

Henry Lopez

DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CON CAPACIDAD DE 35,380 BARRILES SEGÚN NORMA API 65...

 Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::20205:419673352

Fecha de entrega

7 ene 2025, 4:57 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

7 ene 2025, 5:00 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Trabajo de Suficiencia Profesional Final - Henry López.pdf

Tamaño de archivo

4.9 MB

112 Páginas

15,604 Palabras

84,637 Caracteres

8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 8% Fuentes de Internet
- 0% Publicaciones
- 1% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

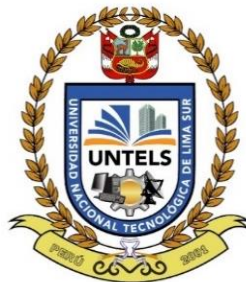
Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unprg.edu.pe	1%
2	Internet	repositorio.untels.edu.pe	1%
3	Internet	nanopdf.com	1%
4	Internet	repositorio.urp.edu.pe	0%
5	Internet	dspace.esPOCH.edu.ec	0%
6	Internet	hdl.handle.net	0%
7	Internet	1library.co	0%
8	Internet	digitalcommons.unl.edu	0%
9	Internet	repositorio.unac.edu.pe	0%
10	Internet	www.slideshare.net	0%
11	Internet	repositorio.utp.edu.pe	0%

12	Internet	tesis.ucsm.edu.pe	0%
13	Internet	www.palmital.pr.gov.br	0%
14	Internet	es.slideshare.net	0%
15	Trabajos entregados	Universidad Nacional Tecnologica De Lima Sur on 2025-01-07	0%
16	Internet	repositorio.continental.edu.pe	0%
17	Internet	www.coursehero.com	0%
18	Internet	repositorio.unap.edu.pe	0%
19	Internet	www.repositorio.iesppazangaro.edu.pe	0%
20	Trabajos entregados	Universidad Nacional Tecnologica De Lima Sur on 2024-12-02	0%
21	Internet	scdaac41539ba4550.jimcontent.com	0%
22	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	0%
23	Internet	repositorio.uptc.edu.co	0%
24	Internet	repositorio.usfq.edu.ec	0%
25	Internet	www.qualtrics.com	0%

26	Internet	www.repositorio.usac.edu.gt	0%
27	Internet	riunet.upv.es	0%
28	Internet	www.greenprojectmanagement.org	0%

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA



“DISEÑO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CON
CAPACIDAD DE 35,380 BARRILES SEGÚN NORMA API 650
PARA UN SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN LA REFINERÍA
IQUITOS, LORETO”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
 Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

LOPEZ ORTIZ, HENRY LEOPOLDO
 ORCID: 0009-0005-7165-8090

ASESOR:

SÁNCHEZ AYTE, JORGE AUGUSTO
 ORCID: 0000-0001-9734-3381

Villa el Salvador, 2024

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi guía, mi fuerza y mi ejemplo de dedicación y esfuerzo. Gracias por su amor incondicional y por enseñarme a creer en mis sueños.

A mi hermana, por su apoyo constante, su alegría y por ser una fuente inagotable de motivación en este camino.

Con profundo amor y gratitud, les dedico este logro que es también suyo.

AGRADECIMIENTO

A mi universidad, por brindarme una formación integral y ser el espacio donde descubrí y desarrollé mis habilidades profesionales. Gracias por fomentar en mí los valores de la excelencia, el compromiso y la responsabilidad.

A los profesores, quienes con su dedicación, conocimiento y paciencia guiaron mi aprendizaje, despertando mi curiosidad y alimentando mi pasión por la ingeniería. Sus enseñanzas han sido fundamentales para alcanzar este logro.

A mi asesor, por su valiosa orientación, su tiempo y su confianza en mi trabajo. Sus aportes y experiencia fueron esenciales para la culminación de este proyecto.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE	iv
LISTADO DE FIGURAS	viii
LISTADO DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES	15
1.1. Contexto.....	15
1.1.1. Visión.....	15
1.1.2. Misión	16
1.1.3. Servicios	16
1.1.4. Productos	17
1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo	18
1.2.1. Delimitación temporal	18
1.2.2. Delimitación espacial	18
1.3. Objetivos	18
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.1.1. Nacional.....	20
2.1.2. Internacional	21
2.2. Bases teóricas.....	23
2.2.1. Tanques de almacenamiento	23
2.2.2. Tipos de tanques de almacenamiento	23
2.2.2.1. Tanque de techo fijo	24
2.2.2.2. Tanque de techo flotante	24
2.2.2.3. Recipientes a presión	25
2.2.3. Accesorios de los tanques.....	26
2.2.4. Sistemas de protección contra incendios	27
2.2.5. Normas aplicables para diseño.....	27
2.2.5.1. API STD 650 – Welded Tanks For Oil Storage.....	27

2.2.5.2. API STD 2000 – Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks.....	28
2.2.5.3. AWWA D100 – Welded Carbon Steel Tanks for Water Storage...	28
2.2.5.4. ASTM – American Society For Testing and Materials	29
2.2.5.5. ASME Section IX – Boiler and Pressure Vessel	29
2.2.5.6. AWS D1.1 – Código Soldadura Estructural de Acero	29
2.2.5.7. RNE – Reglamento Nacional de Edificaciones	29
2.2.5.8. Decreto Supremos.....	29
2.2.6. Software AMETANK	30
2.2.7. Materiales	30
2.2.7.1. ASTM A36	30
2.2.7.2. ASTM A53	30
2.2.7.3. ASTM 105.....	30
2.2.7.4. ASTM A193	31
2.2.8. Uniones de soldadura.....	31
2.2.8.1. Juntas verticales en el cilindro	31
2.2.8.2. Juntas horizontales del cilindro.....	31
2.2.8.3. Juntas traslapadas en el fondo y techo	32
2.2.8.4. Junta de respaldo del fondo anular	33
2.2.8.5. Junta unión fondo – cilindro.....	33
2.2.9. Esfuerzo Admisible	34
2.2.10. Presión Hidrostática.....	34
2.2.11. Gravedad Especifica.....	34
2.2.12. Corrosión	34
2.2.13. Factor de Seguridad	35
2.2.14. Parámetros de Diseño	35
2.3. Definición de Términos Básicos	35
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL	40
3.1. Determinación y análisis del problema.....	40
3.2. Modelo de solución propuesto	41
3.2.1. Datos generales de diseño y condiciones	41
3.2.2. Selección de materiales.....	42
3.2.3. Diseño manual del tanque	43
3.2.3.1. Cálculo del cilindro del tanque	43

21

3.2.3.2. Cálculo del fondo del tanque	49
3.2.3.3. Cálculo del fondo anular del tanque	50
3.2.3.4. Cálculo del techo del tanque	53
3.2.3.5. Peso del Tanque	53
3.2.3.6. Diseño por carga de viento	54
3.2.3.7. Diseño por sismo	57
3.2.3.8. Diseño de junta	68
3.2.4. Cálculo del tanque con asistencia de un software	74
3.2.4.1. Parámetros de diseño	75
3.2.4.2. Materiales	76
3.2.4.3. Cálculo por carga de viento y sismo	77
3.2.4.4. Cálculo del fondo del tanque	79
3.2.4.5. Cálculo del fondo anular del tanque	80
3.2.4.6. Cálculo del cilindro del tanque	81
3.2.4.7. Cálculo del ángulo de rigidez del tanque	83
3.2.4.8. Cálculo del techo del tanque	84
3.2.4.9. Cálculo de la estructura del techo del tanque	85
3.2.5. Análisis de costos	87
3.2.5.1. Cilindro del tanque	87
3.2.5.2. Ángulo de rigidez	88
3.2.5.3. Fondo anular del tanque	88
3.2.5.4. Fondo del tanque	89
3.2.5.5. Techo del tanque	89
3.2.5.6. Estructura del techo del tanque	89
3.2.5.7. Accesorios del tanque	90
3.3. Resultados	92
3.3.1. Diseño manual del tanque	92
3.3.2. Cálculo del tanque con asistencia de un software	94
3.3.3. Análisis de costos de materiales de tanque	95
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
ANEXOS	102
ANEXO 1. Hoja de datos	102

4

ANEXO 2. Estudio de mecánica de suelos	105
ANEXO 3. Planos.....	107

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Refinería Iquitos	18
Figura 2 Tipos de tanques de almacenamiento.....	23
Figura 3 Juntas verticales típicas según API 650	31
Figura 4 Juntas horizontales típicas según API 650.....	32
Figura 5 Junta típica del techo según API 650	32
Figura 6 Junta típica del fondo según API 650	33
Figura 7 Junta típica del fondo anular según API 650	33
Figura 8 Junta típica del fondo - cilindro según API 650	34
Figura 9 Espesor nominal de planchas del cilindro	44
Figura 10 Material y esfuerzos admisibles.....	45
Figura 11 Espesor nominal de planchas del fondo anular	50
Figura 12 Valor Fa.....	59
Figura 13 Valor Fv	59
Figura 14 Factor de modificación de respuesta.....	61
Figura 15 Criterios de relación de anclaje	68
Figura 16 Juntas del fondo anular	69
Figura 17 Juntas del fondo	69
Figura 18 Juntas verticales para espesor de 12.5 mm	70
Figura 19 Juntas verticales para espesor de 12 mm	70
Figura 20 Juntas verticales para espesor de 8 mm	70
Figura 21 Juntas verticales para espesor de 6 mm	71
Figura 22 Juntas horizontales para espesor de 12 mm y 12.5 mm	71
Figura 23 Juntas horizontales para espesor de 8 mm y 12 mm	72
Figura 24 Juntas horizontales para espesor de 6 mm y 8 mm	72
Figura 25 Juntas horizontales para espesor de 6 mm	73
Figura 26 Juntas del cilindro - fondo.....	73
Figura 27 Juntas del techo	74
Figura 28 Parámetros de diseño AMETANK	75
Figura 29 Materiales AMETANK.....	76
Figura 30 Factores sísmicos y de viento AMETANK	77
Figura 31 Nota de alerta sísmica AMETANK.....	78

Figura 32 Cálculo del fondo AMETANK	79
Figura 33 Cálculo del fondo anular AMETANK.....	80
Figura 34 Cálculo del cilindro AMETANK	81
Figura 35 Espesores del cilindro AMETANK	82
Figura 36 Cálculo del ángulo de rigidez AMETANK	83
Figura 37 Cálculo del techo AMETANK.....	84
Figura 38 Cálculo de la estructura del techo AMETANK	85
Figura 39 Selección de elementos estructurales AMETANK.....	86

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Cálculo de espesores de anillos del cilindro	49
Tabla 2 Pesos de las partes del tanque	53
Tabla 3 Resumen de pesos del tanque	54
Tabla 4 Materiales de cilindro del tanque	87
Tabla 5 Materiales del ángulo de rigidez del tanque.....	88
Tabla 6 Materiales del fondo anular del tanque	88
Tabla 7 Materiales del fondo del tanque	89
Tabla 8 Materiales del techo del tanque	89
Tabla 9 Materiales de la estructura del techo del tanque.....	90
Tabla 10 Materiales de accesorios del tanque.....	90
Tabla 11 Resumen de resultados del diseño manual	92
Tabla 12 Resumen de resultados del software AMETANK.....	94
Tabla 13 Materiales del tanque.....	95

RESUMEN

El trabajo de suficiencia profesional presenta el diseño de un tanque de almacenamiento de agua con una capacidad de 35,380 barriles, conforme a la norma API 650, para un sistema de protección contra incendios en la Refinería Iquitos en Loreto. Dada la alta peligrosidad de los incendios en la refinería debido al manejo de productos inflamables, el diseño de un nuevo tanque es esencial para asegurar la disponibilidad de agua en situaciones de emergencia. El objetivo principal fue diseñar el tanque, apoyado en un software especializado, y realizar un análisis de costos de materiales para garantizar la viabilidad económica del proyecto.

A través de un diseño manual y asistido por software, se obtuvieron resultados consistentes que aseguran la estabilidad estructural del tanque ante factores sísmicos, vientos y mecánicos, cumpliendo con los requisitos de la norma API 650. El análisis de costos facilitó la planificación financiera del proyecto, asegurando que el diseño se mantuviera dentro del presupuesto sin comprometer la calidad ni la seguridad.

El diseño del nuevo tanque es una solución efectiva para reemplazar el tanque antiguo, que presenta problemas de antigüedad y capacidad, y mejorar el sistema contra incendios, fortaleciendo la capacidad de respuesta de la refinería ante posibles incidentes. Se recomienda realizar un monitoreo continuo del diseño para garantizar su rendimiento a largo plazo y optimizar el mantenimiento del sistema.

Palabras clave: diseño de tanque, sistema contra incendios, norma API 650.

ABSTRACT

The professional proficiency project presents the design of a water storage tank with a capacity of 35,380 barrels, in accordance with API 650 standards, for a fire protection system at the Iquitos Refinery in Loreto. Given the high risk of fires at the refinery due to the handling of flammable products, the design of a new tank is essential to ensure the availability of water in emergency situations. The main objective was to design the tank, supported by specialized software, and conduct a material cost analysis to ensure the project's economic viability.

Through both manual and software-assisted design, consistent results were obtained that ensure the structural stability of the tank against seismic, wind, and mechanical factors, complying with the API 650 standards. The cost analysis facilitated the financial planning of the project, ensuring that the design remained within budget without compromising quality or safety.

The design of the new tank is an effective solution to replace the old tank, which suffers from age and capacity issues, and improve the fire protection system, strengthening the refinery's ability to respond to potential incidents. Continuous monitoring of the design is recommended to ensure long-term performance and optimize system maintenance.

Keywords: tank design, fire protection system, API 650 standard.

INTRODUCCIÓN

La seguridad industrial en plantas de procesamiento y refinerías de petróleo es un aspecto crítico que garantiza la continuidad operativa, la protección del medio ambiente y, sobre todo, la integridad de las personas involucradas. En este contexto, los sistemas contra incendios juegan un rol esencial al mitigar los riesgos asociados a posibles incidentes, especialmente en instalaciones como la Refinería Iquitos, donde el manejo de combustibles y productos inflamables es constante.

Una de las infraestructuras clave para la efectividad de un sistema contra incendios es el tanque de almacenamiento de agua, el cual debe cumplir con especificaciones técnicas rigurosas para asegurar su disponibilidad y operatividad en caso de una emergencia. El agua es uno de los principales medios de extinción de incendios en la mayoría de refinerías, por lo que es fundamental contar con un diseño adecuado que garantice tanto su capacidad de almacenamiento como su rápida disponibilidad en situaciones críticas.

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar un tanque de almacenamiento de agua con capacidad de 35,380 barriles según norma API 650 para un sistema contra incendios en la refinería Iquitos, Loreto. Este diseño responde a la necesidad de ampliar la capacidad de almacenamiento de agua para garantizar una respuesta efectiva ante posibles incidentes en la refinería, en cumplimiento con las normativas de seguridad y los estándares internacionales aplicables al sector petrolero.

Para lograr este objetivo, se realizará un análisis detallado de los requerimientos técnicos y normativos, así como de las condiciones específicas de la refinería, tales como el clima y el tipo de suelo. A partir de este análisis, se propondrá un diseño que garantice la máxima eficiencia en la protección contra incendios, contribuyendo así a la seguridad operativa y a la sostenibilidad de las actividades de la refinería.

El presente trabajo se estructura en los siguientes capítulos:

2 CAPITULO I: Aspectos generales. Este capítulo abarca el contexto de la empresa, la delimitación temporal y espacial del estudio, así como el objetivo general y los objetivos específicos.

CAPITULO II: Marco Teórico. Incluye la presentación de los antecedentes, las bases teóricas y la definición de términos relevantes para el desarrollo del trabajo.

2 CAPITULO III: Desarrollo del trabajo profesional. Se centra en la identificación y análisis del problema, el planteamiento del modelo de solución propuesto y la exposición de los resultados obtenidos.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio, junto con la bibliografía consultada.

20

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1. Contexto

Instalaciones Mecánicas Sur S.A.C. (IMESUR) es una empresa peruana, fundada el 26 de septiembre de 2005, con sede principal en el distrito de Mollendo, provincia de Islay, en el departamento de Arequipa.

La empresa se dedica principalmente a la fabricación de productos metálicos y a la prestación de servicios relacionados, incluyendo proyectos industriales y mantenimiento en diversas áreas del sector petrolero y otras industrias. Se especializa en la fabricación, mantenimiento, montaje y desmontaje de tanques de almacenamiento, abarcando también todo el abastecimiento electromecánico, la instrumentación y la obra civil requerida.

Con un enfoque integral, IMESUR también ofrece soluciones "llave en mano", cubriendo todas las fases de un proyecto, desde la ingeniería conceptual hasta la puesta en marcha y operación. Esto le permite garantizar no solo la calidad y la seguridad, sino también la optimización de costos y tiempos de entrega para sus clientes.

25

La empresa cuenta con una amplia cartera de clientes que incluye tanto empresas locales como internacionales. Su experiencia abarca diversos sectores industriales, tales como la minería, energía, construcción y sector petroquímico, brindando soluciones integrales a sus necesidades técnicas y operativas. Instalaciones Mecánicas Sur S.A.C. se ha destacado por su capacidad para satisfacer a clientes con proyectos de alta complejidad técnica, proporcionando un servicio personalizado y ajustado a las exigencias del mercado.

1.1.1. Visión

10

La visión es convertirse en una empresa líder en ingeniería, construcción y montaje, creciendo en el Perú y con presencia en el exterior, basándose en estrictos estándares de calidad e innovación y garantizando un excelente servicio a los clientes.

1.1.2. Misión

La misión es brindar servicios en su campo de especialización con los más altos niveles de calidad, seguridad, cumplimiento y rentabilidad, asegurando la completa satisfacción del cliente y cumpliendo con sus responsabilidades sociales y comerciales.

1.1.3. Servicios

Instalaciones Mecánicas Sur S.A.C. ofrece una amplia gama de servicios especializados en el ámbito de la infraestructura industrial. Algunos de los servicios que ofrece la empresa son los siguientes:

- **Servicios mecánicos:**

La empresa se especializa en la instalación de sistemas hidráulicos, neumáticos, de climatización y ventilación, tanto en proyectos nuevos como en remodelaciones, asegurando un funcionamiento eficiente y seguro.

- **Mantenimiento industrial:**

Ofrecen mantenimiento para equipos industriales, sistemas mecánicos, eléctricos y electromecánicos, con el objetivo de asegurar la continuidad operativa y alargar la vida útil de los equipos.

- **Montaje y desmontaje de tanques de almacenamiento:**

Realizan el montaje, mantenimiento y desmontaje de tanques de almacenamiento industriales, especialmente en sectores como el petrolero y petroquímico, asegurando la correcta instalación y funcionalidad de estos grandes equipos.

- **Servicios electromecánicos:**

Instalación de sistemas eléctricos y electromecánicos, incluyendo sistemas de control y automatización industrial, con el fin de optimizar los procesos productivos y garantizar la eficiencia energética.

- **Consultoría y asesoría técnica**

Ofrecen consultoría técnica especializada en la planificación, ejecución y optimización de proyectos industriales, brindando soluciones personalizadas y asesoría a lo largo de todo el ciclo del proyecto.

1.1.4. Productos

Instalaciones Mecánicas Sur S.A.C. desarrolla una amplia variedad de productos industriales, adaptados a las necesidades de sus clientes. Entre estos productos se encuentran:

- **Productos metálicos:**

Fabricación de componentes metálicos como estructuras, soportes, plataformas y otros elementos necesarios para el montaje de equipos industriales, asegurando durabilidad y resistencia en ambientes industriales.

- **Tanques de almacenamiento:**

Fabricación y suministro de tanques de almacenamiento metálicos de alta calidad, diseñados para almacenar líquidos, combustibles, productos químicos, entre otros, para diversas industrias como la petroquímica y la energética.

- **Equipos industriales:**

Suministro de equipos mecánicos, como bombas, válvulas y otros dispositivos utilizados en sistemas hidráulicos, neumáticos y de calefacción para mantener la eficiencia operativa en plantas industriales.

- **Sistemas electromecánicos:**

La empresa ofrece sistemas electromecánicos completos, incluyendo soluciones de automatización, control y monitoreo, diseñados para mejorar la eficiencia operativa y permitir un control preciso de los procesos industriales.

1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo

1.2.1. Delimitación temporal

El diseño del tanque de almacenamiento se desarrolló entre los meses de noviembre a diciembre del 2022.

1.2.2. Delimitación espacial

La refinería Iquitos se ubica en la margen izquierda del río Amazonas, a 14 kilómetros de la ciudad de Iquitos, capital de la provincia de Maynas, en el departamento de Loreto.

Figura 1

Refinería Iquitos



Nota. Ubicación del tanque contra incendios. *Fuente.* Google maps

1.3. Objetivos

O1. Objetivo 1

Realizar el diseño manual de un tanque de almacenamiento de agua con capacidad de 35,380 barriles según norma API 650 para un sistema contra incendios en la refinería Iquitos, Loreto.

O2. Objetivo 2

Desarrollar con la asistencia de un software el cálculo de un tanque de almacenamiento de agua con capacidad de 35,380 barriles según norma API 650 para un sistema contra incendios en la refinería Iquitos, Loreto.

O3. Objetivo 3

Realizar un análisis de costos de los materiales de un tanque de almacenamiento de agua con capacidad de 35,380 barriles según norma API 650 para un sistema contra incendios en la refinería Iquitos, Loreto.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacional

Yafac (2019), en su tesis titulada *“Diseño de tanque de almacenamiento de Nafta con protección catódica para la refinería de Iquitos”*, presenta el diseño detallado de un tanque de almacenamiento de Nafta con capacidad para 40,000 barriles, utilizando la norma API 650 como marco normativo. El diseño incluye el desarrollo de la estructura del cuerpo, fondo, techo y accesorios del tanque, asegurando que el sistema sea robusto y resistente a las condiciones operativas. Además, se incorpora un sistema de protección catódica para prevenir la corrosión, una medida clave para extender la vida útil del tanque, especialmente en ambientes húmedos y corrosivos. A través de este diseño, se busca mejorar la eficiencia en el almacenamiento y distribución de Nafta en la región de Iquitos, contribuyendo al abastecimiento confiable de combustible en la refinería local. La tesis concluye que, con la implementación de este tanque, se podrá satisfacer adecuadamente la demanda de combustible en la región, optimizando la capacidad operativa de la refinería y mejorando la seguridad en las operaciones de almacenamiento.

Escarcena & Calcina (2021), en su tesis titulada *“Diseño de un tanque atmosférico metálico de 300 m³ de capacidad según la norma API 650 para almacenar hidrocarburos”*, desarrollan el diseño de un tanque metálico para almacenar hidrocarburos, siguiendo los lineamientos de la norma API 650, 13^a edición, 2020. Su investigación, realizada en la empresa INTERSOL en Puno, se centró en la aplicación de esta norma para asegurar la integridad estructural del tanque y garantizar su funcionamiento seguro. Utilizando herramientas como AutoCAD y Microsoft Excel, los autores elaboraron un diseño detallado que especifica las dimensiones, materiales y procesos de fabricación, incluyendo la utilización de acero ASTM A131/A y electrodos E6010 y E7010 para las soldaduras. El estudio concluye que la norma API 650 es crucial para evitar fallas en la construcción del tanque, orientando al diseñador en aspectos técnicos como el diseño mecánico, la fabricación, la calificación de soldaduras y la inspección técnica. Los resultados de esta tesis no solo contribuyen al desarrollo de tanques

más seguros, sino también a la mejora de la competitividad e innovación tecnológica en la industria de hidrocarburos del Perú.

Colque (2023), en su tesis titulada *“Diseño de un tanque atmosférico de almacenamiento de diesel con una capacidad de 20 650 bbls para la ampliación de la planta de Monte Azul – Mollendo”*, realiza un exhaustivo análisis de la norma API 650, abordando los cálculos necesarios para determinar las dimensiones del tanque. Además, emplea un software de diseño especializado para el dimensionamiento, con el fin de comparar los resultados obtenidos mediante el software con los cálculos manuales previstos en la normativa. En su investigación, también se detallan los procedimientos de fabricación y erección del tanque, considerando los estándares de calidad que aseguran la integridad del proyecto. El estudio concluye que, aunque no se observan diferencias significativas entre los resultados obtenidos de los cálculos manuales y los proporcionados por el software, este último permite un análisis más preciso y detallado, lo cual se refleja en la memoria de cálculo y los planos finales del proyecto.

2.1.2. Internacional

Sachidananda et al. (2019), en su artículo científico titulado *“Design, analysis and fabrication of firewater storage tank”*, abordan el diseño, análisis y fabricación de un tanque de almacenamiento de agua dulce para sistemas de protección contra incendios, siguiendo la norma API 650. El estudio se enfoca en garantizar que el diseño del tanque cumpla con los requisitos técnicos y normativos, asegurando su funcionalidad y seguridad. Utilizando acero al carbono como material principal, se llevaron a cabo análisis avanzados mediante simulaciones CFD y el software de elementos finitos ANSYS para evaluar el comportamiento estructural del tanque bajo condiciones dinámicas, incluyendo las fuerzas sísmicas y la presión hidrodinámica interna. Los resultados de estos análisis muestran que el diseño es seguro y eficiente, capaz de resistir tanto las cargas sísmicas como los modos de falla estructural. Además, el estudio destaca la importancia del diseño sísmico para tanques de mayor capacidad, dada la tendencia hacia la construcción de tanques más grandes en la industria. En conclusión, el tanque diseñado no solo cumple con las normativas de seguridad y diseño, sino que también ofrece importantes ventajas

en términos de reducción de costos y mejora en la fiabilidad y eficiencia del sistema de almacenamiento de agua contra incendios.

Oña (2019), en su proyecto integrador titulado *“Diseño y desarrollo de un tanque de almacenamiento y distribución simultánea de agua condensada para uso en varios procesos alimenticios”*, presenta el diseño de un tanque multifuncional que permite almacenar y distribuir agua condensada en diversos procesos industriales alimenticios. El diseño se fundamenta en normas internacionales, como el código ASME Sección VIII y la API-650, y se ajusta a las especificaciones técnicas proporcionadas por Escorpmech S.A. El proyecto incluyó simulaciones de esfuerzos en puntos críticos del tanque, garantizando que su estructura cumpliera con los requisitos de seguridad y funcionalidad. Además, se logró una optimización en los costos de construcción, reduciendo en un 5% los gastos en materiales, específicamente en el espesor de las planchas de acero inoxidable. Este enfoque permitió un diseño eficiente tanto en términos de rendimiento como de reducción de costos, asegurando una solución adecuada y rentable para el almacenamiento y distribución de agua condensada en la industria alimenticia.

Agboola et al. (2021), en su artículo científico titulado *“Optimum detailed design of 13,000 m³ oil storage tanks using 0.8 height-diameter”*, presentan un estudio detallado sobre el diseño estructural de un tanque de almacenamiento de petróleo con capacidad de 13.000 m³, empleando una relación altura-diámetro de 0,8 para optimizar la eficiencia y estabilidad del diseño. Los autores determinan que el diámetro nominal del tanque debe ser de 26,76 m y la altura nominal de 23,1 m, proporcionando una estructura adecuada para almacenar grandes volúmenes de petróleo. El material seleccionado para la construcción del tanque fue el acero G40.21 M grado 260 W, con un ancho de placa de 2,1 m, lo que permite una mayor eficiencia en la fabricación de las placas necesarias. Para el diseño del armazón, se utilizó el método de 1 pie, lo que permitió un total de once hileras de placas para las paredes del tanque. El diseño del tanque, que incluye tanto el armazón como el techo cónico fijo, fue realizado siguiendo los lineamientos establecidos por la norma API 650, la cual regula la construcción y seguridad de los tanques de almacenamiento de petróleo. Esta norma asegura que el tanque diseñado cumple con los más altos estándares internacionales en términos de seguridad estructural,

durabilidad y capacidad de soportar las presiones internas generadas por el líquido almacenado. Así, el estudio no solo optimiza el diseño desde un punto de vista técnico, sino que también garantiza la fiabilidad y seguridad del tanque a lo largo de su vida útil.

2.2. Bases teóricas

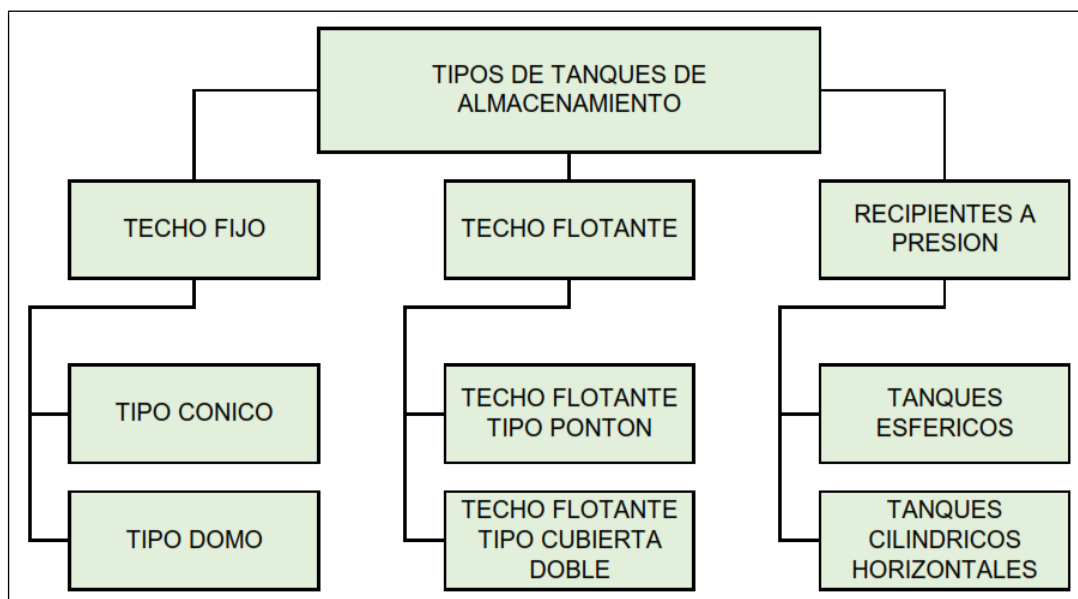
2.2.1. Tanques de almacenamiento

Gonza (2014) menciona que los tanques de almacenamiento son estructuras fabricadas con diversos materiales, generalmente tienen forma cilíndrica para optimizar la resistencia a la presión interna. Se utilizan para almacenar y conservar líquidos o gases a presión atmosférica, es decir, sin la necesidad de mantener una presión adicional. Estos tanques son comunes en industrias como la petroquímica, alimentaria y energética, donde se almacenan productos como agua, combustibles o químicos. En algunos contextos técnicos, se les conoce como tanques de almacenamiento atmosféricos debido a que operan bajo condiciones de presión similares a la del ambiente.

2.2.2. Tipos de tanques de almacenamiento

Figura 2

Tipos de tanques de almacenamiento



7

2.2.2.1. Tanque de techo fijo

Los tanques de techo fijo están diseñados especialmente para soportar presiones internas bajas. Se utilizan para almacenar productos no volátiles (no inflamables), como agua, diésel, asfalto y petróleo crudo (De la Cadena & Larrea, 2012).

a) Techo cónico

Su cubierta tiene la forma de un cono recto, un diseño ampliamente utilizado para almacenar productos no inflamables debido a su simplicidad y facilidad de fabricación. Este tipo de techo se caracteriza por su eficiencia estructural, ya que se sostiene generalmente con columnas que proporcionan un soporte adecuado, permitiendo una distribución uniforme del peso y optimizando el espacio interior (Colque, 2023).

b) Techo domo

También conocido como techo tipo sombrilla, este diseño tiene una forma esférica cuyo radio es establecido por el diseñador. Puede contar con estructuras internas o externas, o incluso no tener ninguna, estando soportado únicamente por la pared del tanque (una opción utilizada en tanques de diámetros pequeños). La fabricación de este tipo de techo es compleja, ya que cada plancha y segmento deben ser fabricados de acuerdo con el radio de curvatura establecido en el diseño (Colque, 2023).

2.2.2.2. Tanque de techo flotante

En situaciones donde el líquido almacenado presenta una presión de vapor alta (cercana a la presión atmosférica), es fundamental que no haya espacio entre el techo del tanque y el nivel del líquido. Esto se hace para prevenir la formación de sobrepresiones o vacío en dicho espacio, así como para minimizar la evaporación del producto almacenado. Para lograr estos objetivos, se utilizan los tanques con techo flotante (Bueno, 2014).

a) Techo flotante tipo pontón

Este tipo de techo se emplea en tanques con diámetros que van desde los 18 hasta los 90 metros, siendo más estable y reduciendo la posibilidad de evaporación debajo de la cubierta. El sistema de flotación está compuesto por pontones anulares, cuyo número varía según el diámetro, y una cubierta simple en el centro. La cámara de aire del pontón, además de proporcionar flotación, actúa como un aislamiento. La principal ventaja de este techo es que los vapores atrapados bajo el centro de la cubierta forman una capa aislante hasta que se condensan (Cabezas & Núñez, 2011).

b) Techo flotante tipo cubierta doble

Este diseño es sin duda el más avanzado, seguro y costoso, lo que explica su uso preferente en tanques con diámetros superiores a los 90 m. Bajo este sistema, la evaporación se reduce casi por completo gracias a su doble cubierta. Se considera el diseño más seguro porque está concebido para mantenerse a flote incluso si los pontones se inundan, gracias a la cámara de aire formada entre las cubiertas. Además, esta cámara actúa como una capa aislante, lo que ayuda a minimizar la evaporación del producto almacenado (Cabezas & Núñez, 2011).

2.2.2.3. Recipientes a presión

Se entiende por recipiente a presión a cualquier contenedor cerrado capaz de almacenar un fluido a presión manométrica, ya sea con presión interna o vacío, sin importar su forma o tamaño (Quispe & Aguilar, 2019).

a) Tanques esféricos

Los tanques de almacenamiento esférico se emplean principalmente para almacenar productos ligeros como GLP, butano, propano, entre otros. Su diseño esférico les permite resistir presiones internas de hasta 300 psi (Pejerrey, 2017).

b) Tanques cilíndricos horizontales

Estos tanques a presión tienen una disposición horizontal y una estructura cilíndrica con casquetes o formas esferoidales. Operan a presiones relativamente bajas, que van desde 15 psi hasta 250 psi (Pejerrey, 2017).

2.2.3. Accesorios de los tanques

Un tanque de almacenamiento debe contar con varios accesorios para desempeñar correctamente su función. Estos elementos son esenciales para prevenir el llenado excesivo del contenido, facilitar la inspección o el mantenimiento en su interior, así como para permitir su llenado y vaciado de manera adecuada (Saldaña, 2020).

a) Boquilla

Es necesario que todos los tanques de almacenamiento cuenten con boquillas que cumplan con los requisitos mínimos, como las de entrada y salida de producto, drenaje, venteo y acceso de hombre. Estas boquillas deben estar hechas de materiales compatibles con el tanque y contar con bridas para conectarse al sistema. Dado que la instalación de las boquillas puede debilitar la estructura del tanque, se debe aplicar un refuerzo para prevenir fallas localizadas en las aberturas de las boquillas (Saldaña, 2020).

b) Venteo

Los tanques de almacenamiento suelen estar expuestos a las condiciones climáticas y experimentan variaciones de temperatura que generan presión interna, lo que puede comprometer la integridad de la estructura del tanque. Para prevenir esto, se emplean sistemas de venteo que facilitan la liberación de gases y vapores, manteniendo así una presión constante. Es fundamental que el material del techo del tanque sea compatible con el de la boquilla, lo que asegura una soldadura adecuada (Saldaña, 2020).

c) Acceso de Hombre

Es la abertura que permite el acceso al interior del tanque para llevar a cabo tareas como mantenimiento, limpieza o inspección. La norma API 650 establece las dimensiones estándar para su fabricación. Al igual que con las boquillas, se debe proporcionar un refuerzo en la zona donde se realice la instalación (Saldaña, 2020).

d) Medidor de Nivel

El control del llenado del tanque se basa en la altura, que indica la capacidad máxima del mismo. Esta medición es crucial para prevenir accidentes y evitar el colapso del tanque. El propósito del medidor de nivel es prevenir el sobrellenado, aunque esto no impide que el medidor emita señales (Saldaña, 2020).

2.2.4. Sistemas de protección contra incendios

Andrinich (2018) señala que los sistemas de protección contra incendios consisten en un conjunto de equipos y dispositivos destinados a la detección, alarma y extinción de incendios. Estos sistemas están diseñados para activar una respuesta rápida ante situaciones de emergencia, minimizando los daños materiales y protegiendo a las personas. Generalmente, son implementados en instalaciones que, debido a requerimientos legales nacionales o internacionales, deben contar con medidas de seguridad contra incendios. Entre estos lugares se incluyen instalaciones industriales, edificios residenciales, centros comerciales, almacenes de materiales peligrosos, hospitales, y más. Además de cumplir con normativas de seguridad, estos sistemas son esenciales para garantizar la protección de vidas humanas y evitar pérdidas económicas por incendios.

2.2.5. Normas aplicables para diseño

2.2.5.1. API STD 650 – Welded Tanks For Oil Storage

Escarcena & Calcina (2021) indica que la norma API (American Petroleum Institute) Standard 650 es un documento que incluye 10 secciones y 26 apéndices, donde se detallan los requisitos mínimos para materiales, diseño, fabricación, montaje y pruebas de tanques cilíndricos

ubicados en el suelo que operan a presiones internas cercanas a la atmosférica. Su propósito es ofrecer directrices fundamentales para el diseño y construcción de tanques de almacenamiento de petróleo y sus derivados, priorizando la seguridad y la eficiencia económica. Esta norma no establece un tamaño específico para los tanques, sino que permite al comprador determinar las dimensiones adecuadas. Las secciones de la norma están organizadas de la siguiente manera:

- Sección 1: Alcance
- Sección 2: Normativas de referencia
- Sección 3: Términos y definiciones
- Sección 4: Materiales
- Sección 5: Diseño
- Sección 6: Fabricación
- Sección 7: Montaje y construcción
- Sección 8: Métodos de examinación de juntas
- Sección 9: Procedimiento de soldadura y calificación del soldador
- Sección 10: Calificación

2.2.5.2. API STD 2000 – Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks

American Petroleum Institute (2020) menciona que la norma API STD 2000 establece los requisitos de ventilación tanto para condiciones normales como de emergencia en tanques de almacenamiento de hidrocarburos o sus derivados, incluyendo aquellos tanques refrigerados, tanto superficiales como subterráneos, que están diseñados para funcionar a presiones de vacío completo hasta 103,4 kPa (ga) (15 psig).

2.2.5.3. AWWA D100 – Welded Carbon Steel Tanks for Water Storage

El objetivo de esta norma es proporcionar directrices para el diseño, la fabricación y la adquisición de tanques de almacenamiento de acero al carbono soldado, destinados al almacenamiento de agua. Dado que los tanques pueden variar en tamaños y formas, esta norma no abarca todos

los aspectos detallados del diseño y la construcción (American Water Works Association, 2011).

2.2.5.4. ASTM – American Society For Testing and Materials

La A.S.T.M. (American Society For Testing and Materials) se dedica a crear los estándares para las propiedades y rendimiento de materiales, productos, servicios y métodos de prueba en una amplia variedad de sectores industriales (Carreño & Hernández, 2008).

2.2.5.5. ASME Section IX – Boiler and Pressure Vessel

Se asegura de que los soldadores, operadores y los procedimientos de soldadura utilizados cumplan con los requisitos establecidos en las diferentes secciones del ASME Código de Construcción de Recipientes de Presión y del ASME B31 Código para Tuberías de Presión (Carreño & Hernández, 2008).

2.2.5.6. AWS D1.1 – Código Soldadura Estructural de Acero

Este código incluye todos los requisitos para la soldadura en cualquier tipo de estructura. Las secciones que componen la norma son: requisitos generales, diseño de uniones soldadas, precalificación de los procedimientos de soldadura (WPS), calificación, fabricación, inspección, soldadura de pernos, refuerzo y reparación de estructuras existentes, y estructuras tubulares (Cusi, 2023).

2.2.5.7. RNE – Reglamento Nacional de Edificaciones

El propósito de este reglamento es establecer los criterios y requisitos mínimos para el diseño y la ejecución de las infraestructuras urbanas y las construcciones (Colque, 2023).

2.2.5.8. Decreto Supremos

Los decretos supremos se consideran reglamentos nacionales que establecen las directrices para los diseños y actividades en el sector de los hidrocarburos, abarcando aspectos como la seguridad, la salud, el medio

ambiente, así como las adecuaciones y el diseño en este ámbito (Colque, 2023).

2.2.6. Software AMETANK

TechnoSoft (s.f.) indica que el software Ametank permite la configuración, el diseño y la elaboración rápida de tanques de almacenamiento verticales, ya sean contruidos en el taller o en el sitio. Los cálculos de diseño se realizan de acuerdo con la norma API 650 e incluyen factores como presiones sísmicas, internas y externas, así como las cargas provocadas por el viento. Estas son algunas de sus principales características:

- Cálculos de diseño de tanques
- Modelos de producción 3D detallados
- Planos de diseño y fabricación.
- Lista de producción y lista de materiales
- Detalles de fabricación para informes de costo

2.2.7. Materiales

2.2.7.1. ASTM A36

Saldaña (2020) señala que este material es adecuado y se utiliza en los perfiles, tanto comerciales como ensamblados, de los elementos estructurales del tanque, siempre que los espesores sean iguales o menores a 38 mm (1 1/2 pulg.).

2.2.7.2. ASTM A53

Acero para tubos de conducción que se utiliza principalmente en sistemas de tuberías para agua, gas y vapor (Cabezas & Núñez, 2011).

2.2.7.3. ASTM 105

Acero de forja para piezas de presión y piezas forjadas utilizadas en aplicaciones de alta presión y temperatura (Cabezas & Núñez, 2011).

2.2.7.4. ASTM A193

Material para tornillos expuestos a altas temperaturas y con alta resistencia (Cabezas & Núñez, 2011).

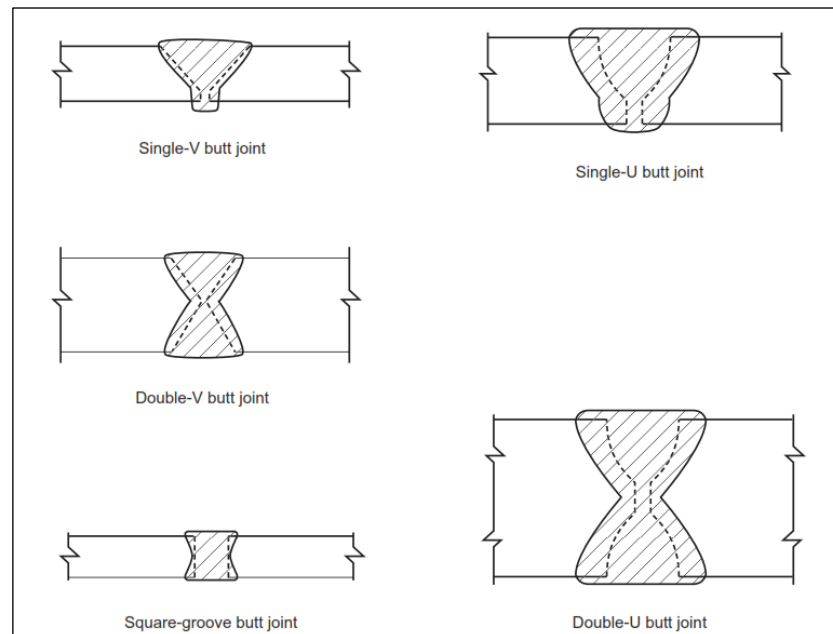
2.2.8. Uniones de soldadura

2.2.8.1. Juntas verticales en el cilindro

La junta vertical debe ser diseñada a tope, asegurando una penetración completa en la unión, y debe ser soldada tanto en el interior como en el exterior (Colque, 2023).

Figura 3

Juntas verticales típicas según API 650

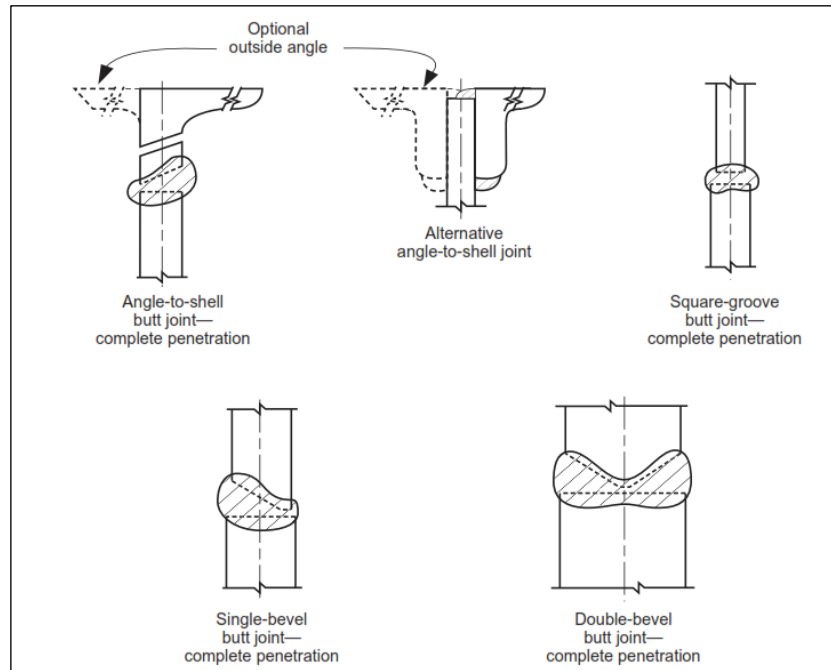


2.2.8.2. Juntas horizontales del cilindro

Al igual que la junta vertical del cilindro, la junta horizontal debe ser diseñada a tope para asegurar una penetración completa en la unión, y deberá ser soldada tanto por el interior como por el exterior (Colque, 2023).

Figura 4

Juntas horizontales típicas según API 650



2.2.8.3. Juntas traslapadas en el fondo y techo

Las uniones comunes para el fondo y el techo del tanque son traslapadas, a excepción de los techos tipo domo o sombrilla. En los fondos inclinados, las placas soldadas se superpondrán de manera que se minimice la acumulación de líquido durante el proceso de extracción (Colque, 2023).

Figura 5

Junta típica del techo según API 650

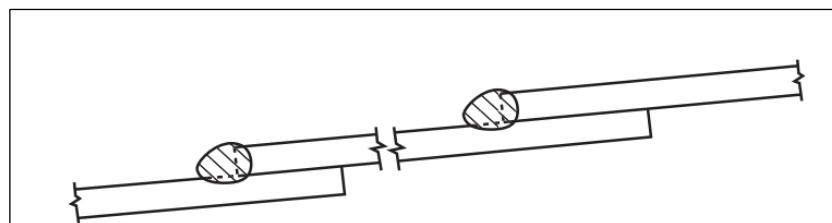
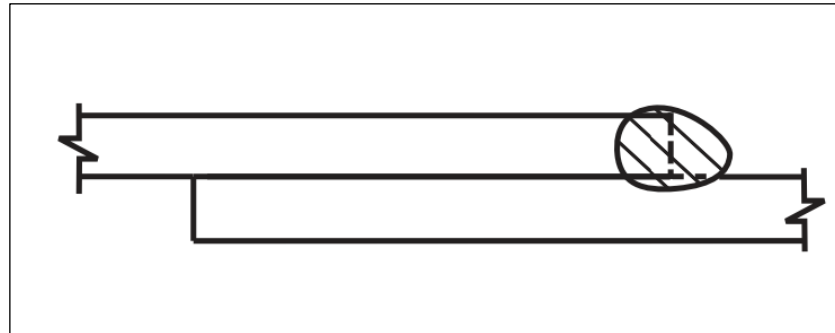


Figura 6

Junta típica del fondo según API 650

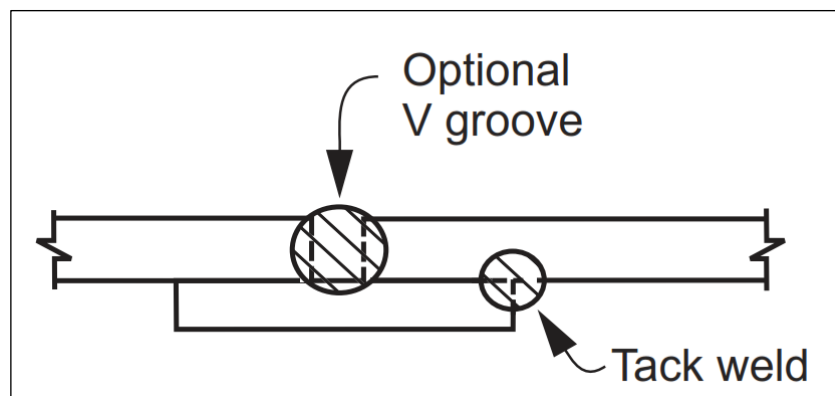


2.2.8.4. Junta de respaldo del fondo anular

Las uniones habituales para el fondo anular del tanque deben ser a tope, utilizando una plancha de respaldo (backing) para garantizar la penetración adecuada de la junta (Colque, 2023).

Figura 7

Junta típica del fondo anular según API 650

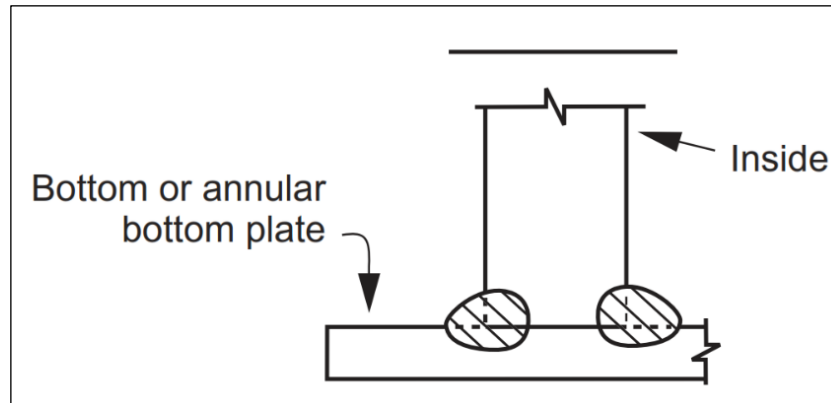


2.2.8.5. Junta unión fondo – cilindro

La unión entre el fondo y el borde de las placas del cuerpo deberá realizarse mediante un filete de soldadura continuo que cubra ambos lados de la placa (Carreño & Hernández, 2008).

Figura 8

Junta típica del fondo - cilindro según API 650



2.2.9. Esfuerzo Admisible

El esfuerzo admisible en el diseño de tanques de almacenamiento se define para asegurar la integridad estructural bajo diversas condiciones de carga (American Petroleum Institute, 2020).

2.2.10. Presión Hidrostática

La presión hidrostática es un factor crítico en el diseño de tanques, ya que se incrementa con la profundidad del líquido almacenado (American Petroleum Institute, 2020).

2.2.11. Gravedad Específica

La gravedad específica es fundamental para calcular las presiones y tensiones en las estructuras de los tanques de almacenamiento (American Petroleum Institute, 2020).

2.2.12. Corrosión

La corrosión es un factor crucial en el diseño de tanques, y se deben implementar medidas para minimizar su impacto en la estructura (American Petroleum Institute, 2020).

2.2.13. Factor de Seguridad

El factor de seguridad es esencial para garantizar que los tanques de almacenamiento puedan soportar condiciones imprevistas sin fallar (American Petroleum Institute, 2020).

2.2.14. Parámetros de Diseño

Los parámetros de diseño son fundamentales para asegurar que los tanques de almacenamiento cumplan con los requisitos de seguridad y funcionalidad establecidos por la norma (American Petroleum Institute, 2020).

2.3. Definición de Términos Básicos

Acceso de hombre: Apertura o entrada en un tanque, recipiente o estructura diseñada para permitir el paso de una persona para su inspección, mantenimiento o limpieza.

Accesorios de tanque: Elementos complementarios instalados en un tanque, como válvulas, medidores, respiraderos, boquillas, entre otros, que sirven para controlar, medir y asegurar su operación segura.

API STD 2000: Norma que define los requisitos para el diseño, material, construcción, instalación y pruebas de tanques de almacenamiento verticales de acero para el almacenamiento de líquidos.

API STD 2000: Norma que regula los sistemas de venteo y la protección de la presión interna de los tanques de almacenamiento, específicamente los que contienen productos derivados del petróleo y sus derivados.

ASTM A36: Norma que especifica los requisitos para los aceros estructurales al carbono utilizados en la construcción y fabricación de estructuras metálicas, como vigas, columnas, placas y otros componentes.

ASTM A53: Norma que establece los requisitos para los tubos de acero al carbono utilizados en la construcción de sistemas de tuberías, principalmente en la industria del gas y el petróleo, y en la construcción de estructuras.

ASTM A193: Norma que especifica los requisitos para los pernos, tuercas y otros elementos de fijación de acero aleado y acero inoxidable utilizados en recipientes a presión, calderas y sistemas de alta temperatura.

AWWA D100: Norma que establece los requisitos para el diseño, fabricación, inspección y pruebas de tanques de acero para almacenamiento de agua potable.

Boquilla: Conducto o abertura de un tanque o recipiente que permite la conexión de tubos, válvulas o instrumentos para el transporte, entrada o salida de fluidos o gases.

Capacidad nominal: La cantidad máxima de fluido o material que un tanque o recipiente puede almacenar, medida bajo condiciones estándar de operación y sin sobrepasar los límites de seguridad establecidos.

Corrosión: Proceso de deterioro de un material, generalmente metálico, debido a la reacción química con su entorno, como el oxígeno o el agua, lo que provoca la formación de óxidos, picaduras o desgaste.

Factor de seguridad: Relación entre la capacidad de carga de una estructura o componente y la carga máxima que se espera que soporte en condiciones de operación. Este factor asegura que la estructura sea segura ante imprevistos.

Fondo anular: Tipo de base o fondo de un tanque que tiene una forma anular (en anillo) y se encuentra elevado sobre el suelo o fundación, diseñado para mejorar la resistencia y permitir la evacuación del agua de lluvia o líquidos.

Junta de soldadura: Conexión realizada entre dos piezas metálicas mediante un proceso de soldadura para asegurar su unión permanente, utilizando materiales de relleno y calor para fundir y fusionar los bordes.

Junta de respaldo: Elemento colocado en el interior de una junta de soldadura para evitar que el metal fundido se escape o se pierda, generalmente fabricado de un material más blando o más fácil de manejar.

Junta traslapada: Tipo de unión entre dos piezas en la que una se superpone a la otra, creando una conexión sólida generalmente mediante soldadura, para asegurar la continuidad de la estructura.

Medidor de nivel: Dispositivo utilizado para medir el nivel de un líquido o gas en un tanque o recipiente, proporcionando una indicación precisa de la cantidad de material almacenado.

Presión hidrostática: La presión ejercida por un fluido en reposo debido a su peso, generalmente medida desde la superficie de un líquido hasta un punto sumergido dentro de él.

Presión interna: La presión que se encuentra dentro de un recipiente o sistema cerrado, generada por el contenido del recipiente o por factores externos como temperatura o volumen.

Recipiente a presión: Contenedor diseñado para almacenar o transportar sustancias a presiones superiores a la atmosférica, tales como gases, líquidos a alta presión o vapores.

Sistema de venteo: Conjunto de dispositivos (válvulas, respiraderos) que permiten la liberación controlada de presión o vapor desde el interior de un tanque o recipiente, asegurando su estabilidad y evitando daños estructurales.

Tanque de techo flotante: Tipo de tanque de almacenamiento cuyo techo se encuentra suspendido sobre el líquido almacenado, moviéndose hacia arriba o

hacia abajo a medida que cambia el nivel del líquido, con el fin de reducir las emisiones y pérdidas por evaporación.

Tanque de techo fijo: Tanque de almacenamiento en el que el techo es fijo y no se mueve, con la entrada y salida de vapor o gases controlada por un sistema de venteo o respiradero.

Tanque cilíndrico horizontal: Recipiente de almacenamiento con forma cilíndrica y colocado en posición horizontal, comúnmente usado para almacenar líquidos o gases a presión.

Tanque esférico: Tanque con forma esférica utilizado principalmente para almacenar gases a alta presión, ya que la forma esférica permite distribuir de manera uniforme la presión interna.

Tanque flotante tipo pontón: Tanque de almacenamiento cuyo techo flotante está sostenido por una estructura tipo pontón (una especie de plataforma flotante), utilizado para minimizar la evaporación de productos volátiles.

Techo cónico: Tipo de techo para tanques de almacenamiento que tiene una forma cónica, utilizado para permitir la evacuación del agua de lluvia y reducir la acumulación de residuos en la superficie del tanque.

Techo domo: Techo de forma hemisférica o de domo que se utiliza en tanques de almacenamiento para ofrecer resistencia a las cargas externas, además de minimizar la acumulación de agua de lluvia.

Techo flotante tipo cubierto doble: Tipo de techo flotante compuesto por dos capas, que se utiliza para minimizar la evaporación de líquidos volátiles y mejorar la seguridad al ofrecer una doble barrera de protección.

Techo flotante tipo sombrilla: Techo flotante que tiene la apariencia de una sombrilla, diseñado para adaptarse al nivel del líquido en el tanque y reducir la evaporación y la emisión de vapores.

Techo flotante tipo pontón: Techo flotante basado en una estructura tipo pontón, que se mueve hacia arriba o hacia abajo con el nivel del líquido, ayudando a reducir la pérdida de vapor y protegiendo el contenido del tanque.

Techo tipo sombrilla: Techo que tiene la forma de una sombrilla, diseñado para ser ligero y permitir el movimiento hacia arriba y hacia abajo a medida que varía el nivel del contenido del tanque.

Válvula de venteo: Dispositivo instalado en un tanque o recipiente para permitir la liberación de presión interna o vapor, evitando que se genere una presión excesiva que podría dañar la estructura.

Vapor de presión: Vapor generado a partir de un líquido que ha sido calentado hasta su punto de ebullición, manteniendo una presión interna elevada dentro de un recipiente cerrado.

Venteeo: Proceso de liberación de gases o vapores desde un tanque o recipiente hacia la atmósfera, realizado de forma controlada mediante un sistema de venteo, para evitar daños por presión interna o acumulación de vapores.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

3.1. Determinación y análisis del problema

La Refinería Iquitos, ubicada en la región de Loreto, enfrenta un alto riesgo de incendios debido al manejo constante de combustibles y productos altamente inflamables. Este riesgo no solo pone en peligro la integridad de las instalaciones, sino que también amenaza la seguridad de los trabajadores y el medio ambiente circundante. Para mitigar estos peligros, es fundamental contar con sistemas de protección contra incendios eficaces, donde los tanques de almacenamiento de agua juegan un papel crucial, al ser uno de los principales recursos para controlar y extinguir incendios en refinerías.

Sin embargo, el tanque de almacenamiento de agua actual de la refinería presenta un problema debido a su antigüedad y a la insuficiencia de su capacidad. El diseño y la capacidad de este tanque ya no responden de manera adecuada a las demandas operativas crecientes de la refinería, especialmente frente a incidentes de incendio de gran magnitud. La refinería ha experimentado un aumento en su capacidad operativa en los últimos años, lo que ha incrementado la necesidad de agua para los sistemas de protección contra incendios.

Esta situación resalta la necesidad urgente de un tanque de almacenamiento de mayor capacidad, que pueda proporcionar un suministro adecuado de agua para los sistemas de protección contra incendios, garantizando así una respuesta efectiva en situaciones críticas. El diseño de un nuevo tanque con una capacidad de 35,380 barriles, conforme a la normativa API 650, permitirá satisfacer las necesidades actuales y futuras de la refinería, mejorando la seguridad operativa y la capacidad de respuesta ante cualquier tipo de emergencia.

A continuación, se presentan los datos técnicos del tanque existente que será reemplazado:

- Capacidad: 15,000 barriles
- Diámetro: 15.9 m

- Altura: 12.3 m
- Material: Acero al carbono
- Número de anillos: 07
- Tipo de construcción: Remachado

La normativa API 650 establece estrictos lineamientos para el diseño y la construcción de tanques de almacenamiento, asegurando su integridad estructural y su capacidad operativa en situaciones de emergencia. El incumplimiento de estas normativas podría generar sanciones, interrupciones operativas e incluso la incapacidad de mitigar un incidente de manera adecuada, lo que incrementa el riesgo para la refinería. Por ello, el diseño del nuevo tanque no solo busca ampliar la capacidad de almacenamiento, sino también garantizar el cumplimiento de los estándares internacionales de seguridad, para asegurar una respuesta eficiente y eficaz ante emergencias, protegiendo tanto las instalaciones como el entorno circundante.

3.2. Modelo de solución propuesto

3.2.1. Datos generales de diseño y condiciones

Proporcionado por el cliente:

- Fluido almacenado: Agua
- Techo: Cono Soportado
- Capacidad útil: 35,380 barriles
- Diámetro interior: 24.85 m
- Altura del tanque: 13.10 m
- Nivel del líquido de diseño (H): 12.249 m
- Gravedad Especifica (G): 1 @ 25°C
- Presión de diseño: Atmosférica
- Temperatura de Diseño: 55°C
- Corrosión Admisible:
 - ✓ Fondo, 1er y 2do anillo: 3.0 mm
 - ✓ 3er al 6to anillo: 1.5 mm
 - ✓ Techo: 1mm

- Altura sobre el nivel del mar (m): 100

Proporcionado por normas/estudios:

- Condición de viento: API650 – 5.2.1. (K)
 - ✓ Velocidad del viento: 75 km/hr (**Proporcionado por la norma E.020**)
- Condición de sismo: API650 – App E (ASCE 7)
 - ✓ Zona sísmica: 1 (**Proporcionado por el estudio de mecánica de suelos**)
 - ✓ Coeficiente de aceleración máxima: $Z = S_p = 0.1$ (**Proporcionado por el estudio de mecánica de suelos**)
 - ✓ Factor de importancia: 1.25 (**Proporcionado por la norma E.030**)
 - ✓ Clasificación sísmica de sitio: E (**Proporcionado por la norma E.030**)

3.2.2. Selección de materiales

Los materiales a utilizar estarán de acuerdo a los requerimientos de la norma API 650, estipulados en la sección 4 y serán los siguientes:

- Fondo: ASTM A36
- Casco: ASTM A36
- Techo: ASTM A36
- Refuerzos: ASTM A36
- Elementos estructurales: ASTM A36
- Espárragos: ASTM A193
- Tubería: ASTM A53
- Bridas: ASTM 105

La selección de los materiales se basa en su resistencia mecánica, durabilidad y compatibilidad con las condiciones operativas de los tanques de almacenamiento.

Fondo, Casco, Techo, Refuerzos, Elementos estructurales (ASTM A36):

Este acero al carbono es ideal para estructuras de soporte, debido a su buena

resistencia a la tracción, facilidad de soldadura y bajo costo, lo que lo hace adecuado para las partes principales del tanque que requieren resistencia estructural.

Espárragos (ASTM A193): Elegido por su alta resistencia a la tracción y su capacidad para soportar condiciones de temperatura elevada, lo que garantiza la seguridad y durabilidad de las uniones en entornos exigentes.

Tubería (ASTM A53): Su resistencia a la presión y corrosión lo hace ideal para sistemas de transporte de líquidos, ofreciendo fiabilidad en condiciones de baja a media presión.

Bridas (ASTM A105): Seleccionado por su resistencia a alta presión y su capacidad para soportar temperaturas elevadas, lo que garantiza uniones seguras y duraderas en los sistemas de conexión del tanque.

Las planchas a utilizar para el fondo, fondo anular, cilindro y techo tendrán dimensiones de 6 m x 2.4 m.

3.2.3. Diseño manual del tanque

3.2.3.1. Cálculo del cilindro del tanque

Primero determinamos el número de anillos del cilindro del tanque:

$$N = \frac{H}{a} = \frac{13.10 \text{ m}}{2.40 \text{ m}} = 5.49 \cong 6 \text{ anillos}$$

De acuerdo con el párrafo 5.6.1.1 de la norma API 650 y considerando el diámetro como variable, se ha elegido un espesor mínimo de 6.00 mm para el cilindro del tanque.

Figura 9

Espesor nominal de planchas del cilindro

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

Nota. La figura se encuentra en el párrafo 5.6.1.1 de la norma API 650

La API 650, en su párrafo 5.6, establece varios métodos para calcular el espesor de las planchas del cilindro. En nuestro diseño, utilizaremos el cálculo según el método de 1 pie, el cual es el más utilizado en la industria para este tipo de estructuras.

Por lo tanto, el espesor de la plancha de diseño en cada virola del tanque se calculará utilizando la siguiente ecuación:

$$td = \frac{4.9 * D * (H - 0.3) * G}{Sd} + C$$

El espesor de la plancha para la prueba hidrostática en cada virola del tanque se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$tt = \frac{4.9 * D * (H - 0.3) * G}{St}$$

Donde:

td = Espesor de diseño (mm)

tt = Espesor de diseño para la prueba hidrostática (mm)

Sd = Esfuerzo admisible para diseño (MPa)

St = Esfuerzo admisible para la prueba hidrostática (MPa)

D = Diámetro nominal del tanque (m)

H = Nivel de diseño del líquido (m)

G = Gravedad específica de diseño

C = Tolerancia de corrosión

Considerando que el material seleccionado es ASTM A36.

Figura 10

Material y esfuerzos admisibles

Plate Specification	Grade	Nominal Plate Thickness t mm	Minimum Yield Strength MPa	Minimum Tensile Strength MPa	Product Design Stress S_d MPa	Hydrostatic Test Stress S_t MPa
ASTM Specifications						
A283M	C		205	380	137	154
A285M	C		205	380	137	154
A131M	A, B		235	400	157	171
A36M	—		250	400	160	171
A131M	EH 36		360	490 ^a	196	210
A573M	400		220	400	147	165
A573M	450		240	450	160	180
A573M	485		290	485 ^a	193	208
A516M	380		205	380	137	154
A516M	415		220	415	147	165
A516M	450		240	450	160	180
A516M	485		260	485	173	195
A662M	B		275	450	180	193

Nota. La figura se encuentra en la tabla 5.2a de la norma API 650

Cálculo del espesor de los 6 anillos del tanque.

$S_d = 160 \text{ MPa}$

$S_t = 171 \text{ MPa}$

$D = 24.85 \text{ m}$

$H = 12.249 \text{ m}$

$G = 1$

$C_{1 \text{ y } 2 \text{ anillo}} = 3 \text{ mm}$

$C_{3 - 6 \text{ anillo}} = 1.5 \text{ mm}$

Calculo 1er anillo:

Espesor de diseño:

$$td = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (12.249 \text{ m} - 0.3) * 1}{160 \text{ MPa}} + 3 \text{ mm}$$

$$td = 12.09 \text{ mm}$$

Espesor para prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (12.249 \text{ m} - 0.3)}{171 \text{ MPa}}$$

$$tt = 8.51 \text{ mm}$$

Calculo 2do anillo:

Se modifica la altura para realizar el cálculo del segundo anillo:

$$H = 12.249 - 2.4 = 9.849 \text{ m}$$

Espesor de diseño:

$$td = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (9.849 \text{ m} - 0.3) * 1}{160 \text{ MPa}} + 3 \text{ mm}$$

$$td = 10.27 \text{ mm}$$

Espesor para prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (9.849 \text{ m} - 0.3)}{171 \text{ MPa}}$$

$$tt = 6.80 \text{ mm}$$

Calculo 3er anillo:

Se modifica la altura para realizar el cálculo del tercer anillo:

$$H = 9.849 - 2.4 = 7.449 \text{ m}$$

Espesor de diseño:

$$td = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (7.449 \text{ m} - 0.3) * 1}{160 \text{ MPa}} + 1.5 \text{ mm}$$

$$td = 6.94 \text{ mm}$$

Espesor para prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (7.449 \text{ m} - 0.3)}{171 \text{ MPa}}$$

$$tt = 5.09 \text{ mm}$$

Calculo 4to anillo:

Se modifica la altura para realizar el cálculo del cuarto anillo:

$$H = 7.449 - 2.4 = 5.049 \text{ m}$$

Espesor de diseño:

$$td = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (5.049 \text{ m} - 0.3) * 1}{160 \text{ MPa}} + 1.5 \text{ mm}$$

$$td = 5.11 \text{ mm}$$

Espesor para prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (5.049 \text{ m} - 0.3)}{171 \text{ MPa}}$$

$$tt = 3.38 \text{ mm}$$

Calculo 5to anillo:

Se modifica la altura para realizar el cálculo del quinto anillo:

$$H = 5.049 - 2.4 = 2.649 \text{ m}$$

Espesor de diseño:

$$td = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (2.649 \text{ m} - 0.3) * 1}{160 \text{ MPa}} + 1.5 \text{ mm}$$

$$td = 3.29 \text{ mm}$$

Espesor para prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (2.649 \text{ m} - 0.3)}{171 \text{ MPa}}$$

$$tt = 1.67 \text{ mm}$$

Calculo 6to anillo:

Se modifica la altura para realizar el cálculo del sexto anillo:

$$H = 2.649 - 2.4 = 0.249 \text{ m}$$

Espesor de diseño:

$$td = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (0.249 \text{ m} - 0.3) * 1}{160 \text{ MPa}} + 1.5 \text{ mm}$$

$$td = 1.46 \text{ mm}$$

Espesor para prueba hidrostática:

$$tt = \frac{4.9 * 24.85 \text{ m} * (0.249 \text{ m} - 0.3)}{171 \text{ MPa}}$$

$$tt = - 0.04 \text{ mm}$$

Se asigna 0.00 mm, ya que no puede ser inferior a 0:

$$tt = 0.00 \text{ mm}$$

En conclusión

Tabla 1
Cálculo de espesores de anillos del cilindro

Anillo	Altura hidrostática (m)	Espesor de diseño td (mm)	Espesor para prueba hidrostática tt (mm)	Espesor comercial t (mm)
1	12.249	12.09	8.51	12.50
2	9.849	10.27	6.80	12.00
3	7.449	6.94	5.09	8.00
4	5.049	5.11	3.38	6.00
5	2.649	3.29	1.67	6.00
6	0.249	1.46	0.00	6.00

El criterio para seleccionar el espesor a utilizar se fundamenta principalmente en el espesor máximo calculado, considerando tanto los espesores de prueba como los de diseño con y sin corrosión, asegurándose de que en ningún caso sea inferior al espesor mínimo requerido de 6.00 mm.

3.2.3.2. Cálculo del fondo del tanque

Según lo dispuesto en la norma API 650 5.4.1, escogemos un espesor mínimo de 6mm añadiendo una tolerancia a la corrosión (C.A) de 3.0 mm, entonces, tendremos un espesor calculado de:

$$t_{fondo-calculado} = e_{min} + CA$$

$$t_{fondo-calculado} = 6 \text{ mm} + 3 \text{ mm}$$

$$t_{fondo-calculado} = 9 \text{ mm}$$

Obtenemos el espesor comercial de 9 mm.

Según el estándar API 650, se establecen las siguientes restricciones mínimas:

- El traslape de las planchas del fondo debe tener un ancho mínimo de 25.00 mm (1").
- Las planchas rectangulares que forman el fondo, sobre las cuales se apoya el cilindro del tanque, deben tener un ancho mínimo de 1800 mm (72").
- Las cuchillas del fondo deben sobresalir al menos 50 mm (2") de la superficie exterior del cilindro del tanque.

3.2.3.3. Cálculo del fondo anular del tanque

Para el cálculo del fondo anular, el espesor y el ancho de este, debe cumplir con lo establecido en el estándar API 650 y el D.S. 052, aplicando la normativa más restrictiva.

Cálculo del espesor de la placa anular:

El espesor de la plancha está especificado en las tablas 5.1a y 5.1b del API 650.

Figura 11

Espesor nominal de planchas del fondo anular

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

^a Plate thickness refers to the corroded shell plate thickness for product design and nominal thickness for hydrostatic test design.

^b The stress to be used is the maximum stress in the first shell course (greater of product or hydrostatic test stress). The stress may be determined using the required thickness divided by the thickness from "a" then multiplied by the applicable allowable stress:

Product Stress = $((t_d - CA) / \text{corroded } t) (S_d)$

Hydrostatic Test Stress = $(t_r / \text{nominal } t) (S_t)$

NOTE The thicknesses specified in the table, as well as the width specified in 5.5.2, are based on the foundation providing uniform support under the full width of the annular plate. Unless the foundation is properly compacted, particularly at the inside of a concrete ringwall, settlement will produce additional stresses in the annular plate.

Nota. La figura se encuentra en la tabla 5.1a de la norma API 650

El esfuerzo máximo en el primer anillo del cilindro, según la nota b de la tabla 5.1a del API 650:

$$Esfuerzo\ de\ producto = \frac{(td - CA)}{t\ corroido} * Sd$$

$$Esfuerzo\ de\ producto = \frac{(9.09 - 3)}{12.09} * 160$$

$$Esfuerzo\ de\ producto = 80.60\ MPa$$

$$Esfuerzo\ de\ prueba\ hidrostática = \frac{8.51}{12.09} * 171$$

$$Esfuerzo\ de\ prueba\ hidrostática = 120.36\ Mpa$$

De acuerdo con la tabla 5.1a del API 650, el espesor del fondo anular se obtiene como 6 mm, y al añadir la corrosión admisible del fondo se obtiene el valor final:

$$t_{fondo\ anular-calculado} = 6\ mm + 3\ mm$$

$$t_{fondo\ anular-calculado} = 9\ mm$$

El párrafo d) del artículo 42 del D.S. 052-93-EM establece que "Dependiendo del máximo asentamiento esperado bajo la pared y del espesor del primer anillo del tanque, se preverá que la plancha del fondo en contacto con la pared del tanque será de un espesor mayor, el que se extenderá no menos de 0,60 metros hacia el interior".

Del párrafo anterior se concluye que el espesor del fondo anular no debe ser inferior al espesor del primer anillo del cilindro. Por esta razón, y dado que el D.S. es más restrictivo que el API 650, se determina que el espesor del fondo anular debe ser de 12.5 mm.

Cálculo del ancho de la placa anular:

Según el párrafo 5.5.2 del estándar API 650, el ancho del fondo anular se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$L = 2 * tb * \sqrt{\frac{Fy}{2 * \gamma * G * H}}$$

pero no inferior a 600 mm

Donde:

L: Longitud radial del anillo del fondo anular

Tb: Espesor de la placa anular calculada

Fy: Esfuerzo mínimo de fluencia

H: Altura de nivel de diseño del producto

γ: Factor de densidad del agua

G: Gravedad específica del producto

Sustituyendo en la ecuación, se obtiene:

$$L = 2 * 12.5 * \sqrt{\frac{250}{2 * 0.00981 * 1 * 12.249}}$$

$$L = 806.33 \text{ mm}$$

De acuerdo con la sección 5.4.2, la plancha del fondo del tanque deberá contar con una pestaña de 51 mm.

Sumando el espesor del primer anillo y el traslape del fondo anular con el fondo del tanque de 40 mm, se obtiene:

$$L = 806.33 + 51 + 12.5 + 40 = 909.83 \text{ mm}$$

Se opta por un ancho de 920 mm.

3.2.3.4. Cálculo del techo del tanque

Según lo dispuesto por las normas API 650 5.10.2.2, escogemos un espesor mínimo de 5 mm añadiendo una tolerancia a la corrosión (C.A) de 1 mm, entonces, tendremos un espesor calculado de:

$$t_{techo-calculado} = e_{min} + CA$$

$$t_{techo-calculado} = 5\text{ mm} + 1\text{ mm}$$

$$t_{techo-calculado} = 6\text{ mm}$$

Obtenemos el espesor comercial de 6.0 mm.

3.2.3.5. Peso del Tanque

En la Tabla 2 se presentan los pesos correspondientes a cada componente del tanque.

Tabla 2

Pesos de las partes del tanque

PARTES DEL TANQUE	PESO (Kg)
Cilindro	69,434.82
Ángulo de rigidez	1,487.76
Fondo anular	6,999.00
Fondo	30,260.00
Techo	22,449.00
Estructura del techo	19,099.00
Accesorios (15% Cilindro)	10,415.22
Peso del agua en el volumen del tanque	5,940,765.00

En la Tabla 3 se presenta un resumen de los pesos del tanque, los cuales serán utilizados posteriormente para el diseño sísmico.

Tabla 3
Resumen de pesos del tanque

PARÁMETRO	PESO (Kg)	PESO (N)
Wf	37,259.00	365,138.20
Ws	70,922.58	695,041.31
Wr	41,548.00	407,170.40
Wt	160,144.81	1,569,419.10
Wp	6,100,909.81	59,788,916.10

Donde:

Wf: Peso del fondo

Ws: Peso del cilindro

Wr: Peso del techo

Wt: Peso total del tanque vacío

Wp: Peso total del tanque con agua

3.2.3.6. Diseño por carga de viento

El párrafo 5.11 del estándar API 650 establece las condiciones para calcular y garantizar la estabilidad de los tanques.

Para la sección relacionada con el viento, el estándar de diseño sugiere utilizar las directrices internacionales de ASCE-07, empleando el método de ráfaga de 3 segundos.

No obstante, también debemos cumplir con la normativa nacional, como los Decretos Supremos (D.S.) y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

Por lo tanto, realizaremos los cálculos correspondientes para garantizar la estabilidad del equipo frente al viento.

Velocidad de diseño (Vh)

Según el párrafo 12.3 de la norma E0.20:

“La velocidad de diseño del viento hasta 10 m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la edificación, pero no menos de 75 Km/h.” Por lo tanto, la velocidad de diseño se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Vh = V * \left(\frac{h}{10}\right)^{0.22}$$

$$Vh = 75 * \left(\frac{100}{10}\right)^{0.22}$$

$$Vh = 124.47 \frac{Km}{h}$$

Carga exterior de viento (Pd)

Dado que la carga será aplicada de forma perpendicular a la superficie, se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Pd = 0.005 * C * (Vh)^2$$

Donde:

Pd: Presión o succión del viento a una altura h en kg/m²

C: Factor de forma, E0.20 Tabla 04: 0.7

Por lo tanto:

$$Pd = 0.005 * 0.7 * 124.47^2$$

$$Pd = 54.22 \frac{Kg}{m^2}$$

6

Momento de volteo por viento (Mv)

El momento de volteo generado por el viento se tratará como una carga uniformemente distribuida sobre una viga fija en un extremo. Así, el momento se calculará utilizando la siguiente fórmula:

$$Mv = \frac{Pd * D * Htt^2}{2}$$

Donde:

Mv: Momento de volteo, en kg.m

Pd: Presión de diseño, en kgf/m²

D: Diámetro nominal del tanque, en m

Htt: Altura total incluido el techo, en m

Reemplazando en la ecuación:

$$Mv = \frac{54.22 * 24.85 * 13.885^2}{2}$$

$$Mv = 129,881.61 \text{ Kg.m}$$

Momento máximo (Mm)

Según la siguiente fórmula:

$$Mm = \frac{2}{3} * \frac{W * D}{2}$$

Donde:

Mm = Momento Máximo, en kg.m

W = Peso total del tanque, en kg

D= Diámetro nominal del tanque, en m

Reemplazando en la ecuación:

$$Mm = \frac{2}{3} * \frac{160,144.81 * 24.85}{2}$$

$$Mm = 1,326,532.81 \text{ Kg.m}$$

Por lo tanto, dado que el momento causado por el viento es inferior al momento máximo calculado, se concluye que el tanque es estructuralmente estable bajo esta condición.

3.2.3.7. Diseño por sismo

Para verificar la estabilidad del tanque frente a la acción sísmica, se llevará a cabo una serie de cálculos basados en el anexo E del estándar de fabricación. En esta sección, se enfocan tres análisis principales:

- 1 - Verificación de la estabilidad mediante el momento de vuelco.
- Cálculo del esfuerzo máximo cortante en la base.
- Determinación de la altura libre requerida por el oleaje (freeboard).

En esta sección también se mencionan conceptos como el efecto impulsivo y el efecto convectivo. El primero se refiere al líquido almacenado en la parte inferior del tanque, tratándose como si fuera un sólido. En cambio, el componente convectivo corresponde a la parte del fluido ubicada en la parte superior del tanque, la cual es libre para formar olas.

Datos geométricos

Según el Reglamento Nacional E0.30 "Diseño Sismorresistente", se obtiene información sobre la zonificación del sitio, la cual será verificada con el estudio de mecánica de suelos (EMS) realizado por el proyectista.

- Aceleración sísmica, E 0.30: $S_p(Z) = 0.1$
- Clase de sitio: E
- SUG, API 650 E.3: II
- Factor de importancia (II), API 650 Tabla E.5: 1.25

- Factores sísmicos de la zona, método ASCE:

1

Ss: El 5% del parámetro de amortiguamiento de aceleración espectral de respuesta para un periodo de 0.2 segundos.

$$S_s = 2.5 \times S_p$$

$$S_s = 2.5 \times 0.1$$

$$S_s = 0.25$$

1

S1: El 5% del parámetro de amortiguamiento de aceleración espectral de respuesta para un periodo de 1.0 segundos.

$$S_1 = 1.25 \times S_p$$

$$S_1 = 1.25 \times 0.1$$

$$S_1 = 0.125$$

So: Parámetro de respuesta espectral, el 0% amortiguado en cero segundos (aceleración máxima del suelo) es calculado mediante la siguiente expresión:

$$S_o = 0.4 \times S_s$$

$$S_o = 0.4 \times 0.25$$

$$S_o = 0.1$$

- Coeficiente de aceleración de sitio base:

Coeficiente de aceleración (Fa)

Figura 12

Valor F_a

Site Class	Mapped MCE_R Spectral Response Accelerations at Short Periods				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	a	a	a	a	a

^a Site-specific geotechnical investigation and dynamic site response analysis is required.

Nota. La figura se encuentra en la tabla E.1 de la norma API 650

Se obtiene un valor de $F_a = 2.5$

- Coeficiente de velocidad (F_v):

Figura 13

Valor F_v

Site Class	Mapped MCE_R Spectral Response Accelerations at 1 Sec Periods				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	a	a	a	a	a

^a Site-specific geotechnical investigation and dynamic site response analysis is required.

Nota. La figura se encuentra en la tabla E.2 de la norma API 650

Al realizar la interpolación, se obtiene un valor de $F_v = 3.43$

- Periodo convectivo (T_c):

De acuerdo con el párrafo E.4.5.2 de la 13th edición del API 650, el cálculo se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$T_c = 1.8 * K_s * \sqrt{D}$$

Para determinar el factor de chapoteo (K_s), se obtiene de la siguiente ecuación:

$$K_s = \frac{0.578}{\sqrt{\tanh\left(\frac{3.68 * H}{D}\right)}}$$

$$K_s = \frac{0.578}{\sqrt{\tanh\left(\frac{3.68 * 12.25}{24.85}\right)}}$$

$$K_s = 0.59$$

Sustituyendo en la formula del periodo convectivo:

$$T_c = 1.8 * 0.59 * \sqrt{24.85}$$

$$T_c = 5.326 \text{ seg}$$

- Periodo de Transición (T_L):

El estándar de fabricación establece que, para las regiones fuera del territorio de EE. UU., se debe tomar un valor de 4 segundos.

$$T_L = 4.00$$

- Factor de escala a nivel de diseño de aceleraciones espectrales (Q): 1
- Factores de modificación de respuesta

Según el párrafo E.5.1.1, se proporciona una tabla que muestra el factor de modificación de respuesta para tanques de almacenamiento de líquidos diseñados y detallados conforme a estas disposiciones. Este factor puede ser igual o menor que los siguientes valores:

Figura 14

Factor de modificación de respuesta

Anchorage system	R_{wi} (impulsive)	R_{wc} (convective)
Self-anchored	3.5	2
Mechanically-anchored	4	2

Nota. La figura se encuentra en la tabla E.4 de la norma API 650

El tanque se diseña para ser anclado mecánicamente; en ese caso, tomamos:

$$R_{wi} = 3.5$$

$$R_{wc} = 2$$

Respuestas de aceleraciones espectrales

Los diferentes parámetros de aceleraciones espectrales son:

- Parámetro de aceleración espectral impulsiva (A_i)

De acuerdo con las ecuaciones E.4.6.1-1 de la 13ª edición del API 650.

$$SDS = Q * Fa * Ss$$

$$SDS = 1 * 2.5 * 0.25$$

$$SDS = 0.63$$

$$A_i = SDS * \frac{I}{R_w}$$

$$A_i = 0.63 * \frac{1.25}{3.5}$$

$$A_i = 0.223$$

- Parámetro de aceleración espectral conectivo (A_c)

Según la ecuación E4.6.1-5 del API 650, se señala:

Para $T_c > T_L$

Entonces:

$$A_c = K * SDS * \left(\frac{T_L}{T_c^2} \right) * \left(\frac{1}{R_{wc}} \right)$$

De acuerdo con la norma API 650 E.2.2, el coeficiente para ajustar la aceleración espectral (K) es igual a 1.5.

$$A_c = 1.5 * 0.63 * \left(\frac{4}{5.326^2} \right) * \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$A_c = 0.07$$

- Pesos efectivos del producto

El peso efectivo impulsivo (W_i) se calcula utilizando la siguiente fórmula, la cual depende de la relación entre el diámetro y la altura del tanque, tal como se indica en el párrafo E.6.1.1.

$$\frac{D}{H} \geq 1.333; W_i = \frac{\tanh\left(0.866 * \frac{D}{H}\right)}{0.866 * \frac{D}{H}} * W_p$$

De esta manera, con una relación $D/H = 0.91$, el valor resultante es mayor que 1.333. Por lo tanto, el peso efectivo impulsivo se calculará utilizando la siguiente ecuación:

$$W_i = \frac{\tanh\left(0.866 * \frac{24.85}{12.25}\right)}{0.866 * \frac{24.85}{12.25}} * 59,788,916.10$$

$$W_i = 32,064,690.57 \text{ N}$$

El peso efectivo conectivo (W_c) se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$W_c = 0.230 * \frac{D}{H} * \tanh\left(\frac{3.67 * H}{D}\right) * W_p$$

$$W_c = 0.230 * \frac{24.85}{12.25} * \tanh\left(\frac{3.67 * 12.25}{24.85}\right) * 59,788,916.10$$

$$W_c = 26,438,130.33 \text{ N}$$

- Centro de acción para las fuerzas laterales efectivas

La altura desde el fondo del tanque hasta el centro de acción de las fuerzas laterales sísmicas, asociadas con la fuerza impulsiva del líquido, se calcula utilizando la siguiente ecuación, en la cual depende de la relación D/H.

$$\frac{D}{H} \geq 1.333; X_i = 0.375 * H$$

Sabiendo que la relación D/H es mayor que 1.33, se procede a reemplazar en la ecuación:

$$X_i = 0.375 * 12.25$$

$$X_i = 4.59 \text{ m}$$

La altura desde el fondo del tanque hasta el centro de acción de las fuerzas laterales sísmicas asociadas con la fuerza convectiva del líquido se determina utilizando la siguiente ecuación.

$$X_c = \left(1 - \frac{\cosh\left(\frac{3.67 * H}{D}\right) - 1}{\frac{3.67 * H}{D} * \sinh\left(\frac{3.67 * H}{D}\right)}\right) * H$$

$$X_c = \left(1 - \frac{\cosh\left(\frac{3.67 * 12.25}{24.85}\right) - 1}{\frac{3.67 * 12.25}{24.85} * \sinh\left(\frac{3.67 * 12.25}{24.85}\right)}\right) * 12.85$$

$$X_c = 7.38 \text{ m}$$

- Fuerza de corte en la base

De acuerdo con el estándar de fabricación, la fuerza de corte en la base se calcula utilizando la siguiente fórmula.

$$V = \sqrt{V_i^2 + V_c^2}$$

Donde:

V_i = Fuerza impulsiva

W_i = Impulso efectivo por peso del líquido, N

W_s = Peso total del tanque y sus accesorios, N

W_r = Peso total del techo y sus accesorios más un 10% de carga por nieve, N.

W_c = Peso del líquido por efecto de convección (chapoteo), N.

W_f = Peso total del fondo del tanque, N.

V_c = Fuerza convectiva

Donde la fuerza impulsiva (V_i):

$$V_i = A_i * (W_s + W_r + W_f + W_i)$$

$$V_i = 0.223 * (695,041.31 + 407,170.40 + 365,138.20 + 32,064,690.57)$$

$$V_i = 7,484,830.47 \text{ N}$$

Donde la fuerza convectiva (V_c):

$$V_c = A_c * W_c$$

$$V_c = 0.07 * 26,438,130.33$$

$$V_c = 1,747,533.97 \text{ N}$$

Sustituyendo en la ecuación

$$V = \sqrt{7,484,830.47^2 + 1,747,533.97^2}$$

$$V = 7,686,127.90 \text{ N}$$

Estabilidad al vuelco

En esta sección, se calculará el momento máximo en la base del tanque para tanques apoyados sobre un anillo de concreto, conforme al Anexo E del API 650, utilizando la siguiente fórmula:

$$Mr = \sqrt{(A_i * (W_i * X_i + W_s * X_s + W_r * X_r))^2 + (A_c * (W_c * X_c))^2}$$

Donde:

A_i = Coeficiente de aceleración de espectro para respuesta impulsiva.

A_c = Coeficiente de aceleración de espectro para respuesta convectiva, %g.

W_i = Impulso efectivo por peso del líquido, N.

W_s = Peso total del tanque y sus accesorios, N.

W_r = Peso total del techo y sus accesorios más un 10% de carga por nieve, N.

W_c = Peso del líquido por efecto de convección (chapoteo), N.

X_i = Altura desde el fondo del tanque, al centro de acción de la fuerza sísmica lateral relacionada con la fuerza impulsiva de líquido para el momento del anillo la pared, m.

X_s = Altura desde el fondo hasta el centro de gravedad del tanque, m.

X_r = Altura desde el fondo hasta el centro de gravedad del techo, m.

X_c = Altura desde el fondo del tanque al centro de acción de la fuerza lateral sísmica relacionada con la fuerza del líquido por convección.

Sustituyendo en la fórmula los datos obtenidos en las secciones previas:

$$Mr = 34,778,340.602 \text{ N.m}$$

Cálculo de anclaje del tanque

El cálculo del anclaje del tanque de almacenamiento se realizará utilizando la siguiente fórmula:

$$J = \frac{Mr}{D^2 * (Wt * (1 - 0.4 * Av) + Wa - 0.4 * Wint)}$$

Donde:

Wt = Peso del cuerpo del tanque y el techo soportado en el cuerpo (N/mm)

Wint = Carga de elevación debido a la presión del producto

Wa = Fuerza de resistencia del anillo (N/m)

Siendo:

$$Wrs = \frac{Wr}{\pi * D}$$

$$Wrs = \frac{220,000.20}{\pi * 24.85}$$

$$Wrs = 2,818.04 \frac{N}{m}$$

$$Wt = \left(\frac{Ws}{\pi * D} + Wrs \right)$$

$$W_t = \left(\frac{695,041.31}{\pi * 24.85} + 2,818.04 \right)$$

$$W_t = 11,721 \frac{N}{m}$$

$$A_v = 0.47 * SDS$$

$$A_v = 0.47 * 0.63$$

$$A_v = 0.29$$

$$G_e = SG * (1 - (0.4 * A_v))$$

$$G_e = 1 * (1 - (0.4 * 0.29))$$

$$G_e = 0.883$$

$$W_a = 99 * t_a * \sqrt{F_y * H * G_e}$$

$$W_a = 99 * 9.5 * \sqrt{250 * 12.25 * 0.883}$$

$$W_a = 48,907.70 \frac{N}{m}$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$J = \frac{34,778,340.602}{24.85^2 * (11,888.11 * (1 - 0.4 * 0.29) + 48,907.70 - 0.4 * 0)}$$

$$J = 0.95$$

Por lo tanto, según la tabla E.6 del API 650,

Figura 15

Criterios de relación de anclaje

Anchorage Ratio J	Criteria
$J \leq 0.785$	No calculated uplift under the design seismic overturning moment. The tank is self-anchored.
$0.785 < J \leq 1.54$	Tank is uplifting, but the tank is stable for the design load providing the shell compression requirements are satisfied. Tank is self-anchored.
$J > 1.54$	Tank is not stable and cannot be self-anchored for the design load. Modify the annular ring if $L < 0.035D$ is not controlling or add mechanical anchorage.

Nota. La figura se encuentra en la tabla E.6 de la norma API 650

En consecuencia, la relación de anclaje calculada corresponde a la fila 2. Por lo tanto, el tanque no necesita anclajes mecánicos (silletas de anclaje).

3.2.3.8. Diseño de junta

El diseño de la junta de soldadura para las diferentes uniones de las piezas del tanque se basa en el ASME IX, el cual remite a la AWS, donde se establecerán los diferentes criterios.

Juntas del fondo

Las planchas y/o secciones del fondo deben ser rectangulares o cuadradas. El traslape mínimo permitido es de 25 mm (1 pulgada). En las uniones donde se crucen dos o más secciones, la distancia mínima entre ellas debe ser de 305 mm (1 pie).

El diseño de la junta para el fondo será traslapado; en el caso del fondo anular perimetral, este se unirá a tope, como se describe en el párrafo 5.1.5.6 de API 650. Además, deberá contar con un backing de respaldo en la unión para asegurar una penetración completa, y este backing no deberá ser inferior a 3 mm (1/8") de espesor.

Figura 16

Juntas del fondo anular

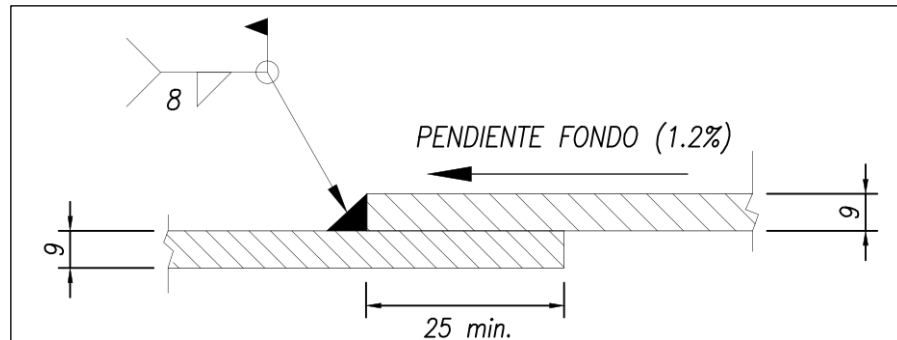
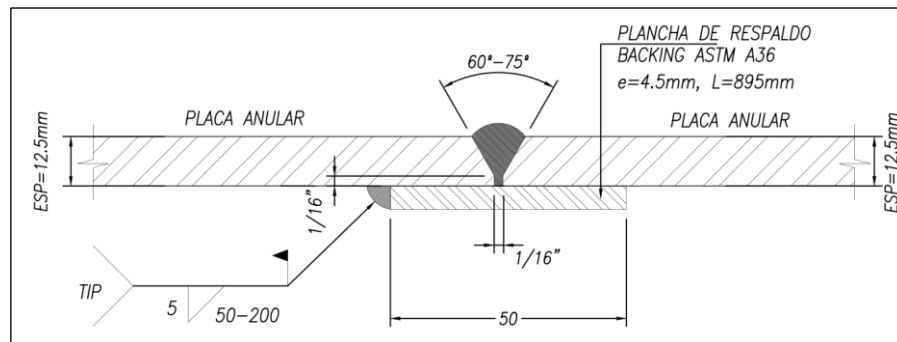


Figura 17

Juntas del fondo



Juntas verticales del cilindro

El diseño de las juntas verticales del cilindro será a tope, biseladas en 'V' en dos caras para anillos con un espesor de 12 mm a 12.5 mm, y biseladas en 'V' en una cara para anillos con un espesor de 8 mm. Para los anillos de 6 mm de espesor, el diseño de la junta será a tope con ranura rectangular, para asegurar una penetración completa.

Figura 18

Juntas verticales para espesor de 12.5 mm

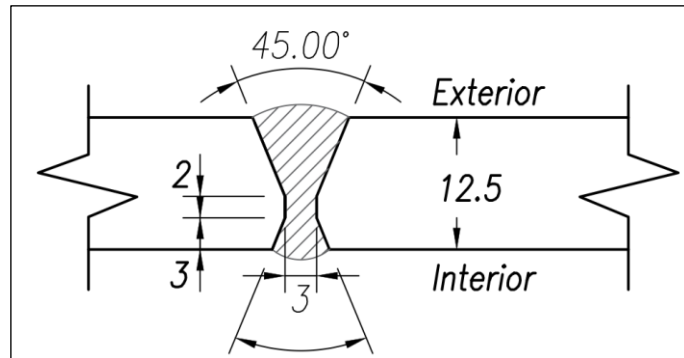


Figura 19

Juntas verticales para espesor de 12 mm

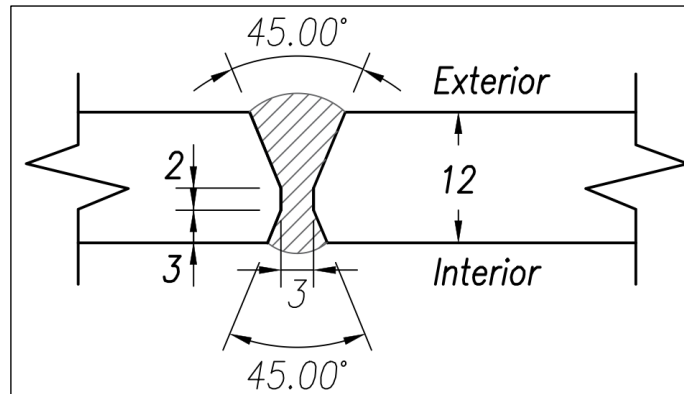


Figura 20

Juntas verticales para espesor de 8 mm

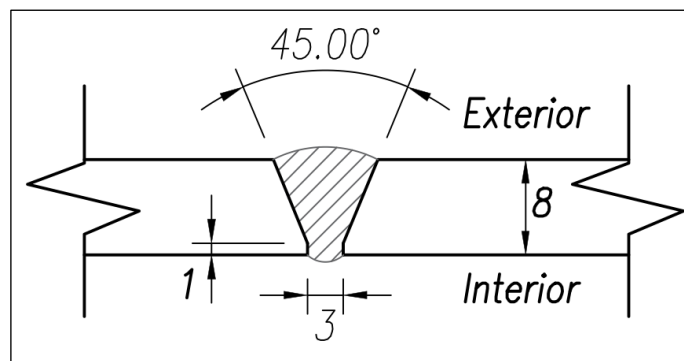
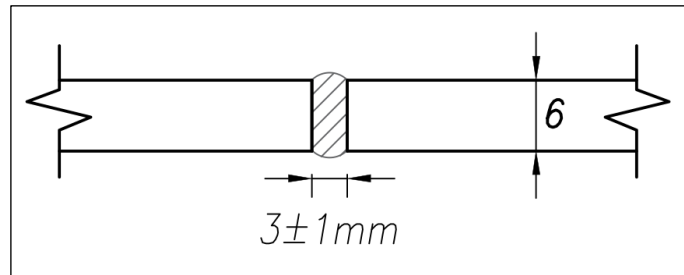


Figura 21

Juntas verticales para espesor de 6 mm



Juntas horizontales del cilindro

El diseño de las juntas horizontales del cilindro será a tope, biseladas en 'V' en una cara para anillos con un espesor de 8 mm a 12.5 mm. Para los anillos de 6 mm de espesor, el diseño de la junta será a tope con ranura rectangular.

Figura 22

Juntas horizontales para espesor de 12 mm y 12.5 mm

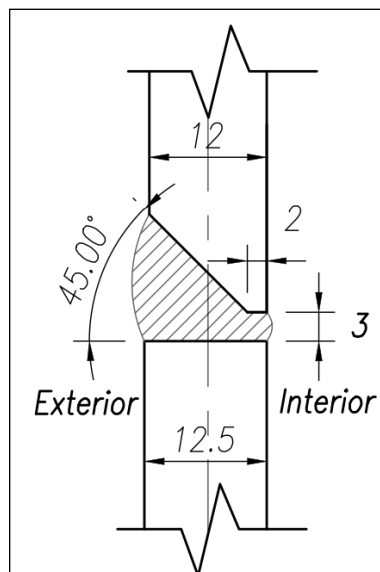


Figura 23

Juntas horizontales para espesor de 8 mm y 12 mm

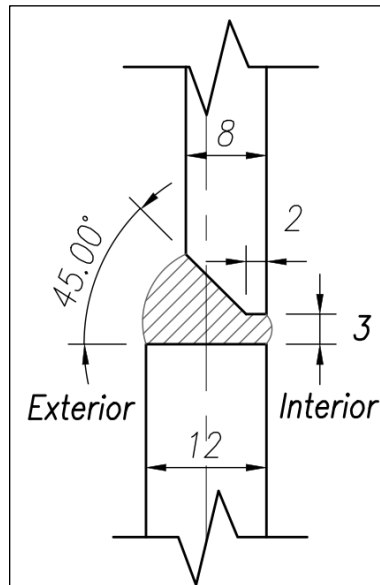


Figura 24

Juntas horizontales para espesor de 6 mm y 8 mm

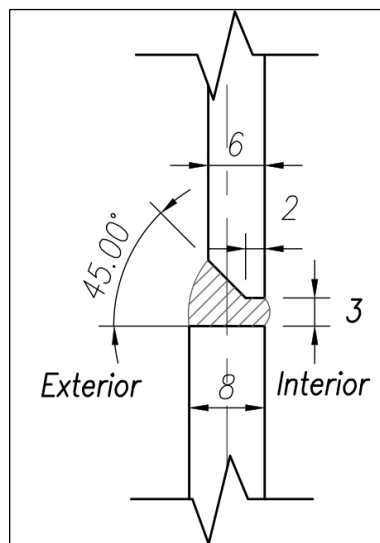
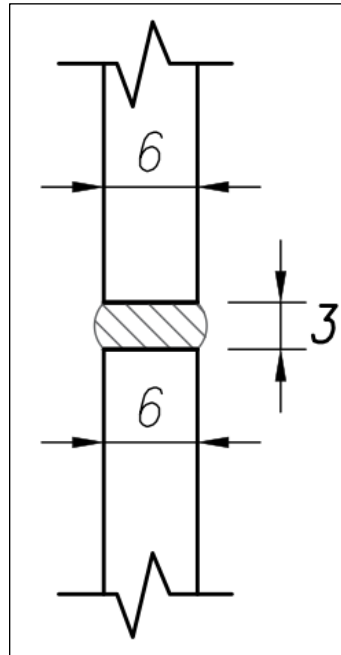


Figura 25

Juntas horizontales para espesor de 6 mm

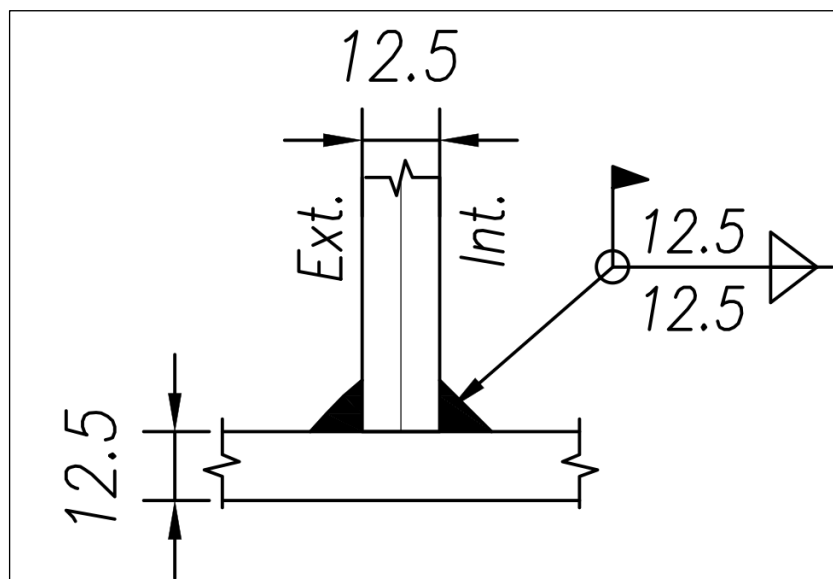


Junta de cilindro-fondo

La junta de diseño entre el cilindro y el fondo será de filete por ambos lados, asumiendo el espesor del primer anillo como el cateto del filete mencionado.

Figura 26

Juntas del cilindro - fondo

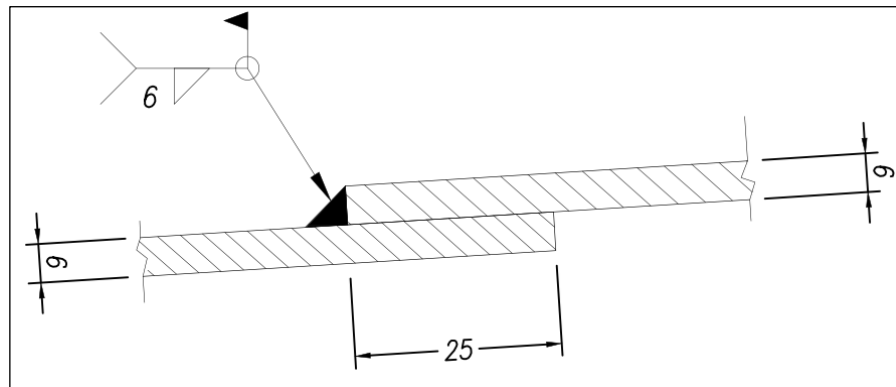


Juntas de techo

Las planchas y/o secciones del techo deben ser rectangulares o cuadradas. El traslape mínimo permitido es de 25 mm (1 pulgada).

Figura 27

Juntas del techo



3.2.4. Cálculo del tanque con asistencia de un software

Para el cálculo del tanque se empleará el software de Ametank.

La introducción de datos y parámetros esenciales proviene de un análisis previo requerido por el cliente.

3.2.4.1. Parámetros de diseño

Introducción de parámetros de diseño.

Figura 28

Parámetros de diseño AMETANK

Tank Model API 650 Ed-13 (SI Units) --> Tank-API-650-Tanque 329-T-111

Project Design Corrosion Assessment FEA Export

Project Mngmt Project Data Design Parameters Seismic/Wind Factors Venting Tables Coating and

Dimensions

Tank Diameter Based On Inner Diameter Governing Standard Edition 13TH EDITION

Tank Diameter (Inside) 24.85 m Addendum None

Tank Height 13.1 m Tank Fabrication Type Field Erected

Design Liquid Level 12.249 m Per API-650 Appendix NONE

Maximum Liquid Level 12.249 m Allow Nozzles External Loads?

High High Liquid Level 12.045 m Appendix (Applied E, F) E, F

High Liquid Level 11.893 m Capacities and Weights

Normal Working Level 11.7255 m Capacity Unit BBLS

Low Liquid Level 1039 mm Capacity to Top of Shell 40097.0

Low Low Liquid Level 0 m Capacity to Design Liquid Level 37501.0

Minimum Liquid Level 0 m Capacity to Maximum Liquid Level 37501.0

Operating Conditions

Lowest One-Day Mean Temperatures

Minimum Design Metal Temperature 7 °C Net Working Capacity 35904.0

Design Temperature 55 °C Minimum Operating Capacity 134

Maximum Operating Temperature 27.1 °C NCV MaxCV MinCV NoWCV NtWCV

Internal Gauge Pressure (Design) 0.5 kpa Tank Product Design Weight (Kgs) <Unbound> !

External Gauge Pressure (Vacuum) 0.25 kpa Tank Total Weight (Kgs) <Unbound> !

Internal Pressure Combination Factor 0.4 Date In Service YYYY 2024 MM 12 DD 06

External Pressure Combination Factor 0.4 Tank Bottom Elevation 0

Roof Live Load 25 lbf/ft North Angle Position (from X) 0

Ground Snow Load 0 kpa

Additional Roof Dead Load 0 kpa

Product Stored Agua

Product Design Specific Gravity 1

Hydrotest Liquid Specific Gravity 1

Joint Efficiency (1 = 100%) 1

Corrosion Allowance 3

Tank Material A36

Minimum Permissible Design Metal Temperature

Check Design Standards Warnings Display Front Cross Section Display Side Cross Section

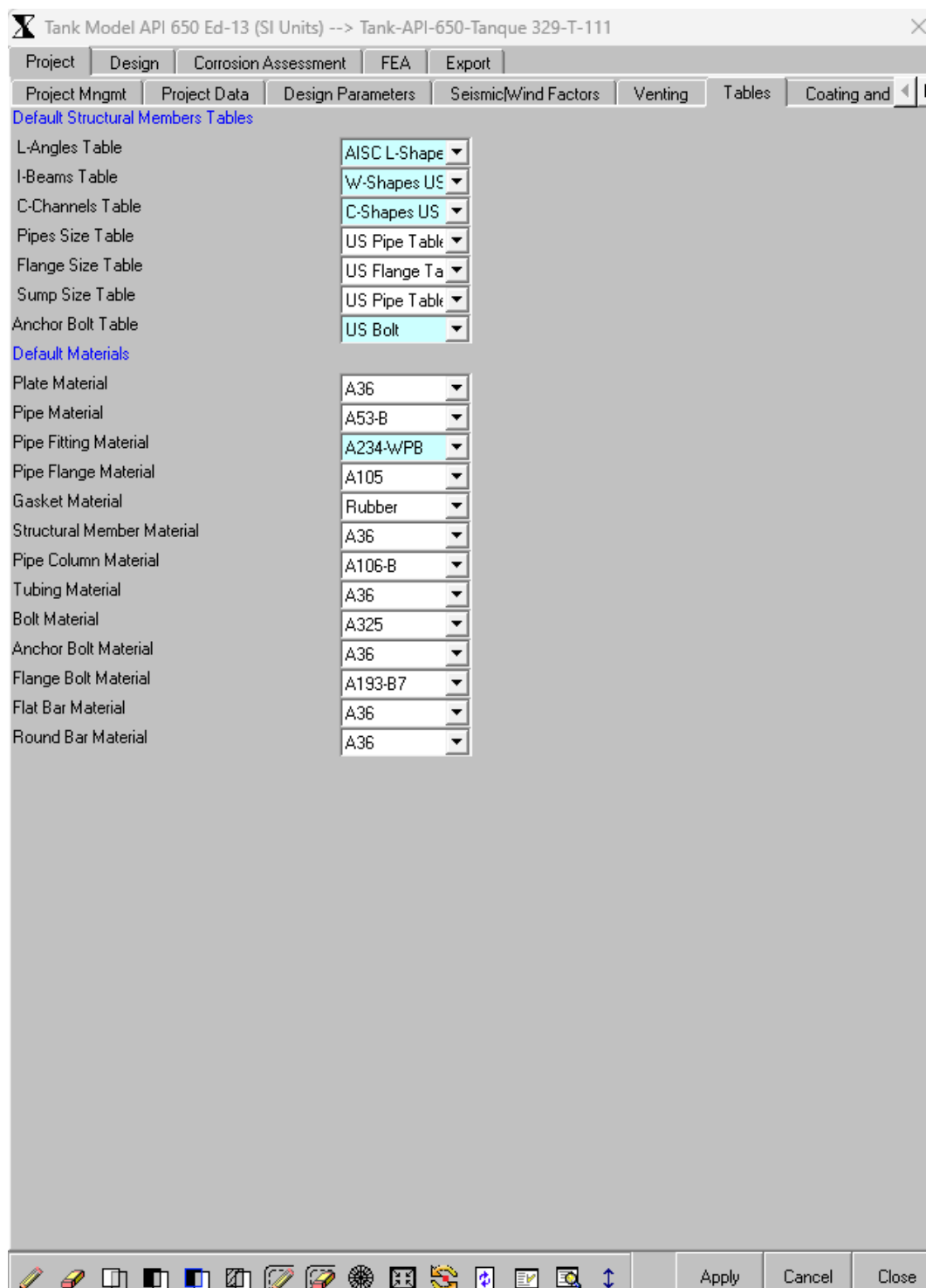
Apply Cancel Close

3.2.4.2. Materiales

Modificamos el sistema métrico para los diferentes tipos de acero y perfiles.

Figura 29

Materiales AMETANK



3.2.4.3. Cálculo por carga de viento y sismo

Ingreso de factores sísmicos y de viento según el análisis de suelos.

Figura 30

Factores sísmicos y de viento AMETANK

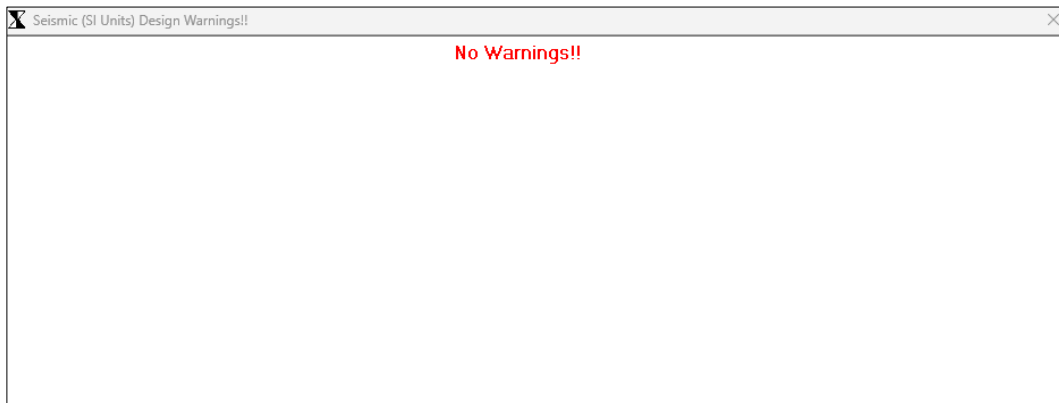
The screenshot displays the 'Tank Model API 650 Ed-13 (SI Units) --> Tank-API-650-Tanque 329-T-111' window. The 'Design' tab is active, and the 'Seismic/Wind Factors' sub-tab is selected. The interface is divided into several sections:

- Project Mngmt**: Project Name (Tank-API-650-Tanque 329-T-111), Project Data, Design Parameters, Seismic/Wind Factors (selected), Venting, Tables, Coating and.
- Seismic & Wind Design Factors**:
 - Seismic Design Factors**:
 - API-650 - Non ASCE7(Sp) (dropdown)
 - USGS Seismic Design Maps (dropdown)
 - UFC Seismic Data (dropdown)
 - Required Inputs:
 - Seismic Use Group: II (dropdown)
 - Seismic Site Classification: E - Soft Clay S (dropdown)
 - T_L (sec): 4 (text input)
 - Sp (g): 0.1 (text input)
 - Calculated Inputs:
 - Av (g): 0.2916666666666666
 - Q: 1
 - Fa: 2.5
 - Fv: 3.4250000000000000
 - Rwi: 3.5
 - Rwc: 2
 - Importance Factor: 1.25
 - Freeboard Required (mm): 827.02788
 - Wind Design Factors**:
 - By Purchaser 3-sec gust wind speed (dropdown)
 - Design Wind Speed: 75 km/h (text input)
 - Wind Load Exposure: C (dropdown)
 - Wind Importance Factor: 1.2 (text input)
 - Counteract Overturning Moment Due to Wind? (checked checkbox)
 - User Defined Shell Wind Pressure Profile (dropdown)
 - Specify Liquid Level to Counteract Overturning? (checked checkbox)
 - Liquid Level: API 650 Stanc (dropdown)
- Check Seismic Design Warnings** (button)
- Toolbar**: Includes icons for file operations, editing, and navigation.
- Buttons**: Apply, Cancel, Close.

En la figura 30 no observamos una señal de alerta (Figura 31), entonces en el diseño posterior no será necesario considerar un anclaje mecánico (silletas de anclaje).

Figura 31

Nota de alerta sísmica AMETANK



3.2.4.4. Cálculo del fondo del tanque

Ingreso de parámetros para el cálculo del fondo del tanque.

Figura 32

Cálculo del fondo AMETANK

Tank Model API 650 Ed-13 (SI Units) --> Tank-API-650-Tanque 329-T-111

Project Design Corrosion Assessment FEA Export

Roof Shell Bottom Structure Access Supports Appurtenances Reports

Design Rows Foundation Annular Ring Bearing Ring Drip Ring Reconstruction Repair Re

Plates Design Calculations

☒ Consider Plate Face Side For Marks?

Slope Bottom (Cone Up-Down) Plates Layout Validation

Material A36

JE Detail

Joint Efficiency (1 = 100%) 0.35

Corrosion Allowance 3

Bottom Insulation Thickness (mm) 0

Bottom Insulation Density 0 kg/m

Plate Thickness (t-Req'd 9) 9

Sketch Plate Thickness 9

Outside Projection (Chime Distance) 51

Min Chime Distance For Drawings 50

Annular Ring Required nil

Annular Ring Yes

Bottom Apex

Bottom Rise Per 12 0.45

Highest or Lowest Distance (mm) -150 C

Slope Angle -0.743576415326

Lowest Point Radial Distance 0

Lowest Point Orientation Angle 0

Apex Diameter 130

Bottom to Shell Attachment Type External

Plates Layout and Configuration

Layout Rows

Orientation Angle (degrees) 0

☐ Display Valley Configuration?

☒ Row At Centerline?

Plate to Plate Welding Type Lap Welded

Plate to Plate Overlap (Min 25) 25

Min Plate to Plate Overlap For Drawings 25

Purchased Plate Length 6 m

Purchased Plate Width 2.4 m

Sketch Plate Max Length (Rows) 3000

Sketch Plate Max Length (North/South) 3000

Sketch Plate Extra Length 0

Total Weight with Appurtenances(Kgs) <Unbound> !

Check Bottom Design Warnings

Plates Rectangular Half Length 3000.0

Plate Edge Width Squaring Offset 0

Plate Edge Lengh Squaring Offset 0

Net Plate Length 6000

Net Plate Width 2400

Min Plate Size 1800

Min Weld Length 600

Min Dist. Between 3 Plates Welds (Req 300) 450

Pie Cut Type None

Plates - Material Purchase

Purchased Plate Width 2.4 m

Available Plates Length Method User Input

Purchased Plate Length List (mm)

Gap for Nesting Plates 26

Min Clearance to Sheet Outer Edge 0

Row Plates Order Center Plate L

Rows Order Center Row L

Display Bottom Components

Display Plates Configuration Regen Plates Configuration

Display Size Warnings Reset Plate Sizes to Default

Display Weld Warnings Get Plate Dimension Info

Edit Plate

Display Front Cross Section Display Side Cross Section

Apply Cancel Close

3.2.4.5. Cálculo del fondo anular del tanque

Introducción de parámetros para el cálculo del fondo anular del tanque.

Figura 33

Cálculo del fondo anular AMETANK

Tank Model API 650 Ed-13 (SI Units) --> Tank-API-650-Tanque 329-T-111

Project Design Corrosion Assessment FEA Export

Roof Shell Bottom Structure Access Supports Appurtenances Reports

Design Rows Foundation Annular Ring Bearing Ring Drip Ring Reconstruction Repair Re

Design Calculations

Material: A36 Plate Standard Length: 6100

Corrosion Allowance: 3 Rectangular Plate Width (Min. Req'd. 2245.1): 2500

Ring Plate Thickness (thk-Req'd 9): 12.5 Gap Between Segments: 30

Ring Plate Width (width-Req'd 909.825128): 920 Sheet Clearance Length: 30

Annular to Bottom Welding Type: Lap Welded Sheet Clearance Width: 30

Floor Plates To Annular Ring Overlap: 40 Ring Sections Qty Per Plate: 2

Sectors Layout & Configuration

Annular Ring Position: Above Bottom Number of Standard Plate: 6

Segment to Segment Clearance: 7 Ring Sections Qty Per Second Plate: 1

Land Length: 0 Plate Used Length (Nested Plate): 6030.591

Bevel Angle Between Ring Segments: 35 Plate Used Width (Nested Plate): 2290.807

Second Plate Used Width (Nested Plate): 1315.384

☒ With Backing Bar?

Backing Bar Thickness: 4.5

Backing Bar Width: 50

Backing Bar Material: A36

Backing Bar to Ring Pl. Inside Width Offset: 30

Backing Bar to Ring Pl. Outside Width Offset: 30

Rectangular Plate Length for Rings: 6000

Number of Segments: 13

Adjust All Plates to Equal Length

Plates Span Angle

Regular Plate Span Angle: 27.66019250939

Inside Edge Type: Circular

Start Angle: 0

Annular Ring Total Weight (Kgs): <Unbound> !

Draw Nesting Plate Draw Nesting Second Plate

Display Plates Configuration

Check Annular Ring Design Warnings Display Front Cross Section Display Side Cross Section

Apply Cancel Close

3.2.4.6. Cálculo del cilindro del tanque

Ingreso de parámetros para el cálculo del cilindro del tanque.

Figura 34

Cálculo del cilindro AMETANK

Tank Model API 650 Ed-13 (SI Units) --> Tank-API-650-Tanque 329-T-111

Project Design Corrosion Assessment FEA Export

Roof Shell Bottom Structure Access Supports Appurtenances Reports

Design Courses Stiffeners Wind Girder Double Course Plate Patch Repair Reference Cost

Plates Design Calculations

Courses Material: A36 Group I

Corrosion Allowance: 3

JE Table 4.2

Joint Efficiency (1 = 100%): 1

Shell Insulation Thickness (mm): 0

Shell Insulation Density: 0 kg/m³

Purchased Plate Length: 6 m

Purchased Plate Width: 2.4 m

Courses:

Adjust Last Course Height - Use Plate Height for Course Height:

Top Member Leg Height: 0

1-Foot Method (API-650 Section 5.6.3):

Seismic Thickness Calculation Based on: Hoop stress a

Courses Design Calculations Table

Course Min Width (Req 1800mm): 500

Transformed Shell Height (m): 7.861500289642

Shell Total Weight with Appurtenances (Kgs): <Unbound> !

Plates Layout Validation

Plate Edge Width Squaring Offset: 0

Plate Edge Length Squaring Offset: 0

Net Plate Width: 2400

Net Plate Length: 6000

Number of Plates Per Course: 14

☐ Edit the Number of Courses?

Plates Material Purchase

Purchased Plate Width: 2.4 m

Available Plates Length Method: User Input

Purchased Plate Length List (mm)

Gap for Nesting Plates: 25

Courses Plates Layout - Vertical Seams

Shell Courses Alignment: Inner Diameter

Plates Length Based on (for Drawings): Center

☐ Adjust All Plates to Equal Length in each Course

☐ Display Holes on Course Plate For Drawings

☐ Calculate Staggered Angle Based On First Course?

Shell Courses Staggered Factor (1/n): 3

Shell Courses Rounding Type: Round To Pre

Shell Courses Rounding Precision (mm): 3

Weld Gaps

Vertical Weld Gap: 3

Horizontal Weld Gap: 3

Radius Board

Quantity: 2

Height: 153

Length: 915

Thickness: 3

Cutouts Radius: 7

Material: A36

Insulation Surface

Display Plates Configuration Regen Plates Configuration

Display Design Warnings Reset Plate Sizes to Default

Get Plate Dimension Info

Display Front Cross Section Display Side Cross Section

Shell Design Information

Check Shell Design Warnings

Apply Cancel Close

Cálculo de los espesores del cilindro utilizando el método de 1 pie.

Figura 35

Espesores del cilindro AMETANK

Shell Courses Data Table (SI Units)

Course (1 Bottom 6 Top)	Width (mm)	Material	CA	JE	Min Yield Strength (mpa)	Tensile Strength (mpa)	Sd (mpa)	St (mpa)	t-min Erection (mm)	t-Design 1-FT (Td) (mm)	t-Test (Tt) (mm)	t-min Seismic (mm)	t-min Axial Load (mm)	t-min External Pressure (mm)	t-min (mm)	t-Actual (T-use) (mm)	Max LL @ Pi (m)	Max Pi @ LL (kPa)
6	1085	A36	1.5	1	250.0	400.0	160.0	171.0	6	1.4612	0	1.9408	4.7625	NA	6	6	18.213	58.9475
5	2400	A36	1.5	1	250.0	400.0	160.0	171.0	6	3.2877	1.6727	3.5798	4.7625	NA	6	6	15.813	35.4275
4	2400	A36	1.5	1	250.0	400.0	160.0	171.0	6	5.1141	3.3816	5.3028	4.7625	NA	6	6	13.413	11.9075
3	2400	A36	1.5	1	250.0	400.0	160.0	171.0	6	6.9406	5.0906	6.9572	4.7625	NA	6.9572	8	13.641	14.142
2	2400	A36	3	1	250.0	400.0	160.0	171.0	6	10.2671	6.7996	10.031	4.7625	NA	10.2671	12	14.5261	22.8152
1	2400	A36	3	1	250.0	400.0	160.0	171.0	6	12.0936	8.5086	11.527	4.7625	NA	12.0936	12.5	12.7831	5.7338

Notes:

1.- CA = Corrosion Allowance per API-650 5.3.2.

2.- JE = Joint Efficiency per API-650.

3.- Sd = Maximum allowable product design stress per API-650 5.6.2.1.

4.- St = Maximum allowable hydrostatic test stress.

5.- t-min erection = Based on erection requirements per API-650 5.6.1.1.

6.- t-Design (Td) = Design shell thickness per API-650 5.7.4.1 and 5.7.4.2.

7.- t-Test (Tt) = Hydrostatic test shell thickness.

8.- t-min Seismic = Based on seismic requirements per API-650 Appendix E.

9.- t-min External Pressure = Based on external pressure requirements per API-650 Appendix V.8.1.3.

n

5

4

3

2

1

☒ Reverse?
☒ Check Courses Vertical Axial Load?

Initialize
Initialize Without External Pressure
Reset
Display Courses
JE Table 4.2
Apply
Close

3.2.4.7. Cálculo del ángulo de rigidez del tanque

Introducción de parámetros para el cálculo del ángulo de rigidez del tanque.

Figura 36

Cálculo del ángulo de rigidez AMETANK

Tank Model API 650 Ed-13 (SI Units) --> Tank-API-650-Tanque 329-T-111

Project Design Corrosion Assessment FEA Export

Roof Shell Bottom Structure Access Supports Appurtenances Reports

Fixed Roof Floating Roof Analysis

Design Framing Rows Knuckle Top Member Seal And Drip Plates Kick Plate Tank Bridges

Design Drawing

Design Calculations

Top Compression Ring Detail: Detail-B

Top Member Centroid (C): 29

Top Member To Shell Offset (Vertical): 6.0 **6.0**

Roof Overlap In Top Angle (B): 29.0 **29.0**

JE Detail

Material: A36

Corrosion Allowance: 1.5

Joint Efficiency (1 = 100%): 1

Yield Strength (MPa): 250.0

Tensile Strength (MPa): 400.0

Allowable Design Stress (MPa): 160.0

Min Req Size = L80x80x10 (mm)

Sizes Table: AISC L-Shape

Size: L4x4x1/2

Mounting Type: Short Side Up

Section Modulus Required by Erection (cm³): 15.4

Compression Ring Section Modulus (cm³): 23.6629

Area Required by Design (cm²): 1.778

Actual Area (cm²): 39.2714

Area Limit for Frangible Roof (cm²): 78.0019

Actual Nominal Area (cm²): 52.0229

Segments Layout and Configurations

Stock Length: 6 m

Adjust All Elements to Equal Length: [Dropdown]

Deduction from Stock Length (mm): 600

Number of Segments: 15

Length To Ship (Stock - Deduction) (mm): 5400

Segment Length Based on: ID

Segment Used Length: 5207.0851

Last Segment Extra Length: 0

Roll Diameter: 24862.0

Distance Between Ring Segments: 0

Start Angle: 0

Segments Span Angle

Stiffeners Total Weight (Kgs): <Unbound> !

Check Top Member Design Warnings Display Front Cross Section Display Side Cross Section

Apply Cancel Close

3.2.4.8. Cálculo del techo del tanque

Ingreso de parámetros para el cálculo del techo del tanque.

Figura 37

Cálculo del techo AMETANK

Tank Model API 650 Ed-13 (SI Units) --> Tank-API-650-Tanque 329-T-111

Project Design Corrosion Assessment FEA Export

Roof Shell Bottom Structure Access Supports Appurtenances Reports

Fixed Roof Floating Roof Analysis

Design Framing Rows Knuckle Top Member Seal And Drip Plates Kick Plate Tank Bridges

Cone

Support Type Inside Structure

Plates Layout Validation

Plates Design Calculations

Material A36

Corrosion Allowance 1.0

Joint Efficiency (1 = 100%) 0.35

Yield Strength (MPa) 250.0

Tensile Strength (MPa) 400.0

Allowable Design Stress (MPa) 160.0

Roof Rise Per 12 (Recommended 0.75) 0.75

Slope Angle 3.576334374997

Roof Horizontal Radius 12460.0

Roof Insulation Thickness (mm) 0

Roof Insulation Density 0 kg/m

Frangible Roof per API-650 5.10.2.6 Yes

Req'd Thickness Based on Erection 6.0

Req'd Thickness Based on Gravity Loads NA

Req'd Thickness Based on Internal Pressure 1.134434

Req'd Thickness Based on External Pressure NA

Plate Thickness (Min. Req'd. 6) 6

Annular Compression Ring No

Plates Layout and Configuration

Orientation Angle 0

Layout Rows

Row At Centerline?

Four Plates Intersect at the Tank Center?

Plate to Plate Welding Type Lap Welded

Plate to Plate Overlap (Min 25) 25

Min Plate to Plate Overlap For Drawings 25

Standard Plate Length 6 m

Standard Plate Width 2.4 m

Sketch Plate Max Length (Rows) 3000

Sketch Plate Max Length (North/South) 3000

Sketch Plate Extra Length 0

Consider Plate Face Side For Marks?

Center Hole Diameter 0

Plate Rectangular Half Length 3000.0

Plate Edge Width Squaring Offset 0

Plate Edge Length Squaring Offset 0

Net Plate Length 6000

Net Plate Width 2400

Min Plate Size 600

Min Weld Length 600

Min Dist. Between 3 Plates Welds (Req 300) 450

Pie Cut Type None

Plates - Material Purchase

Purchased Plate Width 2.4 m

Available Plates Length Method User Input

Purchased Plate Length List (mm)

Gap for Nesting Plates 26

Min Clearance to Sheet Outer Edge 0

Row Plates Order Center Plate L

Rows Order Center Row L

Insulation Surface

Welded Plates To Structure?

Roof Total Weight with Appurtenances (Kgs) <Unbound> !

Display Plates Configuration Regen Plates Configuration

Display Size Warnings Reset Plate Sizes to Default

Display Weld Warnings Get Plate Dimension Info

Display Front Cross Section Display Side Cross Section

Check Roof Design Warnings

Apply Cancel Close

3.2.4.9. Cálculo de la estructura del techo del tanque

Introducción de parámetros para el cálculo de la estructura del techo del tanque.

Figura 38

Cálculo de la estructura del techo AMETANK

Tank Model API 650 Ed-13 (SI Units) --> Tank-API-650-Tanque 329-T-111

Project Design Corrosion Assessment FEA Export

Roof Shell Bottom Structure Access Supports Appurtenances Reports

Design Bays Repair

Structure Detail

Max Radial Distance Between Columns: 12000

Number of Bays: 1 C

Columns Corrosion Allowance: 1.5

Rafters Corrosion Allowance: 1.5

Structure Components Corrosion Allowance: 1.5

Rafter Max Deflection (Support Length L): L / 180

Structure Design Table

Outer Rafters Outer Max Arc Length (mm): 2100

Lateral Bracing

Lateral Bracing Bar Thickness: 6

Lateral Bracing Bar Width: 50

Lateral Bracing Bar Length: 6000

Lateral Bracing Extra Bars Per Radial Dist.: 2

☐ With Cross Members

Structure Total Weight (Kgs): <Unbound> !

Structure Support

Jack Rafters: No

Draw Columns

Check Structure Design Warnings

Apply Cancel Close

Selección de perfiles estructurales.

Figura 39

Selección de elementos estructurales AMETANK

Rafters, Girders & Columns Info (SI Units)

Rafter Sizing - Dead Loads + Dynamic Loads

Column Pattern	Mount Radius	Column Qty	Total Number of Rafters	Rafter Sx Req'd (cm ³)	Rafter Allowable Deflection L/180 (mm)	Rafter R Req'd (mm)	Rafter Min New Thickness (mm)	Rafter Min Corr Thickness (mm)	Rafter Type	Rafter Size Actual	CA	Rafter Sx New (cm ³)	Rafter Sx Corroded (cm ³)	Rafter Actual Deflection (mm)	Rafter R New (mm)	Rafter R Corroded (mm)	Rafter Allowable Bending Stress (MPa)	Rafter Actual Bending Stress (MPa)	
0	0.0	1	38	38	226.0186	64.4906	38.6943	4.3	2.4	W-Shape:	W12X22	1.5	416.2314	282.2167	61.3155	124.714	124.714	167.6987	134.3047

Rafter Sizing - Dead Loads Only

Column Pattern	Recomm'd Unbraced Length (mm)	Number of Bracings	Actual Unbraced Length (mm)	Radial Bracing Style	Radial Bracing Type	Bracing Size	Rafter Sx Req'd (cm ³)	Rafter Sx Corroded (cm ³)	Display	
0	3055.9465	3	3	2947.2928	Style 1	AISC L-Sh	L3X3X1/4	128.8498	282.2167	☒

Columns Sizing

Column Pattern	Column Qty	Column A Req'd (mm ²)	Column R Req'd (mm)	Column Min New Thickness (mm)	Column Min Corr Thickness (mm)	Column Type	Sub-Column 1 Size	Sub-Column 1 Sch	Sub-Column 2 Size	CA	Column A New (mm ²)	Column A Corroded (mm ²)	Column R New (mm)	Column R Corroded (mm)	Column Allowable Compressive Stress (MPa)	Column Actual Compressive Stress (MPa)
0	1	6784.8086	75.9126	6	2.4	US Pipe	14	XS	N/A	1.5	13681.1019	10449.3456	121.3166	121.282	75.2703	48.8733

Note:
 1.- Shell Inner Radius is 12425.0 mm.
 2.- R = Radius of Gyration.
 3.- A = Area.
 4.- Sx = Elastic section modulus about the x axis.
 5.- Recommended Rafters Unbraced Length : Bay 1 = 3055.9465 mm.

Initialize Reset Apply Close

3.2.5. Análisis de costos

Una vez definido el diseño del tanque, se procede al análisis de costos de los materiales para cada componente del mismo.

3.2.5.1. Cilindro del tanque

Tabla 4

Materiales de cilindro del tanque

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Plancha 6000 X 2400 X 12.5 mm	ASTM A36	UND	13.00	S/	5,500.00	71,500.00
2	Plancha 6000 X 2400 X 12 mm	ASTM A36	UND	13.00	S/	5,000.00	65,000.00
3	Plancha 6000 X 2400 X 8 mm	ASTM A36	UND	13.00	S/	3,850.00	50,050.00
4	Plancha 6000 X 2400 X 6 mm	ASTM A36	UND	33.00	S/	3,250.00	107,250.00
							S/ 293,800.00

3.2.5.2. Ángulo de rigidez

Tabla 5

Materiales del ángulo de rigidez del tanque

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Ángulo 4" x 4" x 1/2" x 6 m	ASTM A36	UND	14.00	S/ 300.00	S/ 4,200.00

3.2.5.3. Fondo anular del tanque

Tabla 6

Materiales del fondo anular del tanque

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Plancha 6000 X 2400 X 12.5 mm	ASTM A36	UND	7.00	S/ 5,500.00	S/ 38,500.00

3.2.5.4. Fondo del tanque

Tabla 7

Materiales del fondo del tanque

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Plancha 6000 X 2400 X 9 mm	ASTM A36	UND	33.00	S/ 4,250.00	S/ 140,250.00

3.2.5.5. Techo del tanque

Tabla 8

Materiales del techo del tanque

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Plancha 6000 X 2400 X 6 mm	ASTM A36	UND	36.00	S/ 3,250.00	S/ 117,000.00

3.2.5.6. Estructura del techo del tanque

Tabla 9
Materiales de la estructura del techo del tanque

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Tubo 14"Ø SCH 40 x 6 m	ASTM A53	UND	3.00	S/ 4,250.00	S/ 12,750.00
2	Viga W 12" x 22 lbs/pie x 6 m	ASTM A36	UND	73.00	S/ 1,800.00	S/ 131,400.00
3	Plancha 6000 X 2400 X 25 mm	ASTM A36	UND	1.00	S/ 8,000.00	S/ 8,000.00
4	Ángulo 3" x 3" x 1/4" x 6 m	ASTM A36	UND	21.00	S/ 200.00	S/ 4,200.00
5	Plancha 6000 X 2400 X 12 mm	ASTM A36	UND	1.00	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00
6	Plancha 6000 X 2400 X 9 mm	ASTM A36	UND	1.00	S/ 4,250.00	S/ 4,250.00
						S/ 165,600.00

3.2.5.7. Accesorios del tanque

Tabla 10
Materiales de accesorios del tanque

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Grating 1 1/4" x 250 mm x 765 mm	ASTM A36	UND	60.00	S/ 500.00	S/ 30,000.00
2	Grating 1 1/4" x 900 mm x 765 mm	ASTM A36	UND	4.00	S/ 700.00	S/ 2,800.00
3	Tubo 16"Ø SCH 40 x 6 m	ASTM A53	UND	1.00	S/ 1,600.00	S/ 1,600.00
4	Tubo 1 1/4"Ø SCH 40 x 6 m	ASTM A53	UND	49.00	S/ 160.00	S/ 7,840.00

5	Platina 4" x 1/4" x 6 m	ASTM A36	UND	14.00	S/	325.00	S/	4,550.00
6	Ángulo 3" x 3" x 1/4" x 6 m	ASTM A36	UND	4.00	S/	200.00	S/	800.00
							S/	47,590.00

3.3. Resultados

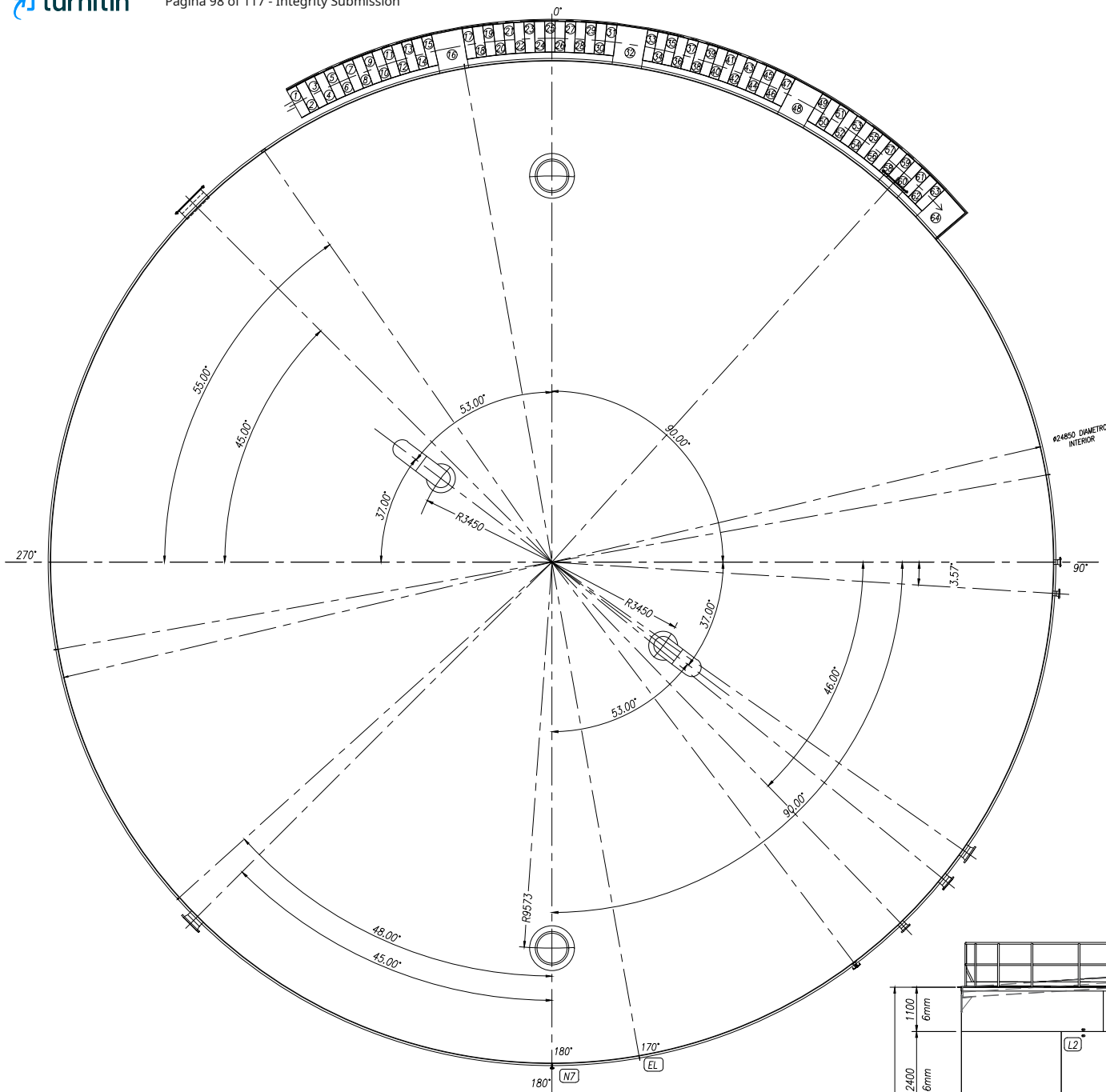
3.3.1. Diseño manual del tanque

Se presentan los siguientes resultados obtenidos, junto con el plano que ilustra el diseño del tanque de almacenamiento de agua.

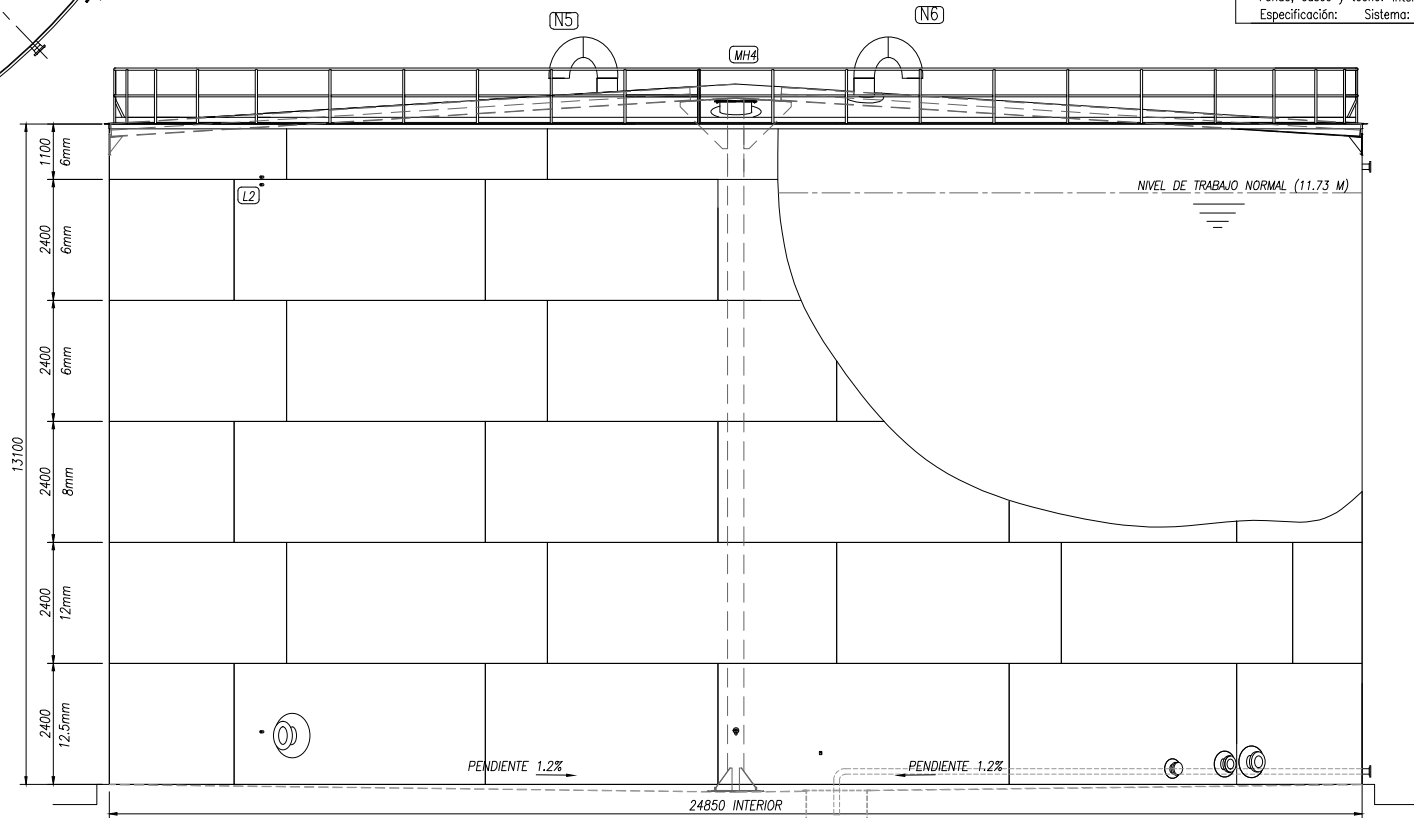
Tabla 11

Resumen de resultados del diseño manual

PARTES DEL TANQUE	MATERIAL	CORROSION ADMISIBLE (mm)	ESPESOR ADOPTADO (mm)	ALTURA ANILLO (m)	PESO (Kg)
Anillo 1	ASTM A36	3.00	12.50	2.40	18,369.00
Anillo 2	ASTM A36	3.00	12.00	2.40	17,634.24
Anillo 3	ASTM A36	1.50	8.00	2.40	11,756.16
Anillo 4	ASTM A36	1.50	6.00	2.40	8,817.12
Anillo 5	ASTM A36	1.50	6.00	2.40	8,817.12
Anillo 6	ASTM A36	1.50	6.00	1.10	4,041.18
Peso del cilindro	TOTAL			13.10	69,434.82
Resumen cuerpo	A1 = 12.50 mm, A2 = 12.00 mm, A3 = 8.00 mm, A4 = 6.00 mm, A5 = 6.00 mm, A6 = 6.00 mm				
Ángulo de rigidez	ASTM A36	Ángulo 4" x 4" x 1/2"			1,487.76
Fondo anular	ASTM A36	3.00	12.50	-	6,999.00
Fondo	ASTM A36	3.00	9.00	-	30,260.00
Techo	ASTM A36	1.00	6.00	-	22,449.00
Estructura del techo	ASTM A53	Tubo 14"Ø SCH 40			19,099.00
	ASTM A36	Viga W 12" x 22 lbs/pie			
Peso de accesorios (15%)					10,415.22
Peso total del tanque sin agua					160,144.81
Peso total del tanque con agua (Wp)					6,100,909.81



VISTA PLANTA
ESCALA 1/75



COMPONENTES DEL TANQUE

N°	DESCRIPCION	MATERIAL	COMENTARIO
1	CILINDRO	ASTM A36	PL 12.5, 12, 8, 6, 6, 6 mm
2	CORONA ANULAR	ASTM A36	PL 12.5 mm
3	FONDO	ASTM A36	PL 9 mm
4	TECHO	ASTM A36	PL 6 mm
5	ESTRUCTURA SOPORTE DE TECHO	ASTM A36	SI
6	BARANDA DE TECHO	ASTM A53	TUBO ø 1 1/4"
7	ESCALERA HELICOIDAL	ASTM A36	PELDAÑOS 0.7mx0.25m,grating 1 1/4"
8	PLATAFORMA SUPERIOR	ASTM A36	No
9	PLATAFORMA INTERMEDIA	ASTM A36	No
10	ANGULO DE RIGIDEZ	ASTM A36	4"x 4"x 1/2"

ACCESORIOS DE TANQUE - CUERPO

N°	TAMAÑO	DESCRIPCION	CLASE/MAT	SCH.	PL. DE REF.	OBSERVACIONES
MH1	24"	Manhole	API 650	--	e=12.5mm	C/ Pescante
MH2	30"	Manhole	API 650	--	e=12.5mm	C/ Pescante
N1	6"	Entrada de agua	WN 150# FF	SCH 80	e=12.5mm	--
N2	16"	Salida de agua	WN 150# FF	SCH 40	e=12.5mm	C/ Placa antivortice
N3	4"	Drenaje	WN 150# FF	SCH 80	e=12.5mm	--
N4	4"	Rebose	WN 150# FF	SCH 80	e=6mm	--
N5	10"	Reserva	WN 150# FF	SCH 80	e=12.5mm	--
N6	12"	Salida de agua	WN 150# FF	SCH 80	e=12.5mm	C/ Placa antivortice
N7	1"	Medidor de Temperatura	WN 150# FF	SCH 80	--	--
L1	1"	Transmisor de nivel	6000#	NPT	--	--
L2	1"	Transmisor de nivel	6000#	NPT	--	--
L3	1"	Transmisor de nivel	6000#	NPT	--	--
EL	--	Conectores a Tierra	--	--	--	80", 170", 260" y 350"
PI	--	Placa de Identificación	ASIS 304	--	--	Sección 10 (API 650)
RM	--	Regleta de Medicion	--	--	--	--

ACCESORIOS DE TANQUE - TECHO

N°	TAMAÑO	DESCRIPCION	CLASE/MAT	SCH.	PL. DE REF.	OBSERVACIONES
MH3	24"	Manhole	API 650	--	e=6mm	--
MH4	24"	Manhole	API 650	--	e=6mm	--
N8	16"	Ventoe	A53 GR B	SCH 40	e=6mm	Nota 5
N9	16"	Ventoe	A53 GR B	SCH 40	e=6mm	Nota 5

HOJA DE DATOS DEL EQUIPO

NOMBRE DEL EQUIPO		TANQUE Identificador de la entrega trn:oid:::20205:419673352			
LIQUIDO:		AGUA			
TANK DATA SHT No		P185-HD-TK-01			
Dimensiones:		Diseño General:			
-Diámetro :		24.85 m			
-Altura del Casco :		13.10 m			
Capacidad:		De Acuerdo a:			
-Total :		Norma API 650 13 th Ed. ☒			
-Carga :		Norma AWWA D-100, 2011 ☒			
-Carga de Techo :		25 lb/ft2			
-Juntas de Techo Frangible		SI ☒ No ☐			
Diseño Sismico		Diseño Requerido:			
-Código:		SI ☒ No ☐			
-Zona Sismica:		Norma API 650 y E.030			
Diseño de Viento		Diseño Requerido:			
-Código:		SI ☒ No ☐			
-Zona Sismica:		Norma API 650 y E.030			
Corrosion Permissible :		-Velocidad:			
-Casco :		3.0 mm, 1.5 mm			
-Fondo :		3.0 mm			
-Techo :		1.5 mm			
-Estructuras :		1.5 mm			
Tipo de Anclaje :		Cimentaciones :			
-Pernos de Anclaje :		Anillo de Conc. ☐ Tierra Firme ☐ Otro ☐			
-Sillito :		Accesorios Incluidos:			
-Peso :		☒ Todas las Boquillas			
-Vacío:		☒ Escalera			
-Con producto :		☒ Barandas			
		☒ Pasarelas de Techo			
		☒ Anillos Aislantes			
		☒ Escalera Helicoidal			
		☒ Plataformas			
		☐ Sop. de Acero de Agitador			
		☐ Tablero de manómetros			
		☐ Sujetadores de terreno			
		☒ Barandas de Techo			
		☐ Compartimiento del tanque			
		☐ Sabana Flotante			
REQUERIMIENTOS ADICIONALES DEL TANQUE					
Inspección : Ver Especificaciones Técnicas					
Pruebas de Soldadura :					
-Gammafráficas :					
-Partículas magnéticas :					
-Líquido Penetrante :					
-Ultrasonido :					
Pruebas de Estanqueidad :					
-Casco :					
-Fondo :					
-Techo :					
-Unión casco fondo :					
MATERIAL :					
-Casco :					
-Fondo :					
-Tubería :					
-Pernos :					
Casco :					
Número de Anillo de Casco :					
Ancho de Planchas :					
Espesor de Pared Interna					
Incluye (C.A.)					
Techo :					
-Estructura :					
-Bridas :					
-Tuercas :					
Fondo :					
Inclinación :					
Ancho de Planchas:					
Tipo:					
RECUBRIMIENTO DE PINTURA					
Paredes del Casco: Exterior:					
Especificación: Sistema: 01 Capa Epoxi Anticorrosivo 3 mils - 01 Capa Epoxi HS 5 mils - 01 Capa Poliuretano 2 mils					
Techo, Escal y Bar. : Exterior:					
Especificación: Sistema: 01 Capa Epoxi Anticorrosivo 3 mils - 01 Capa Epoxi HS 5 mils - 01 Capa Poliuretano 2 mils					
Fondo :					
Especificación: Sistema: 01 Capa Epoxi Anticorrosivo 3 mils - 01 Capa Epoxi HS 5 mils - 01 Capa Poliuretano 2 mils					
Fondo, casco y techo: Interior:					
Especificación: Sistema: 01 Capa Primer Epoxi 3 mils - 01 Capa Epoxi Amina UHS 10 mils					

DIBUJO	H.L.D	07/12/24	ESCALA	1 : 1	
DISEÑO	R.C.Q	07/12/24	FECHA	11/09/23	
APROBO	J.A.S.A.	07/12/24	FECHA	11/09/23	
NORMA	ASME		FECHA	11/09/23	
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA				PLANO N° 1/1	
LIMA, SUR				Identificador de la entrega trn:oid:::20205:419673352	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA				SUSTITUYE A	
				SUSTITUIDO POR	
				N° 1	

3.3.2. Cálculo del tanque con asistencia de un software

De acuerdo con los parámetros ingresados en el software Ametank, los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 12

Resumen de resultados del software AMETANK

PARTES DEL TANQUE	MATERIAL	CORROSION ADMISIBLE (mm)	ESPESOR ADOPTADO (mm)
Anillo 1	ASTM A36	3.00	12.50
Anillo 2	ASTM A36	3.00	12.00
Anillo 3	ASTM A36	1.50	8.00
Anillo 4	ASTM A36	1.50	6.00
Anillo 5	ASTM A36	1.50	6.00
Anillo 6	ASTM A36	1.50	6.00
Ángulo de rigidez	ASTM A36	Ángulo 4" x 4" x 1/2"	
Fondo anular	ASTM A36	3.00	12.50
Fondo	ASTM A36	3.00	9.00
Techo	ASTM A36	1.00	6.00
Estructura del techo	ASTM A53	Tubo 14"Ø SCH 40	
	ASTM A36	Viga W 12" x 22 lbs/pie	

3.3.3. Análisis de costos de materiales de tanque

Se presenta un análisis global de los costos de los materiales, considerando todos los componentes del tanque. Este análisis ofrece una visión integral de la inversión requerida para la compra de materiales.

Tabla 13

Materiales del tanque

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Plancha 6000 X 2400 X 25 mm	ASTM A36	UND	1.00	S/ 8,000.00	S/ 8,000.00
2	Plancha 6000 X 2400 X 12.5 mm	ASTM A36	UND	20.00	S/ 5,500.00	S/ 110,000.00
3	Plancha 6000 X 2400 X 12 mm	ASTM A36	UND	14.00	S/ 5,000.00	S/ 70,000.00
4	Plancha 6000 X 2400 X 9 mm	ASTM A36	UND	34.00	S/ 4,250.00	S/ 144,500.00
5	Plancha 6000 X 2400 X 8 mm	ASTM A36	UND	13.00	S/ 3,850.00	S/ 50,050.00
6	Plancha 6000 X 2400 X 6 mm	ASTM A36	UND	69.00	S/ 3,250.00	S/ 224,250.00
7	Ángulo 4" x 4" x 1/2" x 6 m	ASTM A36	UND	14.00	S/ 300.00	S/ 4,200.00
8	Ángulo 3" x 3" x 1/4" x 6 m	ASTM A36	UND	25.00	S/ 200.00	S/ 5,000.00
9	Tubo 16"Ø SCH 40 x 6 m	ASTM A53	UND	1.00	S/ 1,600.00	S/ 1,600.00
10	Tubo 14"Ø SCH 40 x 6 m	ASTM A53	UND	3.00	S/ 4,250.00	S/ 12,750.00
11	Tubo 1 1/4"Ø SCH 40 x 6 m	ASTM A53	UND	49.00	S/ 160.00	S/ 7,840.00
12	Viga W 12" x 22 lbs/pie x 6 m	ASTM A36	UND	73.00	S/ 1,800.00	S/ 131,400.00
13	Grating 1 1/4" x 250 mm x 765 mm	ASTM A36	UND	60.00	S/ 500.00	S/ 30,000.00

14	Grating 1 1/4" x 900 mm x 765 mm	ASTM A36	UND	4.00	S/	700.00	S/	2,800.00
15	Platina 4" x 1/4" x 6 m	ASTM A36	UND	14.00	S/	325.00	S/	4,550.00
							S/	806,940.00

CONCLUSIONES

- Se realizó el correcto diseño manual del tanque de almacenamiento de agua con una capacidad de 35,380 barriles. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 11, junto con el plano general del tanque, asegurando factores sísmicos, vientos y mecánicos de acuerdo a la norma API 650.
- Se desarrollo con la asistencia de un software el correcto cálculo del tanque de almacenamiento de agua con una capacidad de 35,380 barriles. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 12, y coinciden con los cálculos realizados de manera manual, confirmando la precisión y consistencia del diseño.
- Se realizó un análisis de costos, cuyo resultado indica que el costo total de los materiales necesarios para la fabricación del tanque asciende a S/ 806,940.00. Este análisis facilitó una planificación financiera precisa, asegurando que el proyecto se mantuviera dentro del presupuesto asignado, sin comprometer la calidad ni la seguridad del diseño.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una validación continua del diseño con la incorporación de datos operativos o condiciones específicas del lugar donde se implementará el tanque, ya que las condiciones ambientales pueden variar con el tiempo. También se podría explorar la realización de simulaciones de estrés adicionales en el diseño, con el fin de garantizar un comportamiento óptimo del tanque bajo condiciones extremas, como sismos o fuertes vientos.
- A pesar de la coincidencia entre los cálculos manuales y los obtenidos con el software, es aconsejable realizar comparaciones con diferentes plataformas de software o herramientas especializadas para confirmar la fiabilidad de los resultados y mejorar el proceso de diseño. Además, se sugiere mantener actualizada la versión del software para aprovechar las mejoras tecnológicas que puedan optimizar el diseño y la eficiencia operativa.
- Para mejorar la planificación financiera del proyecto, se sugiere la inclusión de un análisis de costos detallado para mantenimiento a largo plazo del tanque. Esto incluiría costos de reparación, inspección y recubrimientos protectores, ya que estos aspectos son cruciales para mantener la integridad del tanque durante su vida útil. También sería beneficioso considerar posibles contingencias ante imprevistos que pudieran surgir durante la construcción o en la operación del tanque.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agboola, O., Akinnuli, B., Kareem, B., & Akintunde, M. (2021). Optimum detailed design of 13,000 m³ oil storage tanks using 0.8 height-diameter ratio. *Materialstoday: Proceedings*, 44(1), 2837-2842. doi:10.1016/j.matpr.2020.12.1165
- American Petroleum Institute. (2020). *API STD 2000: Venting Atmospheric and Low-Pressure Storage Tanks*.
- American Petroleum Institute. (2020). *API STD 650: Welded tanks for oil storage*.
- American Water Works Association. (2011). *AWWA D100: Welded Carbon Steel Tanks for Water Storage*.
- Andrinich, J. (2018). Diseño de Sistema contra Incendio para 03 Tanques de Almacenamiento de Diesel B5 DE 330,000 Galones de Capacidad Total. *Tesis*. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.
- Bueno, P. (2014). *Preparar y acondicionar los equipos principales e instalaciones auxiliares de la planta química*. IC Editorial.
- Cabezas, R., & Núñez, W. (2011). Diseño y Simulación de un Tanque de Techo Fijo para Almacenar Petroleo de 3.000 Bls de Capacidad en la Plataforma del Pozo Sacha 192, Ubicada en la Provincia de Orellana. *Tesis*. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Carreño, G., & Hernández, J. (2008). Diseño y cálculo de un tanque de almacenamiento para nafta con diámetro de 70 ft x 30 ft de altura bajo la norma API 650. *Tesis*. Instituto Politécnico Nacional, México D.F., México.
- Colque, R. (2023). Diseño de un tanque atmosférico de almacenamiento de diesel con una capacidad de 20 650 bbls para la ampliación de la planta de Monte Azul - Mollendo. *Tesis*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Cusi, F. (2023). Diseño, fabricación y montaje de un tanque de agua desmineralizada y un tanque de agua residual para una planta

termoeléctrica. *Trabajo de suficiencia profesional*. Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, Perú.

De la Cadena, C., & Larrea, P. (2012). Diseño de un Tanque de Almacenamiento de Petróleo Tipo Techo Flotante de 100.000 Barriles de Capacidad para la Empresa TESCA INGENIERIA del Ecuador. *Proyecto*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Escarcena, J., & Calcina, L. (2021). Diseño de un tanque atmosférico metálico de 300 m³ de capacidad según la norma API 650 para almacenar hidrocarburos. *Tesis*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Gonza, V. (2014). Diseño y Cálculo de un Tanque para Almacenamiento de Petróleo para 3000 Bbls. *Tesis de Grado*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

Oña, E. (2019). Diseño y desarrollo de un tanque de almacenamiento y distribución simultánea de agua condensada para uso en varios procesos alimenticios. *Proyecto Integrador*. Universidad Central del Ecuador, Ecuador.

Pejerrey, G. (2017). Diseño y Cálculo de un Tanque de Almacenamiento Atmosférico de 60,000 Barriles para Almacenaje de Gasolina de 90 Octanos en la Selva. *Tesis*. Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú.

Quispe, N., & Aguilar, A. (2019). Diseño de un tanque de almacenamiento de petróleo de 10 000 galones mediante el uso del método de elementos finitos (MEF). *Trabajo de Investigación*. Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú.

Sachidananda, H., Dubey, S., & Veera, M. (2019). Design, analysis and fabrication of firewater storage tank. *Discover Applied Sciences*, 1(81). doi:10.1007/s42452-018-0071-2

Saldaña, Y. (2020). Diseño de tanques de agua con capacidad hasta 1200 m³ con techo cónico bajo norma API 650 con Excel y SolidWorks. *Tesis*. Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú.

TechnoSoft. (s.f.). *Field Erected and Shop Built Storage Tanks*. Recuperado el 06 de Diciembre de 2024, de Ametank: <https://www.ametank.com/>

Yafac, J. (2019). Diseño de tanque de almacenamiento de nafta con protección catódica para la refinería de Iquitos. *Tesis*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú.

ANEXOS

ANEXO 1. Hoja de datos

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO							
NOMBRE DEL EPC TANQUE 111 DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO							
PROYECTO:							
DOCUMENTO: HOJA DE DATOS TANQUE 329-T-111							
DISCIPLINA: MECÁNICA							
HOJA DE DATOS:	TANQUE DE TECHO FIJO - SCI	REFINERÍA IQUITOS		HOJA	1	DE	3
SERVICIO	ALMACENAMIENTO AGUA CONTRA INCENDIO	EQUIPO No.:	329-T-111	No. REQD	1		
CONDICIONES DE OPERACION		ESPECIFICACIÓN DE MATERIALES					
FLUIDO	AGUA	PARED	ASTM A-36				
CAPACIDAD NETA	38.437 bbls	FONDO	ASTM A-36				
CAPACIDAD DE OPERACIÓN	35.380 bbls	TECHO INTERNO	N/A				
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	80,78 °F	TECHO EXTERNO	ASTM A-36				
GRAVEDAD ESPECIFICA	1	BRIDAS	ASTM A-105				
VISCOSIDAD	0,844 cSt	BOQUILLAS	ASTM A-106 GRB/ ASTM A-53				
PRESIÓN DE VAPOR (TBP)	15,22 psia	PERNOS/ TUERCAS EXTERIORES	ASTM A-193-B7/ASTM A-194 2H				
		PERNOS/TUERCAS INTERIORES	ASTM A-193-B7/ASTM A-194 2H				
		TUBERÍA INTERNA	ASTM A-53 Gr B				
		EMPACADURAS	LÁMINA DE SELLADO DE FIBRA COMPRIMIDA				
		PLATAFORMAS	SI REQUIERE				
CONDICIONES DE DISEÑO		RECUBRIMIENTO INTERNO/EXTERNO	NFPA 22				
PRESIÓN DE DISEÑO	Atm	PERFILES ESTRUCTURALES	ASTM A-36				
TEMPERATURA DE DISEÑO	131 °F	PERNOS DE ANCLAJE	N/A				
DESCRIPCION DEL TANQUE		BAFFLES	N/A				
CODIGO DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	NFPA 22 / API 650	ESPESORES MÍNIMOS					
TIPO DE TECHO	CONICO FIJO	CUERPO	NOTA 1				
	SOPORTADO	TECHO	6 mm				
TIPO DE FONDO	CONICO HACIA ARRIBA	FONDO	NOTA 2				
PESO APROXIMADO LLENO/ VACIO	13.380.665 / 349.060 lbs	SOBRE ESPESOR DE CORROSIÓN					
CONDICIONES AMBIENTALES		TECHO	3 mm				
TEMPERATURA MÍNIMA/ NORMAL/ MÁXIMA	69 / 81 / 100 °F	CUERPO	3 mm				
RANGO DE HUMEDAD	79 - 91 %	FONDO	3 mm				
VELOCIDAD DEL VIENTO	75 kmh	INTERNOS	3 mm				
ZONA SÍSMICA	1	PINTURA EXTERIOR					
		GRADO DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE	NACE 3/ SSPC-SP 6				
		CAPA INICIAL	EPOXY ADUCTO AMINA ALTO ESPESOR				
		CAPA DE ACABADO	EPOXY ADUCTO AMINA ALTO ESPESOR				
		ESPESOR TOTAL PELÍCULA SECA (MILS)	8				
		AISLAMIENTO	N/A				
		ESFUERZO ADMISIBLE					
		PARA OPERACIÓN	POR API 650 (23.200 psi)				
		PARA PRUEBA HIDROSTÁTICA	POR API 650 (24.900 psi)				

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL **EPC TANQUE 111 DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO**

PROYECTO:

DOCUMENTO: **HOJA DE DATOS TANQUE 329-T-111**

DISCIPLINA: **MECÁNICA**

HOJA DE DATOS:	TANQUE DE TECHO FIJO - SCI			REFINERÍA IQUITOS		HOJA	2	DE	3
SERVICIO	ALMACENAMIENTO AGUA CONTRA INCENDIO			EQUIPO No.:	329-T-111	No. REQD	1		
TABLA DE CONEXIONES									
SIMBOLO	CANTIDAD	DIÁMETRO	CLASE	TIPO DE CARA	ELEVACIÓN (PIE)	SERVICIO			
N1	1	6"	150#	FF	1	ENTRADA DE AGUA			
N2	1	6"	150#	FF	1	ENTRADA DE AGUA			
N3	1	12"	150#	FF	1,47	SALIDA DE AGUA			
N4	1	16"	150#	FF	1,74	SALIDA DE AGUA			
N5	1	4"	150#	FF	1	DRENAJE			
N6	1	4"	150#	FF	40,19	REBOSE			
N7	1	16"	150#	CUELLO DE CISNE	TECHO	ENTRADA/SALIDA DE AIRE			
N8	1	16"	150#	CUELLO DE CISNE	TECHO	ENTRADA/SALIDA DE AIRE			
MH1	1	26"	150#	FF	2,55	BOCA DE VISITA PARED			
MH2	1	26"	150#	FF	2,55	BOCA DE VISITA PARED			
MH3	1	26"	150#	FF	TECHO	BOCA DE VISITA TECHO			
MH4	1	26"	150#	FF	TECHO	BOCA DE VISITA TECHO			
I1	1	1"	6000#	NPT	3,41	TRANSMISOR DE NIVEL			
I2	1	1"	6000#	NPT	39,02	TRANSMISOR DE NIVEL			
I3	1	1"	6000#	NPT	39,52	TRANSMISOR DE NIVEL			
ACCESORIOS REQUERIDOS				INSPECCIONES Y PRUEBAS					
ESCALERA ESPIRAL		REQUERIDA		HIDROSTÁTICA		REQUERIDA SEGÚN API 650			
BARANDAS EN EL TECHO		REQUERIDA		NEUMÁTICA		REQUERIDA SEGÚN API 650			
ANTI VORTICE		POR NFPA 22		INSPECCIÓN RADIOGRAFICA		REQUERIDA SEGÚN API 650			
ARRESTALLAMA		NO REQUERIDA		INSPECCIÓN PARTÍCULAS MAGNÉTICAS		N/A			
CONEXIÓN PUESTA A TIERRA		REQUERIDA		INSPECCIÓN LÍQUIDOS PENETRANTES		REQUERIDA SEGÚN API 650			

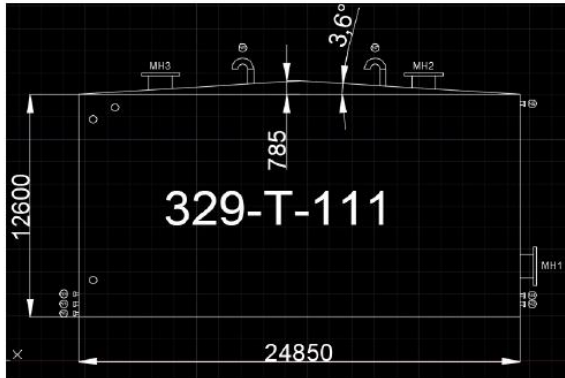
DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL **EPC TANQUE 111 DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO**

PROYECTO:

DOCUMENTO: **HOJA DE DATOS TANQUE 329-T-111**

DISCIPLINA: MECÁNICA

HOJA DE DATOS:	TANQUE DE TECHO FIJO - SCI	REFINERÍA IQITOS		HOJA	3	DE	3
SERVICIO	ALMACENAMIENTO AGUA CONTRA INCENDIO	EQUIPO No.:	329-T-111	No. REQD	1		
		DIMENSIONES DEL TANQUE					
			(pie - pulg)				
		D	81,53 – 978,36	Diámetro			
		H	41,34 - 496,08	Altura			
							
NOTAS							
1.- 1er ANILLO: 12,54 mm – 2do ANILLO: 11,17 mm – 3er ANILLO: 9,82 mm – 4to ANILLO: 8,42 mm – 5to ANILLO: 7,07 mm - 6to ANILLO: 6 mm y 7mo ANILLO: 6 mm							
2.- PISO 9,5 mm – PLACA ANULAR: 12,54 mm							
3.- INDICADOR DE NIVEL DE REGLETA SEGÚN NFPA 22							
4.- LÁMINA DE 6 m X 1,8 m							
		Fluido: AGUA CONTRA INCENDIO					
		Equipo No.: 332-T-111					

ANEXO 2. Estudio de mecánica de suelos

RESUMEN

CONDICIONES DE CIMENTACION ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE CIMENTACION PARA EL PROYECTO:

“ELABORACIÓN DE INGENIERIA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN (EPC) DE TANQUE 329-T-111 DE 35 MB DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO DE REFINERÍA IQUITOS”

De conformidad con la Norma Técnica E-050 del Reglamento Nacional de Edificaciones, la siguiente información deberá transcribirse en los planos de cimentaciones. Esta información no es limitativa y deberá cumplirse con todo lo especificado en el presente estudio de suelos y el RNE.

TIPO DE CIMENTACIÓN

Cimentación Superficial
-**Tanques de Almacenamiento de Agua**
(Zapata corrida, sobre la que se
Apoya un pedestal perimetral de concreto
armado).

ESTRATO DE APOYO DE CIMENTACION

El apoyo de la cimentación dependerá de la decisión que el solicitante tome de acuerdo a las alternativas presentadas en el presente estudio, pudiendo ser suelo CH (SUCS), Mortero $f'c=100\text{kg/cm}^2$ o concreto ciclópeo:

PARAMETROS DE DISEÑO CIMENTACIÓN

♦ PROFUNDIDAD CIMENTACIÓN

Estructura	Profundidad de desplante (m)
Tanque 329 -T-111	0.90
Tanque 329 -T-111	2.40

Esta profundidad se determinará en función a la alternativa seleccionada.

♦ PRESION ADMISIBLE

Zona 1 - $Q_{adm} = 2.28 \text{ kg/cm}^2$. (Df=0.90)
 $Q_{adm} = 2.56 \text{ kg/cm}^2$. (Df=2.40)

Zona 2 - $Q_{adm} = 0.92 \text{ kg/cm}^2$. (Df=0.90)
 $Q_{adm} = 3.40 \text{ kg/cm}^2$. (Df=2.40)

FACTOR DE SEGURIDAD POR CORTE 3

◆ CONDICIONES SISMORRESISTENTES

Zona sísmica (1)
 Perfil Tipo (S3) suelos blandos
 Coeficiente Acelerac. Max. $Z=0.10$
 Factor de suelo $S= 2.00$
 Periodo $T_P= 1.00$
 Periodo $T_L= 1.60$

◆ AGRESIVIDAD DEL SUELO

◆ DISTORCION ANGULAR

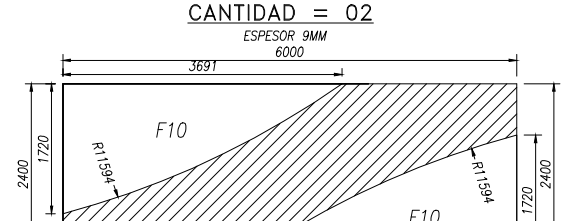
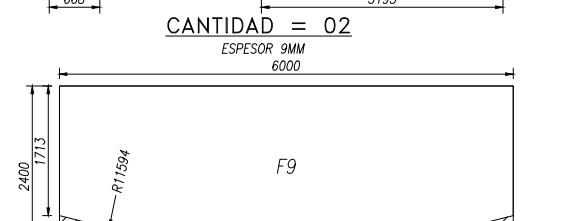
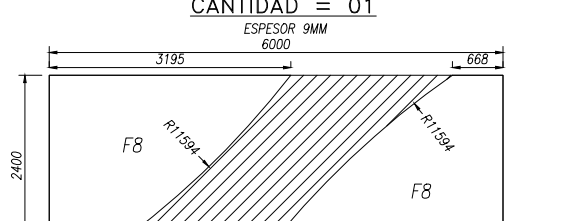
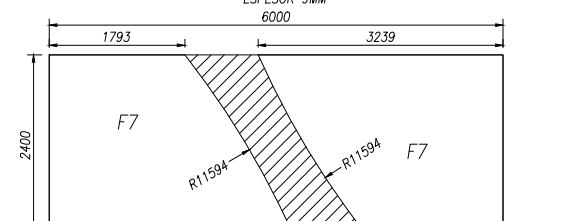
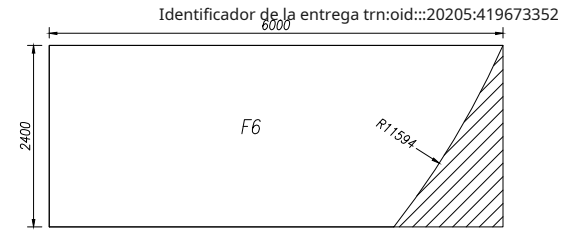
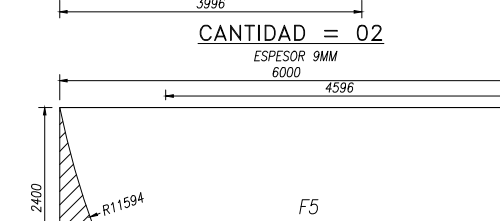
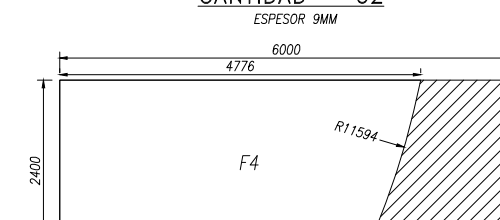
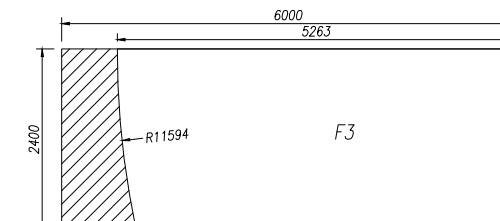
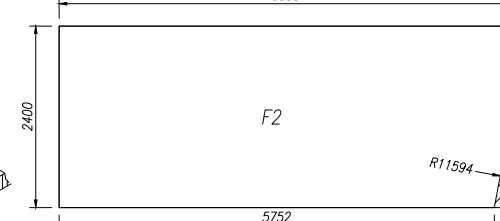
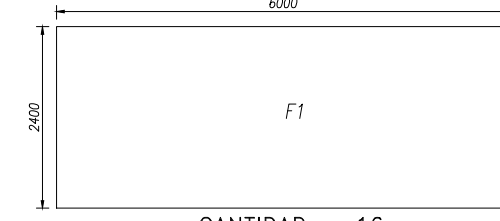
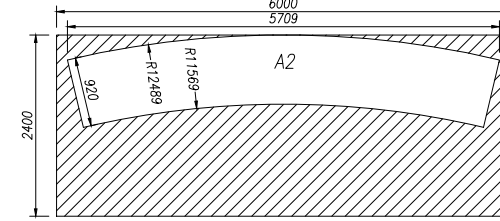
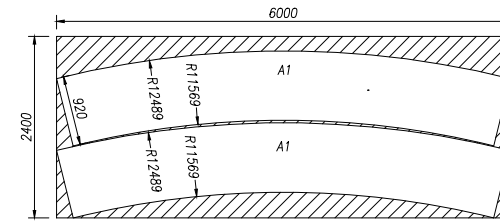
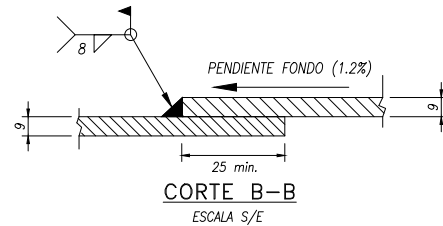
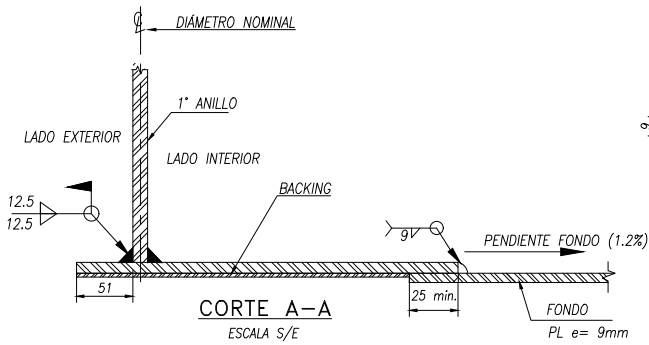
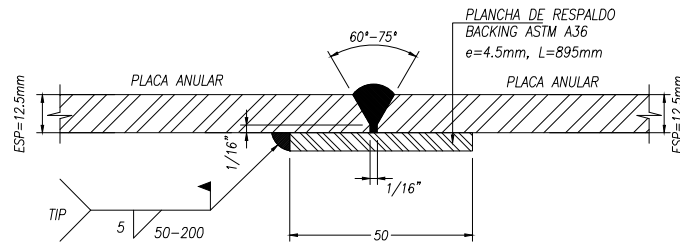
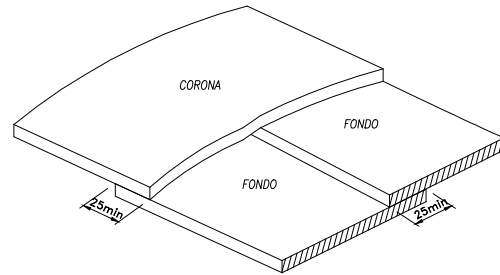
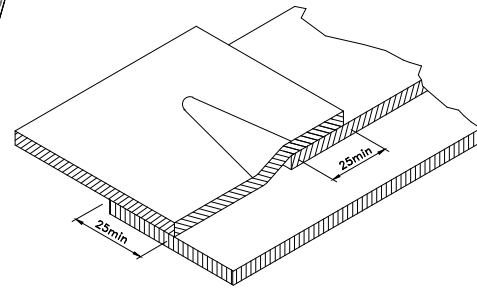
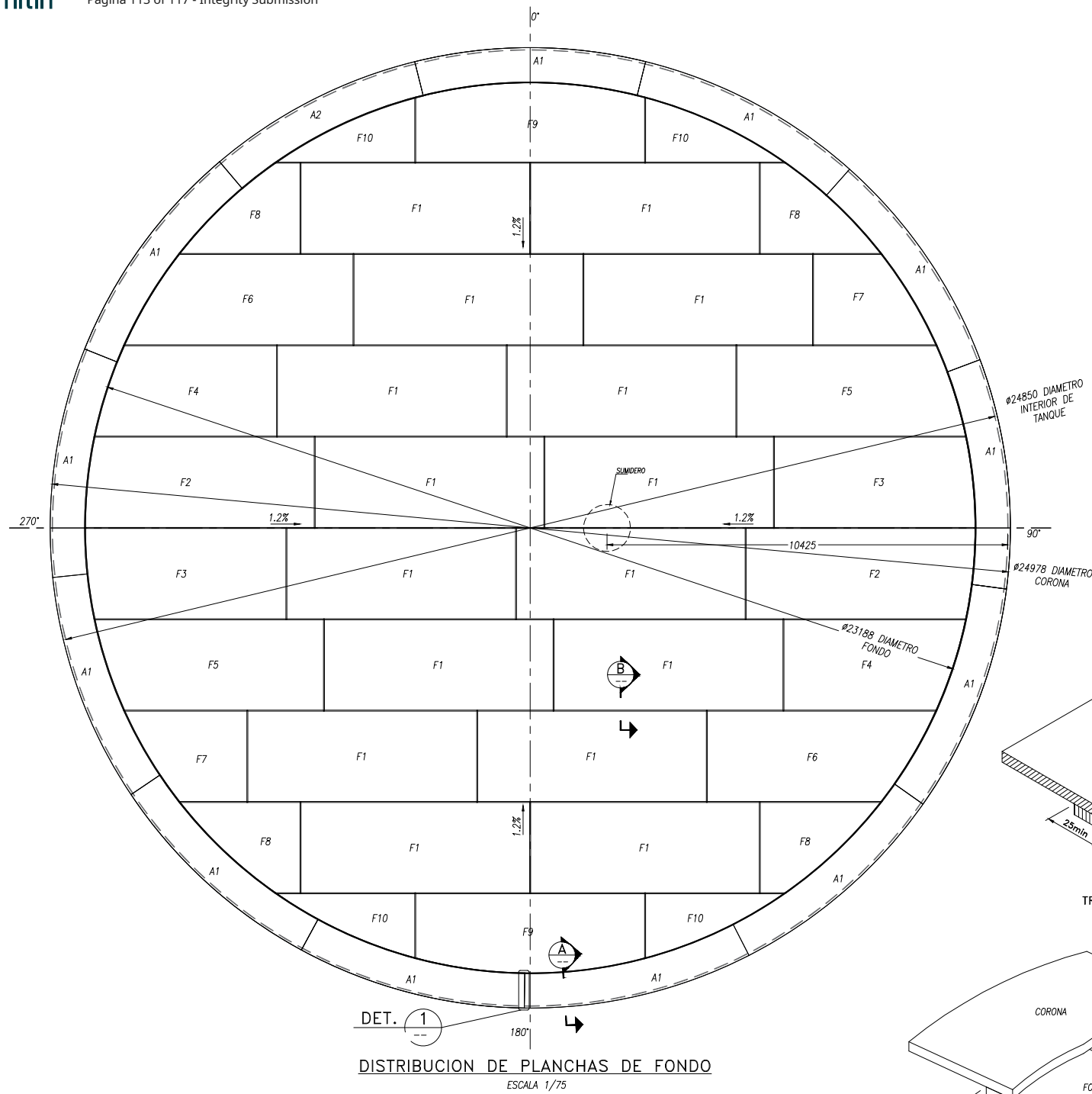
Despreciable por bajo contenido de sulfatos y cloruros

RECOMENDACIONES ADICIONALES

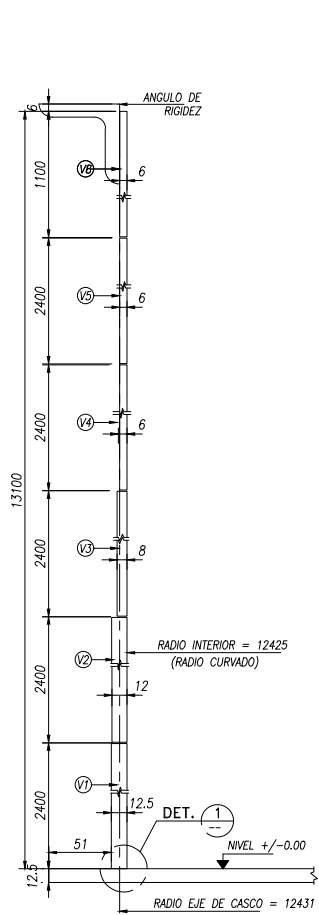
menor a 1/150

No debe cimentarse sobre suelo orgánico, tierra vegetal, desmonte o relleno sanitario; se recomienda que estos suelos sean removidos y eliminados en su totalidad antes de Construir las estructuras.

ANEXO 3. Planos

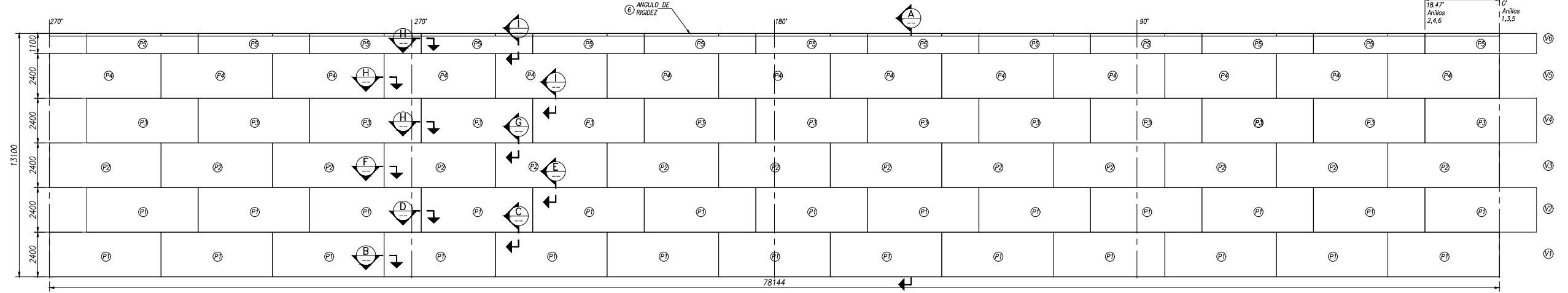
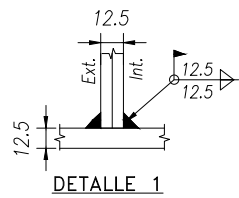


A1	PL-6000X1045X12.5MM (Ver Figura)	12	ASTM A36	
A2	PL-5709X1012X12.5MM (Ver Figura)	01	ASTM A36	
F1	PL-6000X2400X9MM (Ver Figura)	16	ASTM A36	
F2	PL-4000X2400X9MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
F3	PL-1780X2400X9MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
F4	PL-6000X2400X9MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
F5	PL-5278X2400X9MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
F6	PL-6000X2400X9MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
F7	PL-3777X2400X9MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
F8	PL-3478X2400X9MM (Ver Figura)	04	ASTM A36	
F9	PL-6000X2353X9MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
F10	PL-4109X1974X9MM (Ver Figura)	04	ASTM A36	
POS	DESIGNACIÓN	CANT.	MATERIAL	ANOTACIONES
DIBUJO	H.L.D	07/12/24	ESCALA 1 : 1	DISTRIBUCION DE PLANCHAS DEL FONDO
DISEÑO	R.C.Q	07/12/24		
APROBO	J.A.S.A.	07/12/24	FECHA	
NORMA		11/09/23		
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA LIMA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA				PLANO N° 1/1 Identificador de la entrega trn:oid::20205:419673352 SUSTITUYE A SUSTITUIDO POR
				N° 2

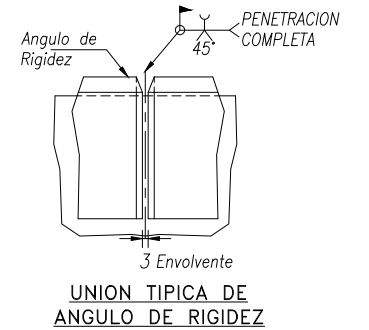
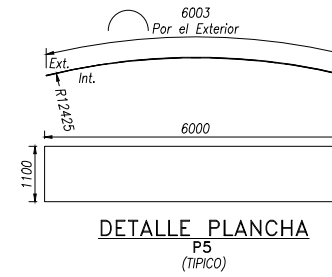
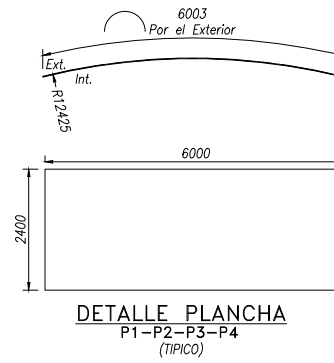
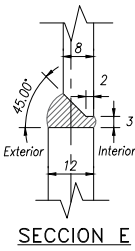
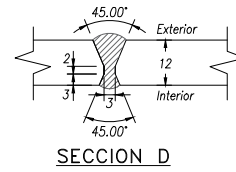
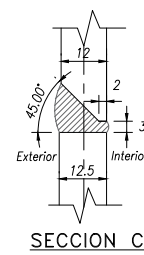
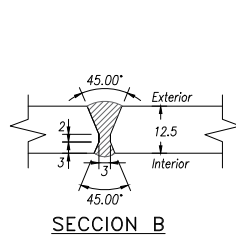


SECCION A
ESCALA S/E

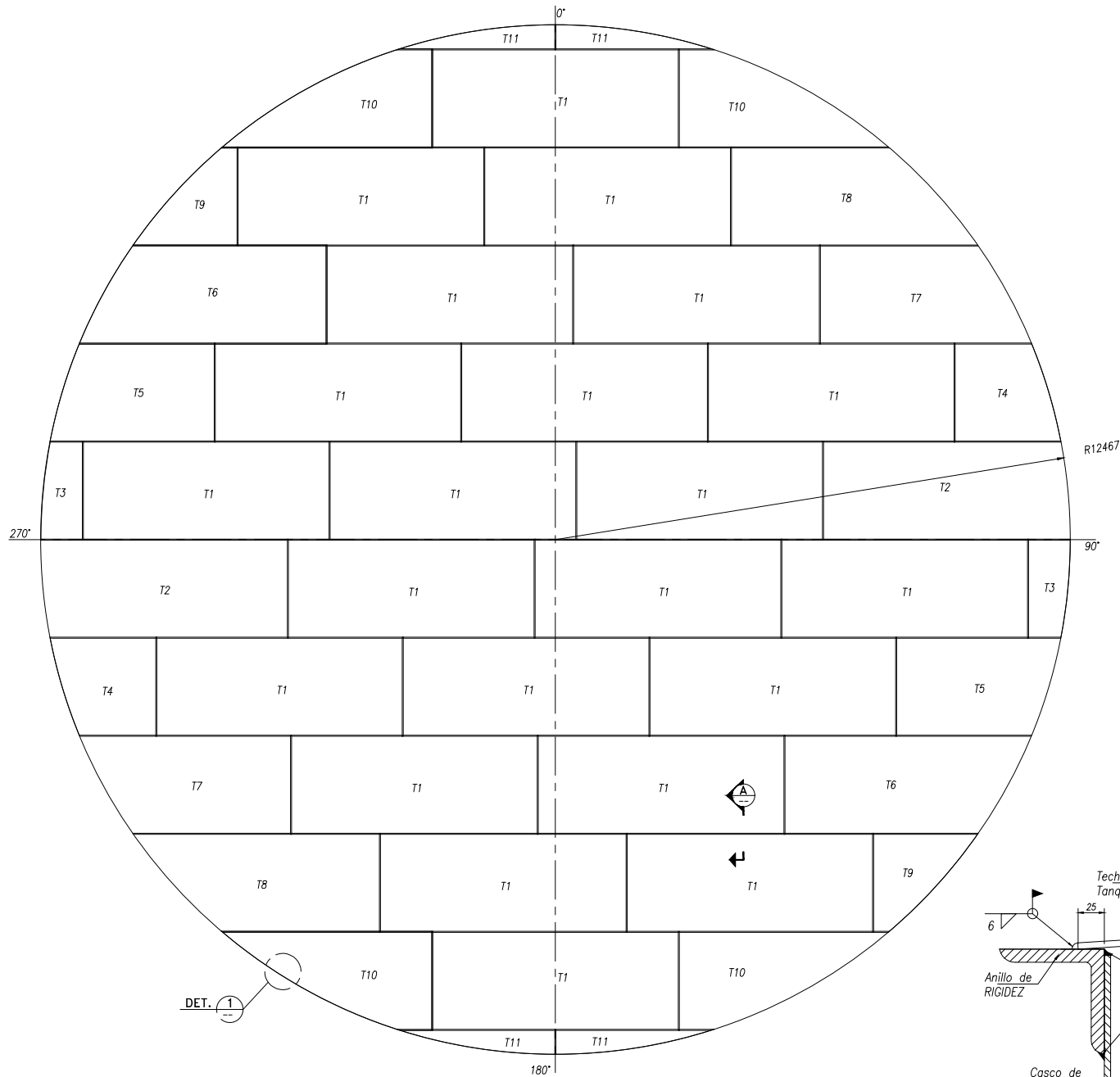
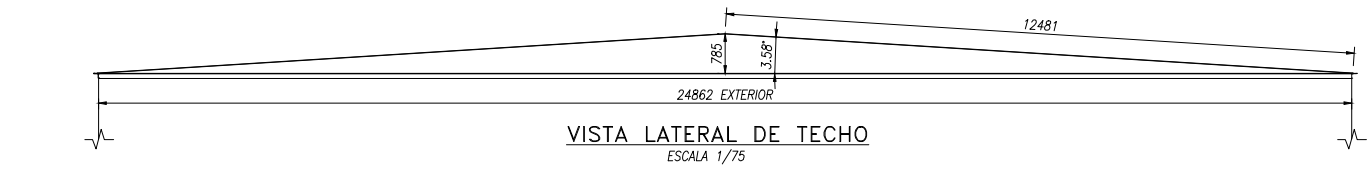
PERIMETRO AL EXT. VIOLA V1= 78144
PERIMETRO AL EXT. VIOLA V6= 78106



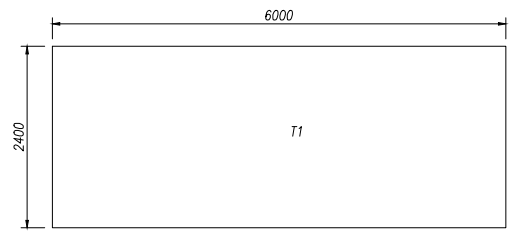
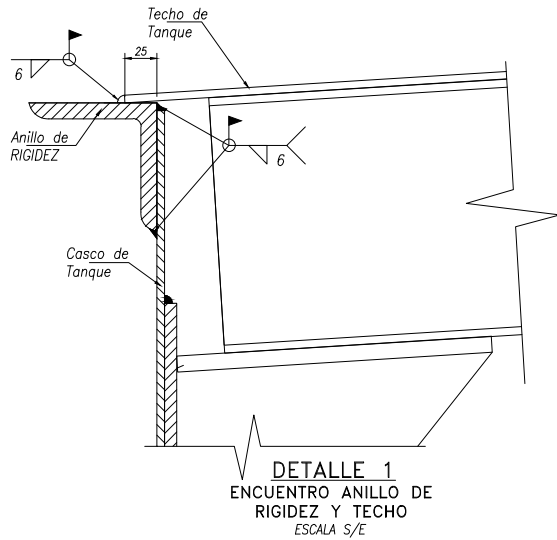
DESARROLLO DE LA ENVOLVENTE VISTA POR EL EXTERIOR
(13 PLANCHAS POR VIOLA)
ESCALA 1/125



01	PL - 6000X2400X12.5MM	13	ASTM A36	
02	PL - 6000X2400X12MM	13	ASTM A36	
03	PL - 6000X2400X8MM	13	ASTM A36	
04	PL - 6000X2400X6MM	26	ASTM A36	
05	PL - 6000X1100X6MM	13	ASTM A36	
06	ÁNGULO 4"x4"x1/2" - 78106MM	1	ASTM A36	
POS	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	ANOTACIONES
DIBUJO	H.L.D	07/12/24	ESCALA	
DISEÑO	R.C.Q	07/12/24	1 : 1	
APROBO	J.A.S.A.	07/12/24	FECHA	
NORMA			11/09/23	
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA LIMA, SUR				PLANO N° 1/1
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA				SUSTITUYE A
				SUSTITUIDO POR
				N°
				3

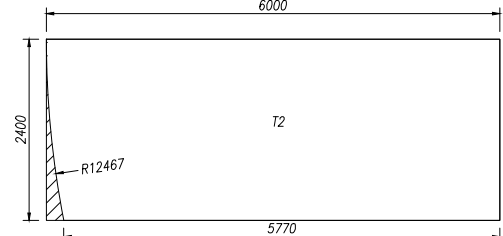


DISTRIBUCION DE PLANCHAS DE TECHO
ESCALA 1/75



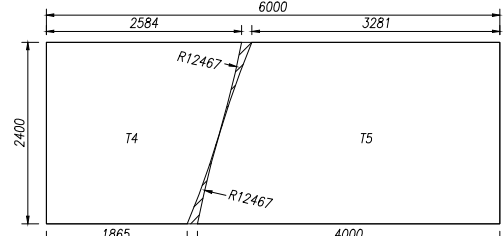
CANTIDAD = 22

ESPEJOR 6MM



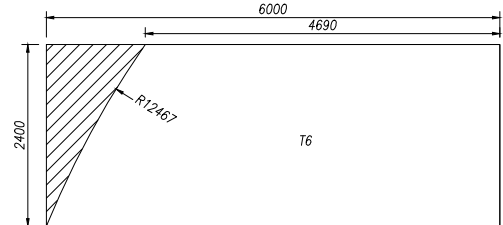
CANTIDAD = 02

ESPEJOR 6MM



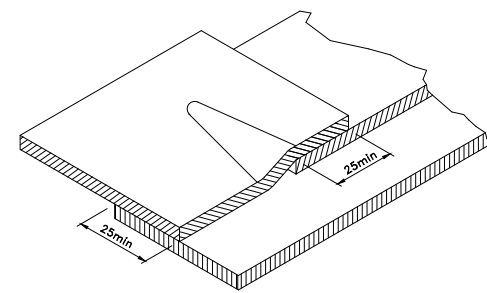
CANTIDAD = 02

ESPEJOR 6MM

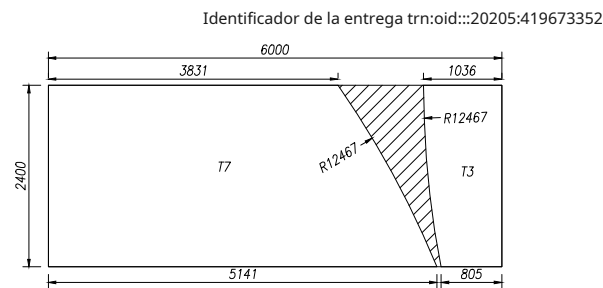


CANTIDAD = 02

ESPEJOR 6MM

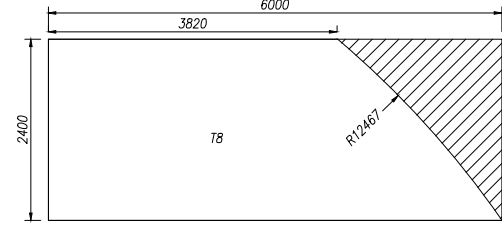


DETALLE TIPICO
TRASLAPE DE TRES PLANCHAS
ESCALA S/E



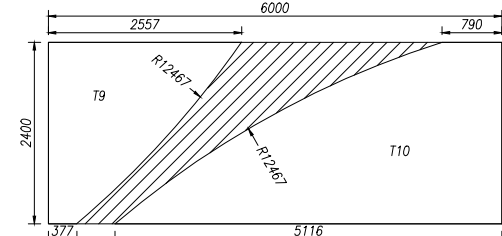
CANTIDAD = 02

ESPEJOR 6MM



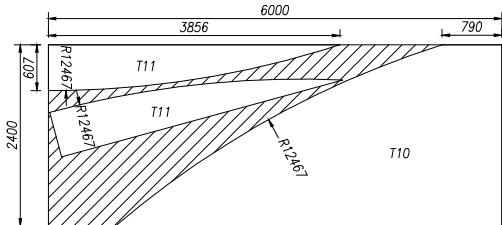
CANTIDAD = 02

ESPEJOR 6MM



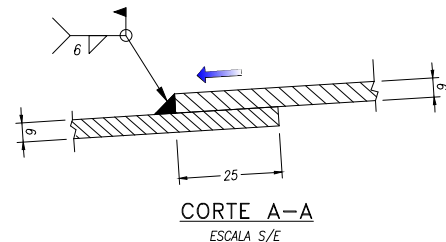
CANTIDAD = 02

ESPEJOR 6MM



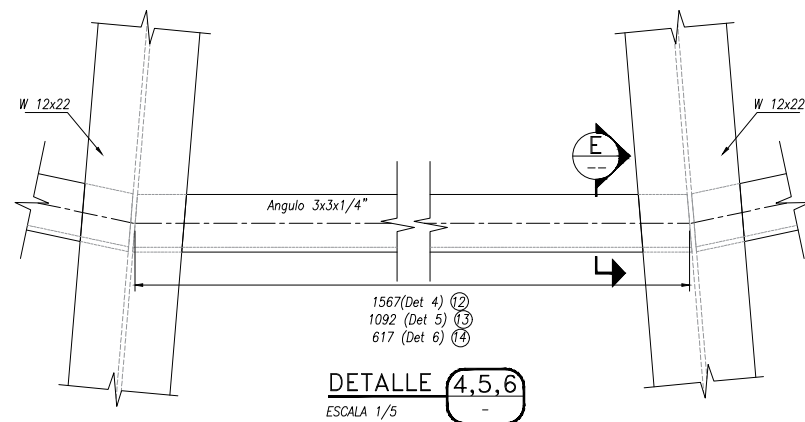
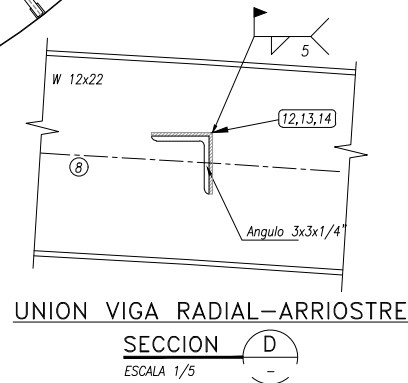
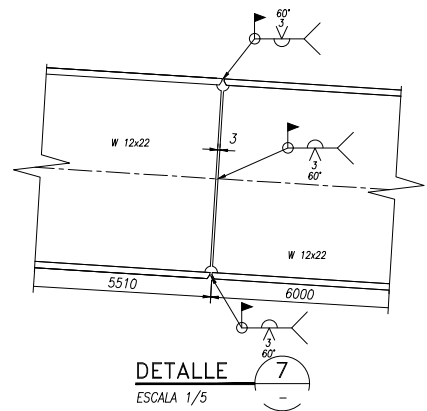
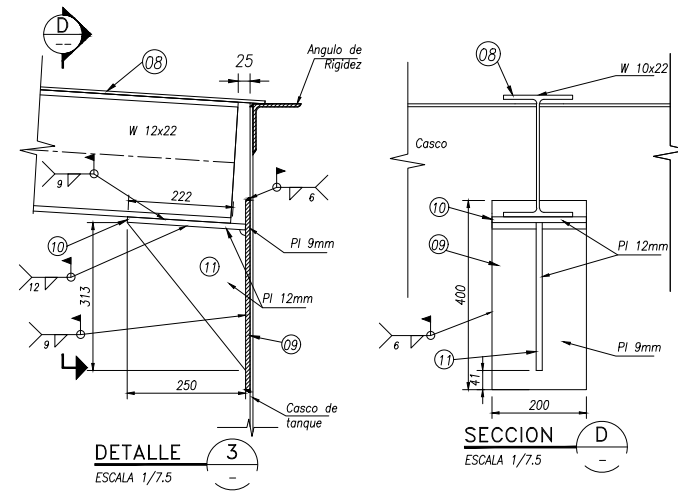
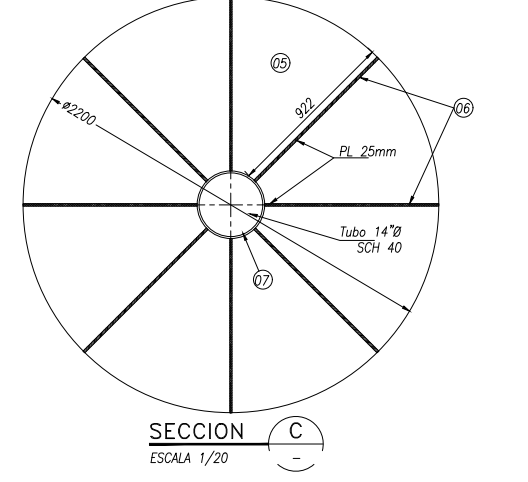
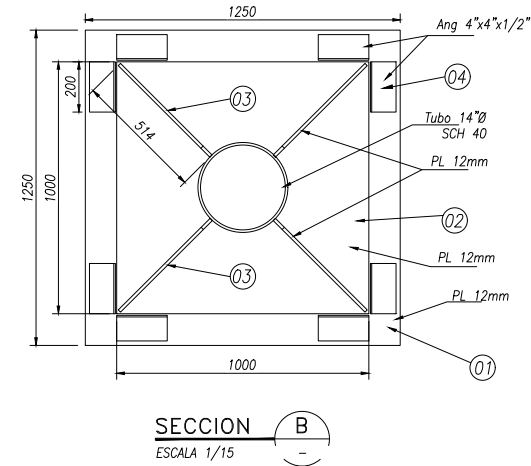
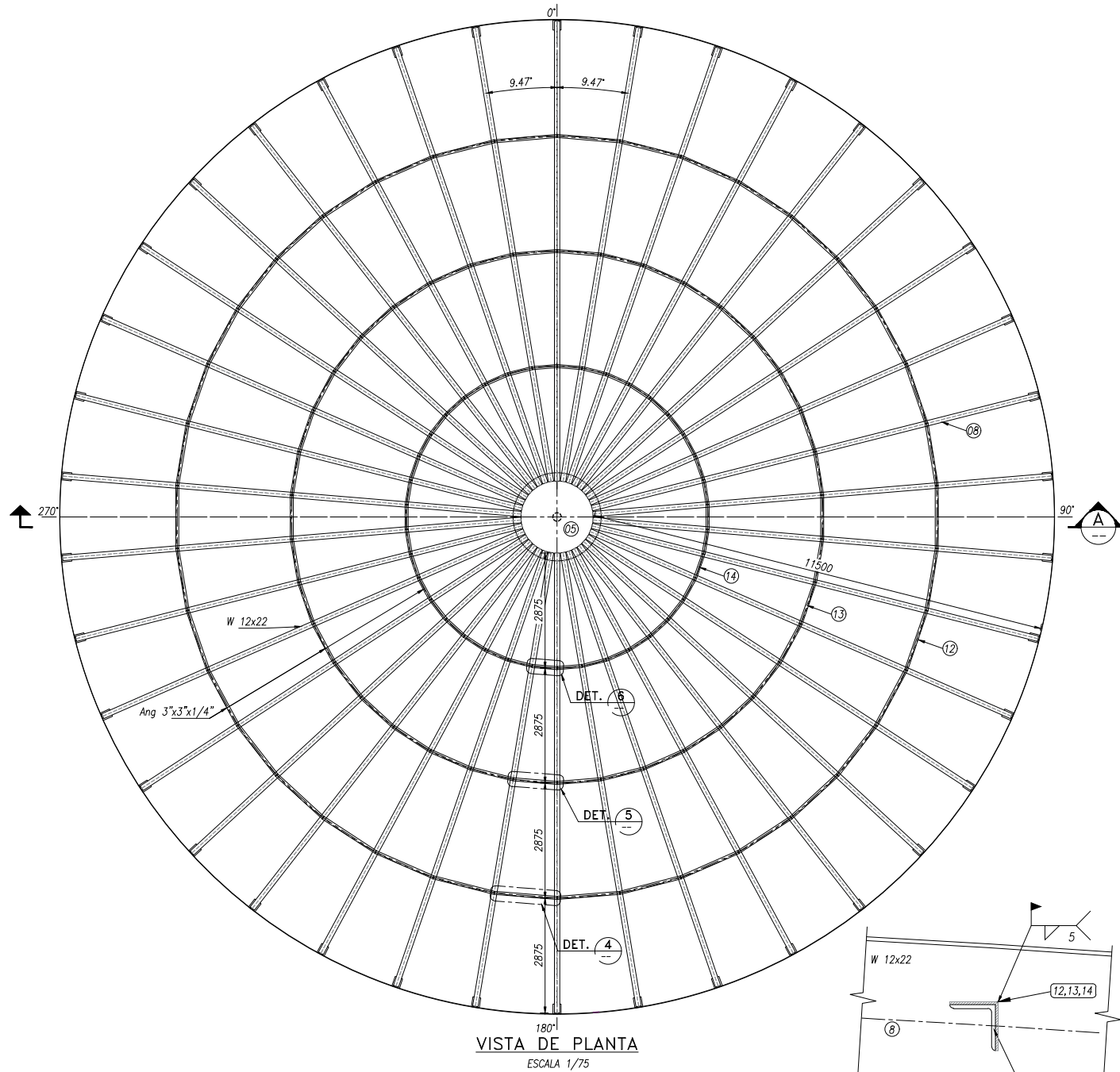
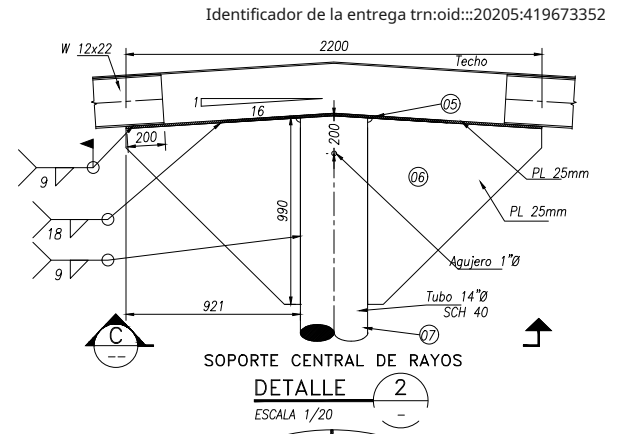
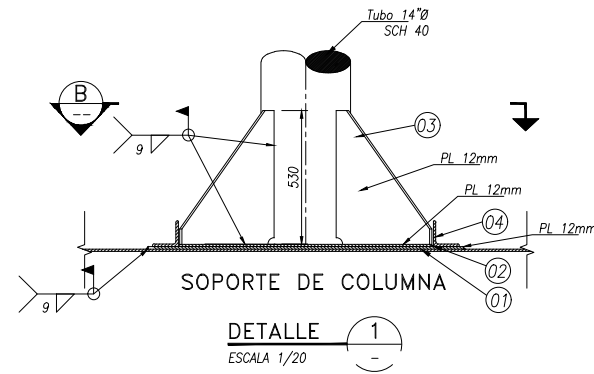
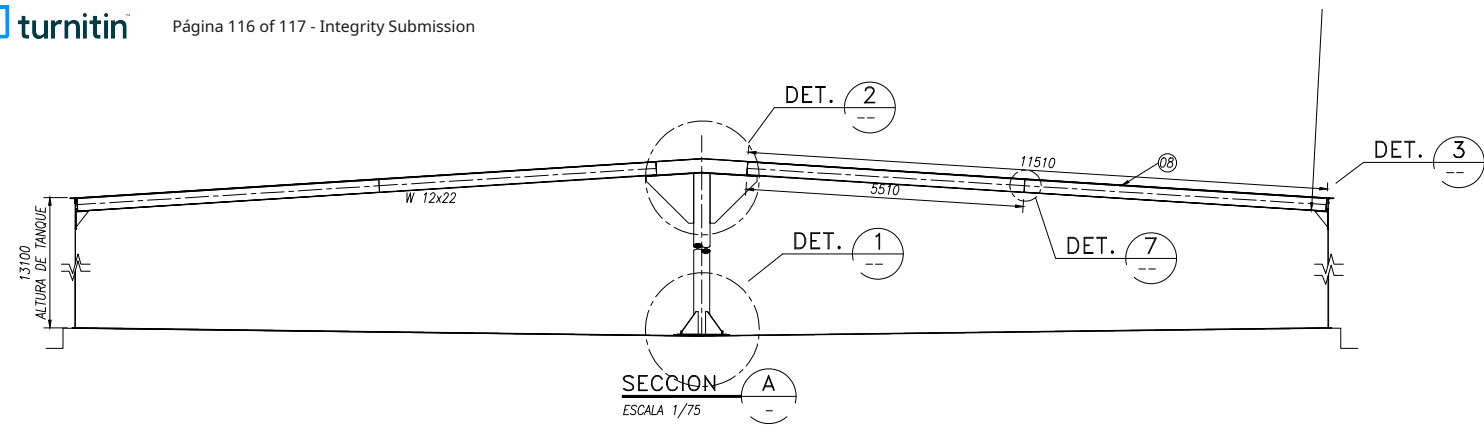
CANTIDAD = 02

ESPEJOR 6MM

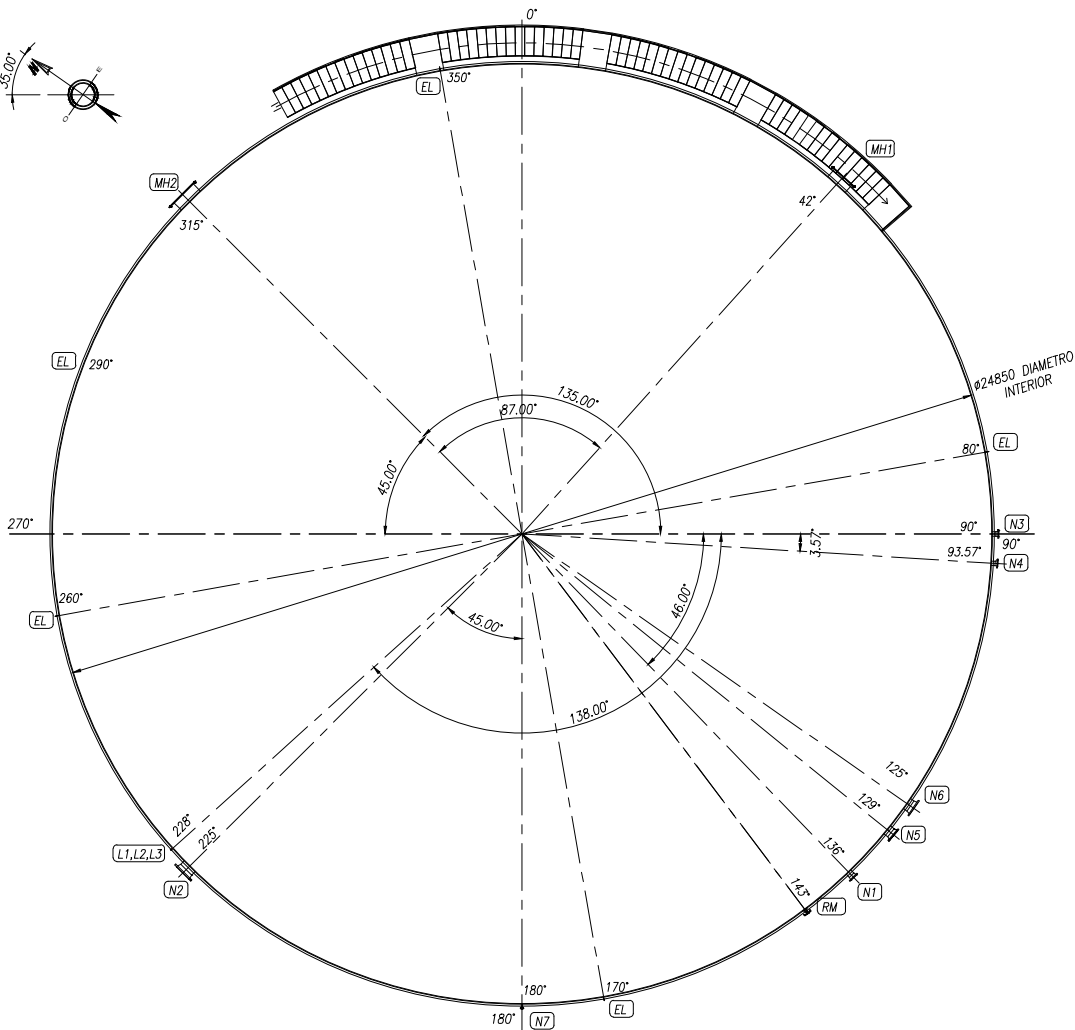


CORTE A-A
ESCALA S/E

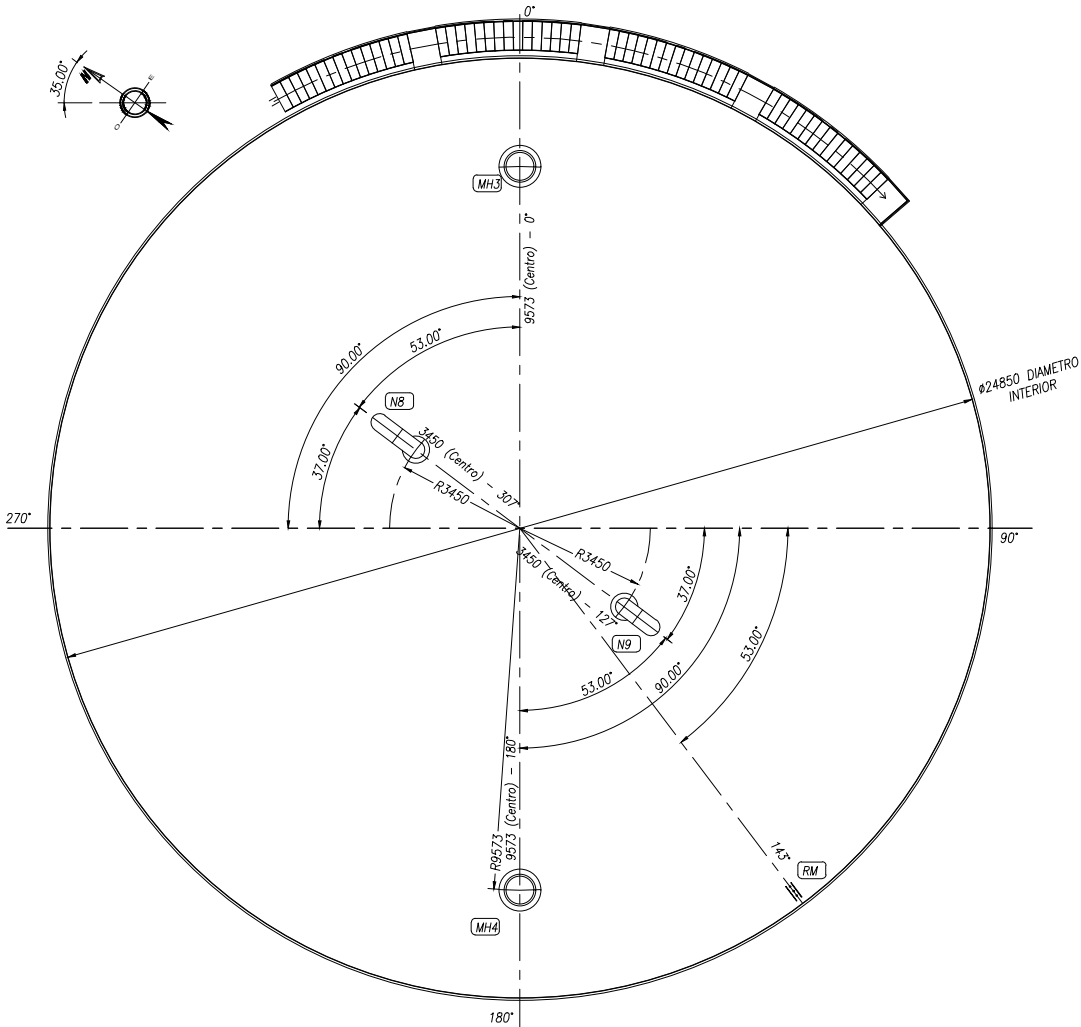
T1	PL-6000x2400x6MM (Ver Figura)	22	ASTM A36	
T2	PL-6000x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T3	PL-1036x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T4	PL-2584x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T5	PL-4000x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T6	PL-6000x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T7	PL-5141x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T8	PL-6000x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T9	PL-2557x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T10	PL-5116x2400x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
T11	PL-3856x607x6MM (Ver Figura)	02	ASTM A36	
POS	DESIGNACIÓN	CANT.	MATERIAL	ANOTACIONES
DIBUJO	H.L.D	07/12/24	ESCALA	
DISEÑO	R.C.Q	07/12/24	1 : 1	
APROBO	J.A.S.A.	07/12/24	FECHA	
NORMA		11/09/23		
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA LIMA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA				PLANO N° 1/1 SUSTITUYE A SUSTITUIDO POR
Identificador de la entrega trn:oid:::20205:419673352				N° 4



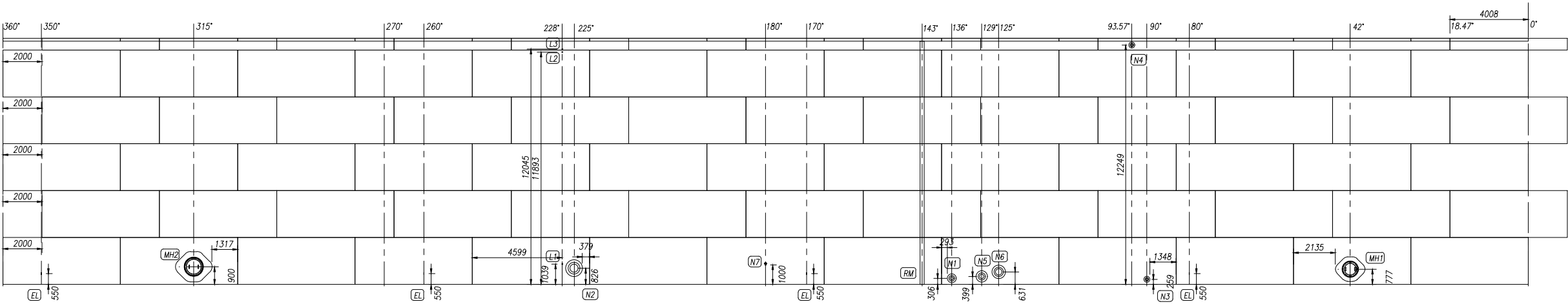
01	PL 12mm x 1250mm x 1250mm	01	ASTM A36	
02	PL 12mm x 1000mm x 1000mm	01	ASTM A36	
03	PL 12mm x 530mm x 530mm	04	ASTM A36	
04	ANGULO 4"x4"x1/2"	08	ASTM A36	
05	PL 25mm x 2200mm Ø	01	ASTM A36	
06	PL 25mm x 990mm x 937mm	08	ASTM A36	
07	TUBO 14"Ø SCH 40 x 13800mm	01	A53 Gr. B	
08	VIGA W 12x22 x 11510mm	38	ASTM A36	
09	PL 9mm x 400mm x 200mm	38	ASTM A36	
10	PL 12mm x 250mm x 200mm	38	ASTM A36	
11	PL 12mm x 250mm x 313mm	38	ASTM A36	
12	ANGULO 3"x3"x1/4" x 1567mm	38	ASTM A36	
13	ANGULO 3"x3"x1/4" x 1092mm	38	ASTM A36	
14	ANGULO 3"x3"x1/4" x 617mm	38	ASTM A36	
POS	DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIAL	ANOTACIONES
DIBUJO	H.L.D	07/12/24	ESCALA	
DISEÑO	R.C.Q	07/12/24	1 : 1	
APROBO	J.A.S.A.	07/12/24	FECHA	
NORMA		11/09/23		
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA LIMA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA				PLANO N° 1/1 SUSTITUYE A SUSTITUIDO POR
Identificador de la entrega trn:oid::20205:419673352				N° 1



ORIENTACION DE TUBULADURAS
EN CASCO
ESCALA 1/100



ORIENTACION DE TUBULADURAS
EN TECHO
ESCALA 1/100



DESARROLLO DE LA ENVOLVENTE VISTA POR EL EXTERIOR
ESCALA 1/125

ACCESORIOS DEL TANQUE						
Identificador de la entrega trn:oid:::20205:419673352						
ACCESORIOS DE TANQUE - CUERPO						
N°	TAMAÑO	DESCRIPCION	CLASE / MAT	POSICION	ALTURA DE FONDO	DIST. AL CENTRO
MH1	24"	Manhole	API 650	42°	777 mm	12704 mm
MH2	30"	Manhole	API 650	315°	900 mm	12704 mm
N1	6"	Entrada de agua	WN 150# FF	136°	306 mm	12637 mm
N2	16"	Salida de agua	WN 150# FF	225°	784 mm	12684 mm
N3	4"	Drenaje	WN 150# FF	90°	259 mm	12612 mm
N4	4"	Rebose	WN 150# FF	93.57°	12249 mm	12612 mm
N5	10"	Reserva	WN 150# FF	129°	399 mm	12659 mm
N6	12"	Salida de agua	WN 150# FF	125°	631 mm	12659 mm
N7	1"	Medidor de Temperatura	WN 150# RF	180°	1000 mm	12568 mm
L1	1"	Transmisor de nivel	6000#	228°	1039 mm	--
L2	1"	Transmisor de nivel	6000#	228°	11893 mm	--
L3	1"	Transmisor de nivel	6000#	228°	12045 mm	--
EL	--	Conectores a Tierra	--	80°,170°,260°,350°	550 mm	--
RM	--	Regleta de Medicion	--	143°	--	--
ACCESORIOS DE TANQUE - TECHO						
N°	TAMAÑO	DESCRIPCION	CLASE / MAT	POSICION	RADIO DEL CENTRO	ELEVACION
MH3	24"	Manhole	API 650	0°	9573 mm	--
MH4	24"	Manhole	API 650	180°	9573 mm	--
N8	16"	Ventoe	SO 150# RF	127°	3450 mm	--
N9	16"	Ventoe	SO 150# RF	307°	3450 mm	--

DIBUJO	H.L.D	07/12/24	ESCALA	DISTRIBUCION DE BOQUILLAS	
DISEÑO	R.C.Q	07/12/24	1 : 1		
APROBO	J.A.S.A.	07/12/24	FECHA		
NORMA			11/09/23		
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA LIMA, SUR Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica				PLANO N° 1/1 Identificador de la entrega trn:oid:::20205:419673352 SUSTITUYE A SUSTITUIDO POR	N° 6