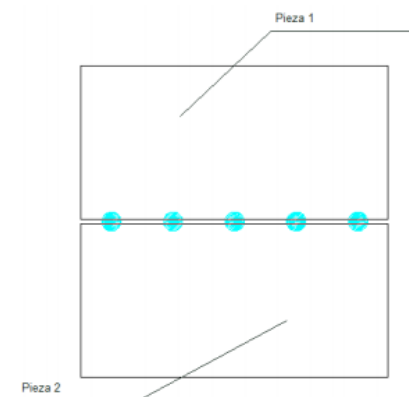


Figura 19 Soldadura por puntos.

2.2.4 SELLOS

En los tanques de almacenamiento existe un espacio anular que le permite al techo desplazarse. Este espacio utiliza un sistema de sellos para controlar las pérdidas por evaporación. Un sistema de sellos efectivo cierra el espacio anular, corrige las irregularidades entre el techo y la envoltura del tanque, esto ayuda a centrar el techo para permitirle un movimiento normal.

Actualmente existen principalmente tres tipos de sellos primarios:

Sello periférico de líquido: Ubicado en el borde principal montado en la parte inferior de la junta que normalmente está en contacto con la superficie líquida, el material que lo conforma puede ser de espuma flexible o relleno de líquido.

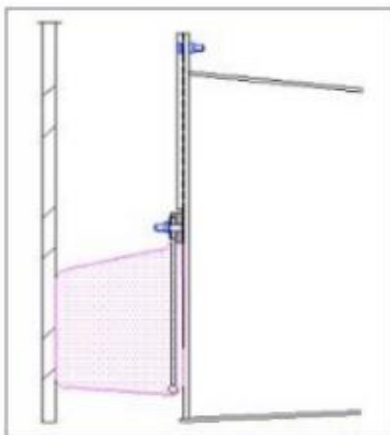
Sello periférico de vapor: Este sello no está en contacto con la superficie del líquido almacenado.

Sello mecánico de zapata: Es un sello periférico que cierra el espacio anular creado por la banda metálica y la orilla de la cubierta flotante, la banda metálica está formada por una serie de hojas unidas para formar un anillo sujeto contra la envoltura mediante una serie de dispositivos mecánicos.

Sellos

Tanques verticales – techo flotante

Sello primario de espuma



Sello secundario

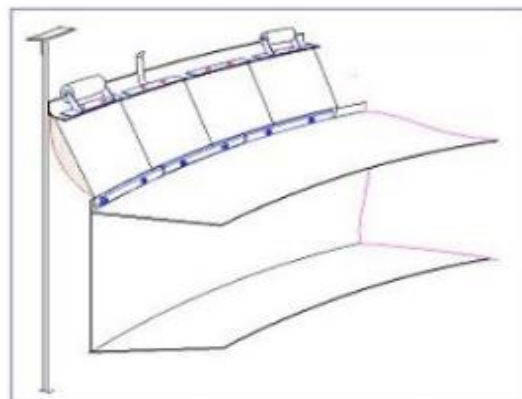


Figura 20 Sellos.

2.2.5 VENTEO

En los tanques de almacenamiento, se generan emisiones de vapor por parte del fluido, debido a diversos factores, lo que provoca en algunas veces la generación de presiones que el tanque no es capaz de soportar, para ello se usa el venteo, que, por medio de válvulas, se libera la presión excedente del tanque, permitiendo así que el tanque opere a condiciones óptimas de presión, y no exceda los rangos de diseño y conservando la vida del tanque. Existen 2 tipos de venteo:

Venteo Normal: Es para evitar la presión de vacío o que se exceda la presión de diseño provocado por cambios de temperatura en el ambiente, este tipo de venteo debe dimensionarse de acuerdo a la norma API 2000. Las descargas de todos los venteos y de todos los drenajes deben estar dispuestos de manera que eviten sobrecalentamiento o choque de flama en cualquier parte del tanque, si se incendian los vapores de venteo.

Venteo de emergencia: Se aplica cuando el tanque de almacenamiento queda expuesto al fuego, en su interior, ya que el incendio provoca el aumento de presión dentro del tanque, porque excede los efectos térmicos normales y de llenado o descarga, que son fácilmente aliviados por el venteo normal, por esta razón no lograría aliviar el excedente de la misma, entonces es necesario usar el venteo de emergencia. El tipo de construcción del tanque determina la capacidad adicional de venteo de emergencia necesaria.

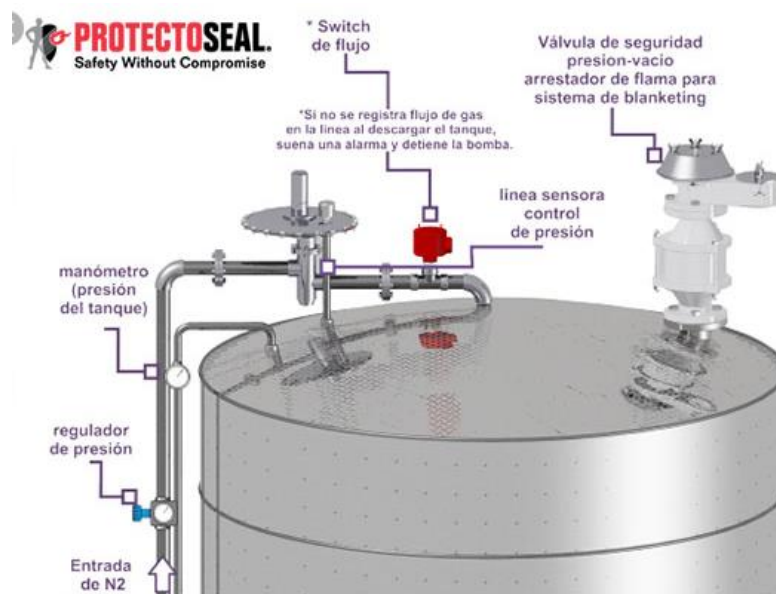


Figura 21 Tipos de venteo.

2.2.6 CIMENTACIONES

Es el lugar donde se asentará los tanques de almacenamiento, ésta debe ser lo suficientemente fuerte para soportar el peso del tanque lleno, además de soportar momentos generados por el tanque a consecuencia del viento, sin ceder y provocar vuelco.

En esta parte también implica el aterramiento de tubos de drenaje de agua que se use para el enfriamiento del tanque, además de esto la parte civil implica la construcción de muros de contención, los mismos que sirven como delimitación del tanque.

En esta parte también se instala unos espárragos que se usan para la fijación y anclaje de soportes para la tubería y los anillos del tanque.

2.2.7 SISTEMA ELÉCTRICO

Es la fuente de energía para las conexiones, terminales, entre otros suministros, por este motivo también es necesario incluir en los requisitos para la puesta en marcha del tanque.

2.2.8 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

En los tanques de almacenamiento hay muchas posibilidades de inflamarse, entonces por seguridad del tanque y personal de planta, se debe tratar de controlar y suprimir estos factores de riesgo, por lo cual se implementa un sistema de enfriamiento por agua, que consiste en una serie de tuberías interconectadas las cuales comienzan en los tanques reservorios de agua de la refinería y recorren en perímetro de la parte superior del tanque con la finalidad de regar la superficie exterior con agua y así no eleve la temperatura del tanque y evitar riesgos de explosión o incendio.

2.2.9 SISTEMA CONTRA INCENDIOS.

Es la medida de seguridad más importante que pueda existir en un tanque de almacenamiento, cuando las demás medidas de seguridad han fracasado y se produce fuego en el exterior del tanque, es encargado de mitigar el fuego antes que se propague hacia el interior y evitar una explosión, además de ser un requisito indispensable como medida de seguridad y por Osinerming, para que este pueda entrar en operación del tanque.

Para este sistema se determina por medio la norma NFPA 20.

Para que el fuego sea mitigado de forma más rápida se, se usa una mezcla que contiene líquido proteico, agua y aire logrando crear una “espuma final”, que es un poderoso extintor que inhibe el fuego de forma casi inmediata.

2.3 PROTECCIÓN CATÓDICA

La protección catódica es un método de reducir o eliminar la corrosión de un metal, haciendo que la superficie de éste funcione como cátodo cuando está sumergido o enterrado en un electrolito.

La protección catódica es una técnica empleada para controlar la corrosión galvánica de una superficie metálica convirtiéndola en cátodo de una celda electroquímica.

En el caso de los tanques de almacenamiento se protege la superficie del fondo del tanque, la manera más usada de protección catódica es agregar un material de sacrificio más fácilmente corrosible que el que se quiere proteger, éste servirá como ánodo de una celda electroquímica. En este caso las partes soldadas del fondo del tanque.

Más adelante explicaremos brevemente el funcionamiento de la protección.

2.4. PRODUCTO NAFTA

CARACTERÍSTICAS

Las naftas son un producto derivado de la refinación del petróleo crudo, aunque también se extrae por destilación directa del proceso de separación de los líquidos de gas húmedo en los centros procesadores de gas y son clasificadas en ligeras y pesadas, en función de su temperatura inicial de ebullición.

El color característico de la Nafta Ligera, es transparente, cuando el producto se encuentra fuera de las especificaciones se va presentado de transparente a amarillo claro hasta un amarillo oscuro. El color característico de la Nafta Pesada es oscuro.

ELABORACIÓN

Proceso de destilación directa de la separación de líquidos del Gas Húmedos en los centros procesadores de gas.

USOS Y APLICACIONES

Es utilizado principalmente para el acondicionamiento y obtención de fluidos para pozos petroleros, así como también para la obtención de petroquímicos no básicos mediante procesos de destilación y la obtención de productos segregados y ocasionalmente como combustible.

Propiedad	Mínimo	Promedio	Máximo	Límite de Especificación	Método
Densidad a 15 °C, kg/m ³	755,2	766,4	782,6	No aplica	ASTM D-4052
Fracción de masa de azufre, %	0,01	0,19	0,20	Máximo 0,20	ASTM D-4294
Temperatura recuperado destilación, °C:					ASTM D-86
Punto Inicial, °C	34,5	46,6	64,5	No aplica	
Fracción volumen 10 %, °C	58,7	87,6	112,0	Máximo 130,0	
Fracción volumen 50 %, °C	130,1	153,1	191,1	No aplica	
Fracción volumen 90 %, °C	159,1	207,2	233,1	No aplica	
Punto Final, Máximo, °C	177,4	181,0	215,0	Máximo 215,0	
Fracción de volumen de recuperado, %	97,2	98,2	99,0	No aplica	
Fracción de volumen de residuo,	0,5	0,9	1,2	Máximo 2,0	
Fracción de volumen de pérdida,	0,4	0,8	1,7	No aplica	
Presión de Vapor a 37.8 °C, kPa	19,4	36,6	53,1	Reportar	
Presión barométrica observada, kPa	101,0	101,1	101,1	No aplica	

Tabla 1 Propiedades de la Nafta.

2.5 NORMAS TÉCNICAS, ESTANDARDS Y ESPECIFICACIONES

Entre las normas aplicables al presente servicio, tenemos las siguientes:

- ASTM American Society for Testing and materials.
- ASME American Society of Mechanical Engineers.
- AWS American Welding Society.
- SSPC Steel Structures Painting Council
- NFPA 24 Standards for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances.
- NFPA 15 Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection.
- NFPA 11 Standards for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam.
- NFPA 20 Standard for the installation os Stationary Pumps for fire Protection.
- NFPA 25 Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems
- NFPA 30 Flammable and combustible liquids code
- NFPA 70 National Electrical Code
- ASME B31.3 Process Piping
- ASME IX Welding & Brazing Qualifications
- API 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage.
- API Standard 653 Tank Inspection Repair, Alteration and Reconstruction.
- API 500 Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Division 1 and Division 2.
- API 2201 Safe Hot Tapping Practices in the Petroleum & Petrochemical Industries.
- GS-1300 Design and Construction of Piping
- GS-2300 Painting

2.6 REGLAMENTOS DE SEGURIDAD

- Reglamento de Seguridad de Almacenamiento de Hidrocarburos D.S. 052-93-EM y modificatorias de D.S. 036-2003-EM.
- Reglamento para la Protección Ambiental en la Industria de Hidrocarburos D.S. 015-2006-EM.
- Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos D.S. 043-2007-EM.
- Políticas del Sistema Integrado de Gestión Ambiental de Petroperú S.A. (OSHAS 18001 e ISO 14001).
- Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo (D.S. 005-2012-TR).

2.7 DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA TERMINOLOGÍA UTILIZADA

- **Boquilla:** Orificio practicado en un tanque para la entrada o salida de un fluido o la instalación en un instrumento de medición, generalmente son brindadas o roscadas.
- **Brida:** Reborde circular en el extremo de los tubos de metal que sirve para ajustarlos con otros.
- **Corrosión:** Desgaste no deseado, originado por reacción química entre el fluido contenido y el material de construcción en contacto.
- **Carga Muerta:** La fuerza debida al peso propio de los elementos a considerar.
- **Carga Viva:** La fuerza ejercida por cuerpos externos, tales como: nieve, lluvia, viento, persona u otras.
- **Diseño:** De juntas soldadas, consideraciones de diseño y especiales, de placas de fondo, casco, vigas de techo, carga de sismo y viento.
- **Electrodo:** Conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito.
- **Fabricación:** Habilitación, corte, arenado y pintado, de planchas y estructuras.
- **Materiales:** Es un elemento que puede transformarse y agruparse.
- **Montaje:** Detalles de instalación de planchas y estructuras, detalles de soldaduras, inspección, comprobación.
- **Norma API 650:** Norma de la American Petroleum Institute, que rige el diseño de tanques de almacenamiento contruidos con láminas de acero soldado de varios tamaños y capacidades, con presiones.
- **Pernos:** Pieza metálica cilíndrica, larga y de cabeza redonda que se asegura por el extremo opuesto con una tuerca, para afirmar piezas de gran volumen.
- **Tanque:** Depósito para almacenar o procesar fluidos, generalmente a presión atmosférica o presión interna relativas bajas.
- **Tuberías:** Conducto formado por tubos que sirve para distribuir líquidos o gases.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La base tomada para la realización del siguiente trabajo fue la información recopilada acerca de la aplicación y diseño de un tanque de almacenamiento de combustible líquido, por lo que el tipo de investigación fue:

Aplicativo: Porque utilizamos la aplicación de conocimientos en la práctica que se ha desarrollado a lo largo del tiempo para el diseño de tanque de almacenamiento.

De Campo: Porque es una investigación aplicada a comprender y resolver una necesidad o situación del problema, en este caso carencia de desabastecimiento de combustible.

Proyectivo: Porque se establecerá una propuesta para el diseño, fabricación y montaje de tanque de Nafta en busca de encontrar solución a los problemas de abastecimiento de combustible en la ciudad de Iquitos.

3.2 HIPOTESIS

Mediante el diseño de un tanque con capacidad de 40 MB (miles de barriles) de almacenamiento de Nafta y así poder subsanar el problema y lograr mayor abastecimiento en la ciudad de Iquitos.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La refinería de la selva propiedad de Petroperú se encuentra el margen izquierdo del río Amazonas a 14 km de la ciudad de la Selva, provincia de Maynas, Departamento de Loreto.



Figura 22 Localización del proyecto.

3.4 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

El método para este trabajo, es de forma proyectiva y descriptiva, con el propósito de contribuir a la sociedad petrolera, se diseñó un tanque con más capacidad y durabilidad de acuerdo a las normas, lo cual se realizó un estudio de estructuras, cargas y esfuerzos que harán soporte al tanque.

Tipo de técnica de investigación: Búsqueda Bibliográfica.

3.5 DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.

Para el diseño de este tanque se requiere una serie de tareas por cumplir:

- Diseñar un tanque de almacenamiento de 40,000 barriles.
- Cálculos y dimensionamiento estructural.
- Desarrollo de procedimientos constructivos.
- Gestión de Osinergmin.

3.6 DESCRIPCIÓN DE INSTRUMENTOS UTILIZADOS

- ✓ **Equipos e instrumentos:** Laptop ASUS con conexión a internet, celular, cámara digital PANASONIC.
- ✓ **Material:** Ficha de Búsqueda bibliográfica.
- ✓ **Infraestructura:** Sala de Estudios, Bibliotecas (FIME-UNPRG, FIM-UNI).

3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.

- Orientación al diseñador, proporcionando herramientas útiles tanto para el diseño mecánico, de manera práctica y sencilla.
- Establecer los parámetros y variables apropiadas, necesarias para el diseño de tanque de almacenamiento, obteniendo óptimos resultados y así lograr una correcta operación de los mismos.
- Se hará mediante la estadística descriptiva.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.

4.1 NORMATIVA

La Norma API 650, American Petroleum Institute, Welded Steel Tanks for Oil Storage, traducido: Instituto Americano de Petróleo, Tanques de Acero Soldados para Almacenamiento de Petróleo, reconocido por su uso generalizado en todo el mundo y aceptado por todos los países dedicados a esta industria, es aplicado en nuestro país por empresas constructoras dedicadas a la industria petrolera.

Actualmente existen 10 códigos desarrollados por API relacionados a los tanques de almacenamiento, que son los siguientes:

12 B	Tanques empernados para el almacenamiento de líquidos de producción.
12 D	Tanques soldados en campo para el almacenamiento de líquidos de producción. (Este código aplica para tanques con capacidades nominales desde 500 hasta 1000 bbl).
12 F	Tanques soldados en el taller para almacenamiento de líquidos de producción. (Este código aplica para tanques con capacidades nominales de 90 a 500 bbl).
12 P	Tanques plásticos reforzados con fibra de vidrio.
620	Diseño y construcción de grandes tanques de almacenamiento soldados para trabajar a bajas presiones (15 psi).
650	Tanques soldados de acero para el almacenamiento de petróleo.
2000	Venteo de tanques de almacenamiento atmosférico y de baja presión, ya sean refrigerados o no refrigerados.
2015	Entrada y limpieza segura de tanques de almacenamiento de petróleo.
2551	Medición y calibración de tanques horizontales.
2610	Diseño, operación, mantenimiento e inspección de estaciones de tanques y terminal.

Tabla 2 Normativa aplicada para este proyecto.

Para el diseño de este tanque se utilizó la Norma API 650, Décimo Primera Edición.

Esta norma, son los procedimientos que rigen el diseño, fabricación, levantamiento, inspección y soldadura, para tanques de almacenamiento de petróleo, y está conformado por 6 secciones y 21 apéndices.

SECCIONES

- Sección 1: Alcance de la norma.
- Sección 2: Materiales.
- Sección 3: Diseño.
- Sección 4: Proceso de fabricación.
- Sección 5: Procedimiento de montaje.
- Sección 6: Procedimiento de inspección.

APENDICES

- Apéndice A: Diseño opcional para tanques pequeños.
- Apéndice AL: Tanques de almacenamiento de aluminio.
- Apéndice B: Especificaciones de diseño y construcción de bases de tanques.
- Apéndice C: Techos flotantes externos.
- Apéndice D: Posibles consultas sobre aspectos técnicos.
- Apéndice E: Factores sísmicos considerados para el tanque.
- Apéndice EC: Comentario del apéndice E.
- Apéndice F: Diseño de tanque sometido a pequeñas presiones.
- Apéndice G: Techos de aluminio soportado estructuralmente.
- Apéndice H: Techos flotantes internos.
- Apéndice I: Detección de fugas en el interior del tanque y protección.
- Apéndice J: Ensamble en taller de tanques de almacenamiento.
- Apéndice K: Aplicación para determinar espesor de lámina de tanque.
- Apéndice L: Hojas de datos para tanques atmosféricos según la norma API 650.
- Apéndice M: Requerimientos para tanques operen entre 200°F y 500°F.
- Apéndice N: Condición para el uso de materiales.

- Apéndice O: Recomendaciones para conexiones ubicadas en el fondo.
- Apéndice P: Cargas externas permisibles en aberturas del cuerpo de tanque
- Apéndice R: Cargas combinadas.
- Apéndice S: Tanques de acero inoxidable austenítico.
- Apéndice SG: Tanques de almacenamiento con materiales mixtos, acero al carbón y acero inoxidable.

4.2 APLICACIÓN DE LA NORMA

Los criterios que la norma establece para el diseño de un tanque atmosférico son los siguientes:

La presión del diseño es aproximadamente 1 atm o 101.3 KPa (14,7 psi) y una presión interna hasta de 18 KPa (2.6 psi).

La temperatura de operación máxima del tanque es de 93°C (200°F), ya que para temperaturas mayores la norma tiene exigencias especiales en el Apéndice M, donde provee requerimientos para tanques que operen a una temperatura mayor a 93° C, pero que excedan a 260° C (500°F).

El tanque se diseñará, operará con una presión interna menor a 18 KPa (2.6 psi) y con una temperatura máxima de 93°C (220°F).

4.3 MATERIALES

4.3.1 PLANCHAS

Los materiales usados para la envoltura, techo y fondos, tienen base en las normas de las siguientes asociaciones: Sociedad Americana de Normas y Materiales (ASTM), Asociación Canadiense de Normas (CSA) y Organización Internacional de Normas (ISO) y las normas del país donde se construye el tanque. A continuación, una tabla de algunos materiales usado para el diseño y construcción de tanques de almacenamiento.

Material	Grado	Espesor máximo [mm]
ASTM A 36M/A36		40
ASTM A 131M/A 131	A	12.5
ASTM A 131M/A 131	B	25
ASTM A 131M/A 131	CS	40
ASTM A 131M/A 131	EH36	45
ASTM A 283M/A 283	C	25
ASTM A 285M/A 285	C	25
ASTM A 516M	380,415,450,485/A 516,55,60,70,75	40
ASTM A 537M/A 537 Clase 1, 2		45
ASTM A 573M	400, 450, 485/A 573, 58, 65, 70	40
ASTM A 633M/A 633	C,D	45
ASTM A 662M/A 662	B,C	40
ASTM A 678M/A 678	A	40
ASTM A 678M/A 678	B	45
ASTM A 737M/A 737	B	40
ASTM A 841M/A 841	A, B	40
CSA G40.21	260W,300W	25
CSA G40.21	350W	45
ISO 630 Calidad C, D	E 275	40
ISO 630 Calidad C, D	E 355	45

Tabla 3 Planchas más usadas en construcción de tanques.

Para el diseño, cálculo de tanques de almacenamiento es importante seleccionar el material adecuado dentro de la variedad de aceros que existen, por lo que a continuación listaremos los materiales más usados en su aplicación:

A-36.- Acero Estructural.

Sólo para espesores de planchas iguales o menores a 40 mm (1 ½ pulg.). Este material es aceptable y usado también, en los perfiles para de los elementos estructurales del tanque.

- Grado A para espesor menor o igual a 12.7 mm (½ pulg).
- Grado B para espesor menor o igual a 25.4 mm (1 pulg).
- Grado C para espesores menores o iguales a 38 mm (1 ½ pulg).
- Grado EH36 para espesores menores o iguales a 44.5 mm (1 ¾ pulg).

A-53.- Grados A y B para tubería en general.

A-106.- Grados A y B para tubos de acero al carbón sin costura para servicios de temperatura.

A-105.- Forja de Acero al carbón para accesorios de acoplamiento de tuberías.

A-307.- Grado B en materiales de tornillos y tuercas para usos generales.

4.3.2 PERFILES ESTRUCTURALES

La norma API 650 menciona que todos los perfiles estructurales deben estar listados en las especificaciones AISC (American Insititute of Steel Construction) para la construcción de aceros estructurales y diseños de esfuerzos admisibles.

4.3.3 BRIDAS Y PERNOS

La selección de materiales para bridas debe estar de acuerdo con las especificaciones ASME B16.5, puede ser lámina metálica para bridas y bocas.

La selección de materiales para pernos debe estar de acuerdo con las especificaciones ASTM A307 o A193M. Se utilizará para propósitos estructurales el acero A325M/A325.

4.4 DISEÑO DE BOQUILLAS

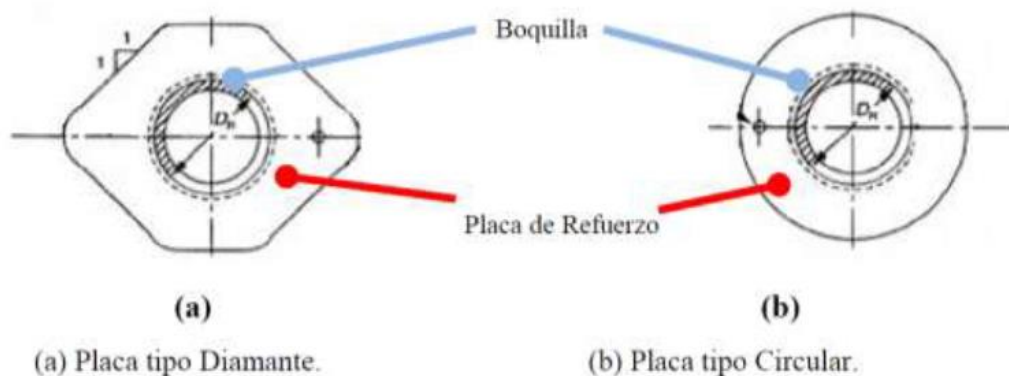


Figura. Boquillas y placas de refuerzo.

Figura 23 Boquillas y placas de refuerzo.

La presencia de las boquillas, involucran la presencia de placas o láminas de refuerzos que ayudan a la protección de paredes del tanque y en las láminas del techo, ya que estas superficies se debe realizar aberturas que ocasionan concentradores de esfuerzos y que reducen la resistencia de estos elementos, que a su vez sujetan tuberías y otras cargas externas. Estas placas de refuerzo cubren cierta área y rodea el agujero que se ha realizado en la superficie de las láminas del cuerpo y techo, tiene un espesor mínimo o igual al espesor de la plancha en donde se realizó la abertura, tal como se observa en la figura.

Además, se debe considerar que estos accesorios necesitan unirse con otros elementos como en la línea de entrada y salida del combustible, válvulas de venteo y para ellos se usan bridas de sujeción o simplemente ciertos accesorios que necesitan asegurarse con tapas como sucede en los manholes y en los accesos de limpieza.

En la norma API 650 en la sección 5.7.1 hasta 5.7.4 indica las condiciones que deben tener las aberturas en el cuerpo o techo del tanque, así como las recomendaciones para la colocación de las placas de refuerzo, soldadura, tratamientos térmicos si lo necesitan, el espaciado de las uniones soldadas alrededor de las conexiones se puede ver en la figura:

Descripción y geometría de aberturas en el cuerpo del tanque.

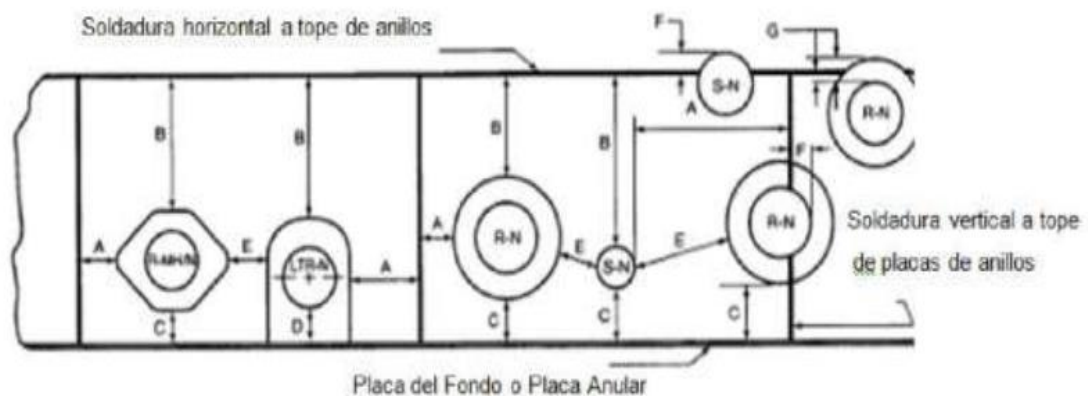


Figura 24 Placa de fondo de tanque.

Notas:

- RTR = Abertura Reforzada (manhole o boquilla con placa de refuerzo tipo diamante).
- LTR = Abertura Reforzada Baja a nivel del piso (boquillas con placa de refuerzo de tipo lápida).
- S-N = Abertura No Reforzada (reforzada integralmente con el cuerpo, o no necesita reforzamiento).

VARIABLES		MÍNIMO ESPACIO ENTRE UNIONES REQUERIDAS PARA ABERTURAS EN EL CUERPO DEL TANQUE						
Espesor Anillo t	Condición	A	B	C	D	E	F	G
≤ 12.5 mm ($\leq \frac{1}{2}$ in)	Soldada o Empernada	150 mm (6 in)	75mm (3 in) o 2 1/2 t	75mm (3 in)o 2 1/2 t 75mm (3 in) para S-N	Tabla 1.15 o Tabla 3-6 del API 650	75mm (3 in) o 2 1/2 t	8 t o $\frac{1}{2}$ r	8 t
≥ 12.5 mm ($\geq \frac{1}{2}$ in)	Soldada	8 W o 250 mm (10 in)	8 W o 250 mm (10 in)	8 W o 250 mm (10 in) 75mm(3 in) para S-N	Tabla 1.15 o Tabla 3-6 del API 650	8 W o 150 mm (6 in)	8 t o $\frac{1}{2}$ r	8 t
≥ 12.5 mm ($\geq \frac{1}{2}$ in)	Empernada	150 mm (6 in)	75mm (3 in) o 2 1/2 t	75mm(3 in) o 2 1/2 t 75mm(3in) para S-N	Tabla 1.15 o Tabla 3-6 del API 650	75mm (3 in) o 2 1/2 t	8 t o $\frac{1}{2}$ r	8 t

Tabla. Mínimas distancias de separación de las principales aberturas del cuerpo.

Tabla 4 Mínimas distancias de separación de aberturas de cuerpo.

Notas:

- 1) Si dos requerimientos son dados, el mínimo espacio es el mayor valor a excepción de la dimensión F.
- 2) T = espesor del anillo (primer anillo), $8W=8$ veces más grande del tamaño de soldadura de la placa de refuerzo insertada en la periferia de la placa soldada (soldadura de filete o soldadura a tope)
- 3) D = distancia establecida para la mínima elevación para placas de refuerzo del tipo baja.
- 4) El cliente tiene la opción de permitir abertura de anillos localizados en las soldaduras a tope horizontal o vertical de los anillos.
- 5) T = espesor de la placa de los anillos, radio de abertura, mínimo espacio para dimensión F es la establecida $8t$ o $\frac{1}{2} r$.

TIPOS DE BOQUILLAS:

Existen 3 tipos de boquillas que se pueden instalar en este tipo de tanques, indicados por la norma API 650, de la cual hemos elegido el tipo de brida simple.

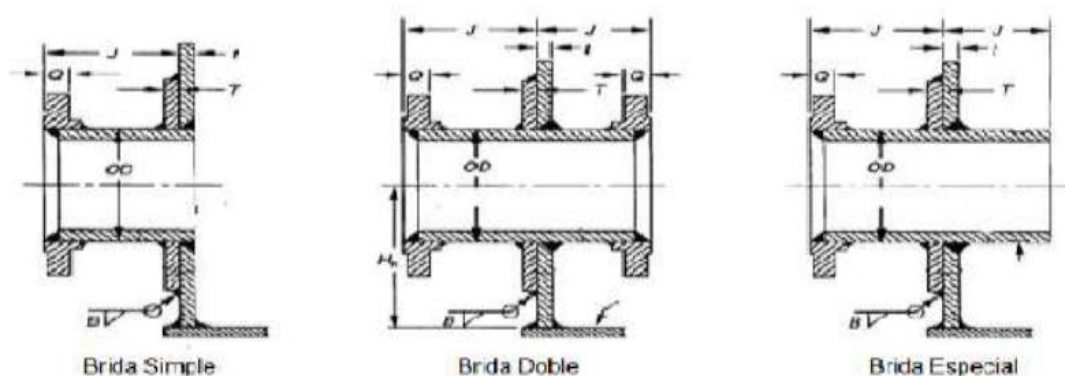


Figura 25 Tipos de boquillas.

En la siguiente tabla se muestran las dimensiones de las boquillas en la envolvente del tanque.

SU ESPESOR $\{Tr\}$ SERA IGUAL AL ESPESOR $\{t\}$ DE LA PARED DEL TANQUE
(PARA ESPESORES DE PLANCHAS $\{t\}$ HASTA 11.1)

DIMENSIONES PARA BOQUILLAS					
1	2	3	4	5	6
DIAMETRO NOMINAL DE CONEXION	DIAMETRO EXTERIOR DE TUBO O.D. (mm)	DIAMETRO DEL HUECO EN PL. REFUE. D_r (mm)	ANCHO PL. REFUE. $L=D_o$ (mm)	LARGO PL. REFUE. W (mm)	DIST. BRIDA A PARED J (mm)
1"	33	36(*)	-----	-----	152
3"	89	92	266	343	178
4"	114	117	305	387	178
6"	168.3	171.45	400.05	495.3	203
10"	273	276	583	718	229
12"	324	330	685	840	229

(*) PARA 1", D_r REPRESENTA AL AGUJERO EN EL CILINDRO (SIN REFUERZO)

Tabla 5 Dimensiones para boquillas.

4.5 MANHOLES

Los manholes serán dimensionados según la norma API 650, la cual tiene tablas específicas que ayudan a la selección de las dimensiones de estos accesorios y sus componentes, las partes y características de un manhole se observan en la siguiente figura.

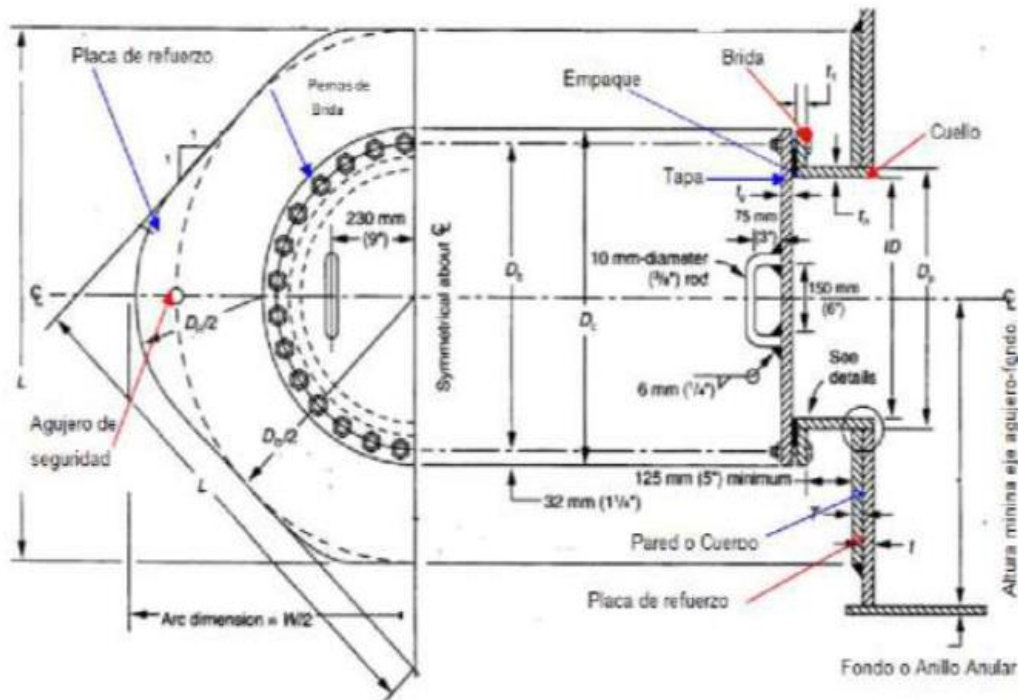


Figura 26 Manholes.

Notas:

- D_p o OD = Diámetro exterior del boquilla o del cuello.
- ID = Diámetro del manhole.
- DC = Diámetro de la tapa del manhole.
- D_b = Diámetro de los ejes de los agujeros para los espárragos.
- D_o = Diámetro exterior de la placa de refuerzo.
- D_r = Diámetro interior de la placa de refuerzo.
- T_f = Espesor de la brida.
- T_c = Espesor de la tapa del manhole.
- T_n = Espesor del cuello (neck)
- T_n = Espesor de boquilla (nozzle)
- T = espesor del anillo del cuerpo del tanque
- T = Espesor de la placa de refuerzo.
- W = Ancho de la placa de refuerzo.

En la siguiente tabla se muestra las dimensiones de entrada del hombre de pared:

DIMENSIONES DE ENTRADA DE HOMBRE DE PARED		
DESCRIPCION	SIMBOLO	DIAMETRO NOMINAL
		MANHOLE (mm)
DIAMETRO NOMINAL DEL MANHOLE	I_D	24" (609,6mm)
DIAMETRO EJE DE AGUJEROS DE ESPARRAGOS	D_B	730
DIAMETRO EXTERIOR DE LA PLACA REFUERZO	D_C	794
DIAMETRO EXTERIOR DE EMPAQUETADURA	NOTA 3	746
DIAMETRO INTERIOR DE EMPAQUETADURA	NOTA 3	610
ALTURA DE EJE MANHOLE A FONDO DE TQ.	h	762
NUMERO DE PERNOS DE 3/4"Ø – MANHOLE 24"	N	28 agujeros 7/8"Ø
NUMERO DE PERNOS DE 3/4"Ø – MANHOLE 24"	N	42 agujeros 7/8"Ø

Tabla 6 Dimensiones para manhole.

4.6 PERNOS Y AGUJEROS

La norma API 650 nos indica que para manholes de 24" se utilizarán 28 pernos de ¾ "de diámetro y para los agujeros una perforación de 7/8 "de diámetro; y para el manhole de 30" de diámetro, se utilizarán 42 pernos de ¾ "de diámetro y para los agujeros una perforación de 7/8 "de diámetro.

4.7 EMPAQUES

Para el manhole seleccionado de 30 pulgadas de diámetro necesitamos un empaque con las siguientes características:

- Diámetro exterior: 35 – 3/8 pulgadas.
- Diámetro interior: 30 pulgadas.
- Espesor: 1/8 pulgadas.

Altura mínima desde la base del tanque hasta el centro del agujero del manhole.

Para el manhole de 30 pulgadas de diámetro la altura será de 36 pulgadas, según los requerimientos se puede incrementar la distancia, si es necesaria, pero no se puede invadir soldaduras tanto verticales como las horizontales de las juntas de los anillos, el corte del agujero del manhole debe ser en el área de la placa.

Los cuellos pertenecientes a los manholes y boquillas están soldados al cuerpo del tanque por medio de una junta a filete y cubre todo el perímetro con una completa penetración puede unirse en un solo lado o en ambos como se muestra en la siguiente figura.

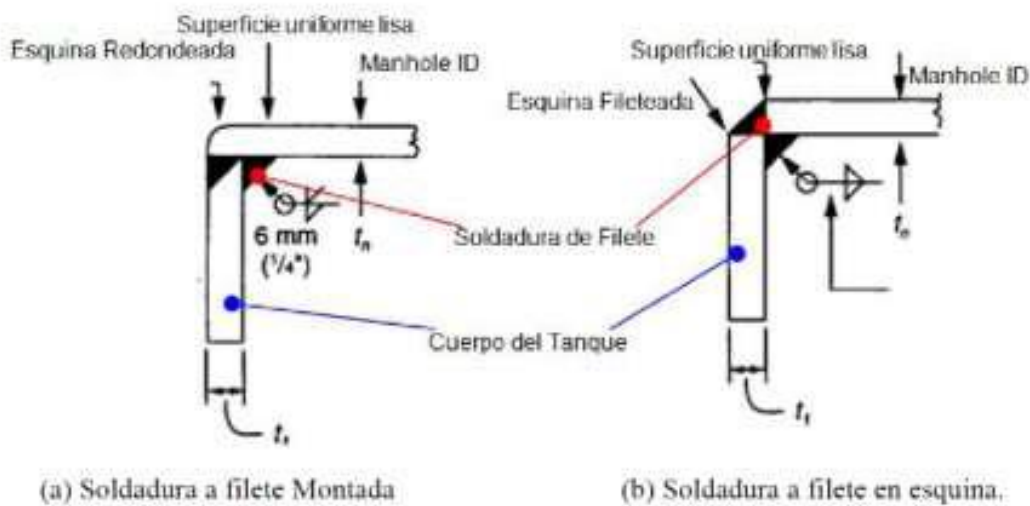


Figura 27 Altura desde la base del tanque hasta manhole.

Para unir las placas de refuerzo al cuerpo del tanque, estas deben tener la misma curvatura del tanque para que exista un buen contacto en ambas superficies y realizar una junta a traslape con completa penetración y que cubra toda la periferia de la placa.

En la siguiente tabla se obtendrá el espesor de la placa de la tapa t_c y el espesor de la brida empernada t_f .

Table 5-3a—(SI) Thickness of Shell Manhole Cover Plate and Bolting Flange

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9	Column 10
Max. Design Liquid Level m H	Equivalent Pressure ^a kPa	Minimum Thickness of Cover Plate ^b (t_c)				Minimum Thickness of Bolting Flange After Finishing ^b (t_f)			
		500 mm Manhole	600 mm Manhole	750 mm Manhole	900 mm Manhole	500 mm Manhole	600 mm Manhole	750 mm Manhole	900 mm Manhole
5.2	51	8	10	11	13	6	6	8	10
6.7	66	10	11	13	14	6	8	10	11
8.0	78	10	11	14	16	6	8	11	13
9.9	97	11	13	16	18	8	10	13	14
11.1	109	13	14	16	19	10	11	13	16
13.4	131	13	14	18	21	10	11	14	18
16.1	158	14	16	19	22	11	13	16	19
18.6	182	16	18	21	24	13	14	18	21
22.9	224	18	19	24	25	13	14	18	24

Tabla 7 Espesor de manhole y bridas.

De la tabla anterior, con el manhole seleccionado de 600mm se obtiene los siguientes datos:

- Mínimo espesor de la placa de la tapa $t_c = 14$ mm.
- Mínimo espesor de la brida empernada $t_f = 11$ mm.
- Presión Equivalente basada en la carga = 109 kPa.

De la tabla anterior, con el manhole seleccionado de 750 mm se obtiene los siguientes datos:

- Mínimo espesor de la placa de la tapa $t_c = 16$ mm.
- Mínimo espesor de la brida empernada $t_f = 13$ mm.
- Presión Equivalente basada en la carga $P = 109$ kPa.

En la siguiente tabla se muestran los espesores de la tapa y brida.

ESPESORES DE TAPA Y BRIDA			
ESPESOR MINIMO DE TAPA 'Tc'			
MANHOLE 30"		MANHOLE 24"	
mm	pulg.	mm	pulg.
19.0	3/4	15.0	5/8

Tabla 8 Espesores de tapa y brida.

En la siguiente tabla, obtenida de la norma API 650, se puede obtener el espesor del cuello del manhole del cuerpo de tanque.

Thickness of Shell and Manhole Reinforcing Plate ^a t and T	Minimum Neck Thickness ^{b,c} t_n mm			
	For Manhole Diameter 500 mm	For Manhole Diameter 600 mm	For Manhole Diameter 750 mm	For Manhole Diameter 900 mm
5	5	5	5	5
6	6	6	6	6
8	6	6	8	8
10	6	6	8	10
11	6	6	8	10
12.5	6	6	8	10
14	6	6	8	10
16	6	6	8	10
18	6	6	8	10
19	6	6	8	10
21	8	6	8	10
22	10	8	8	10
24	11	11	11	11
25	11	11	11	11
27	11	11	11	11
28	13	13	13	13
30	14	14	14	14
32	16	14	14	14
33	16	16	16	16
35	17	16	16	16
36	17	17	17	17
38	20	20	20	20
40	21	21	21	21
41	21	21	21	21
43	22	22	22	22
45	22	22	22	22

Tabla 9 Espesores mínimos de manhole.

De la tabla anterior, ingresando con el espesor del primer anillo que es donde se ubicará el manhole seleccionado de 600 mm se obtiene los siguientes datos:

- Mínimo espesor del cuello del manhole del cuerpo $t_n = 6$ mm.

Y para el manhole de 750 mm se obtiene:

- Mínimo espesor del cuello del manhole del cuerpo $t_n = 8$ mm.

La norma Api 650 también nos facilita las dimensiones del diámetro circular de los pernos y el diámetro de la placa de la cubierta (tapa), como se puede ver en la siguiente tabla:

Column 1 Manhole Diameter OD mm	Column 2 Bolt Circle Diameter D_b mm	Column 3 Cover Plate Diameter D_c mm
500	667	730
600	768	832
750	921	984
900	1073	1137

Tabla 10 Dimensiones del diámetro circular de los pernos y diámetro de cubierta de la placa.

De la tabla anterior podemos obtener que el manholes de 600 mm, el diámetro circular para los pernos (D_b) es de 768 mm y el diámetro de la placa de la tapa (D_c) es de 832 mm; y para manholes de 750 mm el D_b es de 921, y el D_c es de 984.

Para el dimensionamiento de la placa de refuerzo del manhole se utilizará la siguiente tabla de la norma API.

Para las dimensiones restantes de boquillas y manholes se utilizara la siguiente tabla, en la cual no se debe confundir el espesor del cuello T_n con el espesor de la boquilla t_n , el primero se utiliza en el manhole, mientras que la segunda propiamente en la construcción de las boquillas, similares elementos, pero tiene diferentes espesores y longitudes.

En la columna 3 el Espesor Nominal de la pared del tubo de la boquilla t_n , solo se tomará en cuenta para las boquillas, mientras que si se necesita para el cuello del manhole, se obviará la columna 3 y el t_n del cuello será el calculado en la tabla.

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9 ^c
NPS (Size of Nozzle)	Outside Diameter of Pipe OD	Nominal Thickness of Flanged Nozzle Pipe Wall ^a t_n	Diameter of Hole in Reinforcing Plate D_R	Length of Side of Reinforcing Plate ^b or Diameter $L = D_o$	Width of Reinforcing Plate W	Minimum Distance from Shell-to-Flange Face J	Minimum Distance from Bottom of Tank to Center of Nozzle Regular Type ^d H_N	Low Type C
Flanged Fittings								
60	1524.0	e	1528	3068	3703	400	1641	1534
54	1371.6	e	1375	2763	3341	400	1488	1382
52	1320.8	e	1324	2661	3214	400	1437	1331
50	1270.0	e	1274	2560	3093	400	1387	1280
48	1219.2	e	1222	2455	2970	400	1334	1230
46	1168.4	e	1172	2355	2845	400	1284	1180
44	1117.6	e	1121	2255	2725	375	1234	1125
42	1066.8	e	1070	2155	2605	375	1184	1075
40	1016.0	e	1019	2050	2485	375	1131	1025
38	965.2	e	968	1950	2355	350	1081	975
36	914.4	e	918	1850	2235	350	1031	925
34	863.6	e	867	1745	2115	325	979	875
32	812.8	e	816	1645	1995	325	929	820
30	762.0	e	765	1545	1865	300	879	770
28	711.2	e	714	1440	1745	300	826	720
26	660.4	e	664	1340	1625	300	776	670
24	609.6	12.7	613	1255	1525	300	734	630
22	558.8	12.7	562	1155	1405	275	684	580
20	508.0	12.7	511	1055	1285	275	634	525
18	457.2	12.7	460	950	1160	250	581	475
16	406.4	12.7	410	850	1035	250	531	425
14	355.6	12.7	359	750	915	250	481	375
12	323.8	12.7	327	685	840	225	449	345
10	273.0	12.7	276	585	720	225	399	290
8	219.1	12.7	222	485	590	200	349	240
6	168.3	10.97	171	400	495	200	306	200
4	114.3	8.56	117	305	385	175	259	150
3	88.9	7.62	92	265	345	175	239	135
2 ^f	60.3	5.54	63	—	—	150	175	h
1½ ^f	48.3	5.08	51	—	—	150	150	h
1 ^f	33.4	6.35	—	—	—	150	150	h
¾ ^f	26.7	5.54	—	—	—	150	150	h

Tabla 11 Dimensiones para conexiones en el cuerpo.

Para las boquillas menores de NPS 2, no es necesario colocar placas de refuerzo, D_R será considerado como el agujero en el cuerpo del tanque.

Las dimensiones que podemos obtener de la siguiente tabla son las siguientes y aplicables a cada boquilla y manhole.

- Diámetro exterior del tubo OD.
- Diámetro de la placa de refuerzo D_R .
- Longitud del lado de placa refuerzo o diámetro $L = D_o$.
- Ancho de la placa de refuerzo W .
- Distancia mínima desde el cuerpo a la cara de la brida J .

CAPITULO V: ANÁLISIS INTERPRETACIÓN DE DATOS.

5.1 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE.

Las dimensiones generales del tanque son:

- ✓ Diámetro Nominal: 27702 mm.
- ✓ Diámetro Interior: 27690 mm.
- ✓ Altura: 12078 mm.

Realizamos la verificación del volumen, según la normativa:

$$C = 0.785 \times D^2 \times H$$

$$C = 0.785 \times (27.69)^2 \times (12.078)$$

$$C = 7269.60 \text{ m}^3$$

$$C = 45726 \text{ barriles.}$$

Si la capacidad nominal del tanque es de 40, 000 barriles, ya que se cuenta con los factores de seguridad por dilatación térmica y sobrellenado, las indicaciones, exigencias y estándares de seguridad dadas por la normativa.

5.1.1 NIVELES DE LLENADO A CONSIDERAR EN EL TANQUE.

La norma exige determinar los niveles mínimos y máximos de operación de tanque, considerando un margen de sobrellenado antes de llegar al límite (Overfill slot).

Para este tanque se ha considerado un mínimo volumen de operación de 500 mm de altura desde el fondo, y un margen de sobrellenado de 500 mm sobre la capacidad de trabajo del tanque.

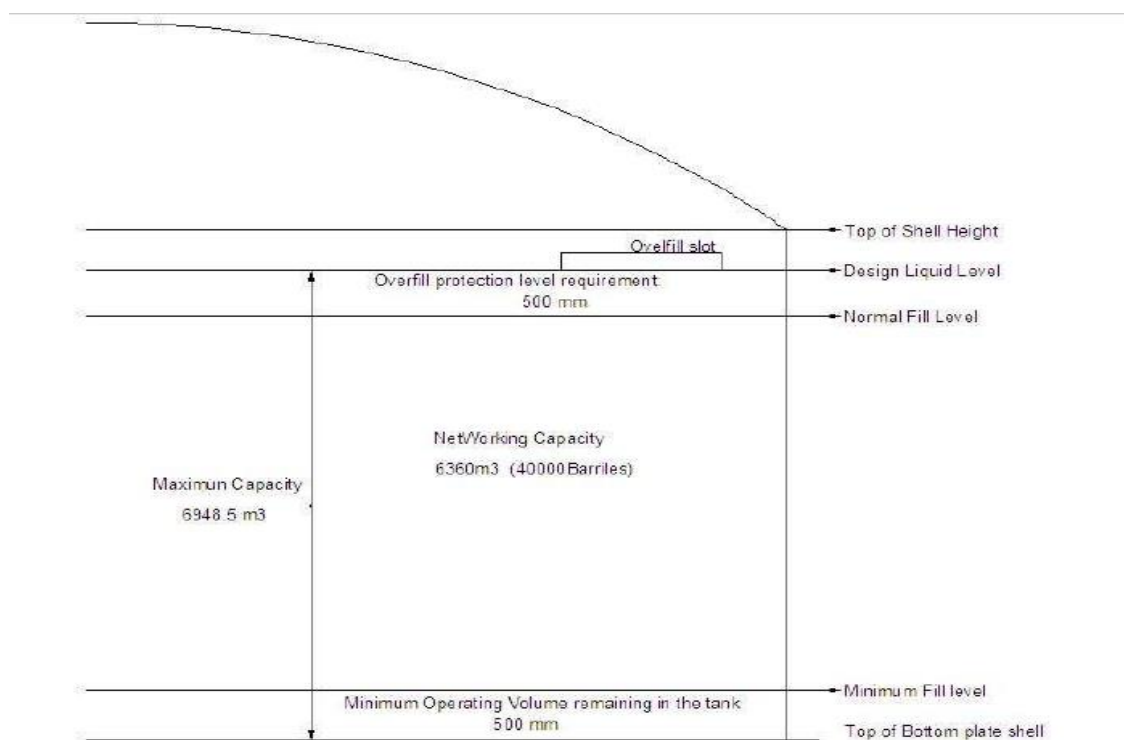


Figura 28 Volumen y niveles de tanque de almacenamiento.

5.2 DISEÑO DEL TANQUE

5.2.1 DISEÑO DEL CUERPO DEL TANQUE.

Basado en la norma API 650, determinaremos el espesor de las planchas envolventes del tanque, según el método de un pie.

En la misma norma indica los límites mínimos para los espesores, dependiendo del diámetro del tanque, como se aprecia en la siguiente tabla:

Nominal Tank Diameter		Nominal Plate Thickness	
(m)	(ft)	(mm)	(in.)
< 15	< 50	5	3/16
15 to < 36	50 to < 120	6	1/4
36 to 60	120 to 200	8	5/16
> 60	> 200	10	3/8

Tabla 12 Diámetro y espesores nominales del tanque.

Para este tanque nos encontramos entre 15 y 36 m de diámetro, por lo que el espesor mínimo a considerar es de 6 mm (1/4").

El espesor variará según la altura a la que se encuentren los anillos, en adelante se le denominará anillo a una modulo envolvente de una plancha de altura, las planchas a utilizar serán de 6000 x 1800 x t; por lo tanto, la altura de cada anillo será de 1800 mm. Considerando el último anillo de 1200.

El espesor se calculará por el diseño y por prueba hidrostática, y se considerará como mínimo valor al mayor de ellos.

Para el diseño:

$$t_d = \frac{4.9D(H - 0.3)}{S_d} + CA$$

Por prueba hidrostática:

$$t_t = \frac{4.9D(H - 0.3)}{S_t}$$

Donde:

- ✓ t_d : Espesor del diseño de anillo (mm).
- ✓ t_t : Espesor de prueba hidrostática del anillo (mm).
- ✓ D : Diámetro nominal del tanque (m).
- ✓ H : Nivel de líquido del diseño (m). Altura desde la base de fondo del anillo de fondo, al nivel de diseño del líquido especificado del cliente).
- ✓ G : Gravedad específica de diseño de líquido.
- ✓ CA : Corrosión admisible (mm), especificada por el cliente (1.5 mm).
- ✓ S_d : Esfuerzo admisible para la condición de diseño (KPa).
- ✓ S_t : Esfuerzo admisible para la condición de prueba hidrostática (KPa).

PRIMER ANILLO

Cálculo de espesor de diseño de cuerpo (mm).

$$t_d = \frac{4.9D(H - 0.3)}{S_d} + CA$$
$$t_d = \frac{4.9(27.702)(11.9 - 0.3)}{160} + 1$$
$$t_d = 10.8 \text{ mm.}$$

Cálculo del espesor del cuerpo en prueba hidrostática (mm)

$$t_t = \frac{4.9D(H - 0.3)}{S_t}$$
$$t_t = \frac{4.9(27.702)(11.9 - 0.3)}{171}$$
$$t_d = 9.21 \text{ mm.}$$

Por disponibilidad comercial se adopta un espesor de $\frac{1}{2}$ ".

SEGUNDO ANILLO

Calcular del espesor de diseño del cuerpo (mm).

$$t_d = \frac{4.9D(H - (1.8 + 0.3))}{S_d} + CA$$
$$t_d = \frac{4.9(27.702)(11.9 - (1.8 + 0.3))}{160} + 1$$
$$t_d = 9.31 \text{ mm.}$$

Calculo del espesor del cuerpo en prueba hidrostática(mm)

$$t_t = \frac{4.9D(H - (1.8 + 0.3))}{S_t}$$
$$t_t = \frac{4.9(27.702)(11.9 - (1.8 + 0.3))}{171}$$
$$t_d = 7.78 \text{ mm}$$

Por disponibilidad comercial se adopta un espesor de $\frac{3}{8}$ ".

TERCER ANILLO

Cálculo de espesor de diseño de cuerpo (mm).

$$t_d = \frac{4.9D(H - (3.6 + 0.3))}{S_d} + CA$$
$$t_d = \frac{4.9(27.702)(11.9 - (3.6 + 0.3))}{160} + 1$$
$$t_d = 7.79 \text{ mm.}$$

Cálculo del espesor del cuerpo en prueba hidrostática (mm)

$$t_t = \frac{4.9D(H - (3.6 + 0.3))}{S_t}$$
$$t_t = \frac{4.9(27.702)(11.9 - (3.6 + 0.3))}{171}$$
$$t_d = 6.35 \text{ mm.}$$

Por disponibilidad comercial se adopta un espesor de 5/16 “.

CUARTO ANILLO

Calcular del espesor de diseño del cuerpo (mm).

$$t_d = \frac{4.9D(H - (5.4 + 0.3))}{S_d} + CA$$
$$t_d = \frac{4.9(27.702)(11.9 - (5.4 + 0.3))}{160} + 1.5$$
$$t_d = 6.26 \text{ mm.}$$

Cálculo del espesor del cuerpo en prueba hidrostática(mm)

$$t_t = \frac{4.9D(H - (5.4 + 0.3))}{S_t}$$
$$t_t = \frac{4.9(27.702)(11.9 - (5.4 + 0.3))}{171}$$
$$t_d = 4.92 \text{ mm}$$

Por disponibilidad comercial se adopta un espesor de 5/16 “.

QUNITO ANILLO

Cálculo de espesor de diseño de cuerpo (mm).

$$t_d = \frac{4.9D(H - (7.2 + 0.3))}{S_d} + CA$$
$$t_d = \frac{4.9(27.702)(11.9 - (7.2 + 0.3))}{160} + 1$$
$$t_d = 4.73 \text{ mm.}$$

Cálculo del espesor del cuerpo en prueba hidrostática (mm)

$$t_t = \frac{4.9D(H - (7.2 + 0.3))}{S_t}$$
$$t_t = \frac{4.9(27.702)(11.9 - (7.2 + 0.3))}{171}$$
$$t_d = 3.50 \text{ mm.}$$

Por disponibilidad comercial se adopta un espesor de $\frac{1}{4}$ ".

SEXTO ANILLO

Calcular del espesor de diseño del cuerpo (mm).

$$t_d = \frac{4.9D(H - (9 + 0.3))}{S_d} + CA$$
$$t_d = \frac{4.9(27.702)(11.9 - (9 + 0.3))}{160} + 1.5$$
$$t_d = 3.2 \text{ mm.}$$

Cálculo del espesor del cuerpo en prueba hidrostática(mm)

$$t_t = \frac{4.9D(H - (9 + 0.3))}{S_t}$$
$$t_t = \frac{4.9(27.702)(11.9 - (9 + 0.3))}{171}$$
$$t_d = 2.06 \text{ mm}$$

Por disponibilidad comercial se adopta un espesor de $\frac{1}{4}$ ".

SEPTIMO ANILLO

Cálculo de espesor de diseño de cuerpo (mm).

$$t_d = \frac{4.9D(H - (10.2 + 0.3))}{S_d} + CA$$

$$t_d = \frac{4.9(27.702)(11.9 - (10.2 + 0.3))}{160} + 1.5$$

$$t_d = 2.18 \text{ mm.}$$

Cálculo del espesor del cuerpo en prueba hidrostática (mm)

$$t_t = \frac{4.9D(H - (10.2 + 0.3))}{S_t}$$

$$t_t = \frac{4.9(27.702)(11.9 - (10.2 + 0.3))}{171}$$

$$t_d = 1.2 \text{ mm.}$$

Por disponibilidad comercial se adopta un espesor de $\frac{1}{4}$ ".

Con los cálculos realizados se definen de los siguientes espesores, por cada anillo.

ANILLO	DIMENSION PLANCHAS	ESPESOR
1	6000 X 1800	$\frac{1}{2}$ "
2	6000 X 1800	$\frac{3}{8}$ "
3	6000 X 1800	$\frac{5}{16}$ "
4	6000 X 1800	$\frac{5}{16}$ "
5	6000 X 1800	$\frac{1}{4}$ "
6	6000 X 1800	$\frac{1}{4}$ "
7	6000 X 1800	$\frac{1}{4}$ "

Tabla 13 Dimensión y espesores del tanque de almacenamiento.

Respecto al filete que se considera para la Soldadura de Forro-Fondo se determinará mediante la siguiente tabla:

Nominal Thickness of Shell Plate		Minimum Size of Fillet Weld	
(mm)	(in.)	(mm)	(in.)
5	0.1875	5	$\frac{3}{16}$
> 5 to 20	> 0.1875 to 0.75	6	$\frac{1}{4}$
> 20 to 32	> 0.75 to 1.25	8	$\frac{5}{16}$
> 32 to 45	> 1.25 to 1.75	10	$\frac{3}{8}$

Tabla 14 Espesor nominal del tanque y tamaño de filete de soldadura.

Según esta tabla nos encontramos en 2° lugar, donde el mínimo filete es de 6mm.

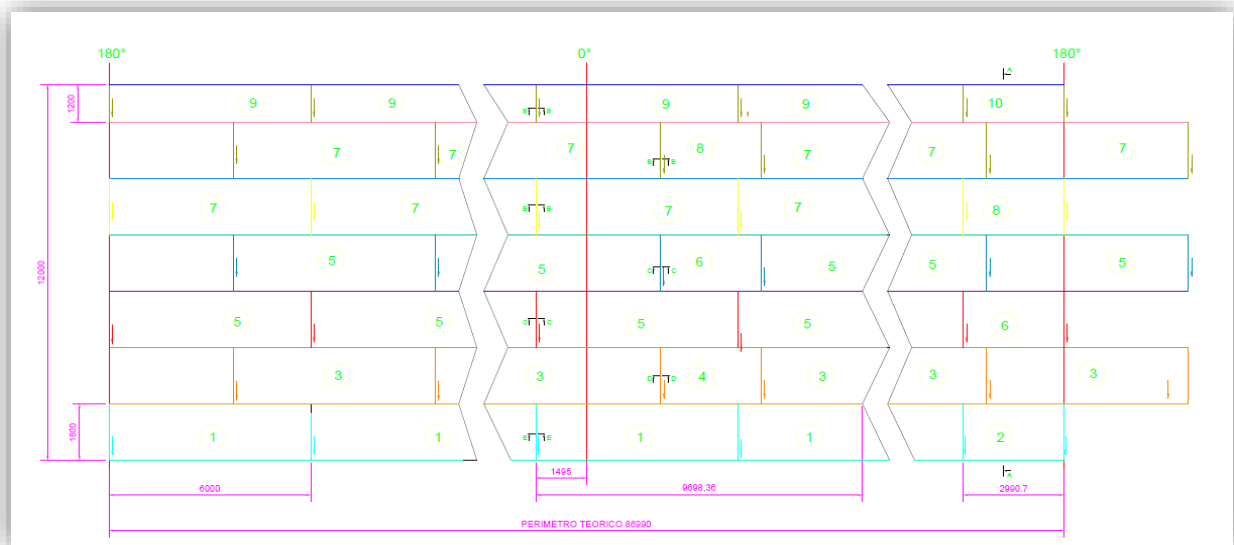


Figura 29 Forro de tanque.

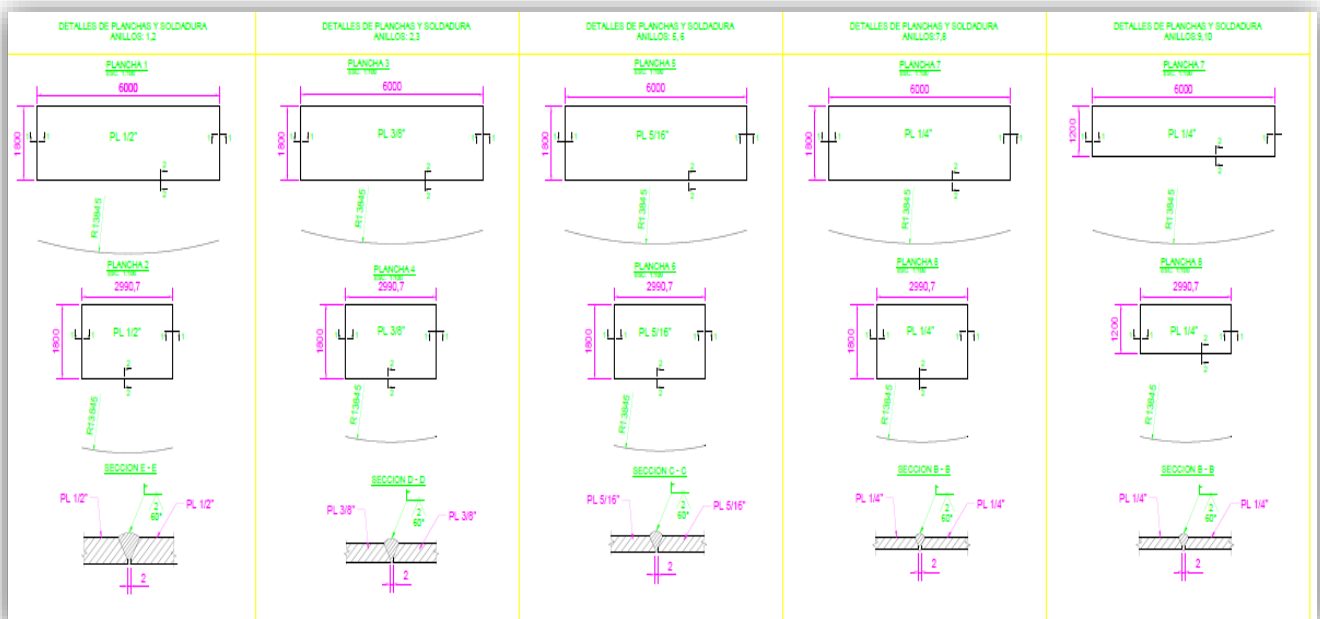


Figura 30 Detalles de forro de tanque.

5.3 DISEÑO DE FONDO

En la siguiente tabla se observa el mínimo espesor de diseño a considerar para las láminas del fondo anular del tanque, considerando el Esfuerzo de Prueba Hidrostática y el Espesor del primer anillo.

Plate Thickness ^a of First Shell Course (mm)	Stress ^b in First Shell Course (MPa)			
	≤ 190	≤ 210	≤ 220	≤ 250
$t \leq 19$	6	6	7	9
$19 < t \leq 25$	6	7	10	11
$25 < t \leq 32$	6	9	12	14
$32 < t \leq 40$	8	11	14	17
$40 < t \leq 45$	9	13	16	19

Tabla 15 Espesor para lámina anular del fondo.

Estos espesores consideran que las planchas se ubicarán sobre una base de hormigón uniforme previamente construida bajo los parámetros de diseño que indica la norma API 650.

Tomando en cuenta el esfuerzo de prueba hidrostática es de 171 MPa para el material A-36 y que el espesor de diseño para el primer anillo será de 12.7 mm, entonces el espesor mínimo de diseño será 6 mm en base a la tabla. Por seguridad se define un espesor de 9 mm para el anillo anular.

El usar placa anular, esta debe tener un ancho radial de por lo menos 600 mm (24 in), medida que va desde el interior del cilindro hasta cualquier cordón de soldadura perteneciente al fondo del tanque.

Cuando se requiere un ancho radial mayor al mencionado anteriormente este se calcula mediante la expresión:

$$\frac{215t_b}{(HG)^{0.5}}$$

Donde:

- ✓ t_b : Espesor de placa anular.
- ✓ H : Altura de nivel de diseño.
- ✓ G : Gravedad específica de fluido a almacenar.

Calculando, obtenemos un ancho de 600 mm como mínimo, el cual coincide con el promedio estándar de este tipo de tanques; a ello le debemos adicionar 70 mm de la placa que va desde la cara interior de la placa hacia el exterior. Por motivos de seguridad y facilidad de construcción y mejor aprovechamiento de las planchas de acero se establece un ancho de 1222 mm.

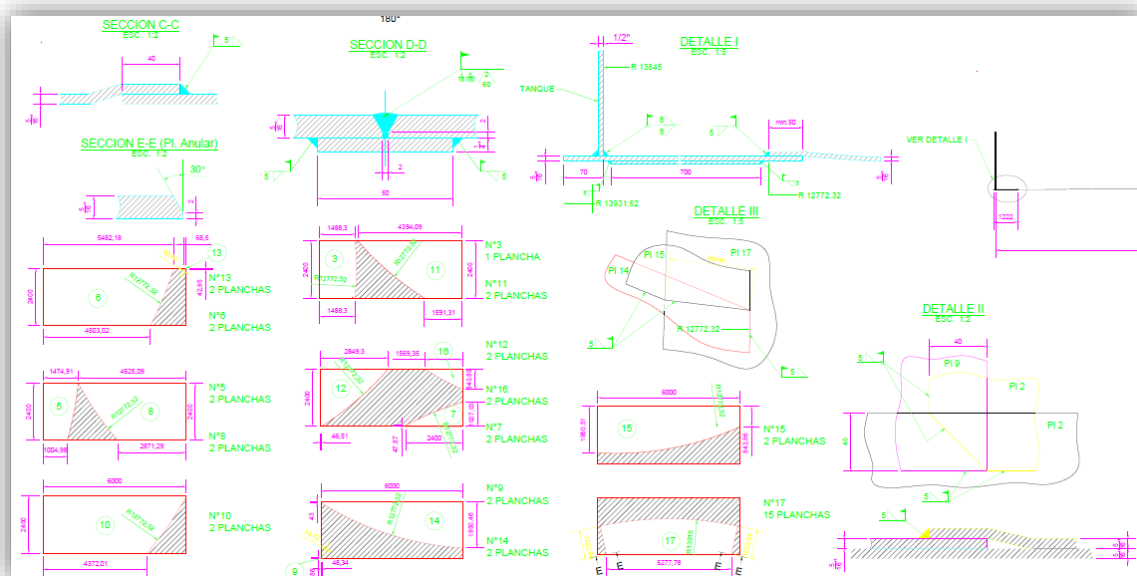
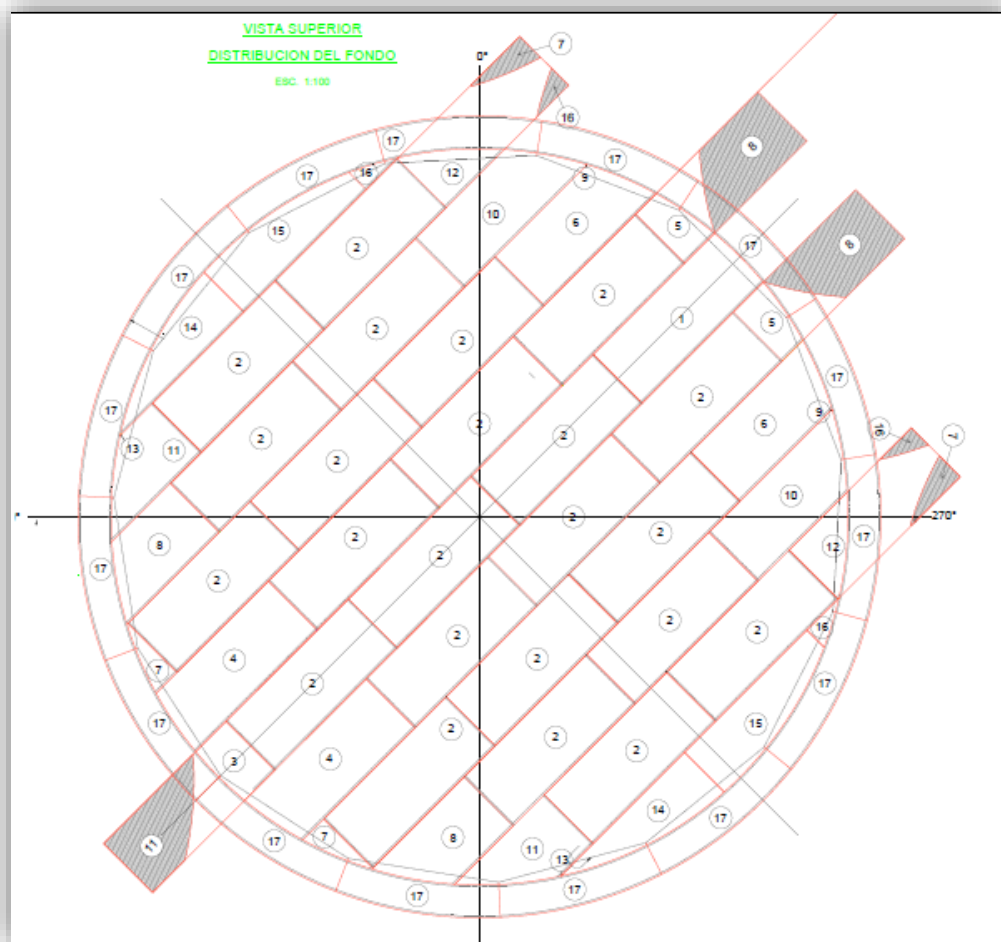
La distancia adicional hasta el exterior es para formar una ceja que requiere como 51 mm (2 plg) como mínimo desde el filo del fondo del tanque. Esta ceja que se formará alrededor del perímetro del tanque servirá para posteriormente perforar orificios que permitan colocar pernos de anclaje para la fijación del mismo a la base del hormigón. 7

Sin embargo, para alargar la vida útil del tanque de almacenamiento y contrarrestar la corrosión que se enfoca en el fondo del tanque, principalmente porque es ahí en donde se depositan los sólidos del producto almacenado, provocando de esta manera un mayor desgaste de esa zona, se tomará para el diseño, un espesor de 8 mm (5/16") para las palcas del fondo.

Además, la norma exige que las planchas del fondo deben tener un mínimo un ancho de 1800 mm, verificando la disponibilidad comercial se usarán láminas de 6000 x 2400 x 5/16" mm, y serán distribuidas, simétricamente en base de los ejes coordenados X y Y de la circunferencia del piso.

La pendiente del fondo, de acuerdo a la norma API 650 debe tener una relación de 1:120 hacia el centro del tanque. Esta inclinación se logrará por el diseño de la base de hormigón donde se asentará el tanque, correspondiente a la obra civil.

El fondo del tanque debe proyectarse para formar una ceja de 51 mm (2plg) como mínimo desde el filo del fondo del tanque, en base a la norma API 650. Esta ceja se formará alrededor del perímetro del tanque para posteriormente perforar orificios que permitan colocar pernos de anclaje para la fijación del mismo a la base del hormigón.



5.4 CALCULOS ESTRUCTURALES DEL TANQUE Y TECHO DOMO

El anillo rigidizador, juega un papel importante en la estructura del tanque, ya que es el límite entre el cuerpo y el techo domo. Por ellos debe ser analizado cuidadosamente para verificar que pueda soportar sin problemas el techo domo y las cargas mínimas exigidas por normativa. Para realizar el cálculo del anillo se debe definir las cargas críticas a las cuales será sometido este perfil, considerando el tanque, si estructura y el anillo rigidizador serán fabricados en Acero A-36 (Límite de fluencia: 250 Mpa); mientras que el techo domo con su estructura serán fabricados completamente en aluminio 3003-H16 (Límite de fluencia: 170 MPa).

Cargas exigidas por normativa – Carga viva 20Lb/ft² (97 kg/m²)

Cargas propias – Peso del domo, se asume 25kg/m² (placa + estructura de aluminio)

Considerando una carga total de 122 kg/m², sobre el techo domo, calculamos cual es la fuerza total aplicada sobre el anillo.

Área total domo: 676.82 m².

La fuerza total aplicada radialmente sobre el anillo es de:

$$Ad \times Ct = 676.82 \text{ kg} * 122 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$Ad \times Ct = 82752 \text{ kg}$$

$$\text{Equivalente a } 810 \text{ kN}$$

De igual modo que en las estructuras se asumirá un factor de seguridad del 20% aplicado directamente a la carga.

Obteniendo una carga crítica de 972 kN, aplicados sobre el anillo.

Se deberá tener en cuenta que la dirección de la carga no es NORMAL, sino que contará con una inclinación de 37° dada por la pendiente del domo.

Debemos descomponer la fuerza y aplicar sus componentes en la dirección y ejes correspondientes sobre el anillo para poder calcular los esfuerzos sobre él.

El análisis se realizará con ayuda del software SolidWorks 2013, en el cual se modelará el tanque con su anillo rigidizador, y se ingresarán las condiciones de carga y entorno correspondiente que ya hemos mencionado.

Para el análisis debemos calcular los componentes de la fuerza que se aplicará sobre el anillo.

La fuerza, tiene una inclinación de 37° , por lo tanto, sus componentes son:

- $F_x = F \cos 37^\circ$
- $F_y = F \sin 37^\circ$

Calculamos y obtenemos:

- $F_x = 790.3 \text{ kN}$
- $F_y = 565,9 \text{ kN}$

5.4.1 ANALISIS DE TANQUE Y ANILLO RIGIDIZADOR.

Luego de haber modelado el tanque con su respectivo anillo, se ingresan en el software las condiciones de entorno y cargas, obteniendo el esfuerzo máximo generado de 58.3 MPa ubicado exactamente en el anillo rigidizador. Lo cual evidencia que el correcto dimensionamiento de la estructura ya que es no supera por mucho el límite de fluencia del material.

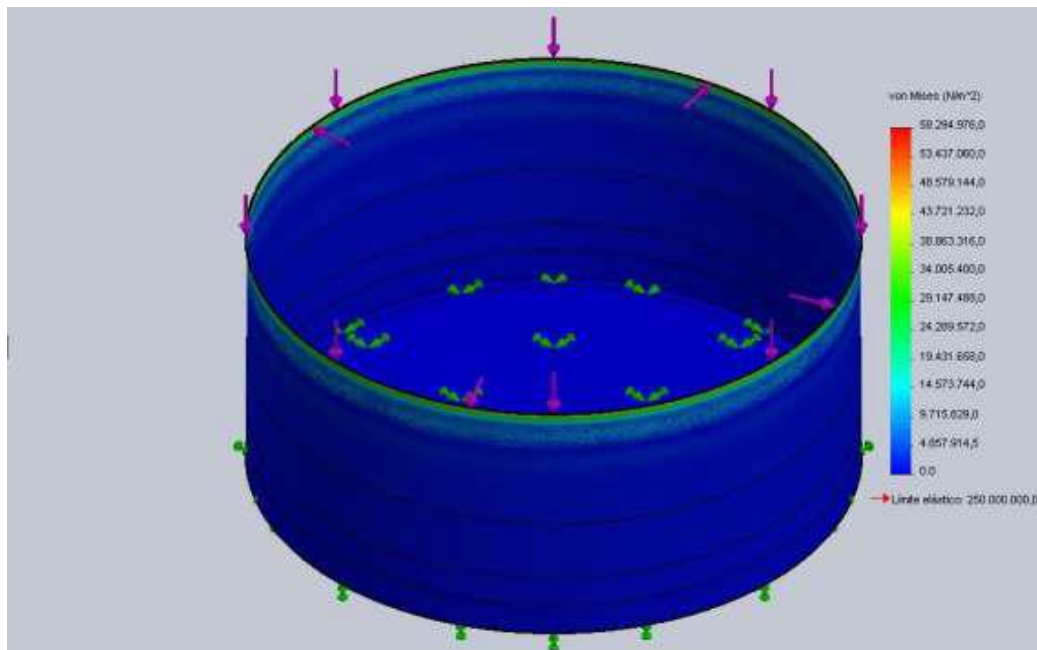


Figura 34 Anillo rigidizador.

Se muestra un zoom de la zona afectada por las tensiones más grandes, ubicadas exactamente en el mismo anillo, donde se apoyará el domo, lo cual era más evidente. Sin embargo, el mayor esfuerzo está muy por debajo del límite permisible del material, lo cual nos indica que nuestra estructura podrá soportar sin problema el techo domo de aluminio.

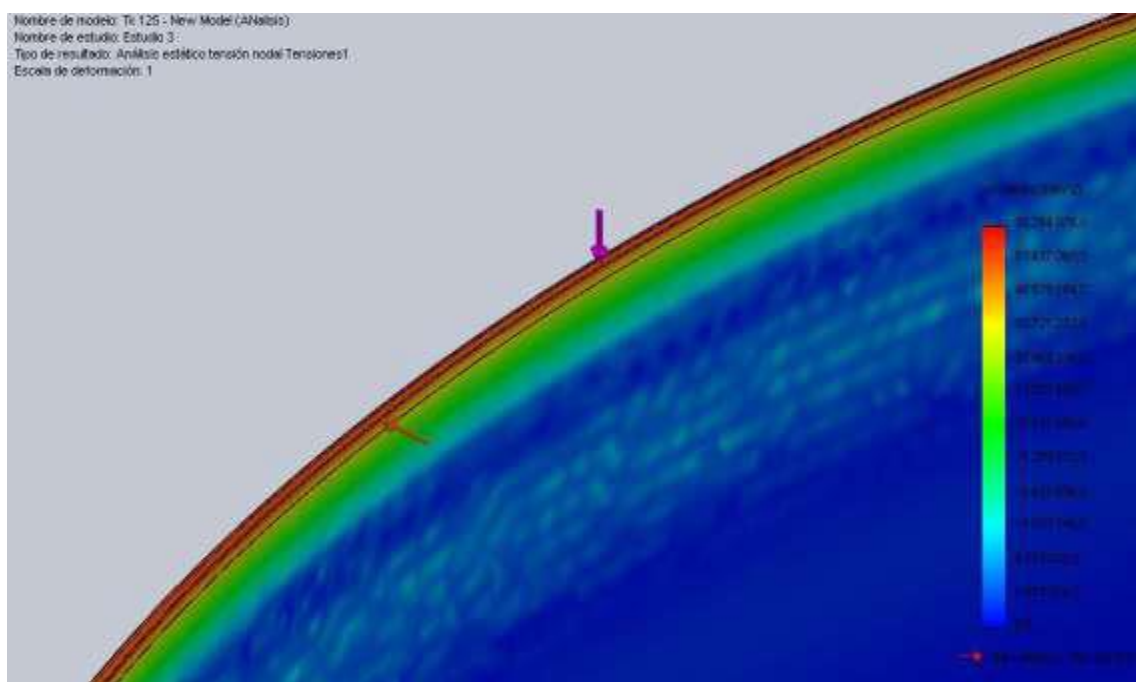


Figura 35 Punto de apoyo para techo domo.

Verificamos de igual manera los desplazamientos, y observamos que genera un desplazamiento de 4 mm, lo cual se genera gracias a que nuestra carga fue colocada de manera puntual y libre, pero debemos considerar que el techo que ejercerá la carga indicada, también tendrá su anillo, que evitará que ambas estructuras tengan desplazamientos considerables.

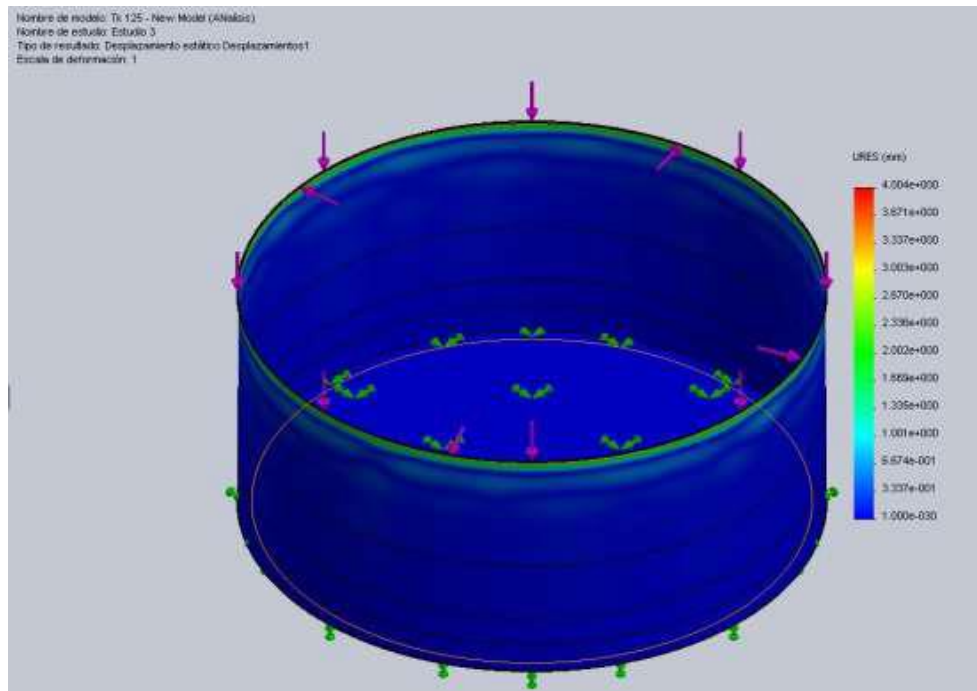


Figura 36 Desplazamiento de techo domo.

Visualizamos un zoom de los desplazamientos, y efectivamente se ubican justo en el ala del anillo rigidizador, donde se apoyará directamente del domo.

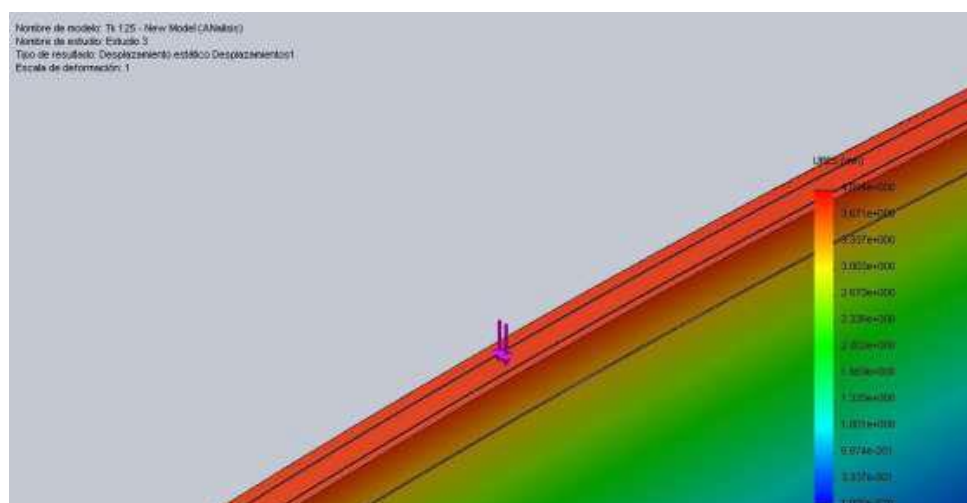


Figura 37 Desplazamiento de techo domo (2).

Para finalizar, se realiza la verificación de las deformaciones unitarias, obteniendo como máximo valor 2.42×10^{-4} , con lo que se puede observar que son mínimas en relación a toda la estructura del tanque.

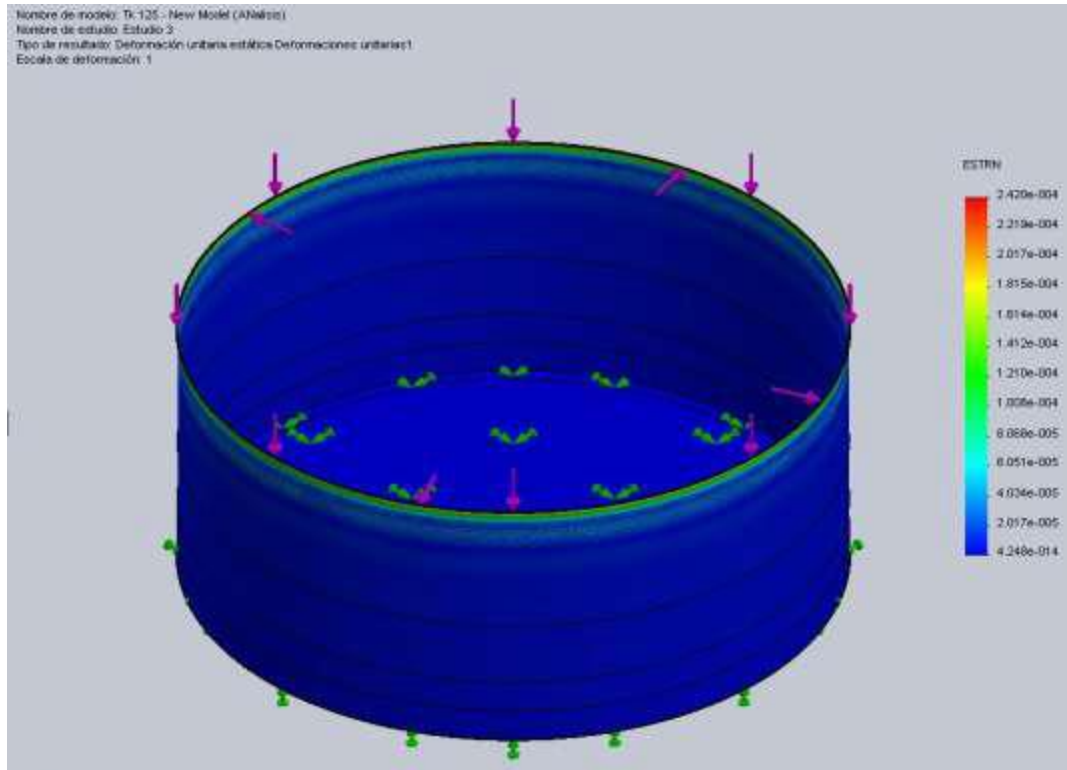


Figura 38 Estructura general del tanque.

Cabe recalcar que el modelo ha sido diseñado sin sus anillos de refuerzo, lo cual brinda un grado de seguridad mayor a la estructura.

Podemos indicar que la estructura tiene un buen comportamiento, ante las condiciones de carga a las cuales son sometidas.

5.4.2 ANÁLISIS DE TECHO DOMO

Como el cálculo estructural siempre se realiza en la condición más crítica de la estructura y se desconoce con exactitud de la estructura triangular del domo, se analizará como si fuese un factor domo auto sostenible formado de solo planchas de aluminio sin estructura, con el fin de brindar un factor de seguridad al análisis, obteniendo resultados de su condición más crítica de la estructura, de tal manera que si cumple con los requerimientos en estas condiciones, con mayor seguridad se comportará con su estructura.

Primero definimos las cargas a las que será sometida nuestra estructura. La normativa indica que mínimo debe soportar una carga viva de 20 Lb/ft², aplicamos nuestro factor de seguridad del 20%, resultando 24 Lb/ft² para aplicar a nuestro Domo.

De igual manera que el análisis anterior se realizará con el software SolidWorks 2013, donde se modelará el techo domo y se ingresarán las condiciones de entorno y carga para obtener los esfuerzos máximos a los que se verá sometida la estructura y compararlo con los límites del material, recordamos que el límite de la fluencia del aluminio es de 170 MPa.

Luego de ser analizado por el software, obtenemos que el máximo esfuerzo de nuestro domo es de 53.0 MPa, con lo que podemos verificar que no estamos dentro de los límites del material.

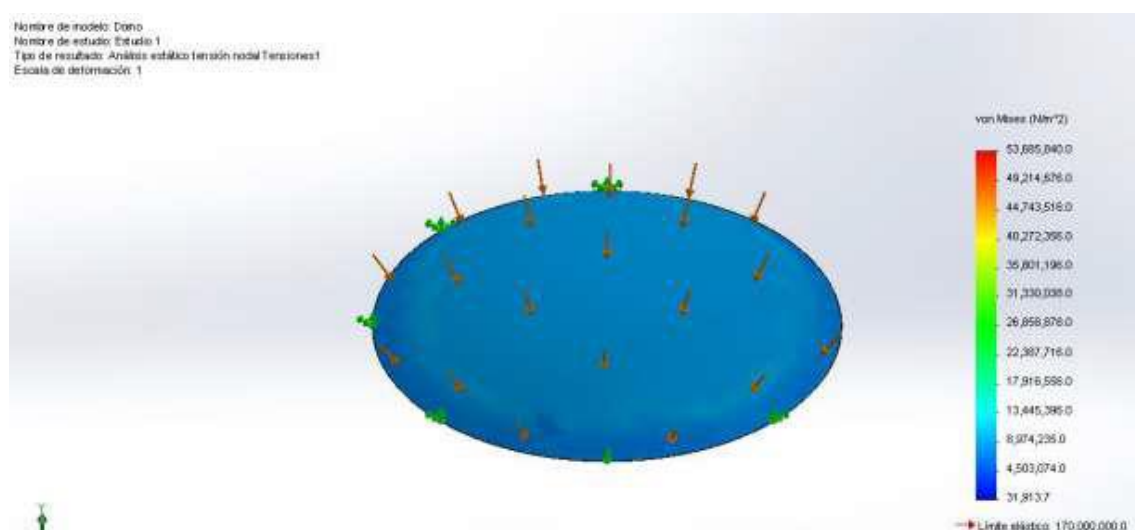


Figura 39 Esfuerzos sometidos en techo.

Según las cargas aplicadas en nuestro domo, verificamos que tenemos desplazamientos de 2 mm en la zona central del domo, la cual para las dimensiones de nuestro domo no es muy relevante, pero debemos considerar que estamos trabajando con una estructura sin refuerzos, es decir que con los refuerzos estos desplazamientos se podrán reducir, haciendo nuestro domo más compacto.

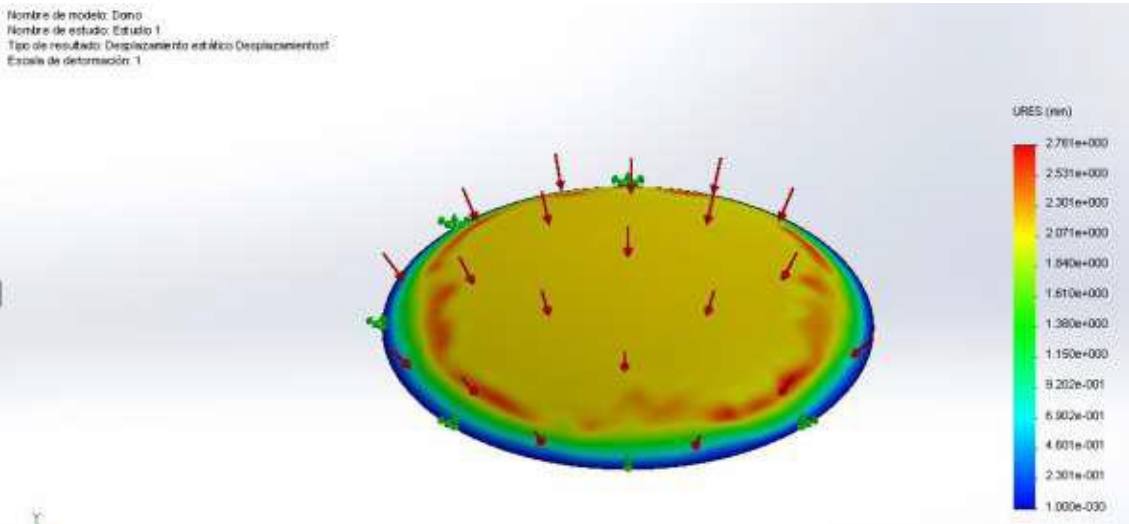
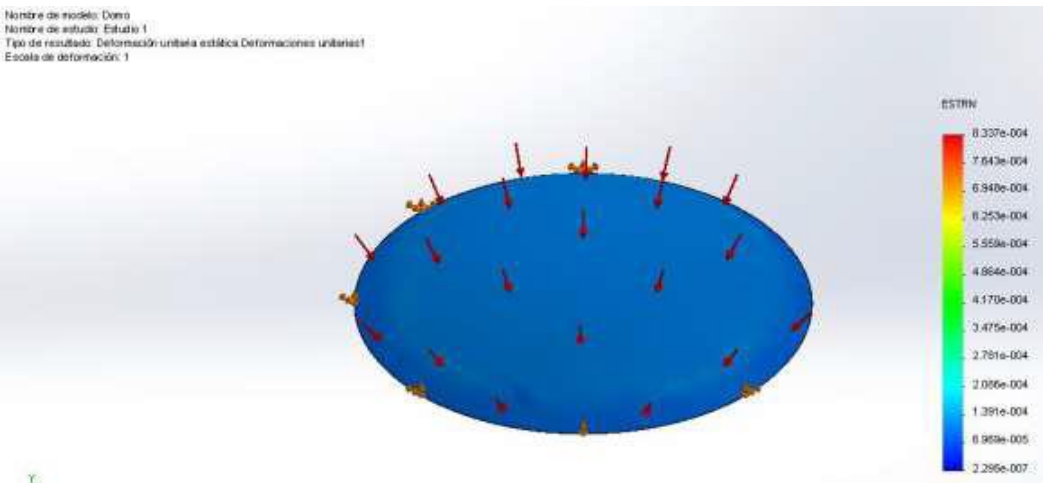


Figura 40 Desplazamientos de esfuerzos en techo domo.

Finalizando se verifica las deformaciones unitarias del domo, obteniendo un valor 8.34×10^{-4} , observando así que nuestro domo aún en la condición más crítica se encuentra dentro de los parámetros de su material.



5.5

Figura 41 Deformaciones en techo domo.

5.5 DISEÑO DE SUMIDERO Y DRENAJE DE FONDO

En los tanques de almacenamiento al almacenar producto, en este caso nafta, suele suceder que el agua que contiene se asienta en el fondo del tanque, es por eso que se diseña un sumidero por norma API 650, con el fin de que el agua que se asienta pueda ser drenada e ir a un solo lugar.

La norma API indica los siguientes parámetros para el drenaje de fondo y sumidero:

NPS	Diámetro del Sumidero (mm) A	Profundidad de Sumidero (mm) B	Distancia del Centro de la Tubería a la Pared del Tanque (m) C	Espesor de la Plancha del Sumidero (mm) t	Espesor Mínimo Interno del Tubo (mm)	Espesor Mínimo del Cuello de la Boquilla (mm)
2	610	300	1.1	8	5.54	5.54
3	910	450	1.5	10	6.35	7.62
4	1220	600	2.1	10	6.35	8.56
6	1520	900	2.6	11	6.35	10.97

Tabla 16 Dimensiones para sumidero de drenaje.

Para continuar con el diseño del drenaje y sumidero se elige la medida que más convenga y en base los parámetros que se muestra en la tabla se aplican al gráfico 5.21 de la norma API 650 que se detalla en la siguiente figura:

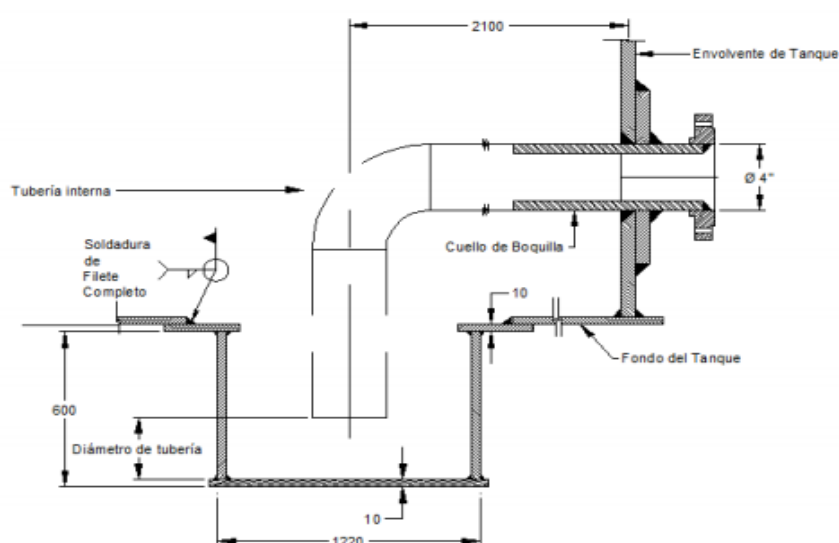


Figura 42 Detalle de sumidero para tanque.

5.6 PROTECCIÓN CATÓDICA

¿Qué es la corrosión?

Es el proceso mediante el cual los metales se deterioran por acción del medio donde se encuentran. Se necesitan varios elementos de corrosión ocurra, un ánodo que es la zona que sufrirá corrosión, un cátodo que es el sitio al cual, llega la corriente proveniente del suelo y que también protege de la corrosión.

¿Qué es la protección catódica?

Es la técnica utilizada para reducir la corrosión de superficies metálicas mediante el paso de corriente catódica suficiente, que haga que la proporción de disolución de ánodos sea despreciable. Puesto en términos más sencillos, es el uso de electricidad de corriente directa proveniente de una fuente exterior con el fin de contrarrestar la descarga de corriente corrosiva en áreas anódicas de una estructura metálica, inmersa de un medio conductivo, o electrólito, tal como tierra y agua.

La protección catódica incluye muchos campos; podemos mencionar su aplicación en barcos, tuberías enterradas y sumergidas, pozos petroleros, plataformas marinas y lacustres, oleoductos, pilotes metálicos de muelles, tanques de almacenamiento de hidrocarburos, tanques de agua, intercambiadores de calor, en fin, su campo es muy amplio, ya que casi todos los materiales sufren de corrosión.

REFERENCIAS

- Código Nacional de Electricidad Utilización – 2006
- API 651, Cathodic Protection of Aboveground Petroleum Storage Tanks.
- NFPA 70, National Electrical Code
- NACE Standard RP 0193, External Cathodic Protection of On-Grade Carbon Steel Storage Tank Bottoms.
- NACE Standard RP 0177, Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems.
- NRF -017 PEMEX, Protección Catódica en tanques de almacenamiento

FUENTES DE CORRIENTE CONTINUA PARA PROTECCIÓN CATÓDICA

Para suministrar la corriente necesaria de la protección catódica son:

- Ánodos Galvánicos.
- Ánodos de corriente Impresa.

Ánodos Galvánicos (Ánodos de Sacrificio).

Estos ánodos son aleaciones especiales, de alta pureza, de magnesio, zinc y aluminio, que poseen alto potencial, suficiente para desarrollar flujo de corriente útil a través del electrólito hacia la estructura a ser protegida.

En la siguiente tabla aparecen las aleaciones más usadas en este tipo de protección:

SERIE GALVANICA PRACTICA	
Metal	Volts.(1)
Magnesio puro comercialmente	- 1,75
Aleación de magnesio, (6% Al, 3%Zn, 0,15% MN)	- 1,6
Zinc	- 1,1
Aleación de aluminio (5% zinc)	- 1,05
Aluminio puro comercialmente	- 0,8
Acero dulce (limpio pulido)	- 0,5 a - 0,8
Acero dulce oxidado	- 0,2 a - 0,5
Hierro Fundido (no grafitizado)	- 0,5
Plomo	- 0,5
Acero dulce en concreto	- 0,2
Cobre, bronce, latón	- 0,2
Hierro fundido alto silicio	- 0,2
Acero laminado	- 0,2
Carbón, grafito, coque	+ 0,3

Tabla 17 Aleaciones más usadas en protección catódica.

Ánodos de Corriente Impresa.

Para grandes cantidades de corriente se requiere, usualmente algún sistema de corriente impresa. En una instalación típica de rectificadores en una tubería enterrada, la potencia C.A es transformada y rectificada en corriente directa, la que luego es impresa en un “lecho de ánodos” de grafito y otro material inerte.

El lecho de ánodos es conectado al terminal positivo (+) del rectificador mientras que la tubería es conectada al terminal negativo (-), para completar el circuito. Este tipo de instalación normalmente genera 10 a 100 amperios o más de corriente protectora en un punto determinado.

5.6.1 CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN CATÓDICA

Para el desarrollo del cálculo de la protección catódica, se muestra los siguientes criterios para la protección contra la corrosión.

Para proteger el fondo del tanque, se debe cumplir como mínimo con los siguientes criterios:

- El potencial estructura-electrolito (catódico) mínimo de -0.850v de corriente directa (CD) medido respecto de un electrodo de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO₄), en contacto con el electrolito en estructuras enterradas. La determinación de este voltaje se debe hacer corriente eléctrica aplicada.
- El potencial de protección estructura-electrolítico (catódica) de -0.950v medido respecto de un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO₄), cuando el área circundante a la estructura se encuentre en condiciones anaeróbicas y estén presentes microorganismos asociados al fenómeno de corrosión como las bacterias sulfato reductoras, para una interpolación válida se debe efectuar la corrección a que haya lugar, debido a la caída de voltaje originada durante la medición.

- Un cambio de potencial de polarización mínimo de -0.100V, medido entre la superficie de la estructura y un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSo₄) en contacto con el electrolito.

5.6.2 RESISTIVIDAD DEL SUELO EN EL FONDO DEL TANQUE

El diseño de la cimentación de los tanques cuenta con la incorporación de arena limpia de cloruros del tipo SM, en donde la resistividad de esta arena de acuerdo con lo indicado en el Código Nacional de Electricidad – Utilización 2006.

Terreno	Símbolo del Terreno	Resistividad Media [Ω.m]
Grava de buen grado, mezcla de grava y arena	GW	600 – 1 000
Grava de bajo grado, mezcla de grava y arena	GP	1 000 – 2 500
Grava con arcilla, mezcla de grava y arcilla	GC	200 – 400
Arena con limo, mezcla de bajo grado de arena con limo	SM	100 – 500
Arena con arcilla, mezcla de bajo grado de arena con arcilla	SC	50 – 200
Arena fina con arcilla de ligera plasticidad	ML	30 – 80
Arena fina o terreno con limo, terrenos elásticos	MH	80 – 300
Arcilla pobre con grava, arena, limo	CL	25 – 60
Arcilla inorgánica de alta plasticidad	CH	10 – 55

Tabla 18 Resistividad para protección catódica.

Por lo tanto, la arena fina que se instalará de bajo del tanque tendrá una resistividad de 350 ohm-m (35000 oh-cm).

5.6.3 SUPERFICIE A PROTEGER DEL TANQUE

D: Diámetro del tanque (m).

L: Longitud de la parte cilíndrica del tanque (m)

At: Área del tanque a proteger (m²)

$$At = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \times 14.5^2}{4}$$

$$At = 602 \text{ m}^2$$

CORRIENTE REQUERIDA (I).

Con el dato de la resistividad del suelo, procedemos a determinar la densidad de corriente del tanque de acuerdo a la siguiente expresión.

$$DCt = 13.35 \log\left(\frac{10^{5.523}}{\rho}\right)$$

At: Área del tanque a proteger.

Id: Densidad de la corriente requerida (mA/m²).

ρ : Resistividad del terreno (Ω cm).

DCt: Densidad del corriente del tanque.

Ipc: Corriente en DC de protección catódica.

$$DCt = 13.35 \log\left(\frac{10^{5.523}}{35000 \text{ } \Omega \text{ cm}}\right)$$

$$DCt = 13.07 \text{ mA/m}^2$$

Obteniendo la demanda de corriente de la estructura y corriente de la protección catódica con la siguiente expresión:

$$DC_R = DC_T$$

$$DC_R = 13.07 \text{ mA}/\text{m}^2$$

Hallando la corriente DC de protección catódica para lograr polarizar la estructura, mediante el uso de la siguiente expresión:

$$I_{pc} = At \cdot DCt$$

$$I_{pc} = 602.29 \times 13.07$$

$$I_{pc} = 7.87 \text{ A.}$$

5.6.4 CALCULO DE LA CANTIDAD DE CINTAS ANÓDICAS REQUERIDAS

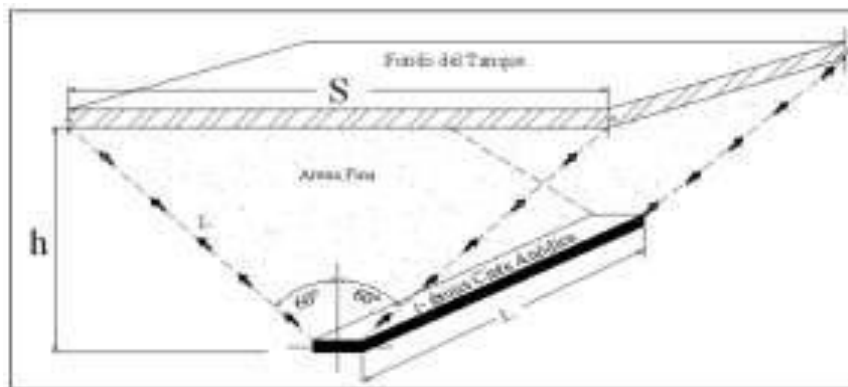


Figura 43 Área a proteger con cintas anódicas.

H: Altura de la cama anódica al fondo del tanque (m).

S_{max}: Cobertura de cada cinta anódica (m).

N: Cantidad de cintas anódicas a instalar en el tanque.

D: Diámetro del tanque.

$$S_{max} = 2 \cdot h \cdot \tan 60^\circ$$

$$S_{max} = 2 \times 0.35 \times \tan 60^\circ$$

$$S_{max} = 1.2 \text{ m}$$

$$N = \frac{D}{S_{max}}$$

$$N = \frac{27.69}{1.5}$$

$$N = 23 \text{ anódos.}$$

5.6.5 CALCULO DE CINTA ANÓDICA

La longitud efectiva de cinta anódica capaz de transportar 7.87 A sin afectar su vida útil de 50 años.

L req: Longitud total mínima requerida de la cinta anódica (m).

Ca: Capacidad de suministro de corriente por unidad de longitud /A7m).

Material: Titanio ASMT Gr 1

Dimensión: 0.25" x 0.025"

Ca: 12.8 mA/ft <>0.042 A/m (arena fina).

$$L_{req} = \frac{I_{pc}}{Ca}$$

$$L_{req} = \frac{7.87}{0.042 \text{ A/m}}$$

Para el cálculo real de la cinta a usar aplicaremos lo siguiente:

X: Es la distancia desde el centro del tanque.

Y: Es la longitud media del ánodo.

R: Es el radio del tanque.

$$Y = \sqrt{R^2 - X^2}$$

i	X(m)	Y(m)
1	0	13.84
2	1.2	13.83
3	2.42	13.65
4	3.63	13.36
5	4.84	12.97
6	6.05	12.45
7	7.26	11.79

8	8.47	10.95
9	9.68	9.89
10	10.89	8.55
11	12.10	6.73
12	13.31	3.81

Tabla 19 Cuadro de distanciamiento de cintas anódicas.

La sumatoria a realizar corresponde a la cuarta parte de la esfera (Base de tanque).

Longitud Real = (115.1 x 4) + (13.84 x2).

Longitud Real = 487m.

5.6.6 CALCULO DE LA RESISTENCIA TOTAL DEL SISTEMA ANÓDICO

A continuación, se procede a calcular la resistencia eléctrica del sistema anódico externo por intermedio de las siguientes ecuaciones:

R1: Resistencia eléctrica del sistema anódico.

δ : Resistividad del relleno dentro del anillo de concreto.

L: Longitud total del ánodo utilizado.

d: Diámetro equivalente respecto al ancho del ánodo de cinta apróx ($1.4/\pi = 0.045\text{m}$).

h: Separación entre ánodo de cinta hacia el tanque.

$$R1 = \frac{0.005 \delta}{\pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{4 \cdot L}{d} \right) + \ln \left(\frac{L}{h} \right) - 2 + \frac{2 \cdot h}{L}$$

$$\mathbf{R1 = 2.52 \Omega}$$

La segunda ecuación es para determinar la resistencia propia del ánodo.

R2: Resistencia propia del ánodo(Ω).

δ : Resistividad del relleno dentro del anillo ($\Omega \text{ cm}$).

L: Longitud total del ánodo utilizado (m).

D: Diámetro del tanque (m).

W: Ancho de la cinta anódica (m).

Θ : Ángulo de distribución de corriente del ánodo (grados sexagesimales).

$$R2 = \frac{\delta}{2 \cdot L \cdot \tan \theta} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot D \cdot \tan \theta}{W}\right)$$

$$R2 = 11.23 \Omega$$

Sacamos el promedio de las resistencias entre el número de cintas anódicas.

N: número de ánodos a usar.

$$Rt = \frac{R1 + R2}{2 \cdot n}$$

$$Rt = 0.38 \Omega$$

Aplicando la recomendación por la NACE el valor obtenido se debe multiplicar por 3 como mínimo a fin de prever un cambio en la composición del lecho de arena del fondo del tanque durante el tiempo de servicio.

$$Rt = 1.14 \Omega$$

5.6.7 UBICACIÓN DE LAS BARRAS DISTRIBUIDORAS DE TITANIO

La función de estas barras de titanio son que cumplan con distribuir la corriente a cada una de las cintas anódicas y dar mayor grado de rigidez a la malla anódica.

Material: Titanio ASMT Gr 1.

Dimensión: 0.5" x 0.035" <> 12.7 mm x 1 mm.

Dbc: Distanciamiento entre barras conductoras.

$$Dbc = 3.62m$$

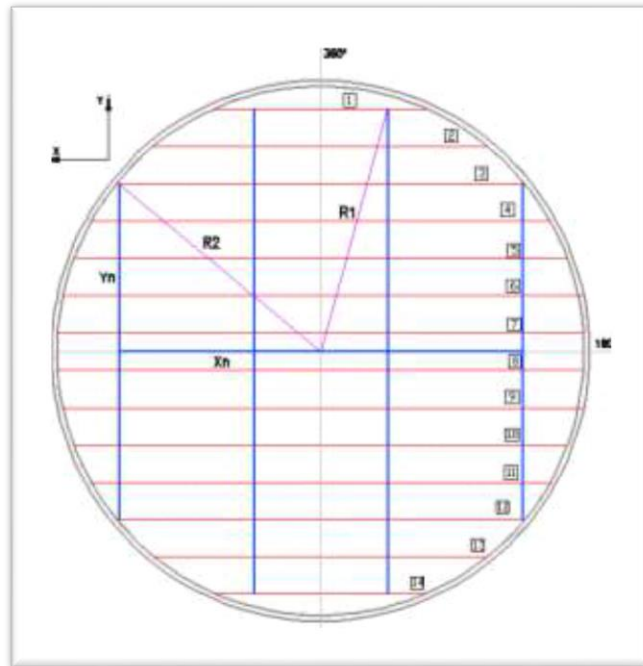


Figura 44 Barra Anódica para conductividad de corriente.

$$Y = \sqrt{R^2 - X^2}$$

I	X(m)	Y(m)
1	1.81	6.73
2	5.43	4.65

Tabla 20 Distanciamiento de barras anódicas.

Lbt: longitud total de barras distribuidora de titanio.

$$Lbt = 11.38 * 4$$

$$Lbt = 46 \text{ m.}$$

5.6.8 SELECCIÓN DE EQUIPOS Y CONDUCTORES

TRANSFORMADOR RECTIFICADOR

El voltaje de salida del rectificador se calcula con la siguiente ecuación:

V: Voltaje (CD) de salida del rectificador (Volts).

R_t: Resistencia total del circuito. (Ω).

I: Intensidad de corriente requerida (A).

$$V = I_{pc} \times R_t$$

$$V = 2.16 \text{ A} \times 1.22 \Omega$$

$$V = 2.63 \text{ V}.$$

De acuerdo con lo calculado, el transformador rectificador tendrá las siguientes características:

- Enfriamiento tipo.
- Transformador de trabajo pesado.
- Equipo pequeño Voltímetro y amperímetro análogo de 86x78mm para la medición de la tensión continua de salida y la corriente continua de salida (Clase 1,5) (shunt 10 Amp-50mV, clase 0,5).
- Protección de descargas (lighting arresters) en AC y DC.
- Fusibles de acción rápida en AC y DC.
- Ajuste de voltaje independiente para el tanque.
- Puerta desmontable.
- Ajuste de voltaje de salida de 20 pasos (4 gruesos/5 finos).
- Caja tipo Nema 4x.
- Escala de voltaje máximo: 0-50VDC.
- Escala de amperaje máximo por cada salida: 0-10 A.
- Alimentación del rectificador: 440 VAC / 3 fases.

- Pintura epoxi 80 mcr, terminación poliéster 80 mcr.
- Uso a la intemperie o en caseta de resguardo con alta exposición al medio ambiente.

ÁNODOS

Los ánodos tendrán las siguientes características:

- Ánodos de titanio activado DSA.
- 3mm de diámetro.
- Peso: Aprox. 0.27 kg/m.
- Temperatura de funcionamiento: 5-50° C.

5.6.9 CABLES

Para el sistema de protección catódica se contará con cables especificados para este fin, los cables serán del tipo HMWPE y para este uso se recomienda una sección mínima de 10 mm².

Nominal area of conductors	mm ²	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185
Max. conductor DC resistance at 20°C	ohm/km	3.08	1.83	1.15	0.727	0.524	0.387	0.268	0.193	0.153	0.122	0.100
Number of wires and diameter before stranding	/mm	7 x 1.04	7 x 1.35	7 x 1.70	7 x 2.14	19 x 1.53	19 x 1.78	19 x 2.14	19 x 2.52	37 x 2.03	37 x 2.25	37 x 2.52
Nominal conductor diameter	mm	3.12	4.05	5.1	6.42	7.65	8.90	10.70	12.60	14.21	15.75	17.46
Nominal insulation thickness	mm	2.30	2.70	2.70	2.70	2.70	3.17	3.17	3.17	3.17	3.90	3.90
Nominal cable weight	kg/km	92	148	209	308	406	551	761	1023	1265	1580	1945
Nominal overall diameter	mm	7.80	9.60	10.70	11.90	13.20	15.50	17.20	19.10	21.00	24.00	26.00

Tabla 21 Selección de conductores.

CALCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS EN SALIDA DEL TRANSFORMADOR RECTIFICADOR									
ÍTEM	TAG	DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO	FACTOR DE DEMANDA	TENSIÓN (VDC)	CABLE DE ALIMENTACIÓN	CORRIENTE CARGA EFECTIVA	CORRIENTE DE DISEÑO (ADC)	DISTANCIA (m)	CAÍDA DE TENSIÓN <2.5%
TFR.68.01, 440V, 3f, 60Hz									
1	TFR.68.02.C1	PROTECCIÓN CATÓDICA TANQUE 68-T-23	100.00	40	1x10mm2 HMWPE	3.63	4.36	50.00	1.83
2	TFR.68.02.C2	PROTECCIÓN CATÓDICA TANQUE 68-T-24	100.00	40	1x10mm2 HMWPE	3.63	4.36	50.00	1.83

Figura 45 Conductores usados para la protección catódica.

Por lo tanto, el cable de 10 mm² HMWPE seleccionado, permite no tener una caída de tensión mayor a los 2% de tensión nominal.

5.7 METRADOS, COSTOS Y PRESUPUESTOS DEL PROYECTO.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de lo que costaría ejecutar el proyecto:

ITEM	DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS		Sub Total US \$
1	COSTO DIRECTO DE SUMINISTRO		674,942.90
2	COSTO DIRECTO DE INSTALACIÓN		1,411,578.72
2.1	COSTO DIRECTO DE PRELIMINARES	459,194.60	
2.2	COSTO DIRECTO CIVIL	147,589.25	
2.3	COSTO DIRECTO MECANICA	748,720.79	
2.4	COSTO DIRECTO ELECTRICIDAD	13,395.85	
2.5	COSTO DIRECTO INSTRUMENTACIÓN	1,686.47	
2.6	COSTO DIRECTO ESTRUCTURAS	25,873.59	
2.7	COSTO DIRECTO FINAL	15,118.17	
	TOTAL COSTO DIRECTO		2,086,521.62
3	UTILIDAD DE COSTO DE INSTALACIÓN	10.00%	208,652.16
4	GASTOS GENERALES DE COSTO DE INSTALACIÓN	30.59%	638,287.43
	SUBTOTAL USD		2,933,461.22
	IGV (18%)		528,023.02

COSTO TOTAL INCLUIDO IGV	\$3,461,484.23
--------------------------	----------------

Figura 46 Metrado del proyecto de tanque de almacenamiento.

Dicho proyecto tiene un valor equivalente a TRES MILLONES CUATROCIENTOS SESENTA Y UN MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y CUATRO CON VEINITRES NUEVOS SOLES, los cuales se han dividido en los siguientes cuadros.

5.7.1 COSTO DIRECTO DE SUMINISTROS

Aquí se detalla el precio ofertado de cada suministro empleado directamente en la ejecución del proyecto:

ITEM	DESCRIPTION	UNIDAD	METRADO	P.UNIT	P.PARCIAL	P.SUBTOTAL
1.00	SUMINISTRO DE TUBERÍAS DE PRODUCCIÓN					\$33,015.78
1.01	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB x 1"	UNID	0.90	\$16.83	\$15.15	
1.02	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB x 4"	UNID	4.60	\$131.90	\$606.74	
1.03	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB x 6"	UNID	8.70	\$190.30	\$1,655.61	
1.04	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB x 10"	UNID	4.40	\$363.00	\$1,597.20	
1.05	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB x 12"	UNID	3.90	\$425.00	\$1,657.50	
1.06	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 3"x3"	UNID	1.00	\$31.90	\$31.90	
1.07	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 4"x4"	UNID	3.00	\$36.74	\$110.22	
1.08	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 6"x6"	UNID	5.00	\$51.70	\$258.50	
1.09	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 8"x8"	UNID	1.00	\$104.50	\$104.50	
1.10	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 10"x10"	UNID	2.00	\$135.30	\$270.60	
1.11	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 12"x12"	UNID	1.00	\$189.00	\$189.00	
1.12	CODOS 45° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 4"x4"	UNID	3.00	\$6.05	\$18.15	
1.13	CODOS 45° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 6"x6"	UNID	6.00	\$14.47	\$86.79	
1.14	CODOS 45° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 10"x10"	UNID	3.00	\$46.20	\$138.60	
1.15	CODOS 45° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 12"x12"	UNID	2.00	\$65.80	\$131.60	
1.16	CODOS 90° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 3"x3"	UNID	2.00	\$24.20	\$48.40	
1.17	CODOS 90° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 4"x4"	UNID	3.00	\$7.04	\$21.12	
1.18	CODOS 90° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 6"x6"	UNID	4.00	\$19.03	\$76.12	
1.19	CODOS 90° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 10"x10"	UNID	2.00	\$82.50	\$165.00	
1.20	CODOS 90° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 12"x12"	UNID	1.00	\$120.00	\$120.00	
1.21	CODOS 90 ROSCADO AASME B16.11 3000Lbs 1"x1"	UNID	6.00	\$8.80	\$52.80	
1.22	TEES CON REDUCCIÓN SCH40, ANSI B16.9, ASTM A-234 WPB 6"x6"x4"	UNID	1.00	\$32.35	\$32.35	
1.23	VÁLVULAS COMPUERTA #150, ASTM 216 WCB 4"x4"	UNID	2.00	\$674.41	\$1,348.82	
1.24	VÁLVULAS COMPUERTA #150, ASTM 216 WCB 6"x6"	UNID	2.00	\$869.85	\$1,739.69	
1.25	VÁLVULA DE BOLA REDUCED BORE 150Lbs RF 6"x6"	UNID	1.00	\$13,948.00	\$13,948.00	
1.26	VÁLVULAS COMPUERTA #150, ASTM 216 WCB 10"x10"	UNID	1.00	\$2,162.02	\$2,162.02	
1.27	VÁLVULAS COMPUERTA #150, ASTM 216 WCB 12"x12"	UNID	1.00	\$3,325.00	\$3,325.00	
1.28	VALV. COMPUERTA ROSCADA, API602,800 VAPOR - 3000 WOG 1"x1"	UNID	4.00	\$22.00	\$88.00	
1.29	VÁLVULA DE ALIVIO RANGO 100-300# 1"x1"	UNID	2.00	\$1,320.00	\$2,640.00	
1.30	NIPLE NPT CLASS 3000lb Lg=150mm, ANSI B16.11,ASTM A-105 1"x1"	UNID	8.00	\$13.20	\$105.60	
1.31	EMPAQUE 150Lbs ASME B16.5 3"x3"	UNID	1.00	\$6.18	\$6.18	
1.32	EMPAQUE 150Lbs ASME B16.5 4"x4"	UNID	5.00	\$6.77	\$33.83	
1.33	EMPAQUE 150Lbs ASME B16.5 6"x6"	UNID	7.00	\$9.35	\$65.45	
1.34	EMPAQUE 150Lbs ASME B16.5 8"x8"	UNID	1.00	\$10.78	\$10.78	
1.35	EMPAQUE 150Lbs ASME B16.5 10"x10"	UNID	3.00	\$19.51	\$58.54	
1.36	EMPAQUE 150Lbs ASME B16.5 12"x12"	UNID	2.00	\$28.81	\$57.62	
1.37	COPE ROSCADO ASTM 1-105 12"x12"x1"	UNID	1.00	\$15.30	\$15.30	
1.38	COPE ROSCADO ASTM 1-105 10"x10"x1"	UNID	1.00	\$11.00	\$11.00	

1.39	UNION UNIVERSAL CLASS 3000lb,NPT HEMBRA 1"x1"	UNID	2.00	\$6.05	\$12.10
2.00	SUMINISTRO DE TUBERÍAS DE AGUA				
2.01	U-BOLT 1/2" para tubería de: 1 1/2" x1 1/2"	UNID	9.00	\$2.75	\$24.75
2.02	U-BOLT 1/2" para tubería de: 2 1/2" x2 1/2"	UNID	12.00	\$4.62	\$55.44
2.03	U-BOLT 1/2" para tubería de: 3"x3"	UNID	9.00	\$7.08	\$63.76
2.04	U-BOLT 1/2" para tubería de: 4"x4"	UNID	14.00	\$11.22	\$157.08
2.05	U-BOLT 1/2" para tubería de: 6"x6"	UNID	32.00	\$17.60	\$1,953.60
2.06	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB 1 1/2"	UNID	2.10	\$26.49	\$55.18
2.07	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB 2 1/2"	UNID	4.60	\$73.85	\$338.50
2.08	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB 3"	UNID	3.10	\$89.10	\$276.21
2.09	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB 4"	UNID	4.30	\$131.90	\$558.38
2.10	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB 6"	UNID	15.90	\$225.39	\$12,873.15
2.11	CAP SOLDABLE SCH40, ANSI B169., ASTM A-234 WPB 1 1/2" x1 1/2"	UNID	4.00	\$7.08	\$28.34
2.12	CODOS 90° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 2 1/2" x2 1/2"	UNID	1.00	\$18.70	\$18.70
2.13	CODOS 90° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 6"x6"	UNID	4.00	\$19.03	\$456.72
2.14	CODOS 45° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 2 1/2" x2 1/2"	UNID	3.00	\$5.50	\$16.50
2.15	CODOS 45° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 6"x6"	UNID	12.00	\$19.03	\$304.48
2.16	BRIDA CIEGA 150Lbs RF ASME B16.5 6"x6"	UNID	2.00	\$63.03	\$63.03
2.17	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 2 1/2" x2 1/2"	UNID	4.00	\$12.96	\$51.83
2.18	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 4"x4"	UNID	12.00	\$36.74	\$440.88
2.19	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 6"x6"	UNID	6.00	\$51.70	\$982.30
2.20	REDUCCIÓN CONCÉNTRICA ASME B16.9, ASTM A-234 WPB 2 1/2" x1 1/2"	UNID	4.00	\$2.86	\$11.44
2.21	REDUCCIÓN CONCÉNTRICA ASME B16.9, ASTM A-234 WPB 3"x2 1/2"	UNID	4.00	\$3.08	\$12.32
2.22	REDUCCIÓN CONCÉNTRICA ASME B16.9, ASTM A-234 WPB 4"x3"	UNID	4.00	\$4.95	\$19.80
2.23	REDUCCIÓN CONCÉNTRICA ASME B16.9, ASTM A-234 WPB 6"x4"	UNID	2.00	\$8.14	\$16.28
2.24	TEES SCH 40 , ANSI B16.9, ASTM A-234 WPB 4"x4"x4"	UNID	2.00	\$13.65	\$27.30
2.25	VÁLVULAS COMPUERTA #175, OS&Y UL-FM 6"x6"	UNID	2.00	\$330.00	\$69.96
2.26	EMPAQUE 150Lbs ASME B16.5 2 1/2" x2 1/2"	UNID	2.00	\$4.62	\$660.00
2.27	EMPAQUE 150Lbs ASME B16.5 4"x4"	UNID	6.00	\$6.77	\$9.24
2.28	EMPAQUE 150Lbs ASME B16.5 6"x6"	UNID	4.00	\$9.35	\$40.59
2.29	NIPLE (1/2" NPT) 1/2"	UNID	44.00	\$6.05	\$112.20
2.30	COPLEROSCADO,SELLAR CON SOLDADURA,UNION ROSCADA. 1/2"	UNID	44.00	\$3.30	\$266.20
3.00	SUMINISTRO DE TUBERÍAS DE ESPUMA				
3.01	U-BOLT 1/2" PARA TUBERÍA x 2.1/2" x 2.1/2"	UNID	122.00	\$4.62	\$563.64
3.02	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB x 1"	UNID	0.09	\$16.83	\$1.46
3.03	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB x 2.1/2"	UNID	62.70	\$73.85	\$4,630.65
3.04	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB x 6"	UNID	0.22	\$225.39	\$49.59
3.05	CODOS 45° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 2 1/2" x2 1/2"	UNID	10.00	\$5.50	\$55.00
3.06	CODOS 90° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 2 1/2" x2 1/2"	UNID	24.00	\$18.70	\$448.80
3.07	BRIDA CIEGA 150Lbs RF ASME B16.5 2 1/2" x2 1/2"	UNID	2.00	\$27.39	\$54.78
3.08	BRIDA CIEGA 150Lbs RF ASME B16.5 x 6"x6"	UNID	1.00	\$63.03	\$63.03
3.09	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 x 2 1/2" x2 1/2"	UNID	22.00	\$12.96	\$285.08
3.10	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 x 6"x6"	UNID	2.00	\$51.70	\$103.40
3.11	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 x 2 1/2" x2 1/2"	UNID	2.00	\$28.22	\$56.43
3.12	VÁLVULAS COMPUERTA #175, OS&Y UL-FM x 2 1/2" x2 1/2"	UNID	2.00	\$148.50	\$297.00
3.13	EMPAQUE 150Lbs ASME B16.5 x 2 1/2" x2 1/2"	UNID	16.00	\$4.62	\$73.92
3.14	EMPAQUE 150Lbs ASME B16.5 x 6"x6"	UNID	1.00	\$9.35	\$9.35
3.15	COPLEROSCADO ASTM 1-105 x 2 1/2" x2 1/2" x1"	UNID	2.00	\$24.20	\$48.40
3.16	OLET PIPE TO PIPE 6"x6"x2 1/2"	UNID	4.00	\$51.70	\$206.80
3.17	VALV. COMPUERTA ROSCADA, API602,800 VAPOR - 3000 WOG 1"x1"	UNID	2.00	\$22.00	\$44.00
4.00	SUMINISTRO DE TUBERÍAS DE DRENAJE INDUSTRIAL				
4.01	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB x4"x4"	UNID	0.20	\$16.83	\$3.31

\$ 19,964.16

\$ 6,991.32

\$ 1,038.41

4.02	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB 4"	UNID	2.13	\$131.90	\$280.73	
4.03	CODOS 90° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 4"x4"	UNID	1.00	\$7.04	\$7.04	
4.04	CODOS 90° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 1"x1"	UNID	1.00	\$0.65	\$0.65	
4.05	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 4"x4"	UNID	1.00	\$36.74	\$36.74	
4.06	VÁLVULAS COMPUERTA #150, ASTM 216 WCB 1"x1"	UNID	1.00	\$674.41	\$674.41	
4.07	VALV. COMPUERTA ROSCADA, API602,800 VAPOR - 3000 WOG 1"x1"	UNID	1.00	\$22.00	\$22.00	
4.08	EMPAQUE 150Lbs ASME B16.5 4"x4"	UNID	2.00	\$6.77	\$13.53	
5.00	SUMINISTRO JET MIXER					\$ 458.50
5.01	CODOS 90° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 4"x4"	UNID	1.00	\$7.04	\$7.04	
5.02	CODOS 45° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 4"x4"	UNID	3.00	\$6.05	\$18.15	
5.03	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 4"x4"	UNID	4.00	\$36.74	\$146.96	
5.04	EMPAQUE 150Lbs ASME B16.5 4"x4"	UNID	2.00	\$6.77	\$13.53	
5.05	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB 4"	UNID	2.07	\$131.90	\$272.82	
6.00	DRENAJE Y SUMIDERO EN TANQUE					\$ 116.10
6.01	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB 1"	UNID	0.63	\$16.83	\$10.66	
6.02	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB 4"	UNID	0.35	\$16.83	\$5.89	
6.03	CODOS 90° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 4"x4"	UNID	1.00	\$7.04	\$7.04	
6.04	CODOS 90° - SCH 40 de radio largo ANSI B16.9, ASTM 234 1"x1"	UNID	6.00	\$0.65	\$3.89	
6.05	TEES SCH 40 , ANSI B16.9, ASTM A-234 WPB 4"x4"x3"	UNID	1.00	\$12.13	\$12.13	
6.06	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 4"x4"	UNID	1.00	\$36.74	\$36.74	
6.07	VALV. COMPUERTA ROSCADA (600 Lb) 1"x1"	UNID	1.00	\$22.00	\$22.00	
6.08	PERFIL L 3" x 3" x 5/16"	PIEZA	0.20	\$59.68	\$11.94	
6.07	PLANCHA ASTM A36 X 10 mm	UNID	0.01	\$653.40	\$5.81	
7.00	ENTRADA DE HOMBRE 24"(2 UNID.)					\$1,395.95
7.01	PLANCHA ASTM A36 5/8"(TAPA)	M2	1.38	\$143.25	\$197.69	
7.02	PLANCHA ASTM A36, 5/8"X O.D 750 mm (BRIDA)	UNID	2.00	\$29.06	\$58.12	
7.03	PLANCHA ASTM A36, 1/2" (CUELLO)	UNID	0.63	\$36.58	\$23.04	
7.04	PLANCHA ASTM A36, 1/2" O.D. 1258x1500 mm (REFUERZO)	UNID	2.00	\$238.70	\$477.40	
7.05	EMPAQUE 1/8" Ø600 INT x Ø820 EXT mm,Fibra sintética	M2	1.40	\$234.67	\$328.54	
7.06	PERNOS Ø 3/4" X 5" UNC EN AGUJERO 7/8"	UNID	56.00	\$5.50	\$308.00	
7.07	BARRA LISA ASTM A 36 Ø 5/8"	ML	1.40	\$2.26	\$3.16	
8.00	ENTRADA DE HOMBRE 30"(1 UNID.)					\$1,110.41
8.01	PLANCHA ASTM A36 3/4"(TAPA)	M2	0.94	\$171.91	\$161.59	
8.02	PLANCHA ASTM A36, 3/4"X O.D 850 mm (BRIDA)	UNID	1.00	\$46.55	\$46.55	
8.03	PLANCHA ASTM A36, 5/8"(CUELLO)	UNID	0.40	\$57.16	\$22.86	
8.04	PLANCHA ASTM A36, 5/8"X O.D 1255 mm (REFUERZO)	UNID	1.00	\$176.19	\$176.19	
8.05	PLANCHA ASTM A36, 1/2" O.D. 1500x1800 mm (REFUERZO)	UNID	1.00	\$227.99	\$227.99	
8.06	EMPAQUE 1/8" Ø750 INT x Ø850 EXT mm,Fibra sintética	M2	0.94	\$258.14	\$242.65	
8.07	PERNOS Ø 3/4" X 5" UNC EN AGUJERO 7/8"	UNID	42.00	\$5.50	\$231.00	
8.08	BARRA LISA ASTM A 36 Ø 5/8"	ML	0.7	\$2.26	\$1.58	
9.00	SUMINISTRO DE ACCESORIOS ADICIONALES					\$2,031.36
9.01	EMPAQUETADURA 1/16" ID114XOD175mmØ, fibra sintetica con aglutinante de nitrilo	UNID	5.00	\$16.50	\$82.50	
9.02	EMPAQUETADURA 1/16" ID114XOD175mmØ, fibra sintetica con aglutinante de nitrilo	UNID	5.00	\$16.50	\$82.50	
9.03	BARRA LISA Ø 3/4"	UNID	6.83	\$13.42	\$91.70	
9.04	ESP. 5/8"x3 3/4" MAS 2 TUERC. ASTM A 194 2H, ASTM A 193 Gr.B7	UNID	8.00	\$5.50	\$44.00	
9.05	ESP. 5/8"x3 1/2" MAS 2 TUERC. ASTM A 194 2H, ASTM A 193 Gr.B7	UNID	64.00	\$5.50	\$352.00	
9.06	ESP. 5/8"x6" MAS 2 TUERC. ASTM A 194 2H, ASTM A 193 Gr.B7	UNID	8.00	\$1.79	\$14.34	
9.07	ESP. 5/8"x7" MAS 2 TUERC. ASTM A 194 2H, ASTM A 193 Gr.B7	UNID	56.00	\$1.87	\$104.72	
9.08	ESP. 5/8"x7 1/2" MAS 2 TUERC. ASTM A 194 2H, ASTM A 193 Gr.B8	UNID	12.00	\$1.91	\$22.97	
9.09	ESP. 5/8"x9" MAS 2 TUERC. ASTM A 194 2H, ASTM A 193 Gr.B9	UNID	144.00	\$2.27	\$326.30	
9.10	ESP. 3/4"x11" MAS 2 TUERC. ASTM A 194 2H, ASTM A 193 Gr.B10	UNID	104.00	\$3.20	\$332.90	
9.11	ESP. 3/4"x13 1/2" MAS 2 TUERC. ASTM A 194 2H, ASTM A 193 Gr.B11	UNID	40.00	\$4.35	\$173.80	
9.12	ESP. 3/4"x5 1/4" MAS 2 TUERC. ASTM A 194 2H, ASTM A 193 Gr.B11	UNID	8.00	\$5.50	\$44.00	

9.13	ESP. 7/8"x16" MAS 2 TUERC. ASTM A 194 2H, ASTM A 193 Gr.B12	UNID	36.00	\$6.45	\$232.06	
9.14	ESP. 7/8"x19" MAS 2 TUERC. ASTM A 194 2H, ASTM A 193 Gr.B12	UNID	12.00	\$7.24	\$86.86	
9.15	ESCOTILLA DE MEDICIÓN TIPO VAREC 4"	UNID	1.00	\$40.70	\$40.70	
10.00	SUMINISTRO DE INSTALACIÓN DE ACCESORIOS CONTRA INCENDIO					\$26,406.82
10.01	CAMARA DE ESPUMA MCS9	UNID	2.00	\$11,358.60	\$22,717.20	
10.02	BOQUILLAS ASPERSORAS DE AGUA 1/2"	UNID	44.00	\$71.56	\$3,148.42	
10.03	NIPLE (1/2" NPT)	UNID	44.00	\$2.40	\$105.60	
10.04	CONEXION MACHO. 1.2"	UNID	88.00	\$3.20	\$281.60	
10.05	COPE ROSCADO, SELLAR CON SOLDADURA, UNION ROSCADA. 1/2"	UNID	44.00	\$3.50	\$154.00	
11.00	SUMINISTRO DE PARTES EN ALUMINIO					\$346,390.00
11.01	DOMO GEODÉSICO DE ALUMINIO	UNID	1.00	\$207,735.00	\$207,735.00	
11.02	MEMBRANA FLOTANTE INTERNA	UNID	1.00	\$138,655.00	\$138,655.00	
12.00	SUMINISTRO ELÉCTRICO					\$9,820.61
12.01	CAJA DE PASO TIPO GUAL DE 1" CON TAPA REDONDA CLASE 1 DIV 1 Y 2	UNID	21.00	\$58.04	\$1,218.76	
12.02	CAJA DE PASO TIPO GUAL DE 3/4" CON TAPA REDONDA CLASE 1 DIV 1 Y 3	UNID	11.00	\$56.07	\$616.74	
12.03	CAJA DE PASO TIPO GUAC DE 1" CON TAPA REDONDA CLASE 1 DIV 1 Y 2	UNID	10.00	\$58.04	\$580.36	
12.04	CAJA DE PASO TIPO GUAC DE 3/4" CON TAPA REDONDA CLASE 1 DIV 1 Y 2	UNID	10.00	\$56.07	\$560.67	
12.05	CAJA DE PASO TIPO GUAT DE 1" CON TAPA REDONDA CLASE 1 DIV 1 Y 2	UNID	20.00	\$58.04	\$1,160.72	
12.06	CAJA DE PASO TIPO GUAT DE 3/4" CON TAPA REDONDA CLASE 1 DIV 1 Y 2	UNID	10.00	\$56.07	\$560.67	
12.07	SELLO CORTAFUEGO DE 1" EYS VERTICAL /HORIZONTAL M/H	UNID	3.00	\$23.17	\$69.50	
12.08	SELLO CORTAFUEGO DE 1/2" EYS VERTICAL /HORIZONTAL M/H	UNID	3.00	\$18.57	\$55.70	
12.09	COPE FLEXIBLE DE 1/2"x12" ECLK A PRUEBA DE EXPLOSION	UNID	5.00	\$98.35	\$491.76	
12.10	TUERCA UNION UNY DE 1/2"	UNID	5.00	\$9.03	\$45.16	
12.11	TUERCA UNION UNY DE 3/4"	UNID	3.00	\$12.68	\$38.05	
12.12	TUERCA UNION UNY DE 1"	UNID	8.00	\$21.97	\$175.74	
12.13	TUBERIA CONDUIT DE 1" X 3M	UNID	84.00	\$22.81	\$1,916.38	
12.14	TUBERIA CONDUIT DE 3/4" X 3M	UNID	52.00	\$14.05	\$730.44	
12.15	COMPUESTO SELLANTE CHICO A 2.27 KG	UNID	1.00	\$35.41	\$35.41	
12.16	COMPUESTO SELLANTE CHICO X	UNID	1.00	\$22.00	\$22.00	
12.17	RIEL UNISTRUT	UNID	4.00	\$45.10	\$180.40	
12.18	ABRAZADERAS UNISTRUT DE 1"	UNID	38.00	\$0.74	\$28.01	
12.19	ABRAZADERAS UNISTRUT DE 3/4"	UNID	47.00	\$0.65	\$30.50	
12.20	CABLE DE ALIMENTACION 2X14AWG GPT	ML	220.00	\$1.71	\$375.10	
12.21	CABLE DE ALIMENTACION 3X12AWG GPT	ML	220.00	\$2.13	\$469.48	
12.22	CABLE DE COMUNICACION PROFIBUS 2X22AWG	ML	180.00	\$1.95	\$350.46	
12.23	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO DE 2X4A	UNID	1.00	\$19.34	\$19.34	
12.24	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO DE 2X10A	UNID	1.00	\$11.75	\$11.75	
12.25	REDUCCION RE DE 3/4" A 1/2"	UNID	5.00	\$12.00	\$60.00	
12.26	CODO CONDUIT 90 EL-19	UNID	1.00	\$17.54	\$17.54	
13.00	SUMINISTRO DE INSTRUMENTACIÓN					\$34,230.12
13.01	TRANSMISOR DE NIVEL TIPO RADAR	UNID	1.00	\$21,285.00	\$21,285.00	
13.02	VISOR A PIE DE TANQUE, LCD 4 LINE, 10-48 VDC	UNID	1.00	\$2,321.00	\$2,321.00	
13.03	SENSOR DE TEMPERATURA x 3/4"	UNID	1.00	\$9,845.00	\$9,845.00	
13.04	CONVERSOR DE TEMPERATURA	UNID	1.00	\$379.50	\$379.50	
13.05	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 x 2.1/2"x 2.1/2"	UNID	2.00	\$11.12	\$22.24	
13.06	BRIDAS WNRF #150 ANSI B16.5, ASTM A-105 Gr2 x 2.1 6"x 6"	UNID	2.00	\$41.26	\$82.52	
13.07	TUBERÍA DE SCH 80, ASTM A-53 Gr B x 2.1/2"x 2.1/2"	UNID	2.28	\$22.00	\$50.23	
13.08	TUBERÍA DE SCH 80, ASTM A-53 Gr B x 8"x 8"	UNID	2.28	\$51.70	\$118.05	
13.09	PLANCHA ASTM A 36 x 6 mm	UNID	0.04	\$172.92	\$6.15	
13.10	PLANCHA ASTM A 36 x 10 mm	UNID	0.09	\$653.40	\$59.10	
13.11	PERFIL L 4"x4"x1/4"	PIEZA	0.45	\$94.60	\$42.57	
13.12	PERFIL L 1 1/2"x1 1/2"x1/4"	PIEZA	0.83	\$22.51	\$18.76	
14.00	SUMINISTRO DE PLANCHAS PARA TANQUE					\$178,932.93

14.01	PLANCHA ASTM A36 2400 X 6000 X 5/16"	UNID	41.82	\$1,001.00	\$41,861.82	
14.02	PLANCHA ASTM A36 1800 X 6000 X 1/4"	UNID	43.50	\$1,210.00	\$52,635.00	
14.03	PLANCHA ASTM A36 1800 X 6000 X 5/16"	UNID	29.00	\$1,210.00	\$35,090.00	
14.04	PLANCHA ASTM A36 1800 X 6000 X 3/8"	UNID	14.50	\$1,210.00	\$17,545.00	
14.05	PLANCHA ASTM A36 1800 X 6000 X 1/2"	UNID	14.50	\$1,210.00	\$17,545.00	
14.06	PLANCHA ASTM A36 1200 X 6000 X 1/4"	UNID	14.50	\$908.60	\$13,174.70	
14.07	ANGULO ASTM A36 3"x3"x 3/8"	PIEZA	14.50	\$74.58	\$1,081.41	
15.00	SUMINISTRO PARA SOPORTES METÁLICOS TIPO S01					\$508.58
15.01	PLANCHA ASTM A 36 x 6 mm	UNID	0.37	\$172.92	\$64.56	
15.02	PERFIL L 2"x2"x1/4"	PIEZA	13.20	\$33.64	\$444.02	
16.00	SUMINISTRO PARA SOPORTES METÁLICOS TIPO S02					\$770.55
16.01	PLANCHA ASTM A 36 x 6 mm	UNID	0.07	172.92	\$12.30	
16.02	PERFIL L 3"x3"x1/4"	PIEZA	15.20	49.89	\$758.25	
17.00	SUMINISTRO PARA SOPORTES METÁLICOS TIPO S03					\$567.71
17.01	PLANCHA ASTM A 36 x 6 mm	UNID	0.05	172.92	\$9.03	
17.02	PERFIL L 2-1/2"x2-1/2"x1/4"	PIEZA	10.96	50.97	\$558.68	
18.00	SUMINISTRO PARA SOPORTES METÁLICOS TIPO S04					\$33.27
18.01	PLANCHA ASTM A 36 x 6 mm	UNID	0.02	172.92	\$2.69	
18.02	PERFIL L 2-1/2"x2-1/2"x1/4"	PIEZA	0.60	50.97	\$30.58	
19.00	SUMINISTRO PARA SOPORTES METÁLICOS TIPO S05					\$144.39
19.01	PLANCHA ASTM A 36 x 6 mm	UNID	0.09	172.92	\$15.37	
19.02	PLANCHA ASTM A 36 x 9mm	UNID	0.09	587.40	\$52.21	
19.03	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB x 2.1/2"	UNID	1.04	73.85	\$76.81	
20.00	SUMINISTRO PARA SOPORTES METÁLICOS TIPO S06					\$1,363.93
20.01	PLANCHA ASTM A 36 x 9mm	UNID	1.92	587.40	\$1,127.81	
20.02	PERFIL L 3"x3"x1/4"	PIEZA	4.73	49.89	\$236.12	
21.00	SUMINISTRO PARA SOPORTES METÁLICOS TIPO S08					\$297.72
21.01	PLANCHA ASTM A 36 x 9mm	UNID	0.15	587.40	\$85.66	
21.02	PERFIL L 4"x4"x5/16"	PIEZA	2.24	94.60	\$212.06	
22.00	SUMINISTRO PARA SOPORTES METÁLICOS TIPO S10					\$287.35
22.01	PLANCHA ASTM A 36 x 6 mm	UNID	0.19	172.92	\$32.85	
22.02	PLANCHA ASTM A 36 x 9mm	UNID	0.19	587.40	\$111.61	
22.03	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB x 4"	UNID	1.08	131.90	\$142.89	
23.00	SUMINISTRO PARA SOPORTES METÁLICOS TIPO S11					\$59.07
23.01	PLANCHA ASTM A 36 x 9mm	UNID	0.05	587.40	\$31.33	
23.02	PERFIL L 2"x2"x1/4"	PIEZA	0.82	33.64	\$27.75	
24.00	SUMINISTRO PARA SOPORTES METÁLICOS TIPO S12					\$71.78
24.01	PLANCHA ASTM A 36 x 9mm	UNID	0.04	587.40	\$24.48	
24.02	PERFIL L 4"x4"x5/8"	PIEZA	0.50	94.60	\$47.30	
25.00	SUMINISTRO PARA SOPORTES METÁLICOS TIPO S13					\$635.41
25.01	PLANCHA ASTM A 36 x 6 mm	UNID	0.10	172.92	\$17.29	
25.02	PLANCHA ASTM A 36 x 9mm	UNID	0.05	587.40	\$30.68	
25.03	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB x 6"	UNID	2.61	225.39	\$587.44	
26.00	SUMINISTRO PARA SOPORTES METÁLICOS TIPO S14					\$35.91
26.01	PLANCHA ASTM A 36 x 9mm	UNID	0.01	587.40	\$8.16	
26.02	PERFIL L 4"x4"x5/16"	PIEZA	0.29	94.60	\$27.75	
27.00	SUMINISTRO PARA SOPORTES METÁLICOS TIPO S15					\$74.86
27.01	PERFIL TUBULAR CUADRADO 40 x 20	PIEZA	1.96	38.23	\$74.86	
28.00	SUMINISTRO PARA SOPORTES METÁLICOS TIPO S17					\$1,595.47
28.01	PERFIL C 8" x 18.5	PIEZA	0.35	114.88	\$40.21	
28.02	PERFIL L 4"x 3"x1/4"	PIEZA	0.30	22.34	\$6.70	
28.03	PLANCHA ASTM A 36 1500 x 6000 x 10 mm	UNID	2.37	653.40	\$1,548.56	
29.00	SUMINISTRO PARA SOPORTES METÁLICOS TIPO S18					\$11.15
29.01	PERFIL C 4" x 5.4	PIEZA	0.28	14.16	\$3.89	
29.02	PLANCHA ASTM A 36 1500 x 6000 x 10 mm	UNID	0.01	653.40	\$7.26	
30.00	SUMINISTRO PARA PLATAFORMA Y ESCALERA DE TANQUE					\$1,925.43
30.01	GRATING - PELDAÑO 850 x 260 TIPO GR04 CON 02 TAPAS LATERALES	M2	11.50	112.04	\$1,288.43	
30.02	GRATING - PLATAFORMA 1660 X 850 TIPO GR04	M2	2.82	95.74	\$269.99	
30.03	PERFIL L 2"x2"x1/4"	PIEZA	3.17	33.64	\$106.52	

30.04	PLANCHA ASTM A 36 x 6 mm	UNID	0.03	172.92	\$4.61	
30.05	BARRA LISA Ø 3/4"	UNID	6.76	15.97	\$107.97	
30.06	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB x 1"	UNID	4.67	16.83	\$78.54	
30.07	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB x 1.1/4"	UNID	3.67	18.92	\$69.37	
31.00	SUMINISTRO PARA PLATAFORMA Y ESCALERA DE INGRESO A CUBETO					\$2,463.27
31.01	PERFIL C 8"x11.5	PIEZA	3.50	114.88	\$402.09	
31.02	PERFIL W8"x15	PIEZA	0.40	193.50	\$77.40	
31.03	PERFIL L1 1/4"x1 1/4"x1/4"	PIEZA	3.00	22.00	\$66.00	
31.04	PERFIL L1 1/2"x1 1/2"x1/4"	PIEZA	7.20	22.51	\$162.04	
31.05	PLANCHA ASTM A 36 x 6 mm	UNID	0.40	172.92	\$69.17	
31.06	PLANCHA ASTM A 36 x 6.4 mm	UNID	1.30	183.92	\$239.10	
31.07	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB x 1.1/4"	UNID	3.00	18.92	\$56.76	
31.08	PLATINA 1/4"x3"x 6mm	UNID	1.50	25.59	\$38.38	
31.09	PLATINA 1/4"x2" x 6mm	UNID	2.67	15.95	\$42.53	
31.10	VARILLA LISA 3/8"	PIEZA	1.00	4.38	\$4.38	
31.11	PERNOS Ø 11 mm	UNID	44.00	2.55	\$112.29	
31.12	PERNO DE ANCLAJE M12 (L250mm)	UNID	28.00	6.60	\$184.80	
31.13	GRATING - PELDAÑO 250 x 750 TIPO GR04 CON 02 TAPAS LATERALES	M2	3.60	112.04	\$403.33	
31.14	GRATING - PLATAFORMA 4225 X 750 TIPO GR04	M2	5.40	112.04	\$605.00	
32.00	SUMINISTRO PARA PLATAFORMA Y ESCALERA DE OPERACIÓN DE VÁLVULAS					\$2,022.62
32.01	PERFIL C 8"x8.2	PIEZA	2.83	16.97	\$48.09	
32.02	PERFIL W8"x15	PIEZA	0.35	193.50	\$67.73	
32.03	PERFIL L1 1/4"x1 1/4"x1/4"	PIEZA	1.93	22.00	\$42.53	
32.04	PERFIL L1 1/2"x1 1/2"x1/4"	PIEZA	3.33	22.51	\$75.02	
32.05	PLANCHA ASTM A 36 x 10 mm	UNID	0.04	653.40	\$26.14	
32.06	TUBERÍA DE SCH 40, ASTM A-53 GB	UNID	2.17	18.92	\$40.99	
32.07	PLATINA 1/4"x3"x 6mm	UNID	2.51	25.59	\$64.22	
32.08	PLATINA 1/4"x2" x 6mm	UNID	2.04	15.95	\$32.56	
32.09	PERNOS Ø 11 mm	UNID	48.00	2.55	\$122.50	
32.10	PERNO DE ANCLAJE M12 (L250mm)	UNID	24.00	6.60	\$158.40	
32.11	GRATING - PELDAÑO 250 x 750 TIPO GR04 CON 02 TAPAS LATERALES	M2	11.00	112.04	\$1,232.41	
32.12	GRATING - PLATAFORMA 4090 X 750 TIPO GR04	M2	1.00	112.04	\$112.04	
33.00	SUMINISTRO ESTRUCTURA PARA VISOR DE NIVEL					\$58.98
33.01	PLANCHA ASTM A 36 x 10 mm	UNID	0.04	653.40	\$27.08	
33.02	PERFIL C 4" x 5.4	PIEZA	0.30	14.16	\$4.25	
33.03	CANAL UNISTRUT RANURADO DE 1 5/8" x 1 5/8"	UNID	0.08	15.02	\$1.25	
33.04	PERNO DE ANCLAJE M12 (L250mm)	UNID	4.00	6.60	\$26.40	
34.00	SUMINISTRO ESTRUCTURA PARA TABLERO TD-1A INC BASE 0.6X0.6X0.3m					\$112.99
34.01	PLANCHA ASTM A 36 x 10 mm	UNID	0.04	653.40	\$27.08	
34.02	PERFIL C 4" x 5.4	PIEZA	0.30	14.16	\$4.25	
34.03	CANAL UNISTRUT RANURADO DE 1 5/8" x 1 5/8"	UNID	0.08	15.02	\$1.25	
34.04	PERNO DE ANCLAJE M12 (L250mm)	UNID	4.00	6.60	\$26.40	
34.05	PERFIL L1 1/2"x1 1/2"x1/4"	PIEZA	2.40	22.51	\$54.01	
						\$674,942.90

Tabla 22 Presupuesto general del proyecto.

5.7.2 ANÁLISIS DE COSTOS GENERALES

Se procede a determinar el tiempo de duración del proyecto y al mismo tiempo se determina el tiempo que cada profesional y personal del proyecto debe ser contratado y el período del cual se le procede a contratar por lo que se obtiene la siguiente tabla:

GASTOS GENERALES VARIABLES					
1.0 ADMINISTRACIÓN EN OBRA				US\$	585,477.44
1.1 PERSONAL NECESARIO					
Cant.	Personal	Meses	Sueldo (US\$)	Costo	Subtotal
1.00	Ing. Civil	4.0	3,200.00	12,800.00	12,800.00
1.00	Ing. Mecanico Electricista (Residente)	10.3	4,058.54	41,600.00	41,600.00
1.00	Ing. Seguridad	10.3	3,170.73	32,500.00	32,500.00
1.00	Ing Asistente de Campo	10.3	2,374.24	24,336.00	24,336.00
1.00	Dibujante	10.3	1,078.05	11,050.00	11,050.00
1.00	Almacenero	10.3	951.22	9,750.00	9,750.00
1.00	Guardián	10.3	986.22	10,108.80	10,108.80
3.00	Soldador 6G (Operario Especialista)	8.0	2,808.00	22,464.00	67,392.00
3.00	Soldador 4G (Operario Especialista)	8.0	2,246.40	17,971.20	53,913.60
2.00	Soldador 3G (Operario Especialista)	8.0	1,784.80	14,278.40	28,556.80
2.00	Soldador 2G (Operario Especialista)	8.0	1,784.80	14,278.40	28,556.80
1.00	Especialista Electricista	1.5	2,808.00	4,212.00	4,212.00
1.00	Especialista Instrumentista	1.5	2,808.00	4,212.00	4,212.00
1.00	Especialista Mecánico	4.0	2,808.00	11,232.00	11,232.00
					340,220.00
Leyes sociales			30%		102,066.00
Sub-Total (1.1)				US\$	442,286.00

Tabla 23 Costos generales.

1.2 DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS Y MUEBLES

		Renta	Meses	Monto	Subtotal
2.00	Ventilador	10.00%	10.25	126.83	130.00
2.00	Escritorios	10.00%	10.25	329.76	338.00
2.00	Mesas	10.00%	10.25	228.29	234.00
4.00	Sillas	10.00%	10.25	202.93	208.00
1.00	Útiles de oficina	100.00%	10.25	380.49	3,900.00
Sub-Total (1.2)				US\$	4,810.00

1.3 LICENCIA DE SOFTWARE

Cant.	Licencia	Renta	Meses	Monto	Subtotal
4.00	Windows	10.00%	10.25	2,785.17	2,854.80
4.00	Office	10.00%	10.25	1,841.56	1,887.60
4.00	S10	10.00%	10.25	3,126.92	3,205.09
4.00	Autocad	10.00%	10.25	19,658.54	20,150.00
4.00	MsProject	10.00%	10.25	2,785.17	2,854.80
4.00	Antivirus	10.00%	10.25	228.29	234.00
					31,186.29

1.4 COSTOS NO CONSIDERADOS EN EL A.C.U. DE LOS COSTOS DIRECTOSUSD **107,195.15****A.- EQUIPOS**

Cant.	Descripción	Deprec.	Meses	Monto	Total
3.00	Extintor	10.00%	10.25	760.98	780.00
3.00	Bicicletas	10.00%	10.25	951.22	975.00
1.00	Cámara fotográfica	10.00%	10.25	634.15	650.00
2.00	Radio antiexplosivo	10.00%	10.25	1,521.95	1,560.00
1.00	Aire acondicionado (alquiler)	100.00%	10.25	657.63	6,740.74
				US\$	10,705.74

B.- ALIMENTACIÓN DE PERSONAL

Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	P. Unitario \$	Parcial \$
Agua Tratada	BIDÓN	60.00	8.93	535.71
Desayuno	DÍA-H	6,204.00	2.20	13,648.80
Almuerzo	DÍA-H	6,204.00	3.30	20,473.20
Cena	DÍA-H	6,204.00	3.30	20,473.20
Sub-Total (1.3)				US\$ 55,130.91

C.- ALOJAMIENTO DE PERSONAL DE LIMA

Descripción Recurso	Cantidad	Días de Hotel	\$/noche	Parcial \$
Supervisor de instalación Domo	1.00	200.00	60.38	12,075.47
Especialista Electricista	1.00	45.00	60.38	2,716.98
Especialista Instrumentista	1.00	45.00	60.38	2,716.98
Especialista Mecánico	1.00	122.00	60.38	7,366.04
Especialistas de Pruebas	3.00	91.00	60.38	16,483.02
				US\$ 41,358.49

2.0 ADMINISTRACIÓN EN OFICINA CENTRAL DEL CONTRATISTA					US\$	12,253.08
2.1 Alquiler de Oficina Central y Gastos Generales						
Cant.	Gastos	Meses	Gastos	% Tiempo	Costo	
1.00	Mantenimiento de oficina central	10.3	317.07	10.00%	325.00	
1.00	Costo de oficina central	10.3	2,282.93	10.00%	2,340.00	
1.00	Gastos de luz	10.3	380.49	10.00%	390.00	
1.00	Gastos de agua	10.3	126.83	10.00%	130.00	
1.00	Gastos de teléfono	10.3	443.90	10.00%	455.00	
1.00	Gastos de internet	10.3	202.93	10.00%	208.00	
1.00	Equipo de oficina	10.3	190.24	10.00%	195.00	
1.00	Moviliario de oficina	10.3	190.24	10.00%	195.00	
1.00	Útiles de oficina, copias, etc.	10.3	317.07	10.00%	325.00	
2.00	Plan NEXTEL EMP I110	10.3	78.63	100.00%	806.00	
Sub-Total (2.1)					US\$	5,369.00
2.2 Personal Necesario en Oficina Central.						
Cant.	Personal	Meses	Sueldo	% Tiempo	Costo	
1.00	Ingeniero de oficina - Coordinador	10.3	3,487.80	10.00%	3,575.00	
1.00	Contador	10.3	748.72	10.00%	767.44	
1.00	Secretaria	10.3	464.88	10.00%	476.50	
1.00	Asistente de logística	10.3	464.88	10.00%	476.50	
					Parcial	5,295.45
Leyes Sociales					30%	1,588.63
Sub-Total (2.2)					US \$	6,884.08
3.0 GASTOS FINANCIEROS						19,800.00
3.1 GASTOS DE CARTA FIANZA (incluye carta de fiel cumplimiento y responsabilidad civil)						
correspondiente 10% del monto contractual						19,800.00
Sub-Total (3.1)					US \$	19,800.00

4.0 OTROS GASTOS**4.1 SEGUROS****\$ 20,606.91**

A.-		Contra Accidentes de Trabajo / Privado		Tasa	1.70%		
Cant.	Personal	Sueldo	Aporte	Meses	Costo		
1.00	Ing. Civil	3,200.00	60.8	4.0	243.35		
1.00	Ing. Mecanico Electricista (Residente)	4,058.54	77.2	10.3	790.87		
1.00	Ing. Seguridad	3,170.73	69.9	10.3	716.73		
1.00	Ing Asistente de Campo	2,374.24	67.5	10.3	692.02		
3.00	Soldador 6G (Operario Especialista)	2,605.00	49.5	8.0	1,188.59		
3.00	Soldador 4G (Operario Especialista)	2,346.40	44.6	8.0	1,070.60		
2.00	Soldador 3G (Operario Especialista)	1,784.80	33.9	8.0	542.90		
2.00	Soldador 2G (Operario Especialista)	1,784.80	33.9	8.0	542.90		
1.00	Especialista Electricista	3,100.00	58.9	1.5	88.40		
1.00	Especialista Instrumentista	3,100.00	58.9	1.5	88.40		
1.00	Especialista Mecánico	3,100.00	58.9	4.0	235.74		
2.00	Maestro Armador	3,100.00	58.9	8.0	942.97		
1.00	Dibujante	1,078.05	20.5	10.3	210.08		
1.00	Almacenero	951.22	18.1	10.3	185.36		
1.00	Guardián	986.22	18.7	10.3	192.18		
					US\$	13,371.63	
B.-		Contra Accidentes de Trabajo / Essalud		Tasa	1.00%		
Cant.	Personal	Sueldo	Aporte	Meses	Costo		
1.00	Ing. Civil	3,200.00	22.46	4.0	89.86		
1.00	Ing. Mecanico Electricista (Residente)	4,058.54	39.89	10.3	408.84		
1.00	Ing. Seguridad	3,170.73	28.49	10.3	292.03		
1.00	Ing Asistente de Campo	2,374.24	39.89	10.3	408.84		
3.00	Soldador 6G (Operario Especialista)	2,605.00	22.46	8.0	539.14		
3.00	Soldador 4G (Operario Especialista)	2,346.40	26.96	8.0	646.96		
2.00	Soldador 3G (Operario Especialista)	1,784.80	22.46	8.0	359.42		
2.00	Soldador 2G (Operario Especialista)	1,784.80	20.22	8.0	323.48		
1.00	Especialista Electricista	3,100.00	33.70	1.5	50.54		
1.00	Especialista Instrumentista	3,100.00	20.22	1.5	30.33		
1.00	Especialista Mecánico	3,100.00	33.70	4.0	134.78		
2.00	Maestro Armador	3,100.00	33.70	8.0	539.14		
1.00	Dibujante	1,078.05	8.55	10.3	87.61		
1.00	Almacenero	951.22	11.83	10.3	121.31		
1.00	Guardián	986.22	8.55	10.3	87.61		
1.00	Operador de equipo liviano	1,861.85	20.82	10.3	213.42		
1.00	Operador de equipo pesado	1,861.85	20.82	4.3	90.29		
1.00	Pintor Industrial	1,861.85	20.82	2.4	49.25		
1.00	Topógrafo	1,861.85	20.82	1.2	24.62		
1.00	Capataz	2,208.86	24.99	10.3	256.10		
4.00	Operario	1,861.85	20.82	10.3	853.67		
2.00	Oficial	1,636.60	18.12	10.3	371.42		
6.00	Ayudante	1,487.45	16.33	10.3	1,004.18		
1.00	Supervisor de instalación de Domo	1,300.00	14.40	7.0	100.80		
3.00	Especialistas para pruebas	3,100.00	33.70	1.5	151.63		
					US\$	7,235.28	
4.2 GASTOS DIVERSOS							
Gastos de las Bases de Licitación			Est.	50.00			
Gastos Notariales y Legales			Est.	50.00			
Gastos de Elaboración de Propuesta			Est.	50.00	150.00		
Sub-Total (4.2)				US \$	150.00		

CONSOLIDADO				
Costo Directo de Instalación		\$	1,411,578.72	
Descripción		Cantidad	% Parcial	% Total
Gastos Generales Variables				29.60%
1.00.- Administración y Generales de Obra		585,477.44	28.06%	
2.00.- Administración y Generales de Oficina		12,253.08	0.59%	
3.00.- Gastos Financieros		19,800.00	0.95%	
TOTAL EN DOLARES		617,530.52		
Gastos Generales Fijos				0.99%
4.10	SEGUROS	20,606.91	0.99%	
4.20	GASTOS DIVERSOS	150.00	0.01%	
TOTAL EN DOLARES		20,756.91		
Total Gastos Generales		\$	638,287.43	30.59%

CAPITULO VI: CONCLUSIONES-RECOMENDACIONES

OBJETIVO GENERAL:

Diseñar un tanque de almacenamiento para 40,000 barriles de Nafta en la refinería de Iquitos.

CONCLUSIONES

- Realizar el diseño de un tanque de almacenamiento de Nafta para la refinería de Iquitos se permitirá satisfacer el abastecimiento para el consumo de combustible en dicha región.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar la capacidad del tanque de almacenamiento a diseñar.
 - Calcular las dimensiones y características del tanque de almacenamiento.
 - Realizar la evaluación económica del diseño a realizar.
-
- Se analizó las consideraciones para el diseño del tanque, con una altura de 12m, diámetro nominal de 27m, diámetro interior de 27.6m y capacidad de diseño de 45,726 barriles de producto a almacenar, todas las consideraciones de trabajo y cumpliendo con las normas requeridas por Osinergmin.
 - El diseño de este tanque busca tener una buena operatividad, rendimiento en el periodo de operación, también se busca que se lo suficientemente económico para la inversión del cliente.

RECOMENDACIONES

- Al comenzar un proyecto de diseño en tanques de almacenamiento se recomienda saber muy bien los estudios, producto a almacenar, procedimientos y normas que se van a aplicar.
- Una recomendación importante es el estudio de suelo, hacer las pruebas necesarias, ya que estas bases no llegarían a soportar los esfuerzos a los que estarán sometidos en su operación.
- En el proceso de montaje de este tipo de proyectos es necesario que esté un supervisor que sepa del tema, al igual que el personal de dicho proyecto esté calificado y certificado, y así no se dificulte la ejecución de dicho proyecto.
- Revisar los factores de seguridad ya que este tipo de proyectos utilizó un sistema de gatas hidráulicas y a medida que se va construyendo irá bajando el peso total y las medidas de seguridad.

LINKOGRAFÍA

- <https://sagafluid.com/tanques-de-almacenamiento/>
- <https://rpp.pe/economia/economia/petroperu-abastecimiento-de-combustible-podria-verse-afectado-por-toma-de-estacion-noticia-1198240>
- <https://arvengtraining.com/wp-content/uploads/2016/02/STI-NOTAS-DE-ESTUDIO-PRUEBA-1.pdf>
- [https://www.academia.edu/11001482/MATERIALES PARA LA FABRICACION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO](https://www.academia.edu/11001482/MATERIALES_PARA_LA_FABRICACION_DE_TANQUES_DE_ALMACENAMIENTO)
- <https://docplayer.es/80631216-Universidad-nacional-autonoma-de-mexico.html>
- <https://es.slideshare.net/guillermopereda/mtodos-y-tnicas-de-investigacin-79785371>
- http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/912/1/Giafranco%20Pejerrey_Tesis_Titulo%20Profesional_2017.pdf
- [http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios Economicos/Libros/Libro-industria-hidrocarburos-liquidos-Peru.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro-industria-hidrocarburos-liquidos-Peru.pdf)
- <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31739>
- [https://issuu.com/angellara60/docs/analisis de la construccion de un](https://issuu.com/angellara60/docs/analisis-de-la-construccion-de-un)
- <https://ingemecanica.com/proyectos/objetos/proyecto148/doc1pro148.pdf>
- <http://www.petroguia.com/pet/noticias/petr%C3%B3leo/petroper%C3%BA-advirti%C3%B3-que-toma-de-oleoducto-norperuano-podr%C3%ADa-generar>
- <https://elcomercio.pe/economia/dia-1/oleoducto-detenido-alternativas-petroleras-242930-noticia/>
- <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/declaran-en-situacion-de-emergencia-a-la-region-loreto-por-d-ordenanza-no-014-2016-grl-cr-1409651-3/>

ANEXOS