

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Diseño de un tanque con la norma API 650 para
almacenar agua recuperada en la mina
Anglo American, Quellaveco**

Roberto Alonso Yañez Vilca

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Arequipa, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Dr. Felipe Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Ma. Ever Luis Poma Tintaya
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 25 de abril de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "**DISEÑO DE UN TANQUE CON LA NORMA API 650 PARA ALMACENAR AGUA RECUPERADA EN LA MINA ANGLO AMERICAN QUELLAVECO**", perteneciente al estudiante **ROBERTO ALONSO YAÑEZ VILCA**, de la E.A.P. de **Ingeniería Mecánica**; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado **12 %** de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 30) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Asesor de tesis

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profunda gratitud a Dios por otorgarme la fuerza y la sabiduría necesarias para completar mi tesis con éxito.

Agradezco de todo corazón a mi familia, cuyo apoyo incondicional fue fundamental para alcanzar este sueño de obtener mi título. A mis padres John y Ana, a mi hermana Melanie, y a mis hermanos Jordan y Joaquín, les doy mi gratitud por su confianza y paciencia en mí.

Un agradecimiento especial se lo reservo a mi esposa Yesica y a mi hija Keren, cuyo amor y apoyo incondicional fueron mi roca durante este arduo proceso.

También quiero reconocer a todos aquellos que me motivaron y brindaron su apoyo durante mis estudios y la realización de mi tesis. Su fe en mí como futuro ingeniero fue un impulso invaluable que nunca olvidaré.

Bach. Roberto Alonso Yañez Vilca

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a mi hija, quien ha sido mi principal fuente de inspiración y motivación para perseguir el crecimiento profesional y aspirar a mejorar continuamente.

RESUMEN

La investigación se enfocó en el diseño de un tanque vertical destinado al almacenamiento de agua recuperada, con una capacidad total de 118 m³ y una capacidad nominal de 106 m³ proveniente de otros procesos mineros. Este tanque fue destinado específicamente al lavado de camiones mineros con el objetivo de reducir la necesidad de consumir recursos naturales adicionales. Se siguieron los lineamientos de la normativa API-650, que establece los criterios para la selección de materiales, diseño, fabricación, ensamblaje e inspección de tanques atmosféricos utilizados en instalaciones de procesamiento de refinerías de petróleo y plataformas de extracción de pozos. Estos tanques almacenan una variedad de hidrocarburos en distintos puntos, que van desde petróleo hasta productos intermedios como agua de producción, así como productos finales como gasolina, diésel y fueloil. Uno de los objetivos principales fue desarrollar un tanque conforme a la normativa API-650, lo que implicó calcular los espesores de las placas del casco del tanque dividido en anillos sujetos a la altura y formato de la placa utilizada. También se abordó el cálculo del espesor de las placas del fondo del tanque, donde la normativa establece un espesor mínimo de 6 mm y un ancho mínimo de 1800 mm para las placas utilizadas. Además, se calcularon los espesores de las placas del techo, considerando si el techo era soportado o auto soportado. La metodología para el desarrollo del diseño se basó en la normativa alemana (VDI), la cual detalla el proceso ordenado por etapas. Esto incluyó la lista de exigencias del usuario, la elaboración del concepto de solución óptima, la planificación del proyecto y la elaboración de detalles, culminando en el diseño del tanque y la generación de los planos correspondientes.

Palabras claves: API-650, tanque, casco, techo, fondo.

ABSTRACT

The research focused on the design of a vertical tank intended for the storage of recovered water, with a total capacity of 118 m³ and a nominal capacity of 106 m³ from other mining processes. This tank was specifically intended for washing mining trucks, with the aim of reducing the need to consume additional natural resources. The guidelines of the API-650 regulation were followed, which establishes the criteria for the selection of materials, design, manufacturing, assembly and inspection of atmospheric tanks used in processing facilities of oil refineries and well extraction platforms. These tanks store a variety of hydrocarbons at different points, ranging from petroleum to intermediate products such as production water, as well as final products such as gasoline, diesel and fuel oil. One of the main objectives was to develop a tank in accordance with API-650 regulations, which involved calculating the thickness of the tank hull plates, divided into rings subject to the height and format of the plate used. The calculation of the thickness of the tank bottom plates was also addressed, where the regulations establish a minimum thickness of 6 mm and a minimum width of 1800 mm for the plates used. Additionally, the thicknesses of the roof plates were calculated, considering whether the roof was supported or self-supported. The methodology for the development of the design was based on the German regulations (VDI), which details the process ordered by stages. This included the list of user requirements, the elaboration of the optimal solution concept, the project planning, and the elaboration of details, culminating in the design of the tank and the generation of the corresponding drawings.

Keywords: API-650, tank, shell, roof, bottom.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	14
1.1 Planteamiento y formulación del problema	14
1.1.1 Problema principal	16
1.1.2 Problemas específicos.....	16
1.2 Objetivo.....	16
1.2.1 Objetivo general.....	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 Justificación	16
1.3.1 Impacto tecnológico.....	16
1.3.2 Impacto económico.....	17
1.3.3 Impacto social.....	17
1.3.4 Impacto ambiental.....	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes del problema	18
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	18
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	19
2.2. Bases teóricas	19
2.2.1. Definición de tanque de almacenamiento.....	19
2.2.2. Importancia de los tanques de almacenamiento.....	19
2.2.3. Ventajas de un tanque vertical.....	20
2.2.4. Tanques atmosféricos de acuerdo a la norma API 650.	21
2.2.5. Partes del código API 650	22
2.2.6. Tipos de tanques	24
2.2.7. Tipos de techos	25

2.2.8. Materiales para emplear en tanques de almacenamiento	28
2.2.9. Materiales para soldadura	30
2.2.10. Boquillas en tanques de almacenamiento	38
2.2.11. Entrada hombre y accesorios	41
2.2.12. Consideraciones para el diseño	44
2.2.13. Diseño de fondo.....	44
2.2.14. Diseño y cálculo del cuerpo.....	44
2.2.15. Diseño y cálculo de techos cónicos auto soportados	46
2.2.16. Cálculo del perfil de coronamiento para techo cónicos auto soportados.	46
2.2.17. Carga de viento en los tanques (estabilidad de vuelco)	48
2.2.18. Cálculo por sismo	51
2.2.19. Resistencia a las cargas de diseño	57
2.3. Definición de del software SAP2000.....	60
2.4. Definición de términos básicos	60
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	64
3.1. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución	64
3.1.1. Fase I: Comprensión de la solicitud.....	66
3.1.2. Fase II: Elaboración de concepto de solución	69
3.1.3. Fase III: Elaboración del proyecto	75
3.1.4. Fase IV: Elaboración de detalle	77
CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	80
4.1. Identificaciones de requerimientos.....	80
4.1.1. Asumir el problema en forma critica	80
4.1.2. Lista de exigencias	80
4.2. Estructura de funciones	82
4.2.1. Caja negra (black –box).....	82
4.2.2. Secuencia de operaciones.....	82
4.2.3. Análisis de la solución.....	85
4.2.4. Determinación de proyecto preliminar	86
4.2.5. Determinación del proyecto (determinación del concepto de solución óptima).....	87
CAPÍTULO V: DISEÑO DEL TANQUE	90
5.1. Diseño.....	90

5.1.1. Datos generales.....	90
5.1.2. Cálculo de espesores de plancha.....	92
5.1.3. Análisis estructura	97
5.2. Análisis y verificación estructural según SAP2000	108
5.2.1. Asignación de materiales.....	108
5.2.2. Modelado estructuras de tanque de agua en SAP2000	111
5.2.3. Asignación de Cargas en SAP2000.....	112
5.2.4. Análisis en SAP2000	117
5.3. Presupuesto de diseño y fabricación de tanque	122
CONCLUSIONES.....	123
RECOMENDACIONES	124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
ANEXOS	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Soldaduras típicas	31
Tabla 2. Lista de Exigencias.....	81
Tabla 3. Matriz morfológica	85
Tabla 4. Valor técnico.....	87
Tabla 5. Valor económico.....	88
Tabla 6. Propiedades mecánicas	91
Tabla 7. Resumen de espesores de planchas del casco	93
Tabla 8. Datos preliminares.....	94
Tabla 9. Resumen de combinación de cargas	95
Tabla 10. Presupuesto de diseño y fabricación de tanque	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tanques con techo auto soportados	26
Figura 2. Tanques con techo soportados	26
Figura 3. Tanques con techo flotante	27
Figura 4. Material ASTM.....	28
Figura 5. Grupo de materiales (SI)	29
Figura 6. Tomada de API 650 (5)	30
Figura 7. Juntas verticales de carcasa	32
Figura 8. Juntas horizontales de carcasa	33
Figura 9. Uniones típicas del techo y el fondo.....	34
Figura 10. Detalle de planchas de fondo soldadas.....	35
Figura 11. Separación entre soldadura	35
Figura 12. Espesores nominales para la carcasa.....	36
Figura 13. Detalle de soldadura de carcasa con fondo	37
Figura 14. Distancia mínima entre boquillas y soldaduras de carcasa	38
Figura 15. Distancias entre boquillas y soldadura de carcasa	39
Figura 16. Detalles de boquillas y refuerzos.....	40
Figura 17. Detalles de boquillas de carcasa.....	41
Figura 18. Detalles de boquillas de manhole.....	42
Figura 19. Diámetros y espesores nominales	45
Figura 20. Anillo de rigidez según diámetro de tanque	47
Figura 21. Detalles de anillo de rigidez	48
Figura 22. Verificación volcadura para tanques sin anclar	50
Figura 23. Criterio de relación de anclaje	59
Figura 24. Proceso de desarrollo de la VDI 2221	65
Figura 25. Método de diseño y sus fases	66
Figura 26. Modelos de lista exigencia	68
Figura 27. Modelos de lista exigencia	69
Figura 28. Caja negra “Black – box”	70
Figura 29. Modelo de Matriz Morfológica	73
Figura 30. Diagrama de black box.....	82

Figura 31. Representación de la estructura de funciones	84
Figura 32. Diagrama de evaluación técnico – económico según VDI 2225	88
Figura 33. Relación de anclaje	108
Figura 34. Propiedades del material A36	109
Figura 35. Propiedades del material A36	109
Figura 36. Propiedades de la plancha de 6 mm	110
Figura 37. Propiedades de la plancha de 8 mm	110
Figura 38. Modelado de tanque en SAP2000 – Vista isométrica	111
Figura 39. Vista isométrica detalle de perfiles	112
Figura 40. Variación de presión en la profundidad	113
Figura 41. Asignación de carga Hidráulica	114
Figura 42. Asignación de carga hidráulica – isométrico	115
Figura 43. Asignación de carga viento	116
Figura 44. Asignación de carga sismo	116
Figura 45. Asignación de carga viva en techo auto soportado – isométrico.....	117
Figura 46. Esquemmatización de la carga hidráulica en el casco	118
Figura 47. Resultados del máximo esfuerzo del casco – isométrico	119
Figura 48. Deformación de techo auto soportado- isométrico	120

INTRODUCCIÓN

El proyecto Quellaveco está ubicado en la región de Moquegua al sur del Perú, actualmente está en etapa de construcción. La operación minera se llevará a cabo en una mina a cielo abierto, donde se emplearán procesos de flotación para la obtención de concentrados de cobre y molibdeno. Dada la relevancia del agua en estos procesos, se explorará la posibilidad de reutilizarla y almacenarla en tanques verticales destinados al almacenamiento de agua recuperada. Este recurso reutilizado se utilizará en otras actividades como el lavado de camiones mineros con el fin de optimizar su uso y minimizar el consumo de agua fresca.

El presente de trabajo de investigación contiene cinco capítulos que son los siguientes:

En el Capítulo I se menciona el planteamiento del estudio y el problema principal del presente trabajo con la interrogante: ¿cómo diseñar un tanque con la norma API 650 para almacenar agua recuperada en la mina Anglo American Quellaveco? A partir de esta pregunta se inició el diseño de un tanque con la norma API 650 para almacenar de agua recuperada para el lavado de camiones a 3500 m s. n. m. en la mina de Quellaveco de la región de Moquegua.

En el Capítulo II se aborda el contexto teórico que incluye los antecedentes y los fundamentos teóricos pertinentes. Se explora la definición de los tanques y se analizan diversos aspectos de la normativa API-650 que son relevantes para llevar a cabo el diseño de un tanque. Estos aspectos incluyen el diseño del fondo, del casco, del techo, del anillo de rigidez, así como el diseño considerando las cargas de viento y sismo.

En el Capítulo III se indica la metodología aplicada para el desarrollo de la solución.

El Capítulo IV se refiere al análisis y diseño de la solución óptima para el diseño.

El Capítulo V se refiere al diseño del tanque en el que se calculó el caso, el fondo, el techo los factores de volcadura debido a sismo y a viento, cuyos resultados se verificarán mediante el software SAP2000.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

Anglo American Quellaveco (AAQ) ha estado llevando a cabo el desarrollo del proyecto en Quellaveco, uno de los cinco depósitos de cobre más grandes del mundo. Este yacimiento se encuentra en la región de Moquegua, al sur del Perú (1).

En los procesos de la extracción de minerales, uno de los recursos naturales que juega un papel fundamental es el agua, ya que esta es usada en los procesos de flotación para separar el mineral. En las minas de cobre de tajo abierto se requiere enormes cantidades de agua para la extracción, transporte y procesos de minerales. Para reducir el consumo de agua se busca recuperarla de los procesos mineros para reusarla, por este motivo se busca realizar el diseño de un tanque de agua. Se usaría usar la norma API 650 porque una norma reconocida y permitiría uniformizar y estandarizar el diseño de tanques que se vallan a requerir.

La construcción del proyecto Quellaveco es un reto para el desarrollo de la ingeniería, por la complejidad geográfica en la que está ubicada en territorio del Perú (1).

El proyecto tiene 5 sectores:

- El área 1000 conocida como la zona de alta montaña se encuentra a 4500 m s. n. m (1).

- El área 2000 se encuentra a una altitud de 3500 metros sobre el nivel del mar y alberga una mina a cielo abierto dedicada a la extracción de cobre. Aquí se localizan instalaciones como el área de trituración primaria. Para los vehículos pesados y otros equipos el taller de mantenimiento, junto con la primera de tres grandes palas eléctricas. También es notable la presencia de una cinta transportadora que, a través de un túnel, lleva el mineral en roca hasta la planta de procesamiento (1).

- En el área 3000, se encuentra emplazada la planta de Panpuje que tiene una capacidad para procesar más de 127,500 toneladas de mineral diariamente. Esta compleja infraestructura está formada por una serie de molinos y celdas de flotación especialmente diseñadas para llevar a cabo el proceso de separación del cobre. La planta no solo es impresionante por su capacidad de producción, sino también por su eficiencia en el tratamiento del mineral, lo que la convierte en un componente vital de la operación minera. (1).

- La región de Cortadera, también conocida como el área 4000, es el hogar del complejo sistema de conducción de relaves que se extiende desde la planta de Papujune hasta una imponente presa de arranques. Este sistema ha sido meticulosamente construido siguiendo los más altos estándares en cuanto a presas de relaves, destacándose por su enfoque innovador de descarga cero. Esto significa que el agua recibida en la presa puede ser reutilizada y devuelta de manera eficiente a la planta de procesamiento de minerales, promoviendo así la sostenibilidad y la conservación de recursos hídricos en el entorno minero (1).

- El área 5800 marca el punto final de la operación, llegando a la costa en el puerto de Ilo, donde se encuentran las instalaciones pertinentes (1).

1.1.1 Problema principal

¿Cómo diseñar un tanque con la norma API 650 para almacenar agua recuperada en la mina Anglo American Quellaveco?

1.1.2 Problemas específicos

- ¿Cómo realizar el diseño del tanque bajo la norma API 650?
- ¿Cómo realizar los cálculos y la selección de los espesores de las planchas del casco, fondo y techo del tanque de agua recuperada para el lavado de camiones?
- ¿Cómo determinar la estabilidad del tanque con respecto a las fuerzas ejercidas por el sismo y el viento?

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un tanque con la norma API 650 para almacenar agua recuperada en la mina Anglo American Quellaveco.

1.2.2 Objetivos específicos

- Diseñar el tanque bajo la norma API 650.
- Calcular y seleccionar los espesores de las planchas del casco, fondo y techo del tanque de agua recuperada para el lavado de camiones.
- Determinar la estabilidad del tanque con respecto a las fuerzas ejercidas por el sismo y el viento.

1.3 Justificación

1.3.1 Impacto tecnológico

El desarrollo del trabajo permitirá conocer y aplicar los conocimientos adquiridos en la etapa de pregrado, en los temas resistencia de materiales, cálculo de esfuerzos y deformaciones, análisis de cargas y diseño de estructuras metálicas.

Los beneficios que el trabajo es desarrollar nuevas habilidades y criterios para el diseño de tanques para aplicarlo en condiciones reales y llevarlo a modelar en un programa de diseño que permitan calcular las cargas, esfuerzos, materiales y costos necesarios para la fabricación de un tanque.

El desarrollo del trabajo se justifica por ser un tema que implementará una solución frente a una necesidad y porque permitirá aplicar todos los conocimientos adquiridos en pregrado, llevándolo a la práctica en el desarrollo del diseño de un tanque.

1.3.2 Impacto económico

Es importante mencionar que al tener un tanque de agua recuperada para el lavado de camiones se puede dar una mejor limpieza a los camiones y de esa forma prolongar la vida útil de partes de los camiones.

1.3.3 Impacto social

El desarrollo del presente trabajo de investigación resulta viable para cumplir una de las necesidades de la mina que es reutilizar el agua recuperada de los relaves, la cual no es apta para el consumo humano, la agricultura o la ganadería.

1.3.4 Impacto ambiental

El desarrollo del presente trabajo reutiliza el agua que no es apta para el consumo humano, la ganadería y la agricultura en otras actividades como el lavado de los camiones mineros y tener un mejor cuidado del medio ambiente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Cabezas (2011), en su investigación, tuvo como objetivo principal la fabricación de un tanque vertical de tipo techo fijo – cónico, de 3000 barriles de petróleo como capacidad de almacenamiento. Este proyecto surgió como respuesta a la creciente necesidad de aumentar la producción en el campo Sacha 192. Para llevar a cabo el diseño y la simulación del tanque de almacenamiento de petróleo, se integraron diversos conocimientos de disciplinas como la resistencia de materiales, que aseguró la capacidad del tanque para soportar cargas estructurales, la mecánica estructural, que ayudó a comprender su comportamiento bajo diferentes condiciones de carga, la mecánica de fluidos, que permitió analizar el flujo del petróleo dentro del tanque, la estática, que garantizó su estabilidad, y los principios y control de soldadura, que facilitaron la realización de uniones seguras. Además, se consideraron aspectos de producción, mantenimiento, costo beneficio, calidad e ingeniería para un enfoque completo y eficiente en el desarrollo del proyecto. La comprensión y aplicación integral de cada una de estas materias resultaron cruciales para lograr un diseño completo y eficiente de los depósitos de almacenamiento. Esta investigación no solo contribuye al desarrollo tecnológico en el sector petrolero, sino que también destaca la importancia de la interdisciplinariedad en la ingeniería para abordar desafíos complejos de manera efectiva (2).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Saldaña (2021), en su investigación, tuvo el objetivo primordial de crear un programa de cálculo en Excel capaz de dimensionar y diseñar tanques verticales para almacenar con capacidades entre 12 m³ y 1200 m³, incorporando un techo cónico fijo conforme a la norma API 650, y también administrar las operaciones de dibujo en SolidWorks. Como resultado, se logró la creación exitosa del programa en Excel, que incluía un algoritmo de cálculo basado en la sintaxis de programación de esta hoja de cálculo. Se resaltó que, de acuerdo con la normativa, los techos con diámetros inferiores a 12.5 metros podían diseñarse como auto soportados. La estructura del programa en Excel constaba de 5 hojas. La primera se empleaba para ingresar información sobre condiciones de operación, sitio, materiales, espesor de corrosión, etc. La segunda mostraba los resultados geométricos, mientras que la tercera presentaba los espesores de cada anillo que conformaba el cuerpo del tanque. En la cuarta hoja se realizaban los cálculos de los espesores del techo y del fondo. Por último, la quinta hoja se dedicaba al análisis de estabilidad ante viento y sismos. El uso del programa se hacía más fácil gracias al desarrollador que lo acompañaba (3).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Definición de tanque de almacenamiento

Es una estructura de diversos materiales de forma cilíndrica por lo general, cuya función es almacenar productos como líquidos o gases a una determinada presión atmosférica o muy bajas presiones manométricas (4).

2.2.2. Importancia de los tanques de almacenamiento

Su importancia radica en varios aspectos clave:

- ✓ Suministro de agua potable: los tanques de almacenamiento de agua son fundamentales para garantizar un suministro continuo de agua potable a comunidades, hogares y empresas. Almacenar agua en tanques permite mantener reservas suficientes para cubrir la demanda durante períodos de baja presión, mantenimiento del sistema o emergencias, como cortes de energía o desastres naturales.

- ✓ Respaldo para sistemas de distribución: los tanques de almacenamiento actúan como reservorios que equilibran la demanda fluctuante de agua potable en sistemas de distribución. Esto ayuda a mantener una presión de agua constante y adecuada en las redes de tuberías, mejorando la eficiencia y la confiabilidad del suministro de agua.
- ✓ Prevención de incendios: en áreas urbanas y rurales, los tanques de almacenamiento de agua son esenciales para proporcionar agua a los sistemas de extinción de incendios. Estos tanques garantizan que haya suficiente agua disponible para combatir incendios de manera rápida y efectiva, lo que contribuye a proteger vidas y propiedades.
- ✓ Aplicaciones industriales y comerciales: en industrias como la agricultura, la minería, la manufactura y la energía, los tanques de almacenamiento de agua se utilizan para una amplia gama de propósitos, como riego, refrigeración de maquinaria, procesos de producción, generación de energía y control de calidad.
- ✓ Respaldo para sistemas de tratamiento de aguas residuales: los tanques de almacenamiento también se emplean en sistemas de tratamiento de aguas residuales para almacenar agua tratada antes de su descarga final en cuerpos de agua receptores. Esto ayuda a regular el flujo de efluentes tratados y a garantizar el cumplimiento de los estándares ambientales.

2.2.3. Ventajas de un tanque vertical

Almacenar agua en un tanque vertical presenta varias ventajas que son importantes considerar:

- ✓ Ahorro de espacio: los tanques verticales ocupan menos espacio en comparación con los tanques horizontales de capacidad similar. Esto es especialmente beneficioso en áreas donde el espacio es limitado o se requiere optimizar la distribución del terreno.

- ✓ **Facilidad de instalación:** los tanques verticales son relativamente fáciles de instalar y requieren una base más pequeña en comparación con los tanques horizontales. Esto puede reducir los costos y el tiempo de instalación, especialmente en terrenos irregulares o de difícil acceso.
- ✓ **Mayor estabilidad:** los tanques verticales tienen una base más ancha en comparación con su altura, lo que les proporciona una mayor estabilidad. Esto es especialmente importante en áreas propensas a terremotos u otras condiciones sísmicas.
- ✓ **Menor pérdida de agua por evaporación:** almacenar agua en un tanque vertical reduce la exposición a la superficie del agua, lo que ayuda a minimizar la evaporación, especialmente en climas cálidos o en áreas donde la escasez de agua es un problema.
- ✓ **Mejor control de la calidad del agua:** los tanques verticales permiten un mejor control de la calidad del agua, ya que facilitan la instalación de sistemas de filtración y tratamiento en la parte superior del tanque. Esto ayuda a garantizar que el agua almacenada esté libre de contaminantes y sea segura para su uso.
- ✓ **Menor mantenimiento:** los tanques verticales suelen requerir menos mantenimiento en comparación con los tanques horizontales, ya que tienen menos superficie expuesta a los elementos y a la corrosión. Esto puede resultar en menores costos de mantenimiento a largo plazo.
- ✓ **Flexibilidad en la ubicación:** los tanques verticales pueden instalarse en una variedad de ubicaciones, incluidas áreas urbanas densamente pobladas, donde el espacio es escaso. Además, su diseño compacto permite su instalación en interiores o en espacios confinados.

2.2.4. Tanques atmosféricos de acuerdo a la norma API 650.

Los tanques abiertos a la atmósfera, regulados por la norma API 650, son vitales en la industria petrolera, como refinerías o plataformas de producción,

almacenando hidrocarburos como petróleo, agua de producción entre otros. La norma API 650 cubre dos tipos de tanques: con techo fijo, adecuado para productos poco volátiles como petróleo, y con techo flotante, que mantiene un volumen y presión constantes para minimizar los efectos de la respiración durante la succión y descarga del tanque (5)

2.2.5. Partes del código API 650

El código cuenta con secciones enfocados a un área en específico (5).

2.2.5.1. Cuerpo principal

✓ Sección 1:

Alcance: esta sección establece el marco general del código, definiendo los estándares y requisitos que deben cumplirse en todas las etapas del proyecto, así como las responsabilidades y limitaciones de las partes involucradas. Además, especifica los documentos necesarios para respaldar el cumplimiento de estos estándares.

✓ Sección 2:

Referencias: en esta sección se enumeran todas las normativas, códigos y especificaciones relevantes que deben ser consultadas y seguidas durante la ejecución del proyecto.

✓ Sección 3:

Definiciones: aquí se presenta un catálogo de la terminología utilizada en el código, proporcionando interpretaciones específicas para cada término. Esto garantiza una comprensión común de los conceptos clave entre todas las partes involucradas en el proyecto.

✓ Sección 4:

Materiales: esta sección establece los requisitos mínimos para una variedad de materiales utilizados en el proyecto, desde chapas hasta pernos y consumibles de soldadura. Define los estándares que deben cumplir estos materiales para garantizar la calidad y seguridad del proyecto.

✓ Sección 5:

Diseño: aquí se definen las exigencias relacionadas con las uniones soldadas y se consideran aspectos de diseño importantes, como la resistencia a los vientos, la configuración de tanques y el anclaje. Se establecen los criterios que deben cumplir los diseños para garantizar la integridad estructural y la seguridad del proyecto.

✓ Sección 6:

Fabricación: esta sección establece los requisitos generales para la fabricación e inspección en taller, asegurando que se sigan los procedimientos adecuados para garantizar la calidad y conformidad con los estándares establecidos.

✓ Sección 7:

Izaje: en esta sección se contemplan las exigencias durante el izado de tanques, incluyendo detalles de soldadura, ensayos, inspección, reparaciones y tolerancias dimensionales. Se establecen los procedimientos necesarios para garantizar un izado seguro y eficiente.

✓ Sección 8:

Métodos de inspección de uniones: aquí se especifican los métodos de inspección que deben utilizarse para evaluar la calidad de las uniones soldadas, incluyendo radiografía, partículas magnéticas, ultrasonido, líquidos penetrantes, examen visual y prueba de vacío.

✓ Sección 9:

Procedimientos y calificación de soldadores: esta sección establece los requisitos mínimos para la elaboración y aprobación de procedimientos de soldadura, así como para la calificación de los soldadores. Se asegura que los procedimientos y soldadores cumplan con los estándares necesarios para garantizar la calidad de las soldaduras.

✓ Sección 10:

Identificación y responsabilidad: finalmente, esta sección incluye aspectos como la identificación adecuada de los componentes, la división de responsabilidades

entre las partes involucradas en el proyecto y la certificación correspondiente. Se asegura una gestión adecuada de la responsabilidad y la trazabilidad de los componentes del proyecto.

Estas secciones forman la base estructural del código, proporcionando directrices detalladas para el diseño, la fabricación, la inspección y la identificación de tanques atmosféricos según la norma API 650.

2.2.6. Tipos de tanques

Los tanques de almacenamiento son esenciales para mantener reservas de productos para uso posterior o comercialización. Se clasifican en dos tipos principales (6).

a) Tanques horizontales

Los tanques horizontales son recipientes utilizados principalmente para almacenar volúmenes de líquidos relativamente bajos en comparación con otros tipos de tanques. Son especialmente adecuados cuando se requiere un almacenamiento compacto y eficiente. Sin embargo, debido a su diseño, pueden ser propensos a problemas como fallas de corte y flexión, lo que puede comprometer su integridad estructural. A pesar de esto, su diseño los hace idóneos para almacenar volúmenes más pequeños, ofreciendo una solución práctica y económica para diversas aplicaciones de almacenamiento. Es importante considerar cuidadosamente las condiciones de operación y los requisitos de seguridad al utilizar tanques horizontales para garantizar su funcionamiento confiable y seguro.

b) Tanques verticales de fondo plano

Los tanques verticales de fondo plano son una opción popular para el almacenamiento de grandes volúmenes debido a su capacidad para contener cantidades volumétricas significativas a un costo relativamente bajo. Estos tanques son versátiles y pueden adaptarse para operar a presión atmosférica o a presiones internas moderadas. Se clasifican en tres tipos principales según su diseño de techo: techo fijo, techo flotante y sin techo. Esta variedad de diseños permite

seleccionar la opción más adecuada según las necesidades específicas de almacenamiento, ya sea para líquidos a temperatura ambiente o para aplicaciones que requieren control de temperatura y presión. Además de su eficiencia económica, los tanques verticales de fondo plano ofrecen una solución confiable y segura para una amplia gama de industrias y aplicaciones de almacenamiento.

Esta clasificación proporciona flexibilidad para elegir el tipo de tanque más adecuado según el volumen de almacenamiento, las presiones requeridas y otros factores específicos de la aplicación.

2.2.7. Tipos de techos

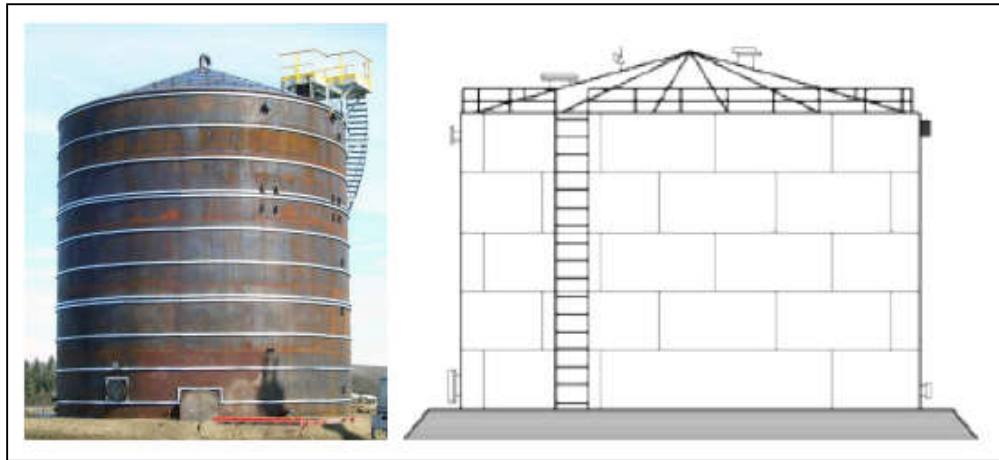
Según la normativa API-650, categorizaremos los tanques en función del diseño del techo, lo que ofrecerá orientación sobre el servicio más adecuado para cada uno de ellos (6).

2.2.7.1. Techo fijo

Estos tanques son empleados para el almacenamiento seguro de sustancias no volátiles o con bajo contenido de compuestos ligeros, como agua, diésel, asfalto y petróleo crudo. Su uso se justifica por la necesidad de evitar la formación de una cámara de aire al disminuir el nivel del fluido, lo que podría aumentar la probabilidad de evaporación de la sustancia y, por ende, representar un riesgo potencial. Esta precaución es esencial para garantizar la integridad del proceso de almacenamiento y minimizar cualquier riesgo asociado con la manipulación de estos líquidos (6).

Los techos fijos se clasifican en:

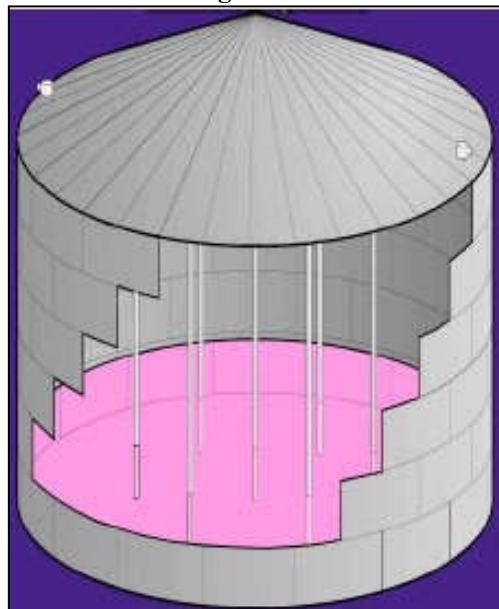
a) Techos auto soportados



*Figura 1. Tanques con techo auto soportados
Tomada de J2MECH Ingeniería y diseño (7)*

b) Techos soportados

Figura 01.

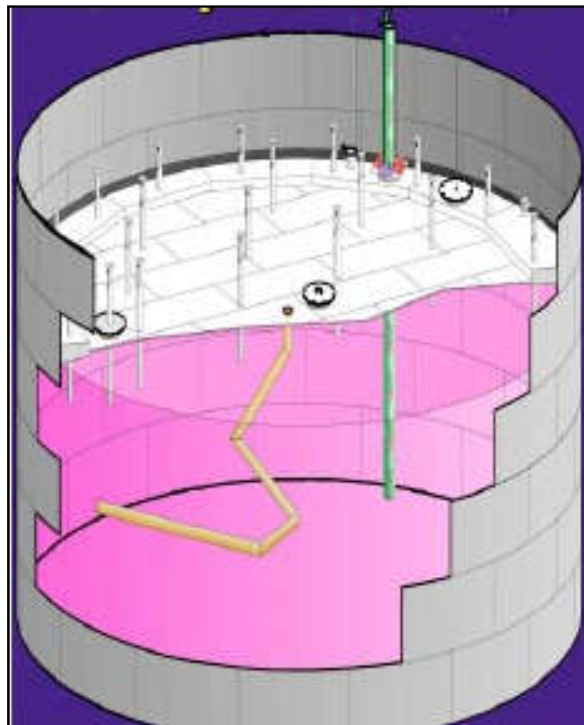


*Figura 2. Tanques con techo soportados
Tomada de Darwin Ricardo (8)*

2.2.7.2. Techo flotante

Los tanques verticales con techo flotante son estructuras de almacenamiento que presentan un techo que se mueve verticalmente a lo largo del líquido contenido

en el tanque, manteniendo así una superficie en constante contacto con el producto almacenado. Este diseño permite adaptarse dinámicamente a las variaciones en el nivel del líquido, minimizando la formación de una cámara de aire sobre el producto y reduciendo así la posibilidad de evaporación y emisiones volátiles. Además, el techo flotante actúa como una barrera que limita la exposición del líquido almacenado al aire exterior, contribuyendo a mantener la calidad del producto y reduciendo los riesgos asociados con la inflamabilidad y la contaminación ambiental (6).



*Figura 3. Tanques con techo flotante
Tomada de Darwin Ricardo (8)*

2.2.7.3. Tanques sin techo

Los tanques verticales sin techo son estructuras de almacenamiento diseñadas sin un techo superior fijo, lo que permite un acceso abierto desde arriba hacia el contenido del tanque. Estos tanques son comúnmente utilizados en aplicaciones donde el contenido necesita estar expuesto al ambiente, como en el caso de líquidos que requieren ventilación o tratamiento específico. Al no tener un techo fijo, se facilita el acceso para el llenado, vaciado y mantenimiento del tanque. Sin

embargo, es importante considerar medidas adicionales de seguridad y protección contra la contaminación ambiental, ya que estos tanques están abiertos a la atmósfera (6).

2.2.8. Materiales para emplear en tanques de almacenamiento

A continuación, se presentan los materiales más comúnmente utilizados, junto con sus respectivas aplicaciones. La siguiente tabla ofrece una clasificación de estos materiales de acuerdo con las especificaciones ASTM, proporcionando así una guía confiable para elegir el material más adecuado según los requisitos específicos del proyecto (6).

Material ASTM	Descripción	Espesor Máximo
A-36	Acero Estructural	Hasta 40 mm (1.5 pulg.). No recomendado para materiales accesorios.
A-131	Acero Estructural	GRADO A: hasta 13 mm (0.5 pulg.). GRADO B: hasta 25 mm (1 pulg.). GRADO C: hasta 38 mm (1.5 pulg.). GRADO EH36: hasta 45 mm (1.75 pulg.).
A-283	Placas de acero al carbono	GRADO C: hasta 25 mm (1 pulg.). Versátil para perfiles y estructuras del tanque.
A-285	Placa de acero al carbono	GRADO C: hasta 25.4 mm (1 pulg.). Recomendado para construcción del tanque.
A-516	Placa de acero al carbono	GRADOS 55, 60, 65 y 70: hasta 38 mm (1.5 pulg.). Alta calidad y resistencia.
ASTM A537M / A537	Clase 1 y Clase 2	Hasta 45 mm (1.75 pulg.). Inserto engrosado hasta 100 mm (4 pulg.).
ASTM A573M	Grados 400, 450, 485 / A573, Grados 58, 65 y 70	Hasta 40 mm (1.5 pulg.).
ASTM A633M	Grados C y D	Hasta 45 mm (1.75 pulg.). Inserto engrosado hasta 100 mm (4 pulg.).
ASTM A662M	Grados B y C	Hasta 40 mm (1.5 pulg.).
ASTM A737M	Grado B	Hasta 40 mm (1.5 pulg.).
ASTM A841M	Grado A, Clase 1 y Grado B, Clase 2	Hasta 40 mm (1.5 pulg.). Inserto engrosado hasta 65 mm (2.5 pulg.).

**Figura 4. Material ASTM
Tomada de API 650 (5)**

Group I As Rolled, Semi-Killed		Group II As Rolled, Killed or Semi-Killed		Group III As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IIIA Normalized, Killed Fine-Grain Practice	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A283M C		A131M B	6	A573M-400		A573M-400	9
A285M C	2	A36M	5	A516M-380		A516M-380	9
A131MA		G40.21-260W		A516M-415		A516M-415	9
A36M	3	Grade 250	7	G40.21-260W	8	G40.21-260W	8, 9
Grade 235	3			Grade 250	8	Grade 250	8, 9
Grade 250	5						
Group IV As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IVA As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group V Normalized, Killed Fine-Grain Practice		Group VI Normalized or Quenched and Tempered, Killed Fine-Grain Practice Reduced Carbon	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A573M-450		A662M C		A573M-485	9	A131M EH 36	
A573M-485		A573M-485	10	A516M-450	9	A633M C	
A516M-450		G40.21-300W	8, 10	A516M-485	9	A633M D	
A516M-485		G40.21-350W	8, 10	G40.21-300W	8, 9	A537M Class 1	
A662M B		ISO S275 D	8	G40.21-350W	8, 9	A537M Class 2	12
G40.21-300W	8	ISO S355 D	8				
G40.21-350W	8	ENS275	8				
ISO S275 C	8	EN S355 (J2 or K2)	8			A737M B	
ISO S355 C	8					A841M, Grade A, Class 1	11, 12, 13
EN S275 J0	8					A841M, Grade B, Class 2	11, 12, 13
EN S355 J0	8						
Grade 275	8						

NOTES

- Most of the listed material specification numbers refer to ASTM specifications (including Grade or Class); there are, however, some exceptions: G40.21 (including Grade) is a CSA specification, and Grade 235, Grade 250, and Grade 275 are related to national standards (see 4.2.6).
- Must be semi-killed or killed.
- Thickness \leq 20 mm.
- Deleted.
- Manganese content shall be 0.80 % to 1.2 % by heat analysis for thicknesses greater than 20 mm, except that for each reduction of 0.01 % below the specified carbon maximum, an increase of 0.06 % manganese above the specified maximum will be permitted up to the maximum of 1.35 %. Thicknesses \leq 20 mm shall have a manganese content of 0.80 % to 1.2 % by heat analysis.
- Thickness \leq 25 mm.
- Must be killed.
- Must be killed and made to fine-grain practice.
- Must be normalized.
- Must have chemistry (heat) modified to a maximum carbon content of 0.20 % and a maximum manganese content of 1.60 % (see 4.2.7.4).
- Produced by the thermo-mechanical control process (TMCP).
- See 5.7.4.6 for tests on simulated test coupons for material used in stress-relieved assemblies.
- See 4.2.10 for impact test requirements (each plate-as-rolled tested).

**Figura 5. Grupo de materiales (SI)
Tomada de API 650 (5)**

Nota: SI= Sistema internacional; A-36 acero estructural.

Group I As Rolled, Semi-killed		Group II As Rolled, Killed or Semi-killed		Group III As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IIIA Normalized, Killed Fine-Grain Practice	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A283 C		A131 B	6	A573-58		A573-58	9
A285 C	2	A36	5	A516-55		A516-55	9
A131 A		G40.21-38W		A516-60		A516-60	9
A36	3	Grade 250	7	G40.21-38W	8	G40.21-38W	8, 9
Grade 235	3			Grade 250	8	Grade 250	8, 9
Grade 250	5						
Group IV As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group IVA As Rolled, Killed Fine-Grain Practice		Group V Normalized, Killed Fine-Grain Practice		Group VI Normalized or Quenched and Tempered, Killed Fine-Grain Practice Reduced Carbon	
Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes	Material	Notes
A573-65		A662 C		A573-70	9	A131 EH 36	
A573-70		A573-70	10	A516-65	9	A633 C	
A516-65		G40.21-44W	8, 10	A516-70	9	A633 D	
A516-70		G40.21-50W	8, 10			A537 Class 1	
A662 B		ISO S275 D	8			A537 Class 2	12
G40.21-44W	8	ISO S275 D	8				
G40.21-50W	8	ENS275 J2	8				
ISO S275 C	8	EN S355 (J2 or K2)	8			A737 B	
ISO S355 C	8					A841, Grade A, Class 1	11, 12, 13
EN S275 J0	8					A841, Grade B, Class 2	11, 12, 13
EN S355 J0	8						
Grade 275	8						

NOTES

- Most of the listed material specification numbers refer to ASTM specifications (including Grade or Class); there are, however, some exceptions: G40.21 (including Grade) is a CSA specification, and Grade 235, Grade 250, and Grade 275 are related to national standards (see 4.2.6).
- Must be semi-killed or killed.
- Thickness \leq 0.75 in.
- Deleted.
- Manganese content shall be 0.80% to 1.2% by heat analysis for thicknesses greater than 0.75 in., except that for each reduction of 0.01% below the specified carbon maximum, an increase of 0.06% manganese above the specified maximum will be permitted up to the maximum of 1.35%. Thicknesses \leq 0.75 in. shall have a manganese content of 0.90% to 1.2% by heat analysis.
- Thickness \leq 1 in.
- Must be killed.
- Must be killed and made to fine-grain practice.
- Must be normalized.
- Must have chemistry (heat) modified to a maximum carbon content of 0.20% and a maximum manganese content of 1.60% (see 4.2.7.4).
- Produced by the thermo-mechanical control process (TMCP).
- See 5.7.4.6 for tests on simulated test coupons for material used in stress-relieved assemblies.
- See 4.2.10 for impact test requirements (each plate-as-rolled tested).

**Figura 6. Tomada de API 650 (5)
Tomada de API 650 (5)**

Nota: USC= Unidades consuetudinarias de los Estados Unidos; A-36 acero estructural.

2.2.9. Materiales para soldadura

Cuando se trata de soldar materiales con una resistencia a la tracción inferior a 550 MPa (80 ksi), es crucial emplear electrodos pertenecientes a las series E60 y E70, de acuerdo con las especificaciones de AWS A5.1. Sin embargo, es esencial asegurarse de que estos electrodos sean apropiados para las condiciones específicas de soldadura. Por otro lado, para materiales cuya resistencia a la tracción se encuentre en el rango de 550 MPa a 585 MPa (80 ksi a 85 ksi), se sugiere encarecidamente utilizar electrodos de la serie E80XX-CX, siguiendo las pautas establecidas por AWS A5.5(5).

2.2.9.1. Soldaduras en tanques de almacenamiento

El estándar API 650 utiliza el código ASME sección IX para guiar las prácticas de unión y soldadura de materiales. Según este código, todas las juntas soldadas deben seguir un procedimiento de soldadura específico y los soldadores deben estar certificados como calificados para realizar ciertos tipos de soldaduras. Después de la soldadura, se realizan pruebas de calidad como ultrasonido, radiografías y pruebas de dureza. La responsabilidad de la calidad de la soldadura recae en el fabricante, quien debe preparar procedimientos detallados de soldadura para su aprobación antes de la aplicación. Las soldaduras se realizan con procesos como arco eléctrico sumergido o arco con gas inerte, tanto de forma manual como automática, garantizando la penetración completa y eliminando la escoria entre cordones de soldadura sucesivos (5).

Las soldaduras típicas para juntas de tanques:

Tabla 1. Soldaduras típicas

Tipo de Junta	Descripción
Soldadura a Tope	Soldadura colocada en una ranura entre dos miembros contiguos, pudiendo variar la forma de la ranura (cuadrada, en V simple o doble, en U simple o doble, o biselada simple o doble).
Junta a Tope de Doble Soldadura	Unión entre dos partes contiguas, soldada en ambos lados, que se encuentran aproximadamente en el mismo plano.
Junta de Solape de Doble Soldadura	Unión entre dos miembros superpuestos, donde los bordes superpuestos de ambos miembros están soldados con soldaduras de filete.
Soldadura de Filete	Soldadura de sección transversal triangular que une dos superficies en ángulos aproximadamente rectos.
Soldadura de Filete Completo	Soldadura de filete cuyo tamaño es igual al grosor del miembro unido más delgado.
Junta a Tope Soldada con Respaldo	Unión entre dos partes contiguas soldada desde un lado solo, utilizando una barra de tiras u otro material de respaldo adecuado.
Junta de Solapa Soldada	Unión entre dos miembros superpuestos en la que el borde superpuesto de un miembro está soldado con una soldadura de filete.
Soldadura por Puntos	Soldadura hecha para mantener las partes de una soldadura en la alineación adecuada hasta que se realicen las soldaduras finales.

Tomada de API 650 (5)

2.2.9.2. Juntas verticales de la carcasa

Las uniones verticales, para una penetración completa y buena fusión deben juntarse a tope. Para garantizar una buena calidad en la deposición del metal, utilizar soldadura doble tanto en el interior como en el exterior de las partes soldadas. Este enfoque cumple con lo indicado en API 650 en relación con los procedimientos de soldadura. Además, se sugiere que las juntas verticales en campos adyacentes estén desplazadas una de la otra por una distancia mínima de cinco veces el espesor de la placa, pero deben ser paralelas entre sí (5).

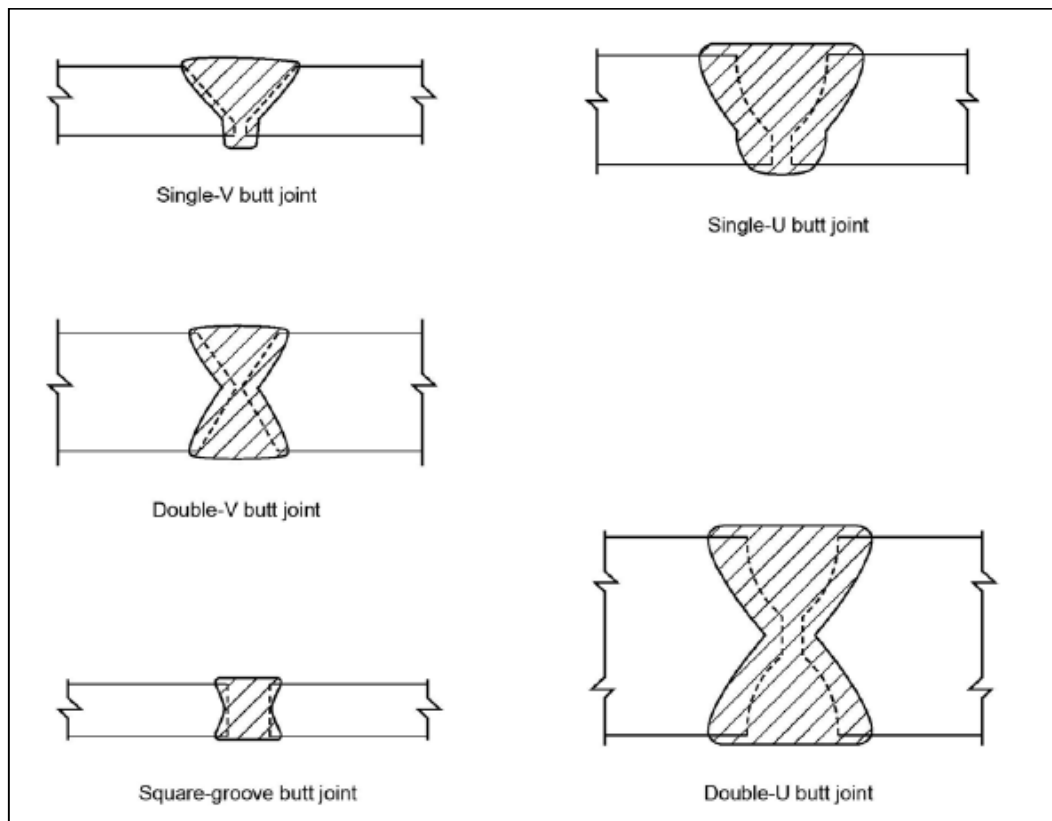
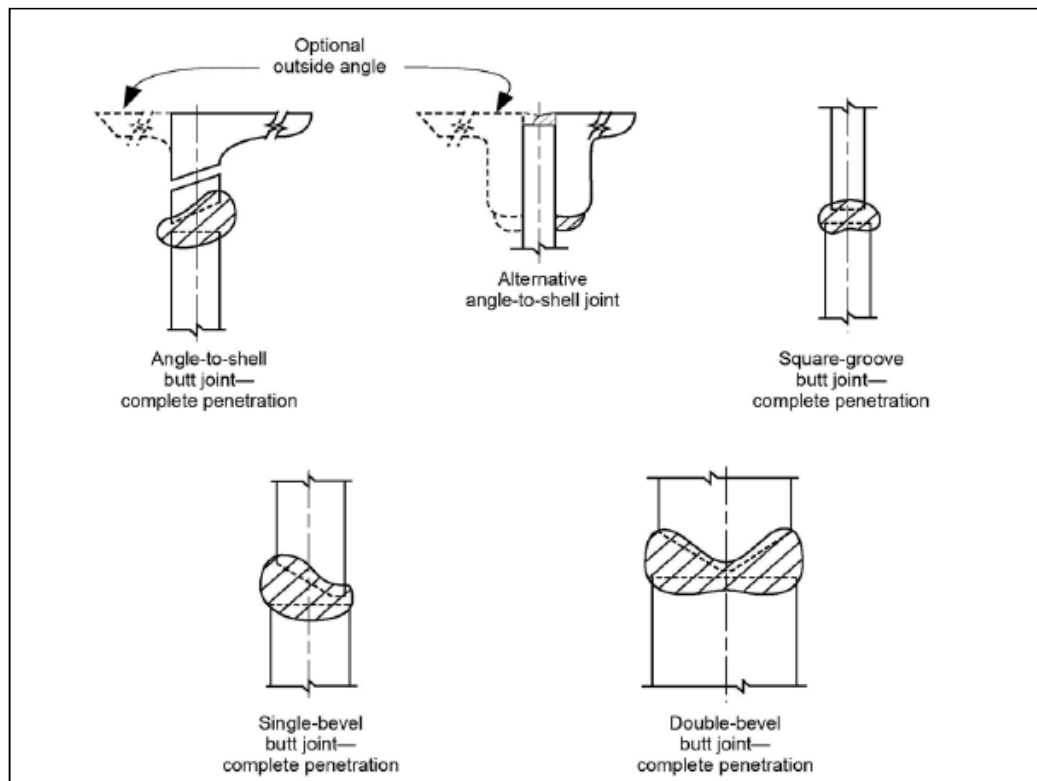


Figura 7. Juntas verticales de carcasa
Tomada de API 650 (5)

2.2.9.3. Juntas horizontales de la carcasa

En las uniones horizontales, se requiere una penetración completa y fusión total. Específicamente, en la unión del ángulo de coronamiento y la carcasa del tanque, este puede unirse mediante doble soldadura a traslape, siguiendo el procedimiento establecido en el punto 9.2 del API 650. Esto garantiza la calidad necesaria de la soldadura en esta junta específica (5).

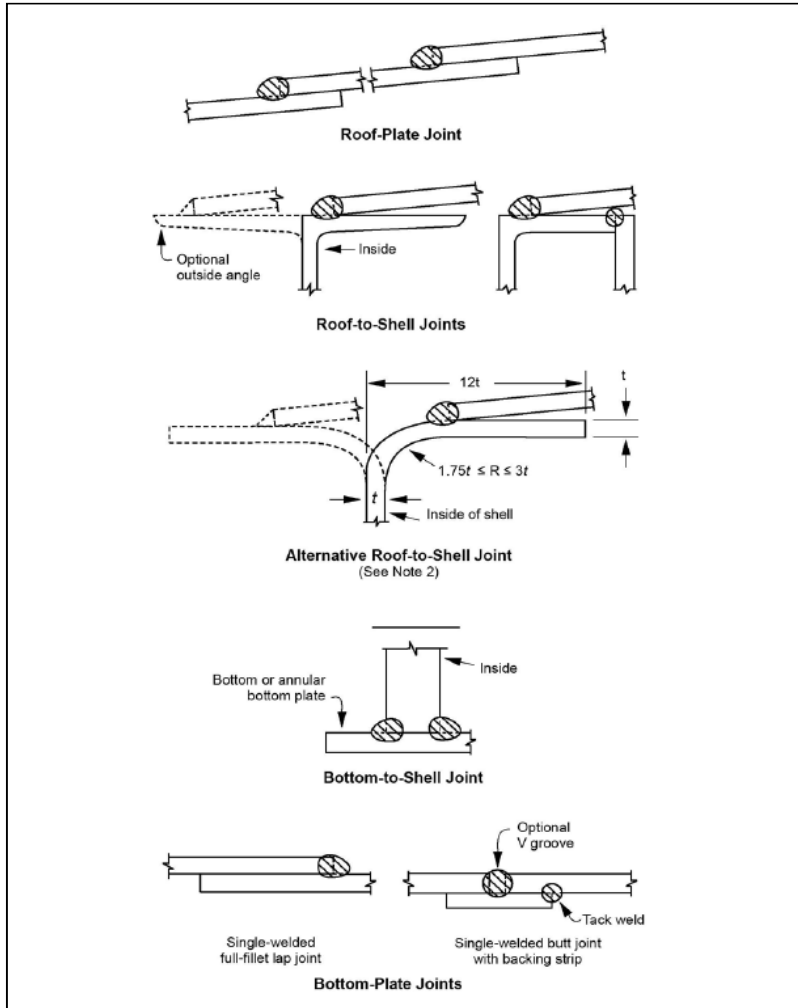


**Figura 8. Juntas horizontales de carcasa
Tomada de API 650 (5)**

2.2.9.4. Soldadura del fondo

a) Soldaduras a traslape

Las placas inferiores unidas a traslape deben tener una forma razonablemente rectangular, aunque también se permite el corte cuadrado. Es importante que los bordes de estas placas destinados a la soldadura estén lisos y uniformes, sin depósitos nocivos, para facilitar la realización de una soldadura de filete completa. Cuando se colocan placas sobre fondos inclinados, deben superponerse de tal forma que haya una reducción de acumulación de líquido durante la extracción. Además, las uniones a soldarse deben tener un traslape de cinco veces el espesor de la placa más delgada unida como mínimo, o 25 mm (1 pulgada), eligiéndose el valor más pequeño. Esta disposición asegura la integridad y resistencia adecuadas de las juntas soldadas. La unión de dos o tres placas en la base del tanque debe mantener 300mm como distancia mínima (12 pulgadas) entre sí y desde la carcasa del tanque y las juntas entre placas anulares y el fondo. Las conexiones de juntas traslapadas a placas anulares soldadas a tope se ilustran en la Figura 8 (5).



**Figura 9. Uniones típicas del techo y el fondo
Tomada de API 650 (5)**

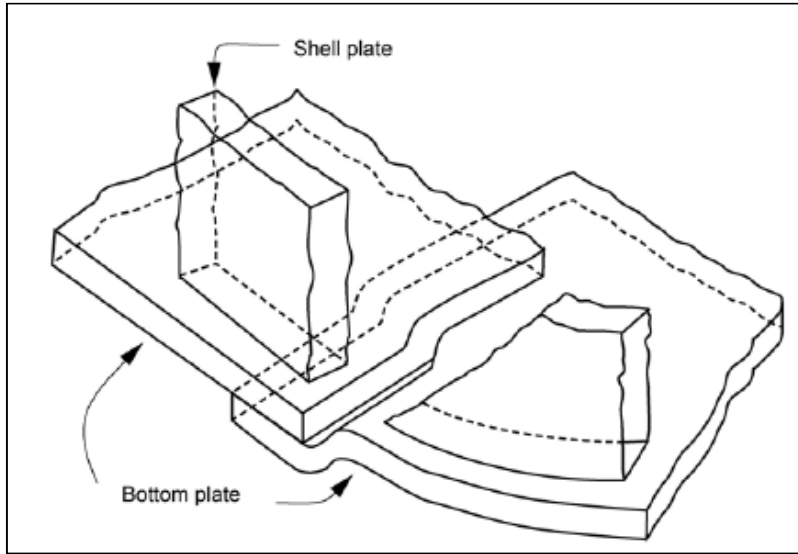


Figura 10. Detalle de planchas de fondo soldadas
Tomada de API 650 (5)

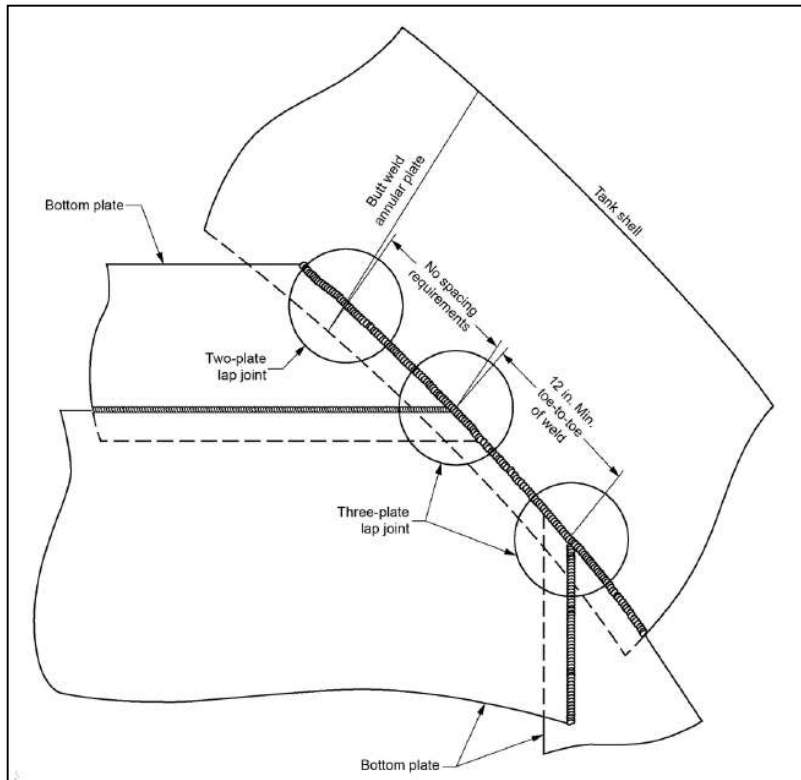


Figura 11. Separación entre soldadura
Tomada de API 650 (5)

b) Soldaduras a tope

La soldadura a tope es la unión de dos piezas metálicas se unen directamente una junto a la otra, en una disposición de extremo a extremo, formando un ángulo de 180 grados entre ellas. En este tipo de soldadura, no hay ningún espacio entre las piezas que se unen, y la soldadura se aplica a lo largo de la unión entre los bordes de las piezas. Este método de soldadura es comúnmente utilizado en la fabricación de tanques, tuberías, estructuras metálicas y otros componentes donde se requiere una conexión fuerte y continua entre las piezas (5).

2.2.9.5. Juntas de la placa anular del fondo

Las juntas radiales de la placa anular inferior deben soldarse a tope siguiendo las mismas especificaciones detalladas en el punto "B", asegurando una penetración y fusión completa. En caso de utilizar una tira de soporte, esta debe ser adecuada para soldar las placas anulares entre sí (5).

2.2.9.6. Juntas del cuerpo-fondo

Este tipo de junta aplica para planchas de espesor nominal de 12.7mm o menos , la soldadura consiste en un filete continuo colocada en cada lado de la placa del cuerpo. El tamaño de cada soldadura no debe exceder los 12.7 mm (1/2 pulgada) y debe ser al menos igual al espesor nominal de la placa más delgada de las dos placas unidas, o no menor que ciertos valores especificados (5):

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

**Figura 12. Espesores nominales para la carcasa
Tomada de API 650 (5)**

Nota: Espesores mínimos en milímetros y pulgadas.

Para las placas anulares con un espesor nominal superior a 12.7 mm (1/2 pulgada), las soldaduras de unión deben tener un tamaño que sea igual a la profundidad de la ranura más el tamaño de los lados de las soldaduras de filete, o igual al espesor de la placa anular, lo que sea mayor. Este tamaño debe ser tal que garantice una unión sólida y segura, como se ilustra en la Figura 12, pero no debe exceder el espesor de la placa de la carcasa (5).

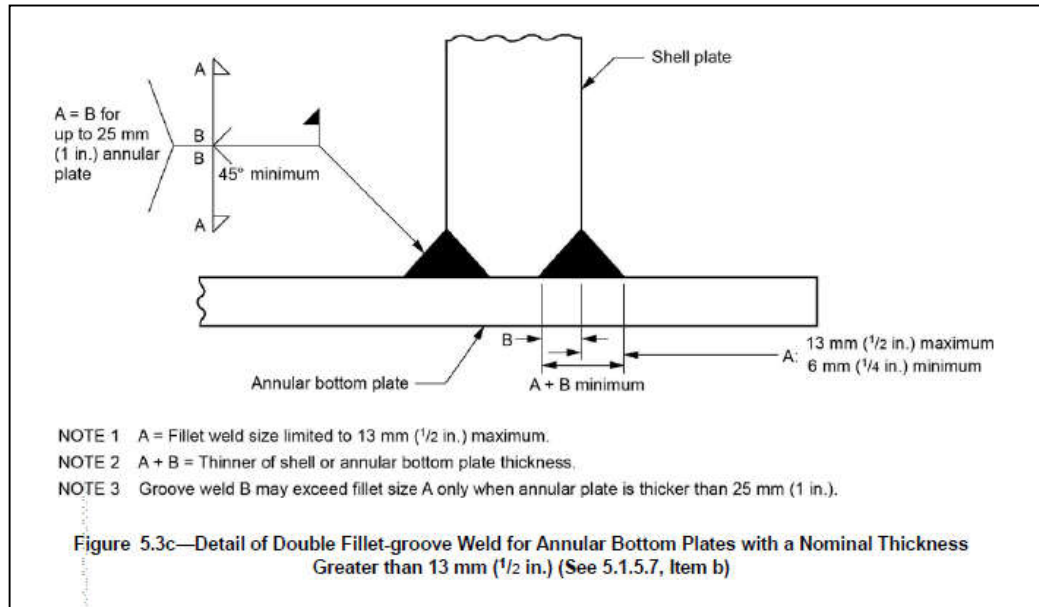


Figura 13. Detalle de soldadura de carcasa con fondo Tomada de API 650 (5)

2.2.9.7. Juntas para anillo anulares

Para este tipo de juntas para anillos anulares se requiere una soldadura a tope de penetración total y así unir las secciones de anillo, las juntas deben ser horizontales y de forma continua y también para las juntas verticales. Lado inferior horizontal las uniones se sellarán con soldadura a menos que el usuario indique lo contrario (5).

2.2.9.8. Juntas del techo y perfil de coronamiento (ángulo superior)

Las placas del techo deben ser ensambladas con cuidado, priorizando la integridad estructural del tanque. Se recomienda soldarlas en su parte superior utilizando una técnica de soldadura continua de filete completo en todas las juntas, aunque también se pueden emplear soldaduras a tope según sea necesario. En el

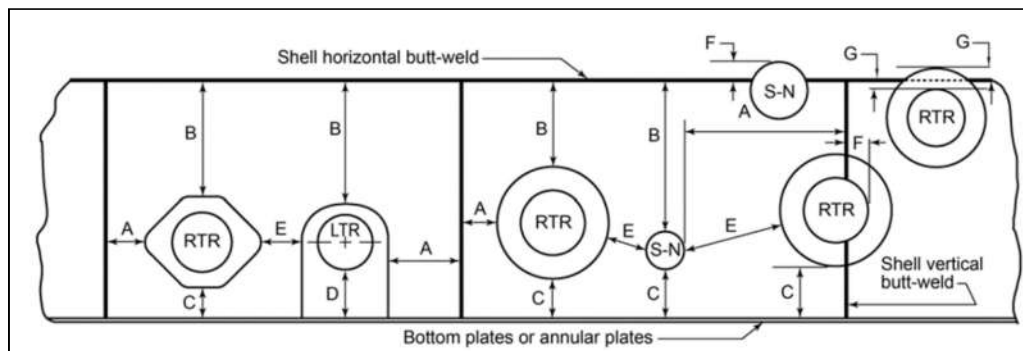
caso específico de los techos frangibles, es esencial que las placas del techo se unan al perfil de coronamiento mediante una soldadura de filete continua en la parte superior, donde el tamaño del filete debe ser igual al espesor de la placa más delgada para garantizar una unión sólida y resistente. Para los techos auto soportados, se debe prestar especial atención a las secciones que conforman el perfil de coronamiento, asegurando una unión segura mediante cordones de soldadura a tope con penetración completa. Además, como una opción proporcionada por el fabricante, en el caso de techos auto soportados de tipo cono, cúpula o paraguas, se puede considerar la implementación de un doblez horizontal en las placas perimetrales del techo. Esta característica permitirá que descansen sobre el perfil de coronamiento, mejorando así las condiciones de las soldaduras y fortaleciendo la estructura del tanque (5).

2.2.10. Boquillas en tanques de almacenamiento

Los tanques deberán estar equipados con un conjunto mínimo de boquillas para garantizar su funcionalidad. A continuación, se enumeran las boquillas mínimas requeridas que deben ser instaladas en cada tanque de almacenamiento (5).

2.2.10.1. Boquillas en las paredes del tanque

Los siguientes requisitos para las aberturas de la carcasa tienen como objetivo limitar el uso de accesorios únicamente a aquellos que se pueden fijar a la carcasa mediante soldadura. Consulte la Figura 13, para una ilustración visual de estos requisitos.



**Figura 14. Distancia mínima entre boquillas y soldaduras de carcasa
Tomada de API 650 (5)**

Donde:

- ✓ RTR = Abertura reforzada de tipo regular (manhole) con placa de refuerzo de diamante o de forma circular que no llega hasta el fondo.
- ✓ LTR = Apertura reforzada de tipo bajo (manhole) utilizando una placa de refuerzo de tipo lápida, que se extiende hasta el fondo.
- ✓ S-N = Aberturas de carcasa sin una placa de refuerzo.

Variables		Reference	Minimum Dimension Between Weld Toes or Weld Centerline (Notes 1, 2, 3, and 4)							
Shell t	Condition	Para-graph Number	A	B	C	D (5 only)	E	F (6)	G (6)	
$t \leq 13$ mm ($t \leq 1/2$ in.)	As welded or PWHT	5.7.3.2	150 mm (6 in.)	75 mm (3 in.)	75 mm (3 in.)		75 mm (3 in.)			
		5.7.3.3								
		5.7.3.3								
		5.7.3.3 • 5.7.3.4 • 5.7.3.4				Table 5.6a and Table 5.6b		Lesser of 8r or $1/2 r$	8r	
$t > 13$ mm ($t > 1/2$ in.)	As Welded	5.7.3.1.a	8W or 250 mm (10 in.)	8W or 250 mm (10 in.)			8W or 150 mm (6 in.)			
		5.7.3.1.b								
		5.7.3.3			8W or 250 mm (10 in.) 75 mm (3 in.) for S-N					
		5.7.3.3 • 5.7.3.4 • 5.7.3.4				Table 5.6a and Table 5.6b		Lesser of 8r or $1/2 r$	8r	
$t > 13$ mm ($t > 1/2$ in.)	PWHT	5.7.3.2	150 mm (6 in.)	75 mm (3 in.) or $2^{1/2}r$	75 mm (3 in.) or $2^{1/2}r$ 75 mm (3 in.) for S-N		75 mm (3 in.) or $2^{1/2}r$			
		5.7.3.3								
		5.7.3.3								
		5.7.3.3 • 5.7.3.4 • 5.7.3.4				Table 5.6a and Table 5.6b		Lesser of 8r or $1/2 r$	8r	

NOTE 1 If two requirements are given, the minimum spacing is the greater value, unless otherwise noted.
 NOTE 2 Weld spacings are measured to the toe of a fillet-weld, the centerline of an insert or thickened insert plate butt-weld, or the centerline of a shell butt-weld.
 NOTE 3 t = tshell nominal thickness; r = radius of opening
 NOTE 4 W = the largest weld size around the periphery of the fitting(s); for fillet welds the leg length along the tank shell, for butt welds the thickness of the insert plate at the weld joint.
 NOTE 5 D = spacing distance established by minimum elevation for low-type reinforced openings from Table 5.6a and Table 5.6b, column 9.
 NOTE 6 Purchaser option to allow shell openings to be located in horizontal or vertical shell butt-welds. See Figure 5.9.

Figura 15. Distancias entre boquillas y soldadura de carcasa Tomada de API 650 (5)

Nota: Requisitos mínimos para soldadura de boquillas

Todas las boquillas con un diámetro de 76 mm (3 pulgadas) o más deben estar equipadas con una placa de refuerzo según las especificaciones establecidas. Esta placa tiene el propósito de distribuir uniformemente las fuerzas generadas por la perforación en el tanque y/o las cargas ejercidas por la línea de la boquilla correspondiente. Además del refuerzo, la placa incluirá un orificio roscado de 6.3 mm (1/4 de pulgada) de diámetro con rosca NPT para boquillas de menos de 356 mm (14 pulgadas) de diámetro nominal, mientras que para las boquillas de mayor

tamaño se incluirán dos orificios. Estos orificios permitirán la salida de los gases acumulados durante el proceso de soldadura y facilitarán la realización de pruebas de hermeticidad posteriormente.

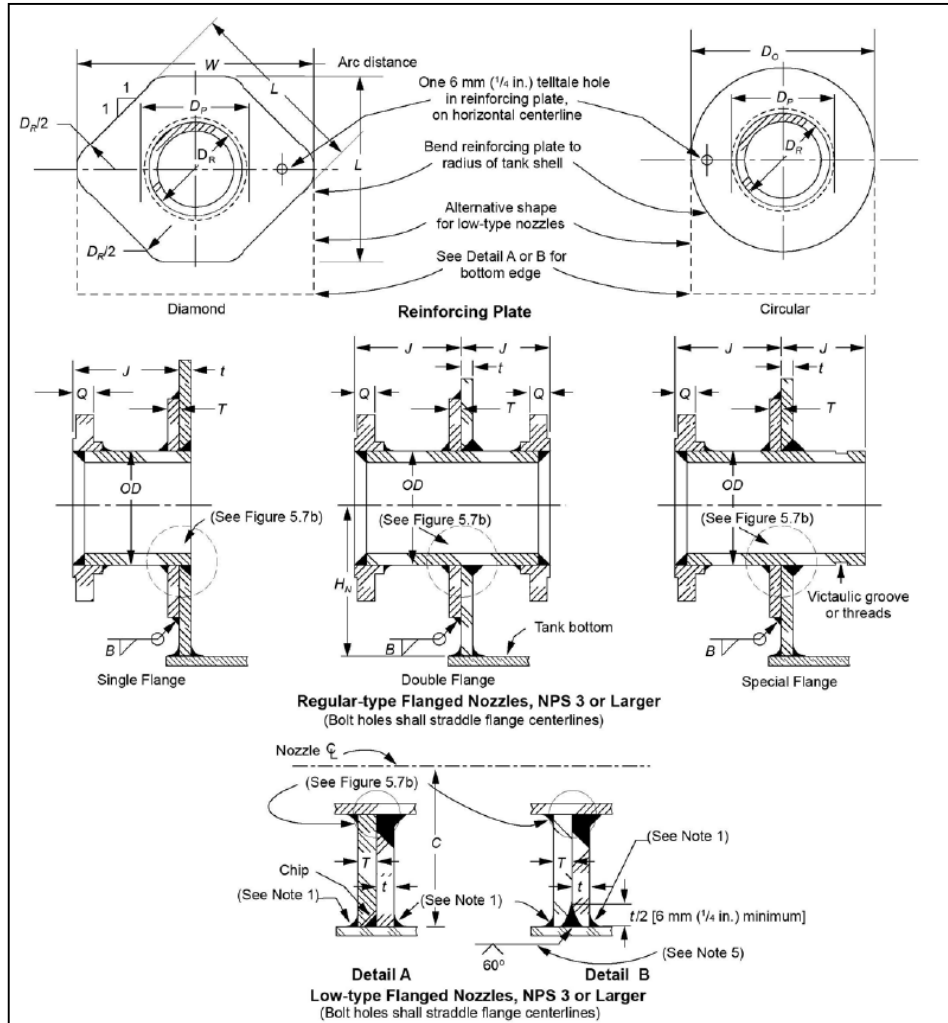
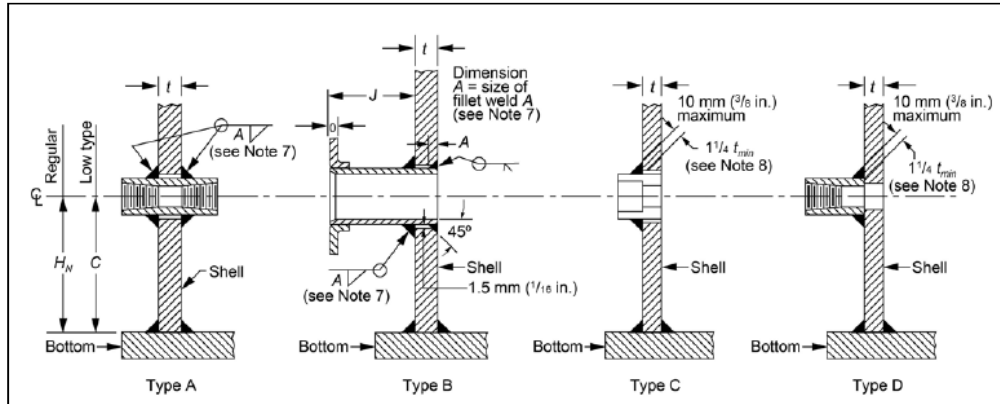


Figura 16. Detalles de boquillas y refuerzos
Tomada de API 650 (5)

Nota: Detalles de boquillas y refuerzos



**Figura 17. Detalles de boquillas de carcasa
Tomada de API 650 (5)**

Notas: Las boquillas NPS 3 o más grandes requieren refuerzo. Los detalles de los biselos de soldadura pueden variar de los mostrados si el comprador lo acuerda. La soldadura de taller no está unida a la placa inferior

2.2.11. Entrada hombre y accesorios

2.2.11.1. Entradas hombre horizontales y verticales

Las boquillas de inspección, también conocidas como "manholes", tienen la función de facilitar el mantenimiento del tanque permitiendo el acceso de personas. En la sección 5.7.5 de la normativa se especifican las dimensiones y características de los manholes verticales, mientras que en la sección 5.8.4 se detallan las dimensiones y características de los manholes horizontales (5).

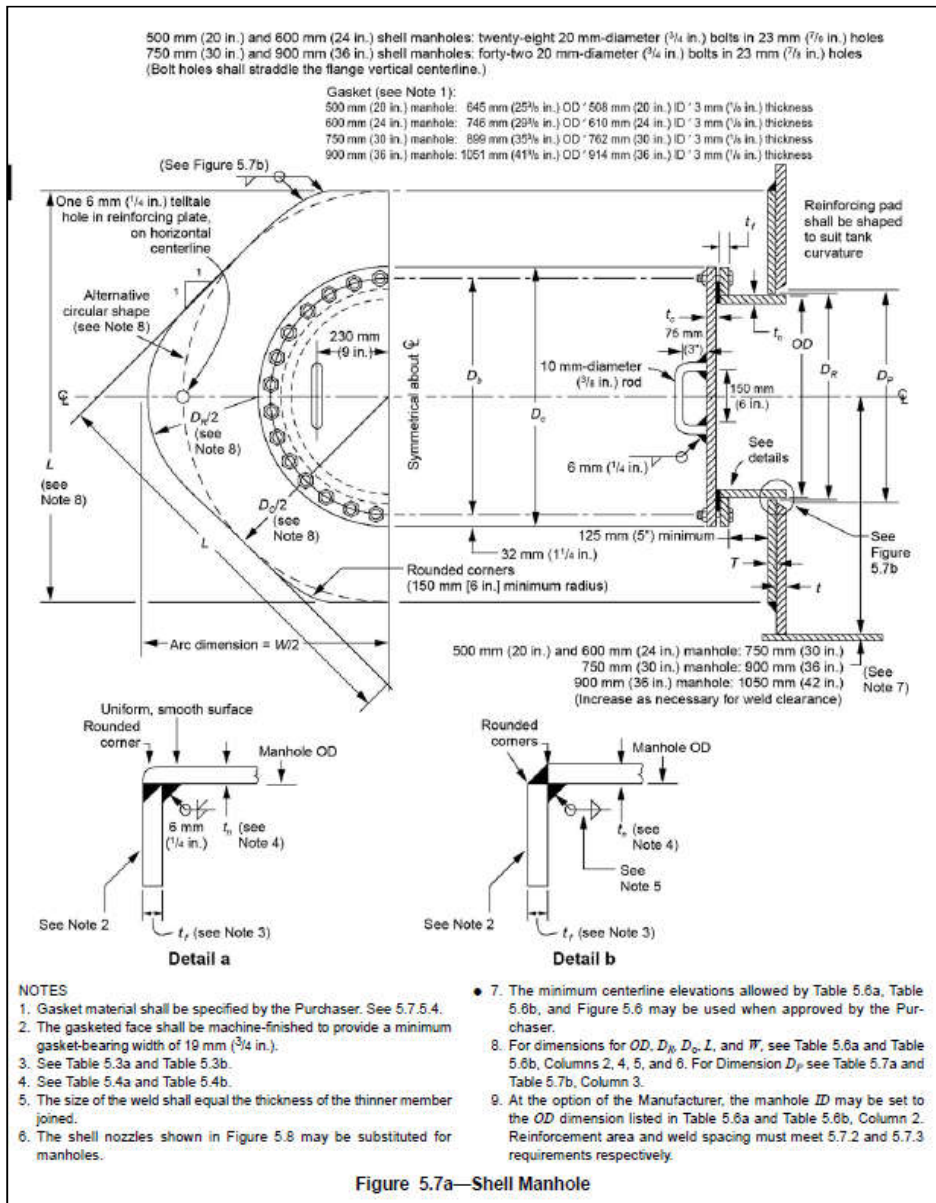


Figure 5.7a—Shell Manhole

Figura 18. Detalles de boquillas de manhole
 Tomada de API 650 (5)

2.2.11.2. Venteo

Los tanques que tengan un techo fijo deben ser ventilados, contarán con una boquilla exclusiva para venteo, como se detalla en la sección 5.8.5 de la norma (5).

2.2.11.3. Requerimientos para plataformas y pasillos

- ✓ Todos los componentes deben ser metálicos y cumplir con dimensiones y características específicas para asegurar la integridad y funcionalidad de la plataforma.
- ✓ El suelo debe tener una amplitud mínima de 610 mm y presentar una superficie totalmente antideslizante.
- ✓ Se fijan alturas particulares para el barandal, el rodapié y la distancia entre el suelo y la parte inferior del piso.
- ✓ La estructura debe resistir una carga concentrada de 453 Kg en cualquier punto del barandal.
- ✓ Se necesitan barandillas en ambos lados de la plataforma, las cuales pueden interrumpirse según sea necesario para el acceso.
- ✓ Cualquier espacio superior a 152 mm entre el tanque y la plataforma debe contar con un suelo.
- ✓ Los pasillos deben permitir un movimiento relativo libre de las estructuras adyacentes, con precauciones adicionales para evitar daños en caso de movimientos abruptos o rotura de un tanque (5).
- ✓

2.2.11.4. Requerimientos para escaleras

Las escaleras deben cumplir con estándares rigurosos para garantizar la seguridad y comodidad del acceso. Se requiere un ancho mínimo de 610 mm y un ángulo de inclinación máximo de 50 grados. Los peldaños deben tener al menos 203 mm de ancho y ser antideslizantes, con una elevación uniforme. El pasamanos debe unirse sin margen a la parte superior de la rejilla, manteniendo una altura entre 762 y 864 mm. La estructura debe soportar una carga concentrada de 453 Kg, mientras que el pasamanos debe soportar 90 Kg. Se requieren pasamanos en ambos lados de las escaleras rectas y circulares, estas últimas fijadas al tanque para mayor estabilidad (5).

2.2.12. Consideraciones para el diseño

- ✓ Antes de iniciar el diseño y cálculo del tanque, es fundamental que el cliente proporcione una serie de datos y condiciones clave para el proyecto.
- ✓ Estos datos mínimos incluyen información sobre el volumen de almacenamiento, temperatura esperada, peso específico del líquido, corrosión permisible, velocidades de viento, coeficientes sísmicos y otros parámetros relevantes.
- ✓ Es crucial que el fabricante no asuma estas condiciones por su cuenta, sino que dependa completamente de la precisión de la información proporcionada por el cliente.
- ✓ En caso de que el fabricante realice alguna suposición debido a la falta de información clara por parte del cliente, está en la obligación de comunicar estas suposiciones al cliente para su aprobación o rechazo antes de proceder con el diseño y la construcción del tanque.

2.2.13. Diseño de fondo

Las planchas de la base del tanque deben ser robustas para garantizar la resistencia estructural necesaria. Se establece un grosor mínimo de 6 mm, independientemente de cualquier consideración de corrosión. Además, todas las planchas rectangulares deben tener un ancho nominal no inferior a 1800 mm para proporcionar una base estable y segura. Es fundamental que el diámetro de la plancha de fondo sea mayor que el diámetro exterior de las virolas en al menos 50 mm (2 pulgadas), asegurando así un ajuste adecuado y permitiendo un montaje sin problemas de las secciones del tanque. Esta disposición garantiza la integridad estructural y la durabilidad del tanque durante su vida útil (5).

2.2.14. Diseño y cálculo del cuerpo

- ✓ El espesor de la carcasa debe ser determinado por el mayor entre el espesor de diseño, la corrosión o el de la prueba hidrostática, sin ser menor al mínimo requerido.
- ✓ Las placas del armazón deben tener un ancho nominal mínimo de 1800 mm y estar adecuadamente escuadradas para soldadura a tope.
- ✓ La tensión calculada para cada capa del cuerpo no debe superar la tensión permitida.

- ✓ Se debe garantizar la estabilidad contra el pandeo debido al viento, utilizando vigas intermedias o aumentando el espesor de la placa del armazón si es necesario.
- ✓ Las cargas radiales aisladas en el cuerpo deben ser distribuidas correctamente.
- ✓ Los pasillos entre tanques deben ser distribuidos mediante perfiles estructurales laminados, nervaduras de placa o elementos armados.
- ✓ En el cálculo se deben emplear los espesores nominales de la placa y la base de la prueba hidrostática será tres cuartos del límite elástico o tres séptimos de la resistencia a la tracción, lo que sea menor.
- ✓ -El Anexo A permite un diseño de carcasa alternativo para tanques con espesores de carcasa menores o iguales a 13 mm.
- ✓ Las tensiones de diseño estructural deben ajustarse a las tensiones de trabajo permitidas (5).

Diámetro Nominal Del Tanque		Espesor Nominal De Las Planchas	
(m)	(ft)	(mm)	(in)
< 15	< 50	5	3/16"
15 a < 36	50 a < 120	6	1/4"
36 a 60	120 a 200	8	5/16"
> 60	> 200	9	3/8"

**Figura 19. Diámetros y espesores nominales
Tomada de API 650 (5)**

Nota: Diámetros nominales relacionados al espesor de las plancha

Condiciones de diseño:

$$t_d = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{S_d} + CA \quad (0-1)$$

Condiciones de prueba hidrostática:

$$t_t = \frac{4.9D(H - 0.3)}{S_t} \quad (0-2)$$

Donde:

- t_d = Espesor de diseño del cuerpo (mm)
- t_t = Espesor del cuerpo en condiciones de prueba hidrostática (mm)
- D = Diámetro nominal del tanque (m)
- H = Nivel del líquido de diseño (m)
- G = Gravedad específica del líquido (gr/cm^3)
- CA = Tolerancia por corrosión (mm)
- S_d = Esfuerzo permisible para condición de diseño (MPa)
- S_t = Esfuerzo permisible para condición de prueba hidrostática (MPa)

2.2.15. Diseño y cálculo de techos cónicos auto soportados

Son usados en tanques generalmente pequeños donde el espesor de las planchas esta entre 4.8 mm y 13 mm.

Los techos cónicos auto soportados deben cumplir lo siguiente:

- ✓ Angulo de inclinación (θ) $\leq 37^\circ$ (pendiente = 9:12)
- ✓ Angulo de inclinación (θ) $\geq 9.5^\circ$ (pendiente = 2:12)
- ✓ El espesor corroído de debe ser superior a 13 mm.

Cálculo de espesor:

$$e = \frac{2 \times 1000D}{\sin \theta} \sqrt{\frac{B}{1000 \times E}} + CA \quad (0-3)$$

Donde:

- ✓ e = Espesor mínimo de diseño del techo del tanque (mm)
- ✓ D = Diámetro nominal del tanque (m)
- ✓ E = Módulo de elasticidad (MPa) a temperatura máxima
- ✓ θ = Angulo de inclinación del techo (grados)
- ✓ CA = Tolerancia por corrosión (mm)
- ✓ B = Combinación mayor de cargas según la sección 5.2.2 (kPa)

2.2.16. Cálculo del perfil de coronamiento para techo cónicos auto soportados

En la sección 5.1.5.9 de norma indica que las planchas del techo deben estar unidas al ángulo superior o coronamiento con una soldadura continua de filete en la parte superior solo en un lado.

Para los tanques menores de 11 m corresponde un ángulo de L2" x L2"x3/16" como mínimo (5).

Diámetro del tanque (d) Tamaño mínimo del ángulo superior			
(m)	(ft)	(mm)	(in)
D ≤ 11	D ≤ 50	50x50x5	2x2x3/16
15 < D ≤ 18	35 < D ≤ 60	50x50x6	2x2x1/4"
D > 18	D > 60	75x75x10	3x3x3/8"

Figura 20. Anillo de rigidez según diámetro de tanque

Nota: D= Diámetro; se puede usar tamaños equivalentes según el mercado

Cálculo de sección:

$$Z = \frac{D^2 H_2}{17} \left(\frac{V}{190} \right)^2 \quad (0-4)$$

Donde:

- Z = Sección mínimo del módulo (cm^3)
- D = Diámetro nominal del tanque (m)
- H_2 = Altura total del tanque, incluyendo la altura libre(m)
- V = Velocidad del viento (km/h)

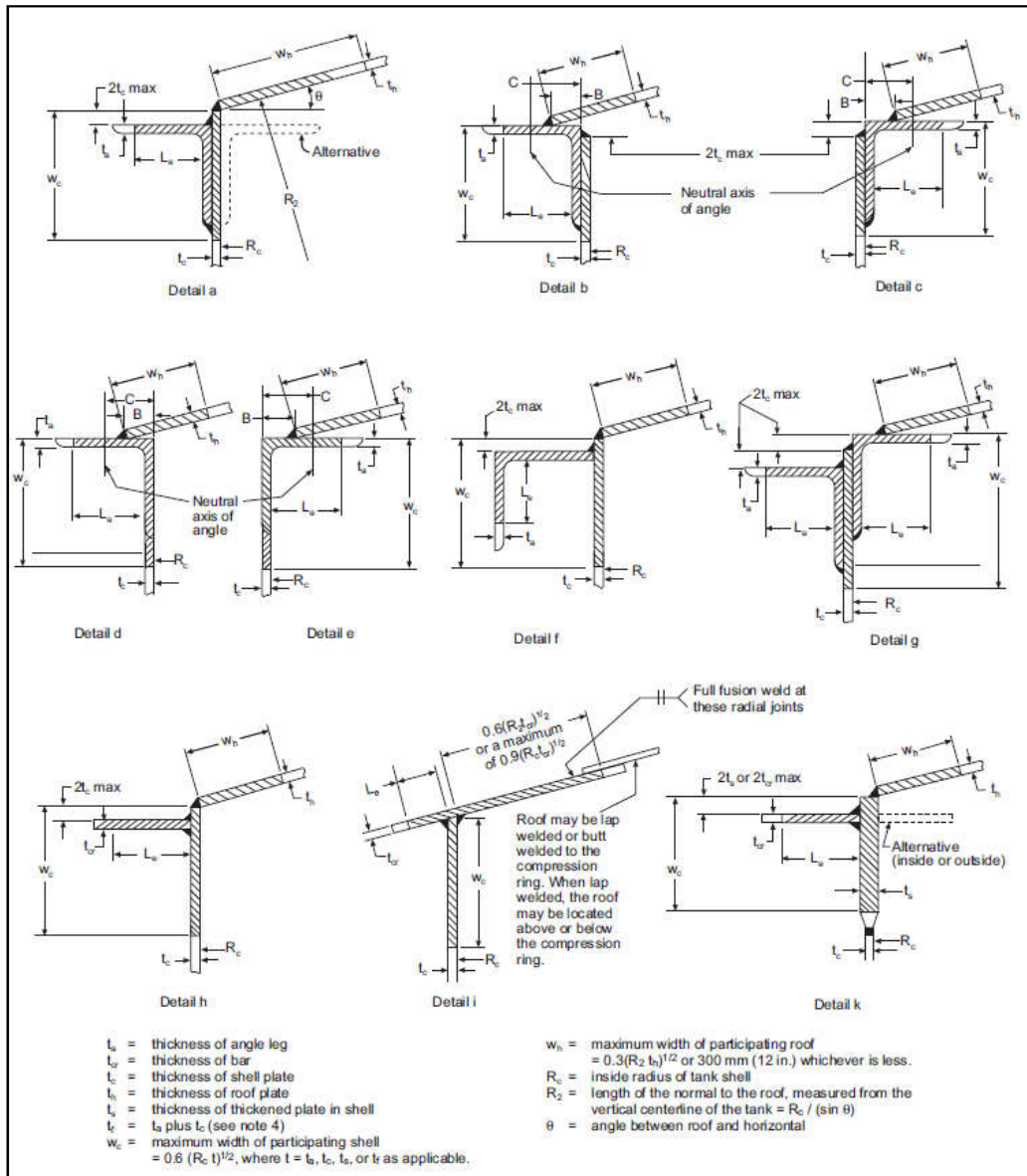


Figura 21. Detalles de anillo de rigidez
Tomada de API 650 (5)

2.2.17. Carga de viento en los tanques (estabilidad de vuelco)

2.2.17.1. Presión del viento

La presión del viento de diseño, representada por las siglas PWS y PWR, se calcula a partir de la velocidad del viento de diseño (V). Para determinar la presión del viento de diseño en la carcasa (PWS), se emplea la siguiente fórmula, la cual considera el área proyectada verticalmente de la superficie del cuerpo del tanque.

Este cálculo es esencial para evaluar el impacto del viento en la estructura del tanque y garantizar su resistencia ante condiciones climáticas extremas (5).

$$PWS = 0.86kPa \left(\frac{V}{190} \right)^2 \quad (0-5)$$

$$PWS = 0.86kPa \left(\frac{V}{190} \right)^2 \quad (0-6)$$

(PWR) representa la presión de elevación del viento de diseño en el techo en kilopascales (kPa), "V" es la velocidad del viento de diseño en kilómetros por hora (km/h), y el término " $(V/190)^2$ " ajusta la presión según la velocidad del viento. Esta fórmula nos permite estimar la fuerza del viento que actúa sobre el techo del tanque en condiciones de diseño específicas.

$$PWR = 1.44kPa \left(\frac{V}{190} \right)^2 \quad (0-7)$$

Donde:

- ✓ PWS = Presión del viento de diseño en la superficie de carcasa (kPa)
- ✓ PWR = Presión de elevación del viento de diseño en el techo (kPa)
- ✓ V = Velocidad del viento de diseño (km/h)

2.2.17.2. Tanques sin anclar

Los tanques sin anclar, excepto los tanques de techo soportado deberán cumplir los siguientes criterios. (5)

$$0.6M_w + M_{Pi} < \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR} \quad (0-8)$$

$$M_w + F_P(M_{Pi}) < \frac{M_{DL} + M_F}{2} + M_{DLR} \quad (0-9)$$

$$M_{ws} + F_P(M_{Pi}) < \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR} \quad (0-10)$$

Donde:

- F_p : Combinación de presión API 650
- M_{pi} : Momento de la unión entre la carcasa y el fondo debido a la presión interna de diseño
- M_w : Momento de vuelco en torno a la unión entre el casco y el fondo debido a la presión del viento horizontal más la vertical
- M_{DL} : Momento de la unión entre la carcasa y el fondo a partir del peso nominal de la carcasa.
- M_F : Momento de la unión entre la carcasa y el fondo por el peso del líquido;
- M_{DLR} : Momento sobre la unión entre el armazón y el fondo del peso nominal de la placa del techo más cualquier estructural;
- M_{WS} : Momento de vuelco sobre la unión entre la carcasa y el fondo debido a la presión del viento horizontal.

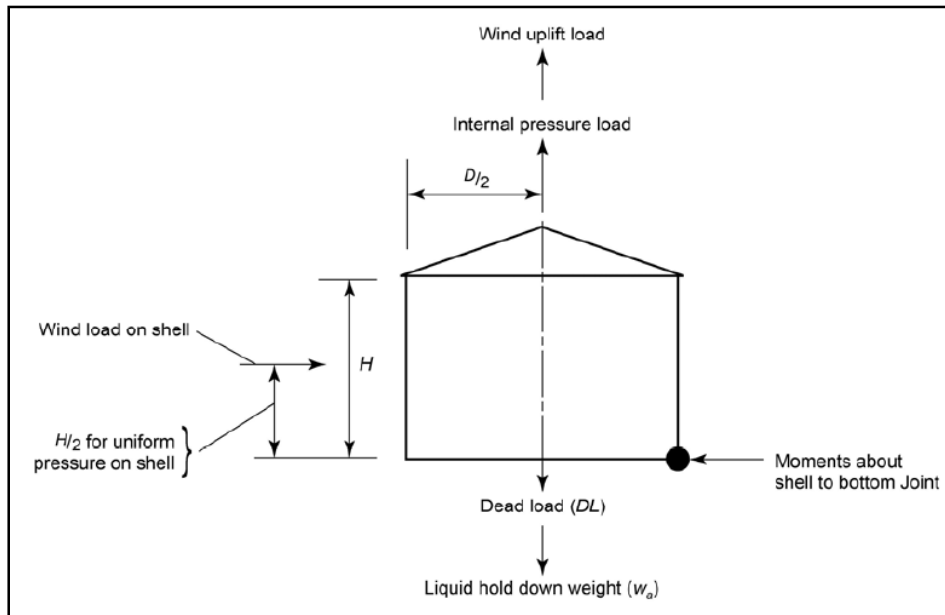


Figura 22.

**Verificación volcadura para tanques sin anclar
Tomada de API 650 (5)**

Los tanques sin anclar con techo soportado deberán cumplir el siguiente criterio

$$M_w + F_p(M_{pi}) < \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR} \quad (0-11)$$

2.2.18. Cálculo por sismo

Los movimientos sísmicos son cruciales en el diseño de tanques cilíndricos verticales debido a las oscilaciones de alta y baja frecuencia que generan. Estas oscilaciones pueden causar desplazamientos en el terreno y movimientos en la masa del líquido almacenado, lo que requiere un diseño resistente para enfrentar estos fenómenos. Los procedimientos de diseño pseudo-dinámico consideran dos modos de respuesta: el modo impulsivo, que representa la vibración conjunta del tanque y el líquido, y el modo convectivo, que es el primer modo de vibración del líquido contenido.

2.2.18.1. Emplazamientos no definidos por la ASCE7

En regiones fuera de los Estados Unidos, donde los requisitos normativos para calcular el movimiento del suelo difieren de los métodos establecidos en el Anexo E de la norma API 650, se emplean los siguientes enfoques:

- ✓ Para obtener los coeficientes de diseño de la aceleración espectral (A_i y A_c), que toman en cuenta la amplificación del sitio, el factor de importancia y la modificación de la respuesta, se puede utilizar el espectro de respuesta conforme a la normativa local. Estos valores pueden determinarse directamente según lo especificado en la normativa local. El coeficiente A_i se calcula en base al período impulsivo del tanque, utilizando un amortiguamiento del 5 % del espectro o asumiendo un período impulsivo de 0,2 segundos. Mientras tanto, el coeficiente A_c se establece considerando el período convectivo y empleando un amortiguamiento espectral del 0,5 %.

- ✓ En caso de que el espectro de respuesta no sea aplicable y solo se disponga de la máxima aceleración del suelo, S_p , se definen las siguientes alternativas.:

$$S_s = 2.5S_p \quad (0-12)$$

$$S_1 = 1.25S_p \quad (0-13)$$

Donde:

- ✓ S_s = Parámetro de respuesta, amortiguador 5%, periodo 0.2s (%g)
- ✓ S_1 = Parametro de respuesta, amortiguador 5%, periodo 1s (%g)
- ✓ S_p = Aceleración de cálculo de la zona (%g)

2.2.18.2. Periodo estructural de vibración

El enfoque de diseño propuesto no está asociado al período natural relacionado con el comportamiento impulsivo del tanque, ya que considera la aceleración espectral máxima para este modo. Sin embargo, este método sí se basa en el período natural para el comportamiento convectivo (o de chapoteo) del líquido, conocido como T_c (5).

$$T_c = 1.8K_S\sqrt{D} \quad (0-14)$$

$$K_S = \frac{0.578}{\sqrt{\tanh\left(\frac{3.68H}{D}\right)}} \quad (0-15)$$

Donde:

- T_c = Representa el período para el comportamiento convectivo, (s).
- K_S = Indica el coeficiente de ajuste del espectro de aceleración amortiguada al 5%.
- D = Corresponde al diámetro del tanque, (m).
- H = Representa la altura del tanque, (m).

2.2.18.3. Coeficiente de aceleración espectral

La respuesta espectral de diseño para tanques de fondo plano se define mediante los siguientes parámetros (5).

En regiones fuera de los EE.UU. $T_L = 4 \text{ seg}$, el factor $Q = 1$

✓ Parámetro de aceleración espectral impulsivo A_i :

$$A_i = S_{DS}\left(\frac{I}{R_{wi}}\right) = 2.5QF_aS_0\left(\frac{I}{R_{wi}}\right) \quad (0-16)$$

Sin embargo. $A_i \geq 0.007$

✓ Parámetro de aceleración espectral convectiva, A_c :

Cuando, $T_C \leq T_L$

$$\begin{aligned}
 A_c &= K S_{D1} \left(\frac{1}{T_C} \right) \left(\frac{I}{R_{wc}} \right) \\
 &= 2.5 K Q F_a S_0 \left(\frac{T_s}{T_C} \right) \left(\frac{I}{R_{wc}} \right) \quad (0-17) \\
 &\leq A_i
 \end{aligned}$$

Cuando, $T_C > T_L$

$$\begin{aligned}
 A_c &= K S_{D1} \left(\frac{T_L}{T_C^2} \right) \left(\frac{I}{R_{wc}} \right) \\
 &= 2.5 K Q F_a S_0 \left(\frac{T_s T_L}{T_C^2} \right) \left(\frac{I}{R_{wc}} \right) \quad (0-18) \\
 &\leq A_i
 \end{aligned}$$

Donde:

A _i	Factor que representa la intensidad del espectro de aceleración impulsiva	%g
A _c	Factor que caracteriza la intensidad del espectro de aceleración convectiva	%g
SDS	Parámetro que describe la aceleración de respuesta espectral en 1 segundo, conforme a las pautas establecidas por el ASCE7	%g
SD1	Factor que caracteriza la aceleración de respuesta espectral en periodos cortos (T=0.2 segundos), según las pautas del ASCE7	%g
Q	Valor utilizado para escalar el espectro de aceleración, según las pautas del ASCE 7	
F _a	Coeficiente que amplifica el impacto del terreno	
F _v	Coeficiente que considera la velocidad basada en el terreno	
S ₀	Factor que describe la respuesta amortiguada al 5%, con un periodo de 0 segundos	%g
I	Factor que indica la relevancia de un proyecto	

Rwi	Factor que reduce la fuerza en el modo impulsivo	
Rwc	Factor que reduce la fuerza en el modo convectivo	
K	Factor que ajusta el coeficiente de la aceleración espectral, considerando un rango de amortiguamiento del 0.5 al 5%	
TC	Periodo necesario para el comportamiento convectivo	s
TL	Periodo local para periodos largos	s
TS	$T_S = F_v S_1 / F_a S_s$ (seg)	s

2.2.18.4. Peso efectivo del producto

Los pesos efectivos W_i y W_c se determinarán multiplicando el peso total del producto (W_p), por los ratios W_i/W_p y W_c/W_p respectivamente (5).

Cuando, $\frac{D}{H} \geq 1.333$ el peso impulsivo efectivo se define como:

$$W_i = \frac{\tanh\left(0.866 \frac{D}{H}\right)}{0.866 \frac{D}{H}} W_p \quad (0-19)$$

Cuando, $\frac{D}{H} < 1.333$ el peso impulsivo efectivo se define como:

$$W_i = \left[1 - 0.218 \frac{D}{H}\right] W_p \quad (0-20)$$

El peso convectivo efectivo se define como:

$$W_c = 0.230 \frac{D}{H} \tanh\left(\frac{3.67H}{D}\right) W_p \quad (0-21)$$

2.2.18.5. Centro de acción para el momento de vuelco del anillo

El "centro de acción para el momento de vuelco del anillo" es un concepto que se refiere al punto en el anillo de la base del tanque donde se concentra el efecto del momento que podría hacer que el tanque se vuelque. Este punto es importante porque nos permite calcular cómo se distribuye la fuerza que podría causar que el tanque se incline o se vuelque. Entender dónde está este centro nos ayuda a

diseñar adecuadamente el anillo y asegurarnos de que pueda resistir las fuerzas aplicadas sin colapsar (5).

Cuando, $\frac{D}{H} \geq 1.333$, la altura X_i (impulsivo en anillo) se define como:

$$X_i = 0.375H \quad (0-22)$$

Cuando, $\frac{D}{H} < 1.333$, la altura X_i (impulsivo en anillo) se define como:

$$X_i = \left[0.5 - 0.094 \frac{D}{H} \right] H \quad (0-23)$$

La altura X_c (convectivo en anillo) se define como:

$$X_c = \left[1.0 - \frac{\cosh\left(\frac{3.67H}{D}\right) - 1}{\frac{3.67H}{D} \sinh\left(\frac{3.67H}{D}\right)} \right] H \quad (0-24)$$

2.2.18.6. Momento de vuelco

La determinación del momento de vuelco sísmico en la base del tanque implica agregar los componentes de impulsos y los componentes convectivos, multiplicando cada uno por los brazos de momento correspondientes hasta el centro de acción de las fuerzas respectivas (5).

$$M_{rw} = \sqrt{[A_i(W_i X_i + W_s X_s + W_r X_r)]^2 + [A_c(W_c X_c)]^2} \quad (0-25)$$

Donde:

M_{rw}	Momento generado en la base debido al peso del líquido contenido en el tanque	Nm
A_i	Factor que caracteriza la intensidad del espectro de aceleración impulsiva	%g

Ac	Factor que define la intensidad del espectro de aceleración convectiva	%g
Wi	Peso efectivo impulsivo del líquido contenido en el tanque	N
Ws	Peso total del cuerpo del tanque y sus componentes adicionales	N
Wr	Peso de la cubierta fija junto con sus accesorios, más una carga equivalente de nieve	N
Wc	Peso efectivo convectivo del líquido contenido en el tanque	N
Xi	Altura desde el fondo hasta el centro de acción de las fuerzas laterales impulsivas en el anillo del tanque	m
Xs	Altura desde el fondo hasta el centro de gravedad del cuerpo del tanque	m
Xr	Altura desde la coronación hasta el centro de gravedad de la cubierta del tanque	m
Xc	Altura desde el fondo hasta el centro de acción de las fuerzas laterales convectivas en el anillo del tanque	m

2.2.18.7. Cortante en la base por sismo

El cortante total de base se define como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los componentes impulsivos y convectivos.

$$V = \sqrt{V_i^2 + V_c^2} \quad (0-26)$$

$$V_i = A_i(W_s + W_r + W_f + W_i) \quad (0-27)$$

$$V_c = A_c W_c \quad (0-28)$$

Donde:

- V: Es el esfuerzo cortante en la base del tanque (N).
- Vi: Representa el esfuerzo cortante debido a la componente impulsiva del peso efectivo del tanque y sus contenidos (N).

- V_c : Corresponde al esfuerzo cortante generado por la componente convectiva del peso efectivo de agitación (N).

2.2.19. Resistencia a las cargas de diseño

En el Anexo E se emplea el enfoque de diseño de tensión permisible (ASD), un método que establece las tensiones permitidas en los componentes estructurales bajo condiciones de funcionamiento normales. Sin embargo, es importante destacar que estas tensiones permitidas pueden aumentar hasta un 33 % al considerar los efectos del terremoto de diseño. Este incremento se aplica a menos que el propio Anexo E especifique lo contrario. Este enfoque garantiza una mayor robustez estructural ante eventos sísmicos, asegurando que la infraestructura pueda resistir las fuerzas generadas por terremotos sin comprometer su integridad ni seguridad (5).

2.2.19.1. Anclajes

La capacidad de resistencia al momento de vuelco del cuerpo del tanque en la base se puede calcular considerando varios factores:

- ✓ El peso total de la carcasa del tanque, la reacción del peso del techo (W_{rs}) y parte del peso de los contenidos del tanque adyacente al cuerpo, en el caso de tanques no anclados.
- ✓ La presencia de dispositivos mecánicos de anclaje también contribuye a esta resistencia. Además, estos dispositivos juegan un papel crucial en la estabilidad estructural del tanque.

c) Auto anclados (no anclados)

Cuando los tanques no están sujetos por anclajes, una estrategia común implica el uso de una parte de su contenido para contrarrestar cualquier posible momento de vuelco. La elección del tipo de anclaje se determina mediante un cálculo que considera la anchura de un anillo anular elevado diseñado específicamente para resistir dichos momentos. Este anillo anular puede ser incorporado como parte integral del fondo del tanque o bien ser un componente independiente, unido directamente mediante soldadura. Esta práctica asegura una estabilidad adecuada

del tanque, minimizando el riesgo de vuelcos y garantizando la seguridad de la infraestructura y su entorno.

$$w_a = 99t_a \sqrt{F_y H C_e} \leq 201.1 H D G_e \quad (0-29)$$

La fórmula presentada para w_a se aplica independientemente de si se utiliza o no un anillo de fondo reforzado. Si el valor de w_a supera el límite de $201.1 H D G_e$, entonces el ancho mínimo requerido para el anillo anular inferior (L) se fijará en $0.035D$ y el valor de w_a se ajustará a $201.1 H D G_e$. El valor de L, denominado L_s para proporcionar la fuerza necesaria para el auto-anclaje, se mide desde el interior del cuerpo.

$$w_a = 5742 H G_e L_s \quad (0-30)$$

Donde:

w_a	Indica la fuerza que puede resistir el tanque por unidad de longitud de su circunferencia debido a los contenidos almacenados	N/m
t_a	Es el grosor del anillo anular debajo del cuerpo del tanque	mm
F_y	Representa el límite de resistencia elástica del acero utilizado en la fabricación del tanque	MPa
H	Corresponde a la altura total del tanque, desde la base hasta la parte superior	m
D	Es el diámetro nominal del tanque	m
G_e	Es la gravedad específica efectiva, teniendo en cuenta los efectos sísmicos verticales	-
L_s	Indica el ancho del anillo anular necesario para proporcionar la resistencia requerida	m

El tanque esta auto anclado siempre que cumpla las siguientes condiciones:
 Coeficiente de estabilidad $J \leq 1.54$ para ser estable al volcamiento y no requerir anclaje.

El ancho máximo del anillo para determinar la fuerza de resistencia es 3.5% del diámetro del tanque.

2.2.19.2. Relación de anclaje “J”

La tabla 05, proporciona criterios de anclaje para tanques verticales en función de la relación de anclaje J, basada en el momento de vuelco sísmico de diseño. J indica si el tanque está auto-anclado o requiere anclajes adicionales para su estabilidad. Los valores de J determinan si el tanque es estable sin anclajes, si es estable, pero necesita cumplir requisitos de compresión, o si necesita modificaciones o anclajes mecánicos.

Relación de anclaje J	Criterios
$J \leq 0.785$	No hay elevación calculada bajo el momento de vuelco sísmico de diseño. El tanque está auto-anclado.
$0.785 < J \leq 1.54$	El tanque se eleva, pero el tanque es estable para la carga de diseño siempre que se cumplan los requisitos de compresión de la carcasa. El tanque está auto-anclado.
$J > 1.54$	El tanque no es estable y no puede ser auto anclado para la carga de diseño. Modifique el anillo anular si $L < 0.035D$ agregue anclaje mecánico.

**Figura 23. Criterio de relación de anclaje
Tomada de API 650 (5)**

Nota: J= Relación de anclaje

$$J = \frac{M_{rw}}{D^2 [W_t (1 - 0.4A_V) + w_a - F_p w_{int}]} \quad (0-31)$$

Donde W_t es el peso del cuerpo y el techo que actúan en la base del cuerpo.

$$W_t = \left[\frac{W_s}{\pi D} + W_{rs} \right] \quad (0-32)$$

Donde:

J Indica la proporción de anclaje del tanque -

Mrw	Representa el momento en el perímetro de la base del tanque debido a su cuerpo	Nm
D	Diámetro del tanque	m
wa	Es la fuerza que puede soportar el tanque por unidad de longitud de su circunferencia debido a los contenidos almacenados	N/m
Wt	Indica el peso del tanque y la cubierta ejerciendo presión en la base del cuerpo	N/m
Ws	Peso total del cuerpo del tanque y sus accesorios	N
Wrs	Es el peso de la cubierta que presiona sobre el cuerpo del tanque más el 10% de la carga de nieve	N/m
Wint	Corresponde a la carga de diseño del producto por unidad de longitud de la circunferencia del tanque	N/m
AV	Parámetro de aceleración de terremoto vertical $A_v = (2/3) \times 0.7 \times S_{DS} = 0.47 S_{DS}$	% g
Fp	Relación entre la presión de operación normal y la presión de diseño del tanque, con un valor mínimo establecido en 0.4	

2.3. Definición de del software SAP2000

El SAP2000 es un programa desarrollado para el diseño, el cual implementa el método de los elementos finitos dentro de una interfaz gráfica 3D, el cual da respuesta en términos de fuerzas, esfuerzos y deformaciones en los elementos de área y sólidos, dando los resultados en gráficos y tablas (9).

El programa cuenta con una variedad de galerías de perfiles de materiales de acero los cuales son útiles para realizar las simulaciones.

Cuenta con diferentes tipos de herramientas para el diseño, con los cuales se puede realizar un diferentes de estudios de fuerzas que actúan sobre los elementos estructurales como fuerzas, momentos, cortantes, cargas móviles, presión, entre otro tipo de cargas.

2.4. Definición de términos básicos

- ASME: La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) es una asociación profesional que ha establecido estándares para el diseño, construcción, pruebas e inspección de equipos industriales. Su influencia se extiende internacionalmente.
- API 650: La norma del American Petroleum Institute (API) proporciona directrices para tanques de almacenamiento de petróleo de diferentes capacidades, basadas en la experiencia acumulada de compradores y fabricantes en la industria petrolera.
- AWS: La Sociedad Americana de Soldadura (AWS) establece normas que informan a los soldadores sobre las especificaciones técnicas de los electrodos y su aplicación en soldaduras.
- Diseño: es el proceso de concepción y planificación previo a la implementación, donde se busca encontrar soluciones en diversos campos mediante la configuración mental de ideas.
- Carcasa: se refiere a la estructura exterior o cuerpo de un equipo o tanque.
- Boquillas: son orificios utilizados en tanques para la entrada o salida de fluidos, así como para la instalación de instrumentos o accesorios.
- Bridas: son accesorios de tubería que permiten acoplar y sellar conexiones entre diferentes partes de un sistema.
- Manhole: también conocido como "entrada hombre", es una abertura con una boquilla que se utiliza para la inspección o el mantenimiento de tanques u otros equipos.
- Cálculo: es el proceso de resolver problemas matemáticos y determinar las variables necesarias para diferentes aplicaciones y situaciones.

- Anclaje: se refiere a un elemento mecánico utilizado para fijar de manera segura un objeto a una superficie, proporcionando estabilidad y seguridad.
- Juntas de soldadura: son uniones realizadas mediante el proceso de soldadura entre las diferentes placas o componentes del tanque. Estas juntas deben cumplir con los estándares de calidad y resistencia especificados por API 650 para garantizar la integridad estructural del tanque.
- Pruebas no destructivas (NDT, por sus siglas en inglés): son técnicas utilizadas para evaluar la calidad y la integridad de las soldaduras y otros componentes del tanque sin dañar el material. Esto incluye pruebas como radiografías, ultrasonidos, partículas magnéticas y líquidos penetrantes, entre otras, que se realizan de acuerdo con los requisitos de API 650.
- Recubrimientos y revestimientos: son capas aplicadas a la superficie interior o exterior del tanque para protegerlo contra la corrosión, la erosión u otros daños. Los recubrimientos pueden incluir pinturas epoxi, poliuretano o sistemas de revestimiento específicos para aplicaciones de almacenamiento de productos químicos o petróleo, según lo establecido en API 650.
- Sistema de drenaje: es un conjunto de tuberías, válvulas y accesorios diseñados para permitir la extracción segura y controlada del producto almacenado en el tanque, así como para drenar agua u otros líquidos acumulados en la parte inferior del tanque. El diseño y la instalación del sistema de drenaje deben cumplir con los requisitos de API 650 para evitar contaminaciones o fugas.
- Protección contra rayos: son sistemas diseñados para proteger el tanque contra descargas eléctricas atmosféricas, minimizando el riesgo de ignición o explosión. Esto puede incluir pararrayos, sistemas de puesta a tierra y equipos de protección contra sobretensiones que deben cumplir con las recomendaciones de API 650 y otras normativas aplicables.

- Accesorios de seguridad: son dispositivos instalados en el tanque para garantizar su operación segura y confiable, como indicadores de nivel, sistemas de detección de fugas, alarmas de sobrellenado, sistemas de extinción de incendios, entre otros. Estos accesorios deben ser seleccionados e instalados de acuerdo con las especificaciones de API 650 y las normativas locales.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

El enfoque utilizado en este proyecto se basa en la norma VDI 2221 de Alemania, establecida por la Verein Deutscher Ingenieure. Esta metodología estructura el proceso de diseño de manera jerárquica y secuencial, dividiéndolo en etapas y fases ordenadas. Una ventaja clave de este método es que no exige que el diseñador tenga experiencia previa, ya que lo guía para buscar criterios de evaluación que lleven a la optimización de los recursos (10).

3.1. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución

El método VDI 2221 comprende 4 fases los cuales están divididas en 7 etapas como se muestran en la siguiente figura

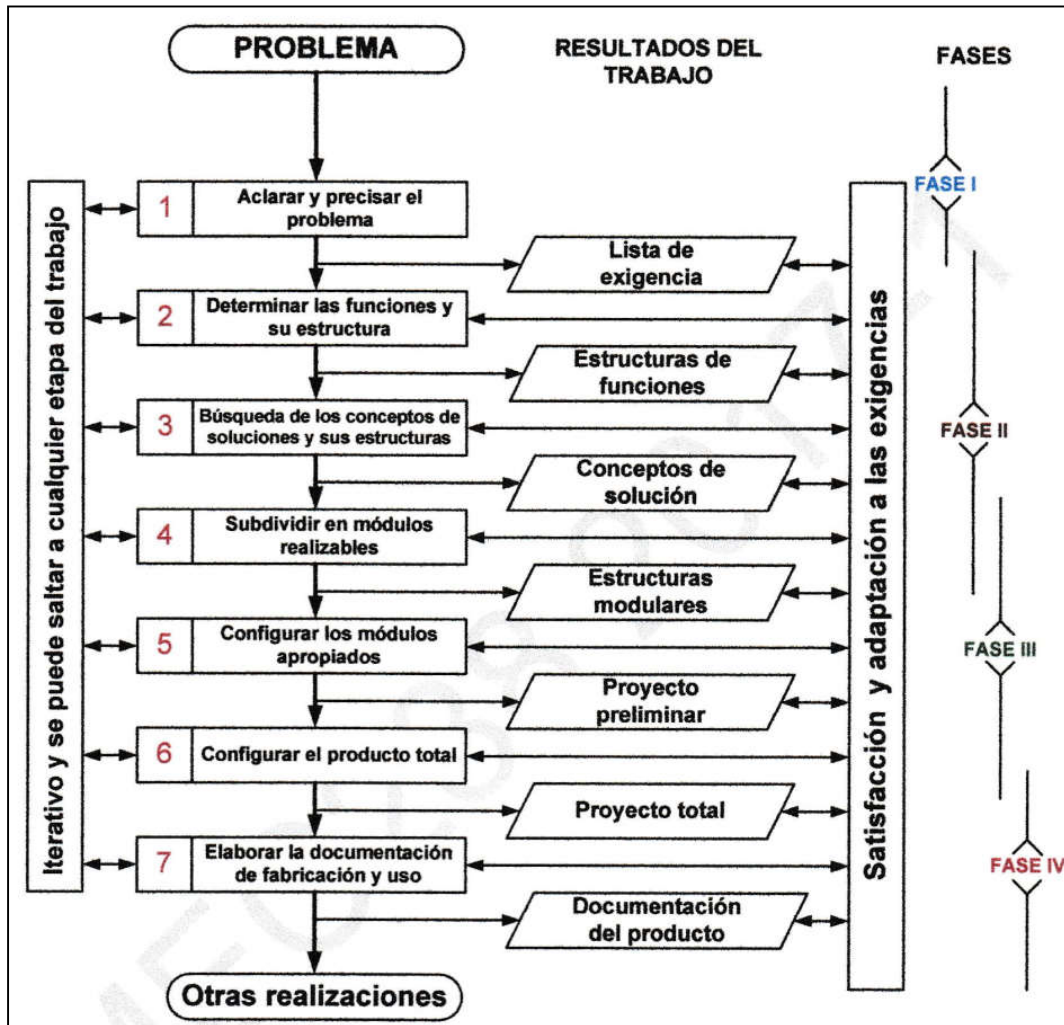
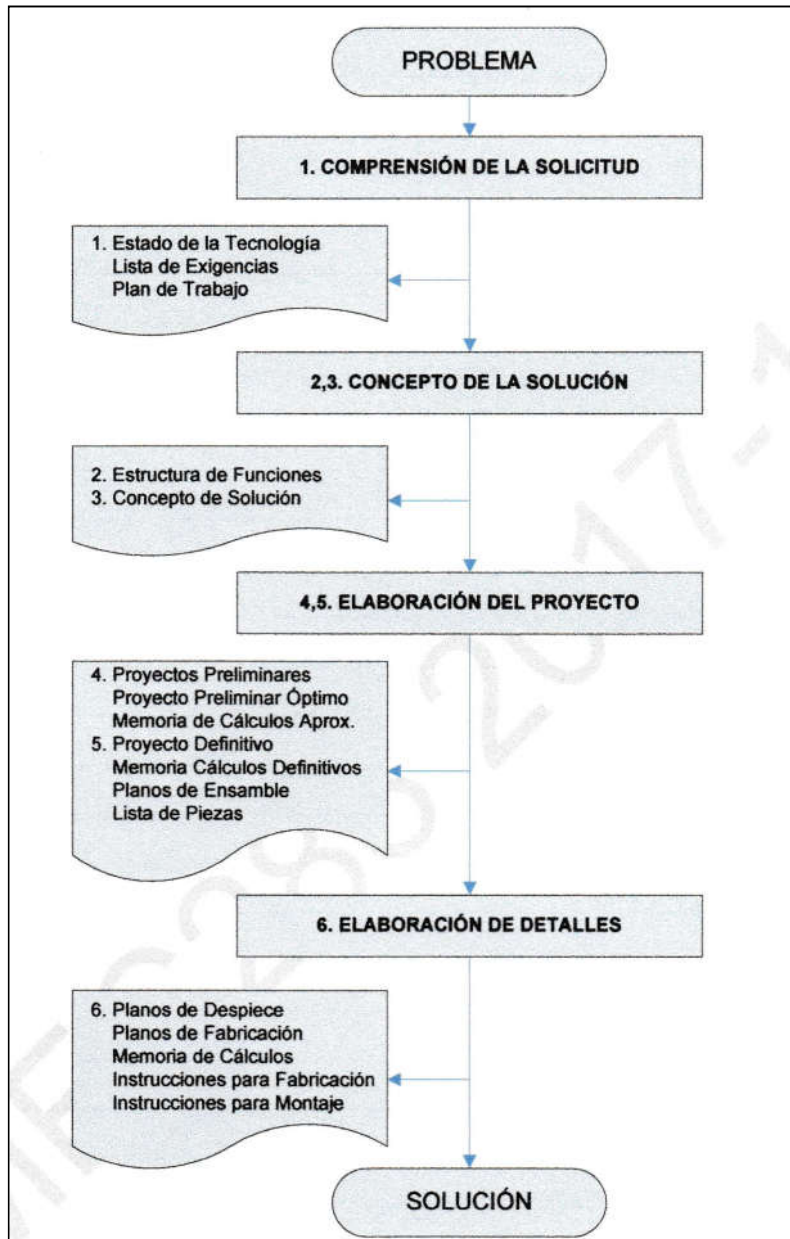


Figura 24. Proceso de desarrollo de la VDI 2221
Tomada de Barriga B (10)

El método de diseño se presenta con las principales fases, indicando los pasos necesarios para el desarrollo del diseño. Durante este proceso, se desarrollarán varios esquemas y planteamientos para definir los requerimientos y obtener el mejor diseño. La figura 24, ilustra los esquemas que se realizarán en cada fase.



*Figura 25. Método de diseño y sus fases
Tomada de Barriga B (10)*

3.1.1. Fase I: Comprensión de la solicitud

Por lo general, el proceso de diseño comienza con la descripción de un problema o una lista de requisitos específicos. Durante esta fase, el objetivo es transformar una solicitud inicial en un pedido detallado para un sistema técnico, incluyendo una serie de requisitos que han sido clasificados y cuantificados adecuadamente (11).

3.1.1.1. Etapa 1: Aclarar y precisar el problema

- ✓ Abordar críticamente el problema: esta etapa busca evitar confusiones, interpretaciones erróneas y retrasos en la entrega, así como posibles problemas económicos y legales derivados de una información insuficiente. Se trata de tratar el problema como un "contrato", detallando de manera precisa y clara las especificaciones en una lista de exigencias, lo que proporciona una base sólida para el desarrollo del diseño.

- ✓ Investigar el estado de la tecnología: esto implica examinar las acciones de la competencia y explorar fuentes especializadas como literatura técnica, catálogos, revistas especializadas y patentes relacionadas con el tema en desarrollo. Además, obtener información directa sobre la tecnología potencial a utilizar constituye una valiosa fuente de datos.

- ✓ Clasificar y analizar la información: es crucial para adquirir un profundo entendimiento del problema en cuestión. La calidad y resolución del problema dependen del nivel de conocimiento técnico que el diseñador pueda procesar.

- ✓ Analizar la situación del problema: La experiencia del solicitante del diseño ofrece al diseñador oportunidades para llevar a cabo el proceso de diseño y dar forma a las características del diseño.

- ✓ Evaluar las opciones de implementación: Se basa en una perspectiva técnica y económica, considerando el dominio técnico y la eficiencia en el uso de recursos humanos y materiales.

- ✓ Detallar, ordenar y priorizar las exigencias: En esta etapa, es esencial organizar y complementar la información proporcionada por el cliente para cumplir con las condiciones del diseño.

- ✓ Coleccionar las exigencias: la formulación de las exigencias debe ser neutral frente a la solución del problema.

- ✓ Ordenar exigencias: En primer lugar, debe ir la función principal donde se colocarán los requerimientos principales y las propiedades (características) del objeto del diseño.
- ✓ Elaborar exhaustivamente la lista de requisitos: como resultado de esta fase del proceso de diseño, se espera que el producto cumpla con todos sus requisitos de manera ordenada y clasificada.
- ✓ La lista de requisitos se desarrollará utilizando hojas o formatos, con la participación de los departamentos internos relacionados con el proyecto y la dirección técnica de la empresa. En el caso de pedidos externos, la participación del cliente en la redacción es necesaria, y se pueden incluir bocetos si es necesario.

LISTA DE EXIGENCIAS		EDICION:	Pág. __ de __
PROYECTO		CLIENTES	Fecha:
			Autor:
Características	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

**Figura 26. Modelos de lista exigencia
Tomada de Fabián y Paccori (12)**

Nota: Lista de exigencias

- ✓ En esta etapa inicial del proceso de diseño, se elabora un plan detallado que establece las directrices y condiciones para abordar el problema específico. Esto incluye la asignación de recursos humanos y materiales de manera eficiente, siguiendo un método de diseño definido y considerando la complejidad del problema. Se crea una hoja de ruta clara que guía el proceso desde el inicio hasta la conclusión del proyecto, asegurando una gestión óptima de los recursos y el logro efectivo de los objetivos. Además, se define claramente los roles y

responsabilidades de cada miembro del equipo para facilitar una colaboración armoniosa y coordinada a lo largo del desarrollo.

ACTIVIDAD	SEMANAS								TIEMPO
	1	2	3	4	5	
1. Lista de exigencias	■	■							
2. Estructura de funciones		■	■	■					
3.				■	■	■	■		
.....									
.....									
...									
TOTAL									

**Figura 27. Modelos de lista exigencia
Tomada de Fabián y Paccori (12)**

Nota: Lista de exigencias

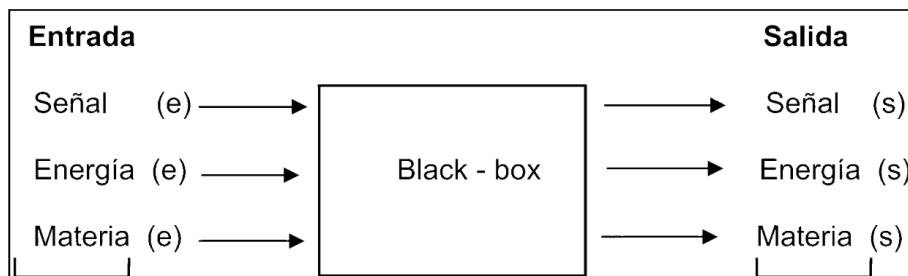
3.1.2. Fase II: Elaboración de concepto de solución

3.1.2.1. Etapa 2: Determinación de la estructura de funciones

El propósito principal de esta etapa radica en concebir una estructura de funciones que sea óptima y que refleje de manera precisa el proceso o las tareas inherentes al sistema técnico en cuestión. Se busca desarrollar una organización funcional que sea eficiente y efectiva, asegurando que cada función esté claramente definida y que contribuya de manera significativa al logro de los objetivos del proyecto. Además, se debe garantizar que la estructura de funciones sea flexible y adaptable, capaz de ajustarse a posibles cambios o evoluciones en las necesidades del sistema a lo largo del tiempo. Esto implica un análisis detallado de las interacciones entre las diferentes funciones y una cuidadosa consideración de cómo estas se integran para optimizar el funcionamiento global del sistema técnico (13).

- ✓ Abstracción o caja negra (black – box): cualquier función, o una función total se puede representar en forma de una caja negra, (black - box), donde solo se tiene en cuenta 3 magnitudes básicas de entrada y salida:
 - ✓ Señales: magnitudes, datos, valores indicados, impulsos de control, información.

- ✓ Energía: energía mecánica, térmica, eléctrica, química, óptica, energía atómica, también fuerza, calor, corriente, etc.
- ✓ Materia: materia prima, insumos, productos terminados, piezas, gases, fluidos, granulados, objetos de todo tipo.



**Figura 28. Caja negra "Black - box"
Tomada de Barriga B (10)**

- ✓ En esta etapa del proceso de diseño, es esencial seleccionar cuidadosamente los principios tecnológicos adecuados que faciliten la transformación de las magnitudes de entrada, como señales, energía y materia, dentro de la llamada "caja negra" o sistema en estudio. Esta selección se basa en la identificación y establecimiento de los fundamentos científicos y tecnológicos necesarios para lograr la transformación deseada. Aquí, se deben analizar detalladamente los diversos principios y métodos disponibles, evaluando su idoneidad y eficacia en relación con los requisitos específicos del proyecto. Además, es importante considerar la viabilidad técnica y práctica de la implementación de estos principios, así como su capacidad para cumplir con los objetivos establecidos.
- ✓ La secuencia de operaciones en un proceso de transformación se establece de acuerdo con los principios tecnológicos seleccionados, los cuales se derivan de fenómenos naturales o efectos físicos específicos. Estos principios tecnológicos proporcionan la base para estructurar los procesos técnicos y los procedimientos de trabajo, definiendo así su secuencia. Por ejemplo, al considerar la transformación de una pieza, como cambiar su forma, se pueden utilizar diferentes opciones tecnológicas como fresado, brochado o torneado. La elección de la tecnología adecuada determina el procedimiento de trabajo y su

secuencia, lo que influye en gran medida en el desarrollo del proceso de transformación.

✓ Fijar los procesos técnicos:

Para alcanzar la transformación deseada de las magnitudes que ingresan en la caja negra, es esencial desarrollar un proceso técnico. Esto implica la creación de un diagrama de flujo que represente los principios tecnológicos elegidos y su secuencia de operaciones. Este diagrama actúa como una guía para ejecutar la transformación de manera ordenada y eficaz. El proceso técnico consta de cuatro fases distintas que deben ser reconocidas para una implementación completa:

- ✓ Preparación
- ✓ Ejecución
- ✓ Control
- ✓ Fase final

a) Establecer el uso y las restricciones de los sistemas técnicos

La manera en que se distribuye la realización o producción de efectos ya sea por personas o por sistemas técnicos, puede ser muy diversa. La asignación de tareas se ve influenciada por varios factores y enfoques, y puede conducir a la adopción de sistemas automatizados o mecanizados. La decisión tomada por el diseñador puede tener repercusiones importantes en los ámbitos político y social, especialmente al diseñar instalaciones de gran escala (13).

b) Establecer la organización de las funciones

Dado que una función del sistema técnico representa una tarea que el sistema debe realizar, es viable examinar cada una de estas funciones por separado. En este análisis, también se puede considerar el paso previo del proceso. Las funciones pueden ser categorizadas de varias maneras, lo que permite su subdivisión o combinación según las necesidades específicas.

c) Determinar y representar las estructuras de funciones

En la fase de diseño de la estructura de funciones, se integran tanto las funciones principales como las secundarias que se identifican al definir el proceso técnico. La configuración de estas estructuras puede variar según las particularidades del diseño, como la naturaleza de la aplicación y las limitaciones del sistema técnico, así como la agrupación de las funciones. Estas variaciones se sustentan en uno o más procesos técnicos que guían la organización y distribución de las funciones dentro del sistema.

d) Determinar la estructura de funciones óptima, mejora, valorar, verificar y decidir

Las estructuras de funciones obtenidas pueden ser analizadas para condiciones específicas con el fin de determinar alternativas óptimas. Sin embargo, por motivos de eficiencia temporal, se procura reducir al mínimo el número de estas alternativas. La evaluación se fundamenta generalmente en un conjunto limitado de criterios, debido al alto nivel de abstracción durante la búsqueda de soluciones, lo que resulta en criterios relativamente generales. Además, la complejidad de la solución total de la función también afecta este proceso. Se requiere evaluar todas las funciones parciales en las que se dividió la estructura de funciones.

3.1.2.2. Etapa 3: Determinar el concepto de soluciones y sus estructuras

En esta etapa del proceso de diseño, se descompone el proceso técnico en funciones parciales, utilizando como base la lista de requisitos y la estructura de funciones. El objetivo principal es aplicar principios de solución a cada función parcial para optimizar la estructura de construcción, es decir, la síntesis del diseño. Esto implica una cuidadosa modificación y ajuste de las funciones individuales para garantizar que el diseño final cumpla con los objetivos establecidos y sea eficiente en términos de rendimiento y costos. (14).

e) Identificar las categorías de los portadores de funciones (matriz morfológica)

Usualmente, una función total puede desglosarse en funciones parciales (sistemas), las cuales a menudo pueden convertirse en nuevas funciones totales

secundarias. Estas nuevas funciones totales pueden subdividirse nuevamente en funciones parciales. El método de la matriz morfológica es útil cuando se descompone la función total en funciones parciales.

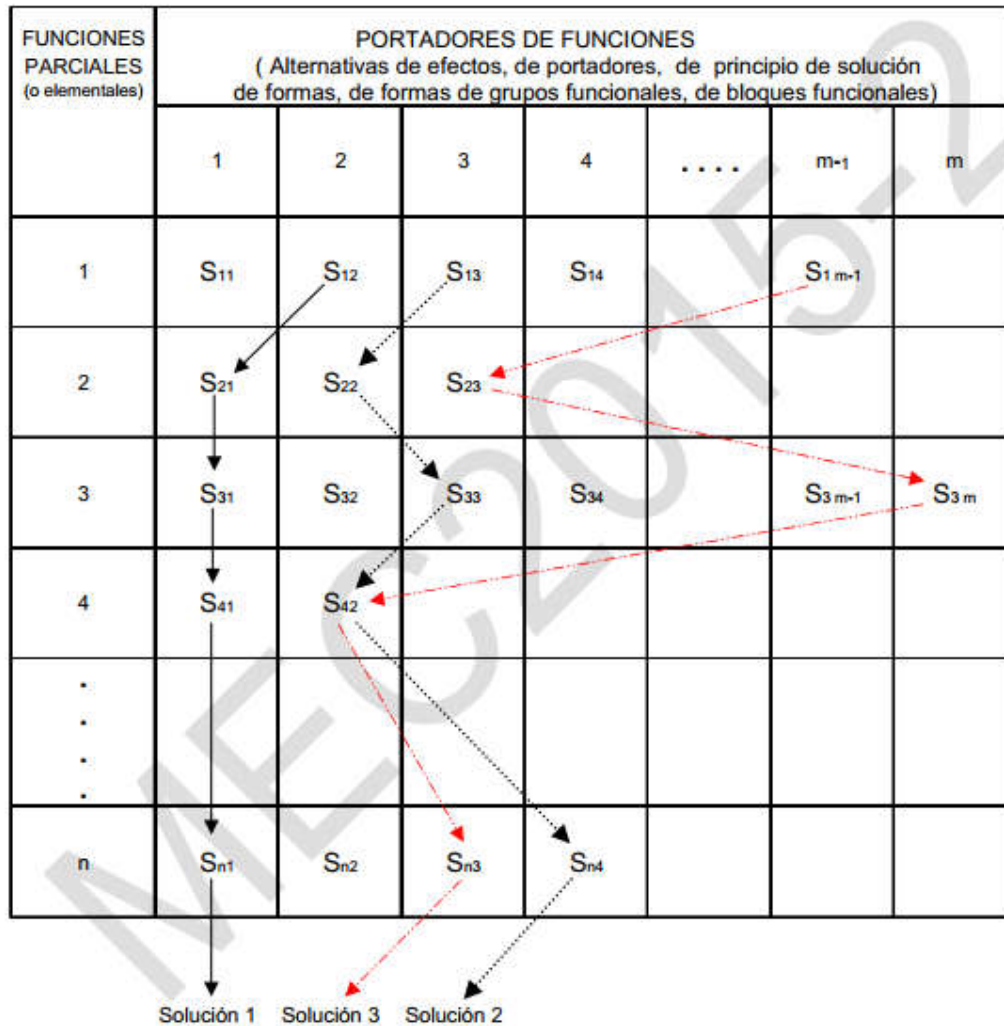


Figura 29. Modelo de Matriz Morfológica Tomada de Barriga B (10)

Nota: Matriz morfológica

El proceso de aplicación de la matriz morfológica es sencillo: se comienza enumerando las funciones parciales en la primera columna. Posteriormente, para cada función parcial, se exploran exhaustivamente todas las posibles opciones de

portadores de funciones en su fila correspondiente. Los portadores de funciones son los principios que llevan a cabo los efectos deseados dentro del sistema.

Los "portadores" de una función son esencialmente las alternativas de solución que cumplen con dicha función. Durante la búsqueda de los portadores (principios de solución), es fundamental establecer metas precisas. Un especialista o diseñador capacitado selecciona las posibles soluciones desde el principio, asegurándose de que cumplan con reglas básicas como:

- ✓ Descartar los principios de soluciones o bloques funcionales inadecuados.
- ✓ Evitar la combinación de principios de soluciones o bloques funcionales que no sean compatibles.

Inicialmente, se recomienda considerar principalmente la primera regla (una vez que se tenga suficiente práctica) y luego evaluar la matriz morfológica resultante. Es común la elaboración y el uso de catálogos para completar la matriz morfológica, como se describe en la norma VDI-2222 Parte II.

3.1.2.3. Etapa 4: Subdividir en módulos realizables

a) Determinar la disposición básica

En este nivel de la estructura de construcción, los elementos se presentan únicamente en términos de relaciones funcionales, sin necesidad de cuantificar nada. Se trata esencialmente de una solución cualitativa, lo que implica un concepto de solución más que una precisión numérica.

La representación de este concepto debe transmitir una idea aproximada de la disposición y, sobre todo, establecer relaciones entre los elementos. Es importante destacar que esta representación no debe limitar la concepción a una idea fija con elementos inamovibles, ya que puede ser mejorada en etapas posteriores del proceso. Por lo tanto, es crucial presentar una disposición cuidadosamente pensada, y esto generalmente se logra mediante esquemas que muestran claramente las funciones parciales que contribuyen a resolver el problema (14).

b) Determinar el concepto óptimo, mejorar y verificar

La etapa final del desarrollo del concepto implica la evaluación y mejora de sus puntos más débiles, junto con una verificación integral. Es necesario examinar varias alternativas de concepto, aunque en todas ellas el nivel de detalle sigue siendo limitado. La evaluación completa es desafiante debido a que las características de diseño del sistema proporcionan pocos puntos de referencia para cuantificar la mayoría de los requisitos (si se utilizan como criterios de evaluación).

- ✓ Aspectos técnicos
- ✓ Aspectos económicos

3.1.3. Fase III: Elaboración del proyecto

3.1.3.1. Etapa 5: Configuración de los módulos apropiados

a) Determinar el proyecto preliminar

Durante esta etapa inicial del proceso, se recopilan tres conjuntos fundamentales de información: la lista de requerimientos, la estructura de funciones y el bosquejo conceptual de la solución propuesta. El propósito principal es generar una descripción inicial detallada de la estructura del sistema técnico. Al concluir esta fase, se aspira a contar con un documento de diseño completo que contenga un esquema detallado del proyecto preliminar (15).

b) Determinación de los puntos de orientación para la elaboración de la forma del proyecto

Al establecer los parámetros iniciales para la configuración de los elementos o del propio sistema, es esencial definir puntos de referencia clave, como dimensiones, fuerzas y energía. Estos puntos de referencia pueden derivarse de sistemas técnicos similares, consideraciones ergonómicas y requisitos específicos del sistema en diseño. En este proceso, es crucial tener en cuenta las normativas pertinentes y realizar comparaciones con sistemas similares que puedan proporcionar orientación adicional. Además, la experiencia del diseñador desempeña un papel crucial en esta etapa.

Se llevarán a cabo cálculos aproximados de resistencia de materiales para determinar las dimensiones, sin embargo, la elaboración del diseño no debe estar

estrictamente limitada por estos cálculos detallados. Estos cálculos aproximados sirven para evaluar si el diseño propuesto cumplirá con los requisitos establecidos, y si es necesario reconsiderar algunos de los conceptos de solución inicialmente propuestos (5).

c) Disponer, asumir, elaboración de la forma aproximada (Dimensiones en parte)

Partiendo del esbozo inicial del concepto de solución, es posible proceder al diseño de la disposición de las piezas, lo que constituye un ensamble preliminar. Si bien las opciones de disposición son variadas, la elección de cómo disponer las piezas se considera como el primer paso crucial en el proyecto preliminar. Posteriormente, el siguiente punto fundamental es establecer la configuración básica de cada una de las piezas.

3.1.3.2. Etapa 6: Determinar el proyecto definitivo

Durante esta fase intermedia del proceso de elaboración del proyecto, se utilizan varios conjuntos de datos como punto de partida:

- ✓ La lista de requerimientos
- ✓ La estructura de funciones
- ✓ La matriz morfológica
- ✓ El esbozo del concepto de solución

En esta etapa, el objetivo es perfeccionar el proyecto preliminar seleccionado para lograr una descripción exhaustiva de la estructura del diseño, con la aspiración de que esta descripción sea definitiva (16).

a) Proporcionar la fundamentación de determinadas propiedades del diseño

Para muchos diseñadores, la solución parece estar garantizada al realizar un cálculo de resistencia de materiales. Sin embargo, la problemática es mucho más compleja. Para obtener una comprensión más completa, es necesario considerar las limitaciones y reglas fundamentales del diseño.

Ambas recomendaciones sirven para recordar de manera organizada los aspectos que no deben pasarse por alto durante el proceso de diseño (16).

3.1.4. Fase IV: Elaboración de detalle

Una vez que el proyecto definitivo ha sido aprobado, ya sea por el cliente o por una autoridad superior dentro de la oficina de diseño de la empresa o externa a ella, entra en su fase final. Durante esta etapa, se complementará y desarrollará la documentación necesaria para la fabricación y selección de cada una de las piezas.

3.1.4.1. Etapa 7: Proporcional la información

En la etapa 7, que se refiere a proporcionar la fundamentación, es crucial completar los cálculos, lo que implica verificar las piezas que, debido a su aparente insignificancia, no fueron analizadas o calculadas previamente. Estos datos y decisiones deben ser adjuntados o incorporados en el informe técnico del sistema (17).

a) Elaboración de la geometría y dimensionamiento

Este proceso se centra en la creación de dibujos de taller. Cada una de las piezas que se van a fabricar debe contar con su propio plano de fabricación correspondiente. Por ejemplo, al fabricar engranajes, es necesario proporcionar una descripción detallada de su geometría, tolerancias, acabado superficial, material utilizado, así como sus datos técnicos de fabricación, como el módulo, ángulos, correcciones, tratamiento térmico, entre otros aspectos (17).

b) Determinar completamente material, proceso entre otros.

La elección de materiales y los métodos de fabricación para cada pieza no siempre están determinados únicamente por los cálculos realizados, sino también por el volumen de producción (ya sea un producto único, una serie pequeña o una producción a gran escala). Las tolerancias de las piezas se establecen principalmente en función de su uso previsto y de consideraciones de fabricación, lo que también se aplica al acabado superficial (17).

c) Determinar el estado del montaje.

En el caso de que haya cambios significativos en el dibujo del ensamblaje con respecto a la versión presentada en la etapa anterior, puede ser necesario crear nuevos planos de ensamblaje y también incluir secciones detalladas para mostrar los aspectos constructivos específicos.

Es esencial tener en cuenta el estado del ensamblaje, especialmente cuando las piezas modifican su configuración inicial durante el montaje, como ocurre cuando se unen dos piezas mediante ajuste por interferencia, remachado, doblado, pegado, entre otros procesos (17).

d) Representación de las piezas

Es esencial seguir meticulosamente las normas del dibujo mecánico al representar las piezas. Aunque lo ideal es crear dibujos a escala, los dibujos a mano alzada también son comunes, especialmente en entornos de talleres más pequeños, donde pueden sustituir fácilmente a los dibujos a escala.

Es fundamental tener un cuidado meticuloso al agregar dimensiones y especificar el material, tolerancias y acabado superficial. Independientemente del método de representación elegido, es importante seleccionar la escala y el formato de papel adecuados para el tamaño de la pieza, con preferencia por dibujar a escala 1:1. En caso de que esto no sea factible, se deben utilizar otras escalas normalizadas (17).

e) Detallar planos de conjuntos, listas de piezas y otros documentos.

Los ensamblajes y subensamblajes son esenciales tanto para verificar la compatibilidad de las piezas durante el proceso de diseño como para facilitar y mostrar el montaje y desmontaje de cada una de ellas. Los ensamblajes o planos de montaje deben ser preferentemente elaborados a escala y deben ir acompañados de una lista detallada de las piezas. Esta lista debe seguir algún criterio conocido, como la clasificación por cantidad, estructura, variantes, bloques constructivos, entre otros. Además, la codificación de las piezas, especialmente

para el área de logística, debe estar en consonancia con el criterio establecido por la empresa. (17).

f) Optimización, mejoras y verificaciones.

En esta etapa final del proceso de diseño, el enfoque no se limita simplemente a la creación de dibujos de todas las piezas del sistema. Además, es crucial optimizar los detalles de cada componente en términos de forma, tamaño, material, superficies, ajustes y tolerancias. Este enfoque tiene como objetivo facilitar el proceso de fabricación y reducir los costos. Si es posible, se deben tener en cuenta las normas técnicas relevantes. Se recomienda utilizar preferentemente piezas que se fabriquen (o puedan fabricarse) en la empresa, o aquellas que sean fácilmente disponibles en el mercado. El control de los dibujos, una actividad que debe mantenerse de manera constante, debe basarse en tres puntos de vista fundamentales: función, montaje y fabricación (17).

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

En la fase final del proceso de diseño, no basta con simplemente generar dibujos de todas las piezas del sistema. Es crucial optimizar los detalles de cada componente en aspectos como forma, tamaño, material, superficies, ajustes y tolerancias. Este enfoque tiene como objetivo simplificar el proceso de fabricación y reducir los costos, y es importante considerar las normas técnicas pertinentes siempre que sea posible. Se aconseja dar preferencia a las piezas que puedan ser fabricadas en la empresa o que estén fácilmente disponibles en el mercado. El control de los dibujos, una tarea que debe ser constante, debe centrarse en tres puntos de vista fundamentales: función, montaje y fabricación.

4.1. Identificaciones de requerimientos

4.1.1. Asumir el problema en forma crítica

La manera de aprovechar el agua reciclada que no cumple con los estándares para el consumo humano o la agricultura nos lleva a la tarea de diseñar un depósito de almacenamiento específico para esta agua recuperada. Esto permitirá su utilización en otras actividades, como, por ejemplo, el lavado de los camiones mineros.

4.1.2. Lista de exigencias

La lista de requisitos se elaboró considerando los antecedentes y los problemas identificados en los capítulos previos, así como la necesidad de desarrollar el diseño de un tanque. Esto nos ayudará a definir la solución óptima para el diseño.

Tabla 2. Lista de exigencias

Lista de exigencias		Universidad continental	Pág.	1 de 2
PROYECTO Diseño de un tanque con la norma API 650 para almacenar agua recuperada en la mina de Anglo American Quellaveco.		Facultad de Ingeniería	Fecha:	29/03/2022
		EAP Ingeniería Mecánica	Autor:	Roberto Yañez
		Área de diseño		
Característica	Deseo o Exigencia	Descripción	Responsable	
Función	E	Diseñar un tanque con la norma API 650 para almacenar agua recuperada	Roberto Yañez	
Función	E	Diseñar un tanque de 106 m3 volumen nominal	Roberto Yañez	
Geometría	E	Las dimensiones, diámetro interior del tanque 5.00 m, altura tanque 6.00 m	Roberto Yañez	
Geometría	E	Techo cónico auto soportado	Roberto Yañez	
Función	E	Selección de los espesores de las planchas del casco	Roberto Yañez	
Función	E	Selección de los espesores de las planchas de techo	Roberto Yañez	
Función	E	Determinar si el tanque llevara anclajes	Roberto Yañez	
Material	E	Seleccionar el tipo de material a utilizar	Roberto Yañez	
Material	E	Seleccionar el tipo de formato de planchas de acero a utilizar	Roberto Yañez	
Lista de exigencias		Universidad continental	Pág.	2 de 2
PROYECTO Diseño de un tanque con la norma API 650 para almacenar agua recuperada en la mina de Anglo American Quellaveco.		Facultad de Ingeniería	Fecha:	29/03/2022
		EAP Ingeniería Mecánica	Autor:	Roberto Yañez
		Área de diseño		
Característica	Deseo o exigencia	Descripción	Responsable	
Función	E	Diseño de las silletas de anclajes	Roberto Yañez	
Función	E	Calcular el peso de las partes principales del tanque	Roberto Yañez	
Geometría	E	Calcular el número de virolas según el formato de plancha y altura del tanque	Roberto Yañez	
Fuerzas	E	Determinar los tipos de cargas aplicar para el cálculo del techo	Roberto Yañez	
Fabricación	E	Elaboración de planos de fabricación del tanque	Roberto Yañez	
Costos	D	Optimizar el máximo el material para evitar mermas y reducir el costo en materiales	Roberto Yañez	

4.2. Estructura de funciones

4.2.1. Caja negra (black –box)

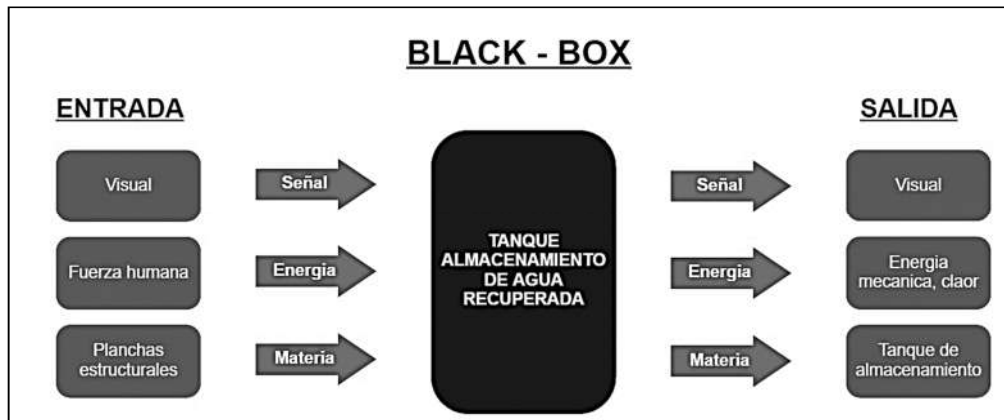


Figura 30. Diagrama de black box

4.2.2. Secuencia de operaciones

En esta etapa del proceso se determina que los datos básicos para comenzar a realizar los cálculos para determinar la cantidad de anillos del tanque luego determinar los espesores de cada anillo del tanque, determinar el espesor del fondo, determinar el espesor del techo cónico auto soportado.

Una vez seleccionadas los espesores de todo el cuerpo del tanque, se verificará la estabilidad debida a la presión de viento y la volteo por sismo, lo cual nos permitirá determinar si el tanque requiere anclajes y realizar el diseño de las sillas de anclaje.

Finalmente, se procederá a generar los planos para fabricación del tanque con los datos determinados en el cálculo mencionados en los anteriores párrafos.

Fijación de los procesos técnicos.

- **Preparación**

- ✓ Determinar las dimensiones del tanque
- ✓ Determinar las cargas que actuaran sobre el tanque
- ✓ Seleccionar las fórmulas a utilizar

- **Ejecución**

- ✓ Calcular número de anillos que conformaran el tanque
- ✓ Calcular los espesores de las planchas de los anillos, fondo y techo del tanque
- ✓ Calcular los anclajes y sillas de anclaje
- ✓ Estimación de pesos

- **Control**

- ✓ Verificación de estabilidad del tanque ante fuerzas de viento y de sismo
- ✓ Verificación de espesores mediante un software

- **Fase final**

- ✓ Diseño del tanque finalizado
- ✓ Elaboración de planos de fabricación

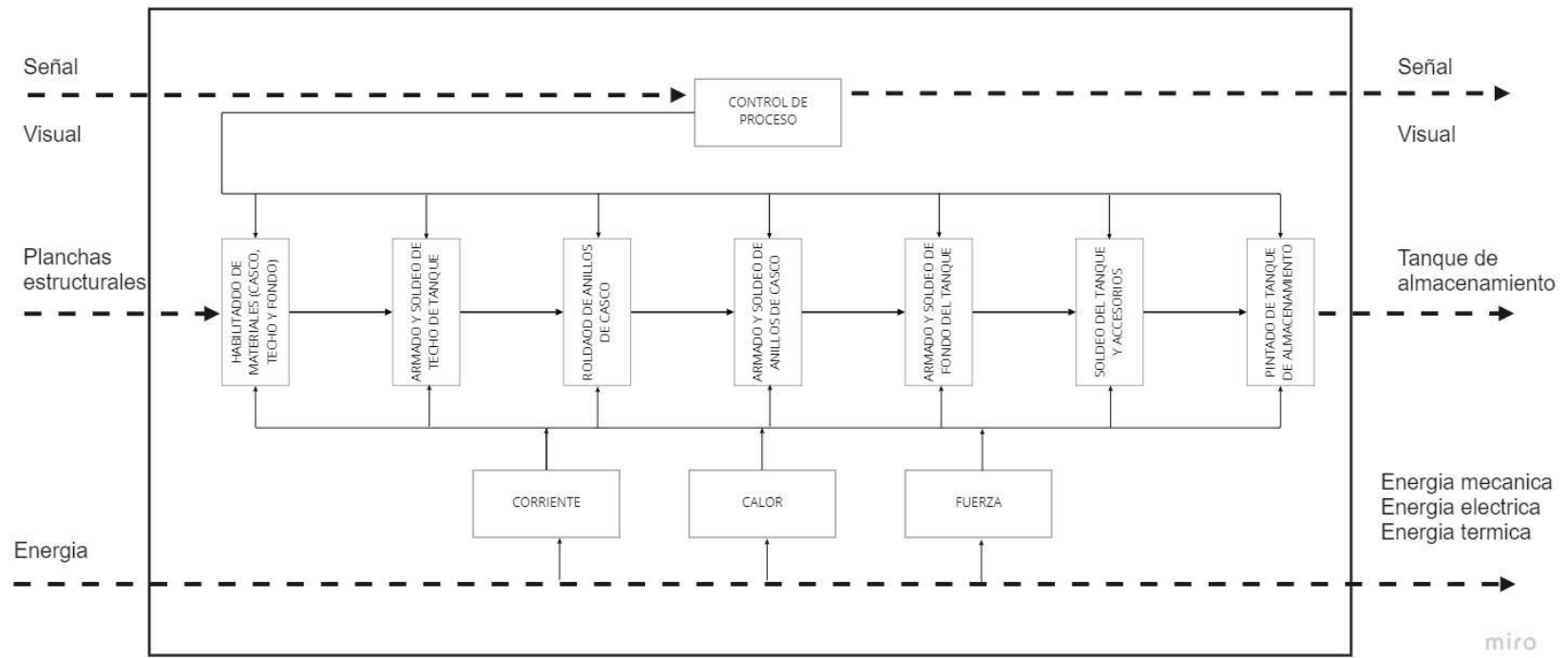






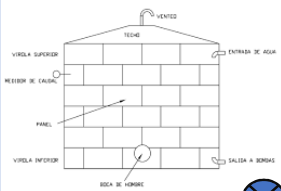






Figura 31. Representación de la estructura de funciones







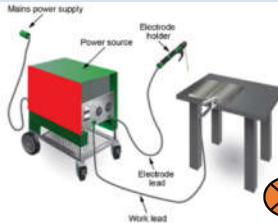
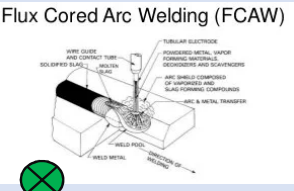
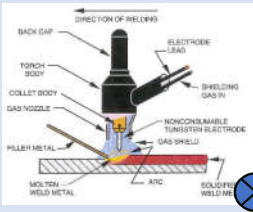











Nota: Diagrama de estructura de funciones (caja blanca)

4.2.3. Análisis de la solución

4.2.3.1. Matriz morfológica

Tabla 3. Matriz morfológica

N° Funciones	Alternativas de solución		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1 Forma del tanque	Tanques cuadrados 	Tanque cilíndrico 	Tanque cilíndricos Horizontales 
	⊗	⊗ verticales	⊗
2 Tipo de techo del tanque	Techo flotante 	Techo cónico auto soportado 	Techo cónico soportado 
	⊗	⊗	⊗
4 Habilidad o corte de material (fondo, casco, techo y accesorios del tanque)	Cortes Manual con esmeril 	Corte por pantógrafo CNC 	Corte manual por oxiacorte 
	⊗	⊗	⊗
5 Rolado de partes de anillos del casco	Máquina de rolar manual 	Máquina de rolar automatizada 	
	⊗	⊗	⊗

7	Armado de fondo, techo y casco del tanque	Puente grúa	Camión grúa	Montacargas
				
				
6	Tipos de soldeo	Soldadura SMAW	Soldadura FCAW	Soldadura TIG
				
				
8	Pintado	Brocha	Pistola pulverizadora	
				
				
				

4.2.4. Determinación de proyecto preliminar

4.2.4.1. Solución 1

La primera solución consiste en el diseño de un tanque vertical, con techo cónico soportado con fijación por silleta de anclaje, en el cual se habilitarán sus partes por oxicorte manual, el rolado de los componentes del casco se usará la fuerza humana, para el armado dependerá de un montacargas y la fuerza humana.

4.2.4.2. Solución 2

La segunda solución consiste en el diseño de un tanque vertical, con techo cónico auto soportado con fijación por silleta de anclaje, en el cual se habilitarán

sus partes por corte CNC, el rolado de los componentes del casco se usará roladora automatizada, para el armado dependerá de un puente grúa.

4.2.4.3. Solución 3

La segunda solución consiste en el diseño de un tanque cuadrado vertical, con techo flotante con fijación por topes sísmicos, en el cual se habilitarán sus partes por corte de esmeril, el rolado de los componentes del casco se usará roladora automatizada, para el armado dependerá de un camión grúa.

4.2.5. Determinación del proyecto (determinación del concepto de solución óptima)

4.2.5.1. Valoración técnico

Tabla 4. Valor técnico

DISEÑO MECÁNICO – EVALUACIÓN DE PROYECTOS Valor técnico (xi)				Área de Diseño						
Proyecto: DISEÑO DE UN TANQUE CON LA NORMA API 650 PARA ALMACENAR AGUA RECUPERADA EN LA MINA DE ANGLO AMERICAN QUELLAVECO.										
<p>p: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225) 0 = No satisface, 1 = Aceptable a las justas, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (ideal) g: Es el peso ponderado y se da función de la importancia de los criterios de evaluación</p>										
Criterios de evaluación para diseños en fase de conceptos o proyectos										
Variantes de Concepto / Proyecto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal	
			S1		S2		S3		S ideal	
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Función	8	4	32	4	32	4	32	4	32
2	Geometría	8	4	32	4	32	0	0	4	32
3	Diseño	10	3	30	3	30	2	20	4	40
4	Ergonomía	7	2	14	3	21	2	14	4	28
5	Seguridad	8	2	16	3	24	2	16	4	32
6	Fabricación	8	2	16	4	32	3	24	4	32
7	Montaje	9	1	9	4	36	2	18	4	36
8	Costos	7	2	14	3	21	2	14	4	28
9	Plazos	7	2	14	3	21	2	14	4	28
10	Materia	8	3	24	3	24	3	24	4	32
11	Rapidez	8	2	16	4	32	2	16	4	32
12	Control de calidad	6	2	12	3	18	1	6	4	24
13	Mantenimiento	5	2	10	3	15	2	10	4	20
Puntaje máximo $\sum gp$			239		338		208		396	
Valor técnico xi			0.60		0.85		0.53		1.00	
$xi = \frac{g_1 \cdot p_1 + g_2 \cdot p_2 + \dots + g_n \cdot p_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) \cdot p_{max}} \leq 1$										

4.2.5.2. Valoración económica

Tabla 5. Valor económico

DISEÑO MECÁNICO – EVALUACIÓN DE PROYECTOS Valor económico (yi)			Área de Diseño							
Proyecto: DISEÑO DE UN TANQUE CON LA NORMA API 650 PARA ALMACENAR AGUA RECUPERADA EN LA MINA DE ANGLO AMERICAN QUELLAVECO.										
<p>p: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225) 0 = No satisface, 1 = Aceptable a las justas, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (ideal) g: Es el peso ponderado y se da función de la importancia de los criterios de evaluación</p>										
Criterios de evaluación para diseños en fase de conceptos o proyectos										
Variantes de Concepto / Proyecto			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal	
			S3		S2		S3		S ideal	
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costo de Material	8	3	24	4	32	2	16	4	32
2	Costo de fabricación	7	2	14	3	21	1	7	4	28
3	Costo de montaje	7	0	0	4	28	3	21	4	28
4	Costo de mantenimiento	5	2	10	3	15	1	5	4	20
Puntaje máximo $\sum gp$			48		96		49		108	
Valor técnico yi			0.44		0.89		0.45		1.00	
$xi = \frac{g_1 \cdot p_1 + g_2 \cdot p_2 + \dots + g_n \cdot p_n}{(g_1 + g_2 + \dots + g_n) \cdot p_{max}} \leq 1$										

4.2.5.3. Evaluación de soluciones

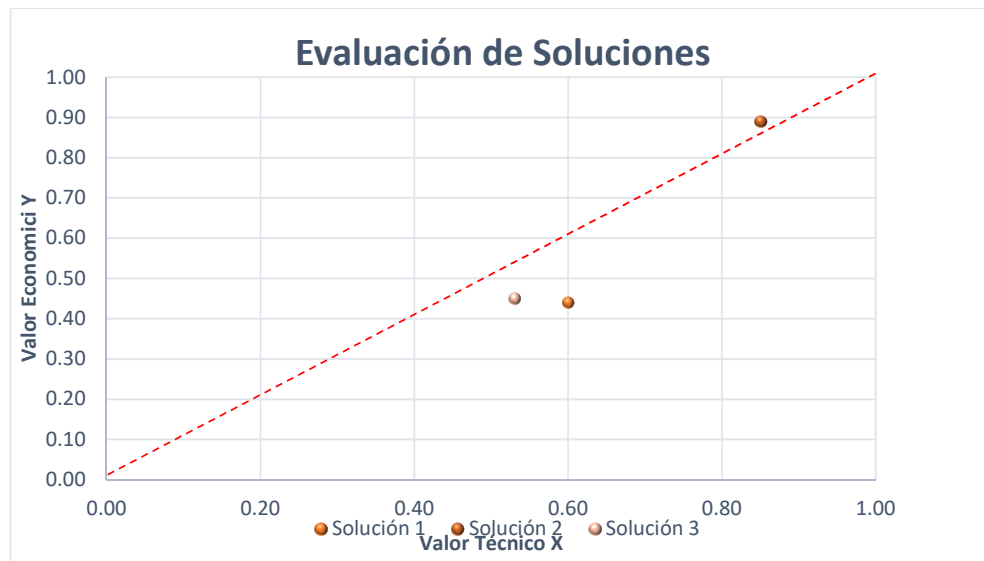


Figura 32, Diagrama de evaluación técnico – económico según VDI 2225

El diagrama de evaluación técnico – económico nos ayuda a determinar la alternativa más cercana a la recta de dispersión lineal que es la solución ideal, siendo la solución 2 de color azul la que se aproxima más, según lo requerido.

CAPÍTULO V

DISEÑO DEL TANQUE

5.1. Diseño

5.1.1. Datos generales

El presente cálculo corresponde al diseño de un tanque de agua recuperada de 118 m³ de capacidad máxima.

5.1.1.1. Códigos y estándares

- ✓ Weded Steel Tanks for Oil Storage API Standard 650.
- ✓ Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú).

5.1.1.2. Documentos referenciales

- ✓ Planos / Data Sheet – (MQ13-02-DR-2800-PD3066) (VER ANEXO 1).

5.1.1.3. Características de los materiales

- ✓ Acero estructural A 36.

Tabla 6. Propiedades mecánicas

Propiedades mecánicas			
Fy:	250.00	MPa	Esfuerzo de fluencia
Fy:	36.00	ksi	Esfuerzo de fluencia
E:	200000.00	MPa	Módulo de elasticidad
E:	29000.00	ksi	Módulo de elasticidad

Tomada de Aceros comerciales

✓ Peso específico del acero

Densidad del acero	7850.00	kg/m ³	Peso unitario del acero
--------------------	---------	-------------------	-------------------------

5.1.1.4. Geometría del tanque

- ✓ Diámetro Interior = 5.00 m
- ✓ Altura del tanque = 6.00 m
- ✓ Pendiente máx. Fondo = 0.83% o 0.48°
- ✓ Pendiente máx. Techo = 17 % o 9.50°
- ✓ Capacidad máxima = 118 m³ o 31090Gl
- ✓ Máximo nivel del líquido = 5.43 m boquilla N10
- ✓ Altura libre = 0.57 m
- ✓ Capacidad Nominal = 106 m³ o 28133Gl

a) Formato de la plancha

- ✓ Ancho planchas = 2.390 m (formato 2.40 m escuadrada)
- ✓ Longitud plancha = 11.990 m (formato 12.00 m escuadrada)

b) Cantidad de planchas a usar

- ✓ Cant. horizontal = 1.31
- ✓ Cant. vertical = 2.51

5.1.1.5. Datos

✓ Densidad Relativa del Fluido, DR	=	1.00(0.99-1.02)
✓ Gravedad específica del diseño, G	=	1.00
✓ Margen por corrosión en el casco, CA	=	1.60 mm
✓ Margen por corrosión en el fondo, CA	=	1.60 mm
✓ Diámetro del tanque, D	=	5.00 m
✓ Altura total del tanque, H	=	6.00 m
✓ Número de virolas	=	3.00
✓ Mínimo esfuerzo de fluencia, Fy	=	250.00 MPa
✓ Esfuerzo permisible Diseño, Sd	=	160.00 MPa
✓ Esfuerzo permisible Prueba Hidrost. St	=	171.00 Mpa
✓ Altura de la primera virola, h1	=	2.40 m
✓ Radio nominal del tanque, r	=	2.50 m
✓ Espesor mínimo del casco, tmin.	=	5.00 mm
✓ Eficiencia de Junta, E	=	0.85

5.1.2. Cálculo de espesores de plancha

5.1.2.1. Espesores de plancha de casco

Fórmulas

- ✓ Condiciones de diseño:

$$t_d = \frac{4.9D(H - 0.3)G}{E \times S_d} + CA \quad (0-1)$$

- ✓ Condiciones de prueba hidrostática:

$$t_t = \frac{4.9D(H - 0.3)}{E \times S_t} \quad (0-2)$$

- ✓ Cálculo de espesor de 1er anillo:

- ✓ Espesor de diseño.

$$t_{d1} = \frac{4.9 \times 5(6 - 0.3)1}{0.85 \times 160} + 1.6$$

$$t_{d1} = 2.63 \text{ mm}$$

✓ Espesor prueba hidrostática.

$$t_{d1} = \frac{4.9 \times 5(6 - 0.3)1}{0.85 \times 171}$$
$$t_{d1} = 0.96 \text{ mm}$$

✓ Cálculo de espesor de 2do anillo:

✓ Espesor de diseño.

$$t_{d2} = \frac{4.9 \times 5(3.60 - 0.3)1}{0.85 \times 160} + 1.6$$
$$t_{d2} = 2.19 \text{ mm}$$

✓ Espesor prueba hidrostática.

$$t_{t2} = \frac{4.9 \times 5(3.60 - 0.3)1}{0.85 \times 171}$$
$$t_{t2} = 0.56 \text{ mm}$$

✓ Cálculo de espesor de 3er anillo:

✓ Espesor de diseño.

$$t_{d3} = \frac{4.9 \times 5(1.20 - 0.3)1}{0.85 \times 160} + 1.6$$
$$t_{d3} = 1.76 \text{ mm}$$

✓ Espesor prueba hidrostática.

$$t_{t3} = \frac{4.9 \times 5(1.20 - 0.3)1}{0.85 \times 171}$$
$$t_{t3} = 0.15 \text{ mm}$$

Tabla 7. Resumen de espesores de planchas del casco

Altura (H)	Virola	Espesor de diseño (td)	Espesor de prueba hidrostática (tt)	Espesor comercial (t)
m	#	mm	mm	mm
1.200	3	1.77	0.16	6.00
3.600	2	2.20	0.56	6.00
6.000	1	2.63	0.63	6.00

5.1.2.2. Espesores de techo cónico

a) Cargas para techo

- ✓ Área proyectada del techo cónico

$$A_{techo} = \pi \left(\frac{D}{2} \right) \left(\frac{D}{2 \cos \beta} \right) \quad (0-3)$$

$$A_{techo} = 19.91 \text{ m}^2$$

Tabla 8. Datos preliminares

10.2 lb/pie ²	50.0 kg/m ²	Peso del techo
20.5 lb/pie ²	100.0 kg/m ²	De acuerdo a API 650-5.2.1 (f)
30.0 lb/pie ²	146.5 kg/m ²	De acuerdo a API 650-5.2.1 (k)
0.0 lb/pie ²	0.0 kg/m ²	Presión Atmosférica
8.2 lb/pie ²	40.0 kg/m ²	De acuerdo a MQ11-02-DC-0000-SC0001

- ✓ Posibles combinaciones de cargas: API 650 5.2.2 (e)

- ✓ Combinación de cargas de gravedad

$$DL + (Lr \text{ o } S) + 0.4 Pe$$

$$DL + 0.4 (Lr \text{ o } S) + Pe$$

- ✓ Combinación de carga de viento y presión interna/externa:

$$DL + W + (Fpe \times Pe \text{ o } Fp \times Pi) \quad (0-6)$$

- ✓ Cargas combinadas

Caso 1:

$$B_1 = DL + Lr + 0.4Pe$$

$$B_1 = 50 + 100 + 0.4 \times 0$$

$$B_1 = 150 \text{ kg/m}^2$$

Caso 2:

$$B_2 = DL + S + 0.4Pe$$

$$B_2 = 50 + 40 + 0.4 \times 0$$

$$B_2 = 90 \text{ kg/m}^2$$

Caso 3:

$$B_3 = DL + 0.4 \times Lr + Pe$$

$$B_3 = 50 + 0.4 \times 100 + 0$$

$$B_3 = 90 \text{ kg/m}^2$$

Caso 4:

$$B_4 = DL + 0.4 \times S + Pe$$

$$B_4 = 50 + 0.4 \times 40 + 0$$

$$B_4 = 66 \text{ kg/m}^2$$

Caso 5

$$B_5 = DL + W$$

$$B_5 = 50 + 146.5$$

$$B_5 = 196.5 \text{ kg/m}^2$$

Tabla 9. Resumen de combinación de cargas

Cargas combinadas	Resultado en diferentes unidades		
$B_1 \text{ o } Pr_1 =$	150 kg/m ²	30.74 lb/pie ²	1.472 kPa
$B_2 \text{ o } Pr_2 =$	90 kg/m ²	18.44 lb/pie ²	0.883 kPa
$B_3 \text{ o } Pr_3 =$	90 kg/m ²	18.44 lb/pie ²	0.883 kPa
$B_4 \text{ o } Pr_4 =$	66 kg/m ²	13.52 lb/pie ²	0.647 kPa
$B_5 \text{ o } Pr_5 =$	196.5 kg/m ²	40.27 lb/pie ²	1.928 kPa

a) Techo auto soportado cónico

De acuerdo a API 650 - 5.10.5.1

$$e = \frac{2 \times 1000D}{\sin \theta} \sqrt{\frac{B_{max}}{1000 \times E}} + CA \quad (0-7)$$

$$e = \frac{2 \times 1000 \times 5}{\sin(9.5^\circ)} \sqrt{\frac{1.4715}{1000 \times 200000}} + 0$$

$$e = 5.197 \text{ mm}$$

De acuerdo a API 650 – V.7.2.1

$$t_{cone} = \frac{83D}{\sin \theta} \sqrt{\frac{Pr}{1.72 \times E}} \quad (0-8)$$

$$e = \frac{83 \times 5}{\sin(9.5^\circ)} \sqrt{\frac{1.928}{1.72 \times 200000}} \quad (0-9)$$

$$e = 5.95mm$$

Espesor comercial $e = 6mm$.

5.1.2.3. Espesores de planchas de fondo

Según API 650 apartado 5.4.1 todas las planchas de fondo no deben tener un espesor mínimo de 6 mm.

Según API 650 apartado 5.4.1 el fondo presenta pestaña mínima de 50 mm por lo cual se considerará la pestaña de 55 mm.

$$t_{min} = 6 mm$$

$$t_{diseño} = 6 mm$$

$$CA = 1.6 mm$$

$$t_{fondo} = t_{diseño} + CA$$

$$t_{fondo} = 6 + 1.6$$

$$t_{fondo} = 7.6mm$$

Espesor comercial $e = 8mm$

5.1.2.4. Estimación de pesos

a) Peso de las planchas casco (W_s)

Se calculará el peso de todo el casco debido a que presenta un solo espesor.

$$W_s = H \times ((D + t) \times \pi) \times \gamma_{acero} \times t$$

$$W_s = 6 \times ((5 + 0.006) \times \pi) \times 7850 \times 0.006$$

$$W_s = 4444.40 kg$$

b) Peso de las planchas techo (W_r).

$$A_{T.conico} = \pi \times radio \times generatriz$$

$$A_{T.conico} = \pi \times 2.5 \times \frac{2.5}{\cos 9.5^\circ}$$

$$A_{T.conico} = 19.91 m^2$$

$$W_r = A_{T.conico} \times \gamma_{acero} \times t$$

$$W_r = 937.67 kg$$

c) Peso de las planchas fondo (W_b).

$$A_{Fondo} = \pi \times radio \times generatriz$$

$$A_{Fondo} = \pi \times 2.561 \times \frac{2.561}{\cos 0.48^\circ}$$

$$A_{Fondo} = 20.61 m^2$$

$$W_b = A_{Fondo} \times \gamma_{acero} \times t$$

$$W_b = 20.61 \times 7850 \times 0.008$$

$$W_b = 1294.03 kg$$

5.1.3. Análisis estructura

5.1.3.1. Cargas de viento

- ✓ Presión del viento
- ✓ Sobre áreas proyectadas de superficie cilíndricas. = 0.86 kPa
- ✓ Sobre áreas proyectadas de superficie cónicas y curvas. = 1.44 kPa
- ✓ Velocidad del viento, V = 100.00 km/h
- ✓ Para velocidades diferentes a 190 km/h, se debe utilizar el siguiente factor de corrección

$$f = \left(\frac{V}{190} \right)^2$$

$$f = 0.2770$$

5.1.3.2. Anillo rigidizador de tope

Del API 650, sección 5.1.5.9 - e, para tanques de diámetro menores de 11 m corresponde un ángulo: L2"x2"x3/16" como mínimo.

- ✓ L2" x L2" x 3/16" $Z = 0.34 \text{ pulg}^3$
- ✓ Diámetro $D = 5.00 \text{ m}$
- ✓ Altura $H = 6.00 \text{ m}$
- ✓ Velocidad del viento $V = 100.00 \text{ km/h}$
- ✓ Z= Mínimo Modulo de sección (cm^3)

$$Z = \frac{D^2 H_2}{17} \left(\frac{V}{190} \right)^2 \quad (0-10)$$

$$Z = 2.44 \text{ cm}^3$$

$$Z = 0.15 \text{ pulg}^3$$

Usaremos L3" x L3" x 3/8" $Z = 0.91 \text{ pulg}^3$ API 650-Table 5.20, Detalle "a"
 Peso = 173.28 kg

5.1.3.3. Anillo rigidizador intermedio

Para verificar si el tanque requiere de anillos de rigidez intermedios se debe de calcular la distancia H1 necesaria entre la viga de viento intermedia y el ángulo superior seleccionado en 5.3.3.

- ✓ Espesor mínimo de la plancha $t = 6.00 \text{ mm}$
- ✓ Diámetro nominal del tanque $D = 5.00 \text{ m}$
- ✓ Velocidad del viento. $V = 100.00 \text{ km/h}$

$$H^1 = 9.47t \sqrt{\left(\frac{t}{D} \right)^3 \left(\frac{V}{190} \right)^2} \quad (0-11)$$

$$H^1 = 269.64 \text{ m}$$

$$H_{\text{tanque}} = 6.00 \text{ m}$$

$$H_{\text{tanque}} < H^1$$

Por ser la separación entre la viga de viento intermedia y el ángulo tope del tanque (H1) mucho mayor a la altura del tanque, por lo tanto, el tanque no requiere viga de viento intermedia.

5.1.3.4. Diseño sísmico

El momento de volcamiento debido a las fuerzas sísmicas aplicadas en la base del manto queda determinada por la siguiente relación.

$$M_{rw} = \sqrt{[A_i(W_i X_i + W_s X_s + W_r X_r)]^2 + [A_c(W_c X_c)]^2} \quad (0-12)$$

Donde:

- ✓ Factor de importancia instalaciones. $I = 1.00$
- ✓ Factor sísmico. $Z = Sp = 0.35$
- ✓ Factor de escala. $Q = 1$
- ✓ Coeficiente de amplificación del terreno. $Fa = 1.15$
- ✓ Coef. de velocidad basada en el terreno. $Fv = 1.5$
- ✓ Parámetro de respuesta para 0.2s. $Ss = 2.5 \times Sp = 0.88\%$
- ✓ Parámetro de respuesta para 1.0s. $S_1 = 1.25 \times Sp = 0.44\%$
- ✓ Coef. ajuste de aceleración espectral. $K = 1.5$
- ✓ Razón de diámetro v/s altura. $D/H = 0.83$
- ✓ Razón de altura v/s diámetro. $H/D = 1.20$

a) Parámetros de aceleración espectral impulsiva A_i

$$A_i = S_{DS} \left(\frac{I}{R_{wi}} \right) \quad (0-13)$$

Parámetros de aceleraciones. $T = 0.2s$

$$S_{DS} = Q \times Fa \times Ss$$

$$S_{DS} = 1.01\%$$

Factor de reducción de fuerza modo impulsivo. $R_{wi} = 4.00$

$$A_i = S_{DS} \left(\frac{I}{R_{wi}} \right) \quad (0-14)$$

$$A_i = 0.25\%$$

b) Parámetros de aceleración espectral convectivo (A_c)

$$A_c = K S_{D1} \left(\frac{1}{T_C} \right) \left(\frac{I}{R_{wc}} \right) \quad (0-15)$$

Parámetros de aceleración. $T = 1.0s$

$$S_{D1} = Q \times Fv \times S1$$

$$S_{D1} = 0.66\%$$

Coefficiente de ajuste de espectro de aceleración amortiguada 5%.

$$K_S = \frac{0.578}{\sqrt{\tanh\left(\frac{3.68H}{D}\right)}} \quad (0-16)$$

$$K_S = 0.58$$

Periodo natural convectivo.

$$T_C = 1.8K_S\sqrt{D} \quad (0-17)$$

$$T_C = 2.33 s$$

Factor de reducción de fuerza modo convectivo. $R_{wc} = 2.00$

$$A_c = K S_{D1} \left(\frac{1}{T_C} \right) \left(\frac{I}{R_{wc}} \right) \quad (0-18)$$

$$A_c = 0.212\%$$

c) Fuerza diseño sísmica lateral equivalente (F)

Peso de manto $W_s = 4.44 t = 43.60 kN$

Peso del techo $W_r = 0.94 t = 9.20 kN$

Peso del fondo $W_b = 1.29 t = 12.96 kN$

Peso del contenido $W_p = 118.00 t = 1157.58 kN$

Peso efectivo impulsivo $W_i = \left(1.0 - 0.218 \frac{D}{H} \right) W_p$

(19)

$$W_i = 96.56 t = 947.29 kN$$

Peso efectivo convectivo $W_c = 0.230 \frac{D}{H} \tan\left(\frac{3.67H}{D}\right) W_p$

(20)

$$W_c = 22.52 t = 220.89 kN$$

Cizalladura impulsiva

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

(26)

$$V_i = 25.97 t = 254.78 kN$$

Cizalladura convectiva. $V_c = A_c \times W_c$

(27)

$$V_c = 4.76 t = 46.72$$

Cizalladura base

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

(25)

$$V = 26.40 t = 259.03 kN$$

Altura total del manto

$$H_t = 6.00 m$$

Altura apl. de la fuerza sísmica

$$X_i = \left(0.5 - 0.094 \frac{D}{H}\right) H$$

(22)

$$X_i = 2.53 m$$

Altura del fondo hasta c.g. casco

$$X_s = H_t / 2$$

$$X_s = 3$$

Altura del fondo hasta c.g. techo

$$X_r = H_t$$

$$X_r = 6.00 m$$

Altura del fondo hasta c.a. de fuerzas sísmicas laterales.

$$X_c = \left[1.0 - \frac{\cosh\left(\frac{3.67 \times H}{D}\right) - 1}{\frac{3.67 \times H}{D} \times \sinh\left(\frac{3.67 \times H}{D}\right)} \right] \times H \quad (0-19)$$

$$X_c = 4.67 m$$

Por lo tanto, momento de sobre el anillo:

$$M_{rw} = \sqrt{[A_i(W_i X_i + W_s X_s + W_r X_r)]^2 + [A_c(W_c X_c)]^2} \quad (0-20)$$

$$M_{rw} = 724.31 \text{ kN} - m$$

$$M_{rw} = 73.83 \text{ t} - m$$

$$M_{rw} = 724314.85 \text{ N} - m$$

d) Centro de acción para momento de volcamiento de losa

Altura del fondo hasta el c.a. la fuerza sísmica lateral relacionada con la fuerza líquida impulsiva para el momento de la losa.

$$X_i = \left(0.5 - 0.06 \frac{D}{H}\right) H$$

$$X_i = 2.70 \text{ m}$$

Altura del fondo hasta el c.a. de la fuerza sísmica lateral relacionada con la fuerza líquida convectiva para el momento de la losa.

$$X_{cs} = 1.0 - \frac{\cosh\left(\frac{3.67 \times H}{D}\right) - 1.937}{\frac{3.67 \times H}{D} \times \sinh\left(\frac{3.67 \times H}{D}\right)}$$

$$X_{cs} = 4.70 \text{ m}$$

Por lo tanto, momento de sobre la placa:

$$M_s = \sqrt{[A_i(W_i X_{is} + W_s X_s + W_r X_r)]^2 + [A_c(W_c X_{cs})]^2}$$

$$M_s = 724.31 \text{ kN} - m$$

$$M_s = 73.83 \text{ t} - m$$

$$M_s = 724314.85 \text{ N} - m$$

5.1.3.5. Análisis de deslizamiento (Según API650 A.E.7.6)

El desplazamiento lateral del estanque se da lugar si la fuerza sísmica provocada es mayor que la fuerza de roce del terreno.

La fuerza sísmica y de roce están dadas por las siguientes expresiones (lo términos de la fuerza sísmica son los indicados en el punto anterior).

e) Cizalladura base o fuerza cortante en la base

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

$$V = 26.40 t = 259025.35 N$$

f) Fuerza de rozamiento

$$V_s = \mu(W_s + W_r + W_f + W_p)(1.0 - 0.4A_V)$$

✓ Coeficiente de fricción. $\mu = 0.40$

✓ Coeficiente de aceleración. $A_V = \frac{2}{3} \times 0.7 \times S_{DS}$

$$A_V = 0.47\%$$

Por lo tanto:

$$V_s = \mu(W_s + W_r + W_f + W_p)(1.0 - 0.4A_V)$$

$$V_s = 26.40 t = 397335.47 N$$

Para el tanque no deslice producto de los movimientos sísmicos la fuerza de rozamiento debe ser mayor que la fuerza sísmica.

$$V_s > V$$

$$397335.47 N > 259025.35 N$$

No hay deslizamiento.

5.1.3.6. Estabilidad del tanque debido a la presión del viento

Para que no haya anclaje se ha de verificar los criterios siguientes:

$$0.6M_w + M_{Pi} < \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR} \quad (0-21)$$

$$0.6M_w + M_{Pi} < \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR} \quad (0-22)$$

$$M_{ws} + F_p(M_{Pi}) < \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR} \quad (0-23)$$

- ✓ Espesor de la plancha de fondo. $t_b = 8.00 \text{ mm}$
- ✓ Tensión de fluencia. $F_{by} = 250.00 \text{ Mpa}$
- ✓ Gravedad específica. $G = 1.00$
- ✓ Nivel dis. máximo del líquido. $H = 6.00 \text{ m}$
- ✓ Diámetro. $D = 5.00 \text{ m}$
- ✓ Área del casco. $A_c = D \times H$
 $A_c = 30.00 \text{ m}^2$
- ✓ Área del techo. $A_t = \frac{\pi \times D^2}{4}$
 $A_t = 19.63 \text{ m}^2$
- ✓ Presión de diseño de viento sobre el casco. $P_{ws} = 0.86 \times \left(\frac{v}{190}\right)^2$
 $P_{ws} = 0.24 \text{ kPa}$
- ✓ Presión de diseño de viento sobre el techo. $P_{wr} = 1.44 \times \left(\frac{v}{190}\right)^2$
 $P_{wr} = 0.40 \text{ kPa}$
- ✓ Peso líquido/perímetro. $W_L = 59(t_b - CA) \sqrt{(F_{by} \times H)}$
 $W_L = 146247 \text{ N/m}$
 $F_{b.\text{diseño}} = \pi \times \pi \times \frac{D^2}{4}$
 $F_{b.\text{diseño}} = 61.69 \text{ kN}$
- ✓ Peso del cuerpo. $P_s = 4.44 \text{ t}$
- ✓ Peso del techo. $P_r = 0.94 \text{ t}$
- ✓ Peso del líquido. $F_{liq.} = W_l \times \pi \times \frac{D}{1000}$
 $F_{liq.} = 229.72 \text{ kN}$
- ✓ Factor de combinación presión. $F_p = 0.40$
- ✓ Carga horiz. sobre cuerpo. $F_{wc} = P_{ws} \times A_c$
 $F_{wc} = 7.15 \text{ kN}$
- ✓ Carga levant. viento techo. $F_{wt} = P_{wr} \times A_t$
 $F_{wt} = 7.83 \text{ kN}$

Momento de viento.

$$M_w = F_{wc} \times \frac{H}{2} + P_{ws} \times D \times \frac{H}{2} \times \frac{H}{2} \times F_{wt} \times \frac{D}{2}$$
$$M_w = 51.74 \text{ kNm}$$

Momento de vuelco por presión int.

$$M_{pi} = 1/2 \times D \times F_{b.dis.}$$
$$M_{pi} = 154.21 \text{ kNm}$$

Momento de vuelco por el cuerpo.

$$M_{DL} = P_s \times \frac{D}{2}$$
$$M_{DL} = 109.00 \text{ kNm}$$

Momento de vuelco por el techo.

$$M_{DLR} = P_r \times \frac{D}{2}$$
$$M_{DLR} = 23.00 \text{ kNm}$$

Momento de vuelco por peso líquido.

$$M_F = F_{liq.} \times \frac{D}{2}$$
$$M_F = 574.30 \text{ kNm}$$

Momento de vuelco carga horizontal.

$$M_{ws} = F_{wc} \times \frac{D}{2}$$
$$M_{ws} = 21.44 \text{ kNm}$$

Entonces deberán cumplir los siguientes criterios.

✓ Primer criterio

$$0.6M_w + M_{pi} < \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR} \quad (0-24)$$

$$0.6M_w + M_{pi} = 185.26 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR} = 96.59 \text{ kNm}$$

ANCLAR

✓ Segundo criterio

$$M_w + F_P(M_{Pi}) < \frac{M_{DL} + M_F}{2} + M_{DLR} \quad (0-25)$$

$$M_w + F_P(M_{Pi}) = 113.43 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{DL} + M_F}{2} + M_{DLR} = 364.53 \text{ kNm}$$

OK

✓ Tercer criterio

$$M_{ws} + F_P(M_{Pi}) < \frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR} \quad (0-26)$$

$$M_{ws} + F_P(M_{Pi}) = 83.13 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{DL}}{1.5} + M_{DLR} = 96.66 \text{ kNm}$$

OK

Por lo tanto, el tanque es inestable al volcamiento por viento necesita anclaje.

5.1.3.7. Estabilidad de volcamiento por sismo

- ✓ Espesor del fondo sin corrosión. $t_a = 6.40 \text{ mm}$
- ✓ Limite elástico mínimo. $F_y = 160.00 \text{ Mpa}$
- ✓ Gravedad especifica. $G = 1.00$
- ✓ Nivel dis. máximo del líquido. $H = 6.00 \text{ m}$
- ✓ Diámetro. $D = 5.00 \text{ m}$
- ✓ Carga de nieve. $W_{sonw} = 40.00 \text{ kg/m}^2$
- ✓ Coeficiente de aceleración. $A_v = 0.47 \%$
- ✓ Gravedad especifica efectiva incluyendo efectos sísmicos verticales.

$$G_e = G(-0.4 A_v)$$

$$G_e = 0.81$$

Fuerza de levantamiento resistente en la región anular.

$$W_a = 99t_a \sqrt{F_y H G e} \quad (0-27)$$

$$W_a = 17691.85 \text{ N/m}$$

$$W_{a \text{ max}} = 201.1 \text{ HDGe}$$

$$W_{a \text{ max}} = 4899.80 \text{ N/m}$$

$$W_{a \text{ max}} = 201.1 \text{ HDGe} < W_a = 99t_a \sqrt{F_y H G e}$$

$$4899.80 \text{ N/m} < 17691.85 \text{ N/m}$$

Peso del manto. $ws = 49.73 \text{ N/m}$

Peso del techo. $wr = 585.59 \text{ N/m}$

Peso del techo +10% carga de nieve. $Wrs = ws + wr$
 $Wrs = 635.33 \text{ N/m}$

Peso por unidad de perímetro. $Wt = Ws/\pi D + Wrs$
 $Wt = 3410.96 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

Momento de volcamiento. $Mrw = 685355.67 \text{ N} - \text{m}$

Ratio de anclaje.

$$J = \frac{M_{rw}}{D^2 [W_t (1 - 0.4A_v) + w_a - F_p w_{int}]} \quad (0-28)$$

$$J = 3.57$$

Relación de anclaje	Criterios
$J \leq 0.785$	No hay elevación calculada bajo el momento de vuelco sísmico de diseño. El tanque está auto-anclado.
$0.785 < J \leq 1.54$	El tanque se eleva, pero el tanque es estable para la carga de diseño siempre que se cumplan los requisitos de compresión de la carcasa. El tanque está auto-anclado.
$J > 1.54$	El tanque no es estable y no puede anclarse automáticamente para la carga de diseño. Modifique el anillo anular si $L < 0.035D$ no controla o agregue anclaje mecánico.

**Figura 33. Relación de anclaje
Tomada de API 650 (5)**

Entonces:

$$3.57 > 1.54$$

El tanque necesita anclajes

5.2. Análisis y verificación estructural según SAP2000

En los siguientes puntos se tiene como objetivo la verificación de la estructura del tanque utilizando análisis con el software SAP2000.

Para el tanque determinaremos las cargas que toman acción directa sobre este, así como las presiones que se ejercen sobre las paredes en condiciones críticas de operación.

5.2.1. Asignación de materiales

En las siguientes imágenes se mostrarán las propiedades asignadas para los materiales en el software SAP2000.

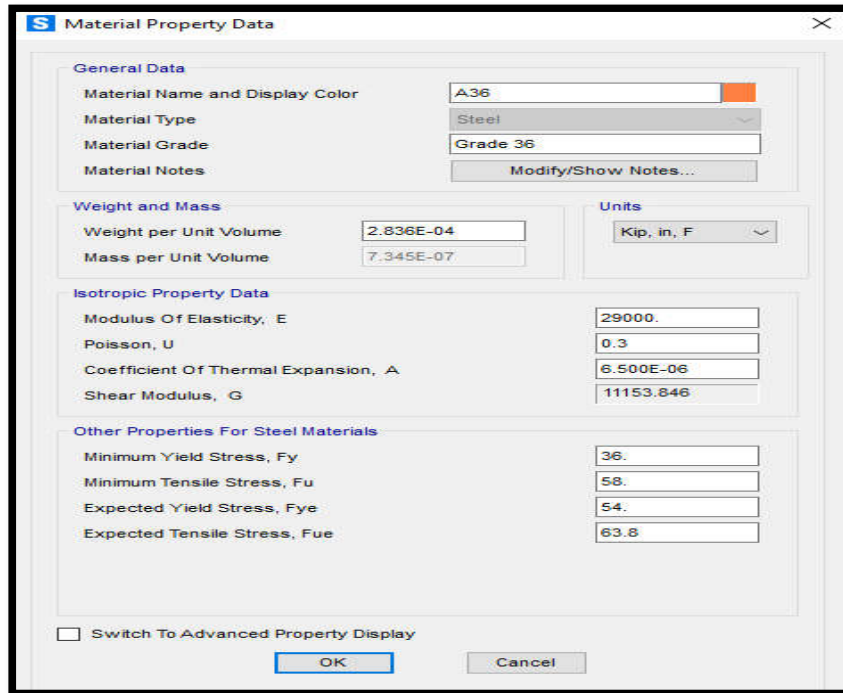


Figura 34. Propiedades del material A36

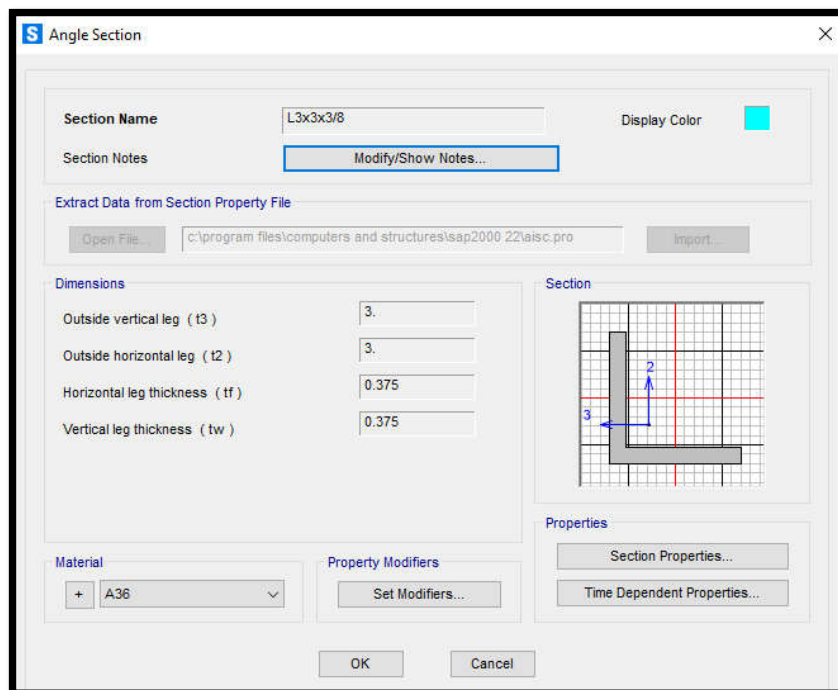


Figura 35. Propiedades del material A36

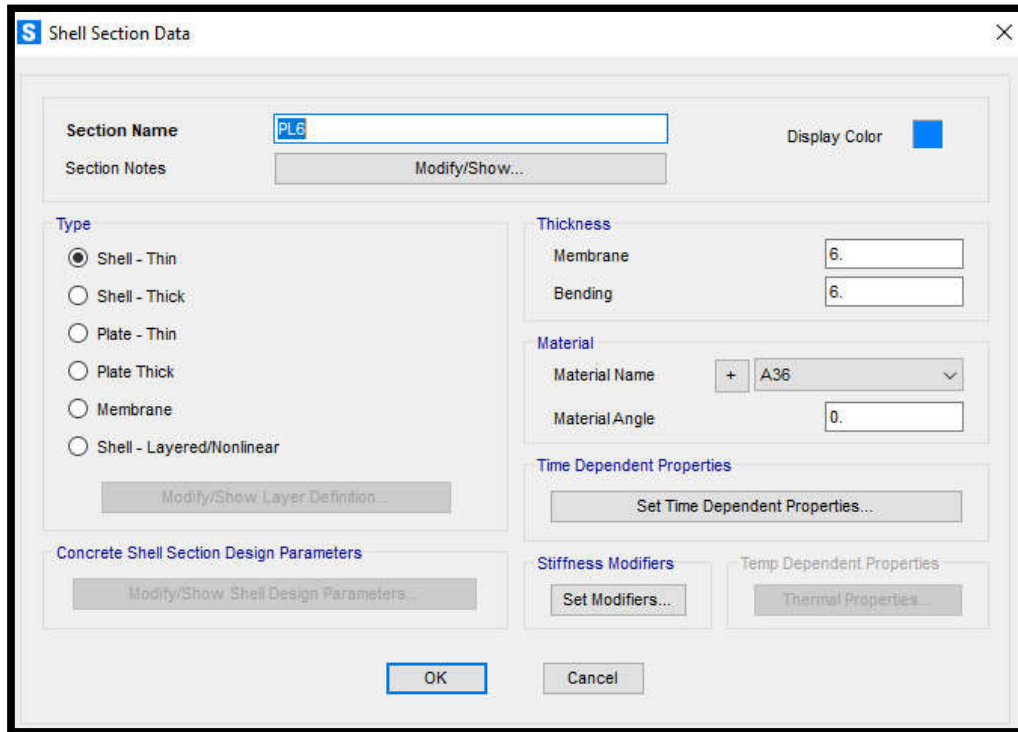


Figura 36. Propiedades de la plancha de 6 mm

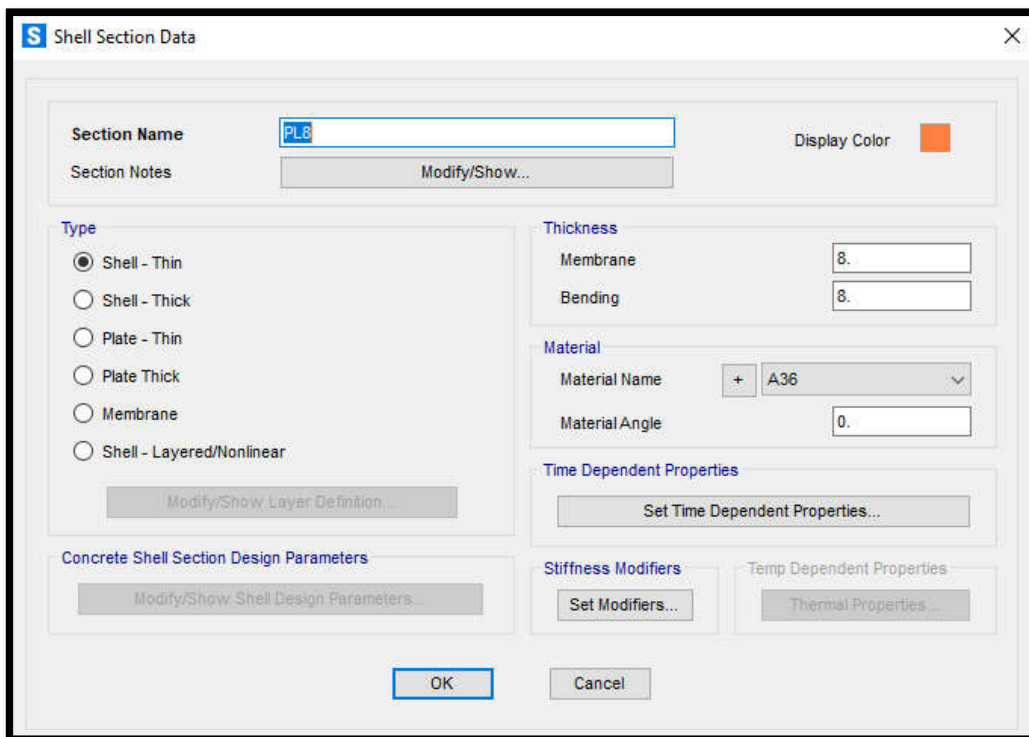


Figura 37. Propiedades de la plancha de 8 mm

5.2.2. Modelado estructuras de tanque de agua en SAP2000

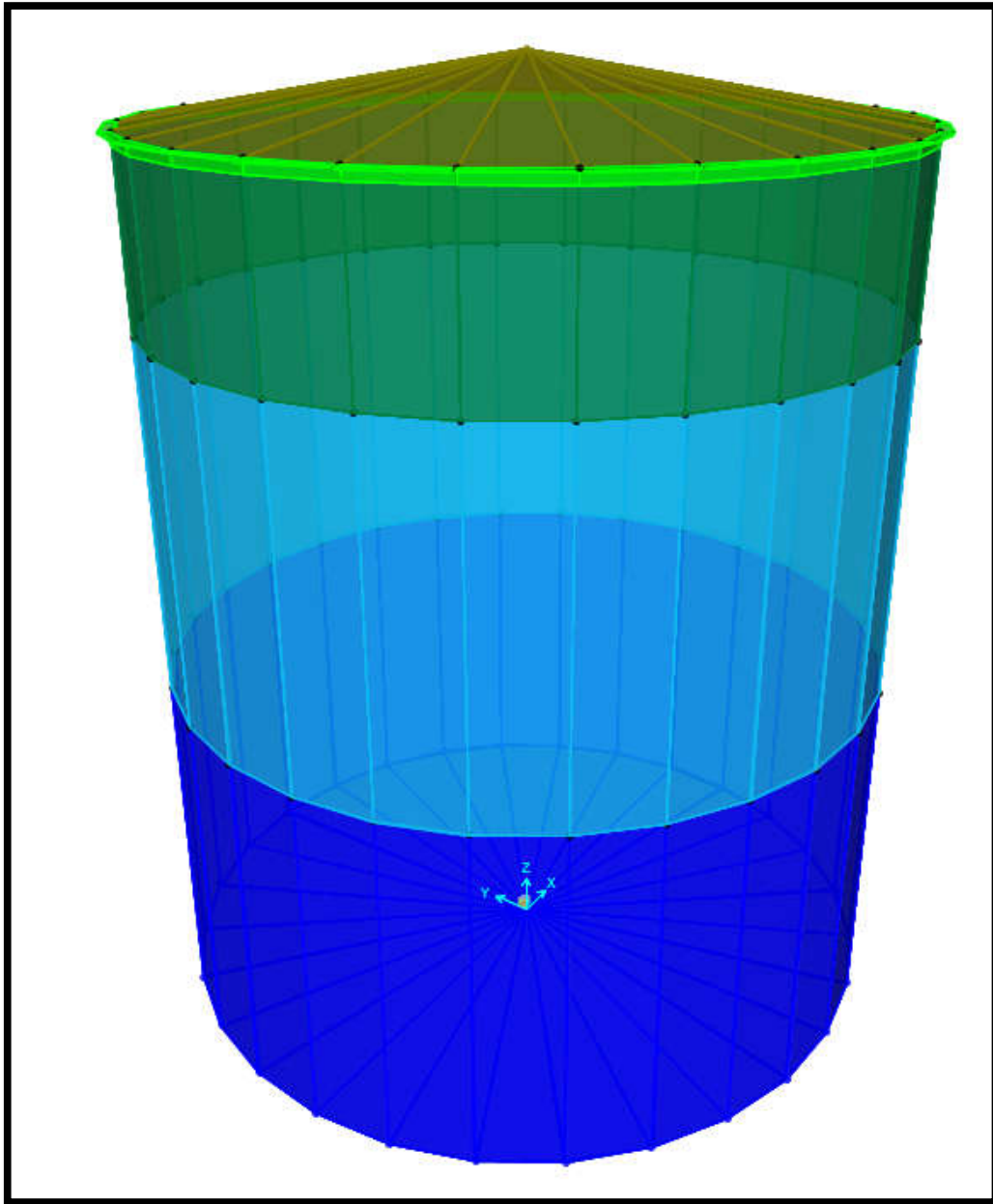


Figura 38. Modelado de tanque en SAP2000 – Vista isométrica

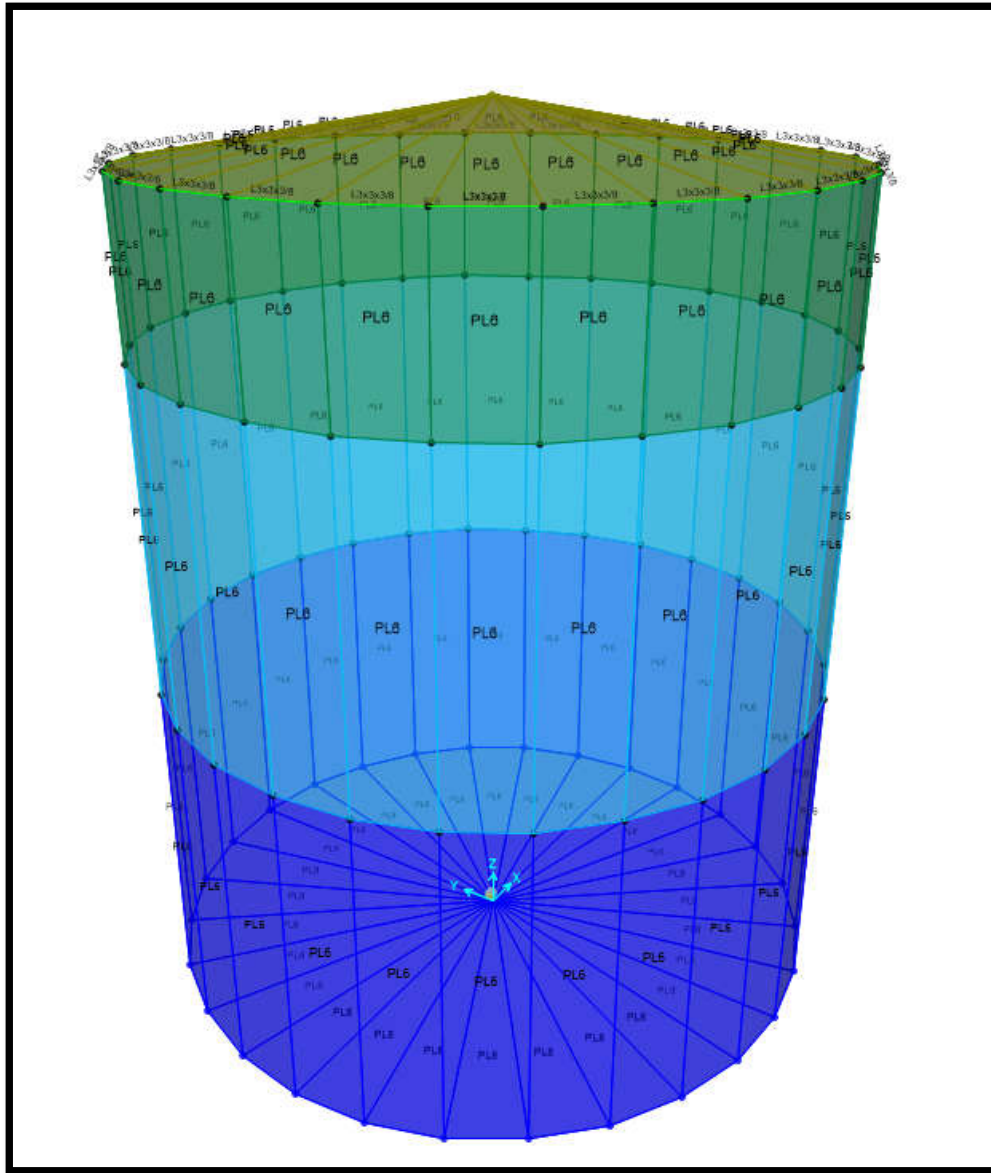


Figura 39. Vista isométrica detalle de perfiles

5.2.3. Asignación de Cargas en SAP2000.

5.2.3.1. Carga viva hidráulica

La carga hidráulica está conformada por la presión hidráulica estática y dinámica, según lo indicado en el libro “Mecánica de fluidos”, sexta edición, Frank M. Whitte.

$$p(z) = \gamma \times z$$

$$\gamma = \text{Densidad del liquido (kg/m}^3\text{)}$$

$$z = \text{Profundida (m)}$$

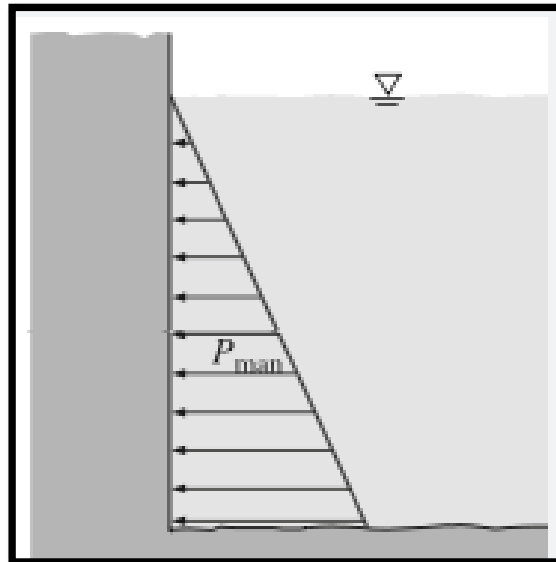
$$p(z) = \text{Presión segun z (kg/m}^3\text{)}$$

Profundidad de $z = 0$ obtenemos:

$$p(z) = \gamma \times z$$
$$p(z) = 1000 \times 0$$
$$p(z) = 0 \text{ kg/m}^2$$

Profundidad de $z = 6$ obtenemos:

$$p(z) = \gamma \times z$$
$$p(z) = 1000 \times 6$$
$$p(z) = 6000 \text{ kg/m}^2$$



**Figura 40. Variación de presión en la profundidad
Tomada de Alcalde C. (18)**

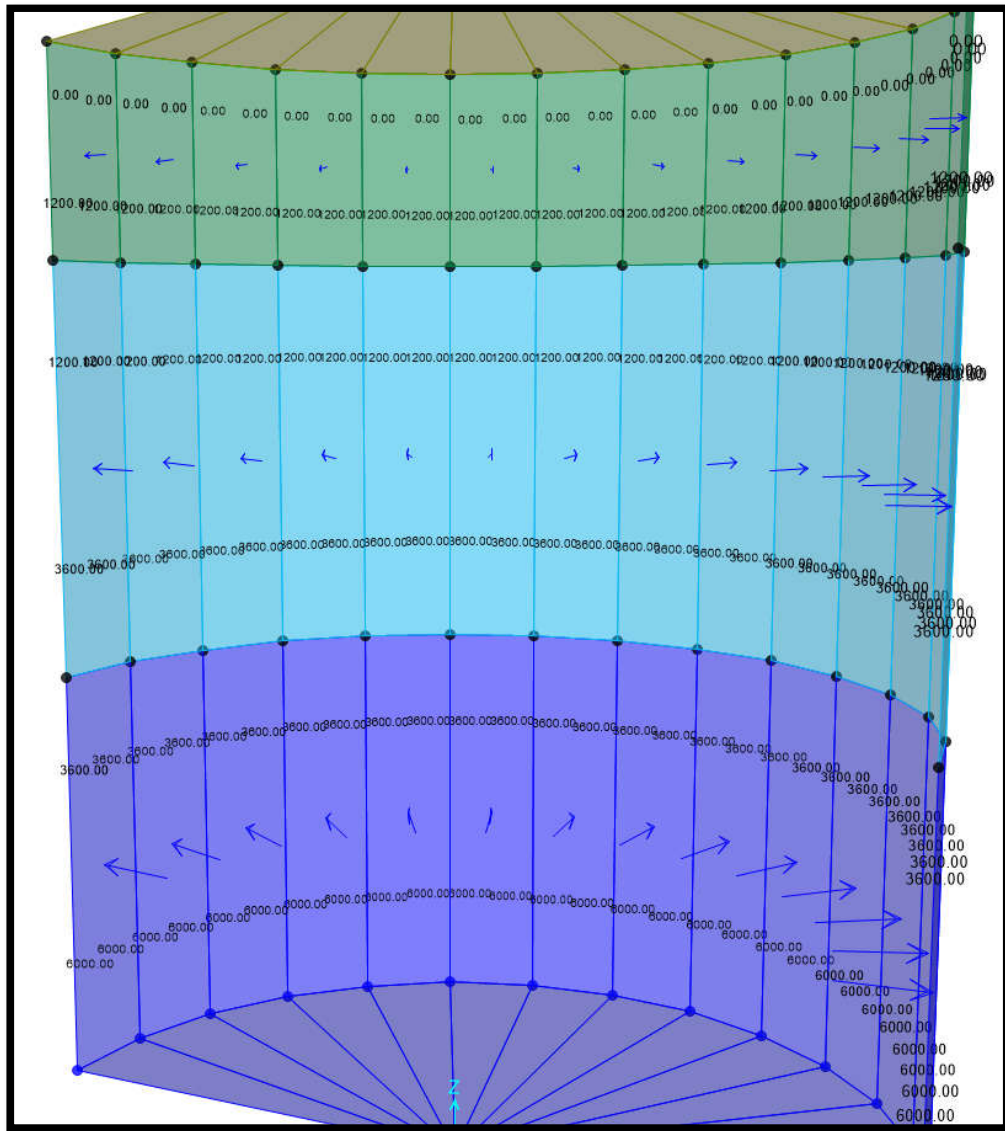


Figura 41. Asignación de carga Hidráulica

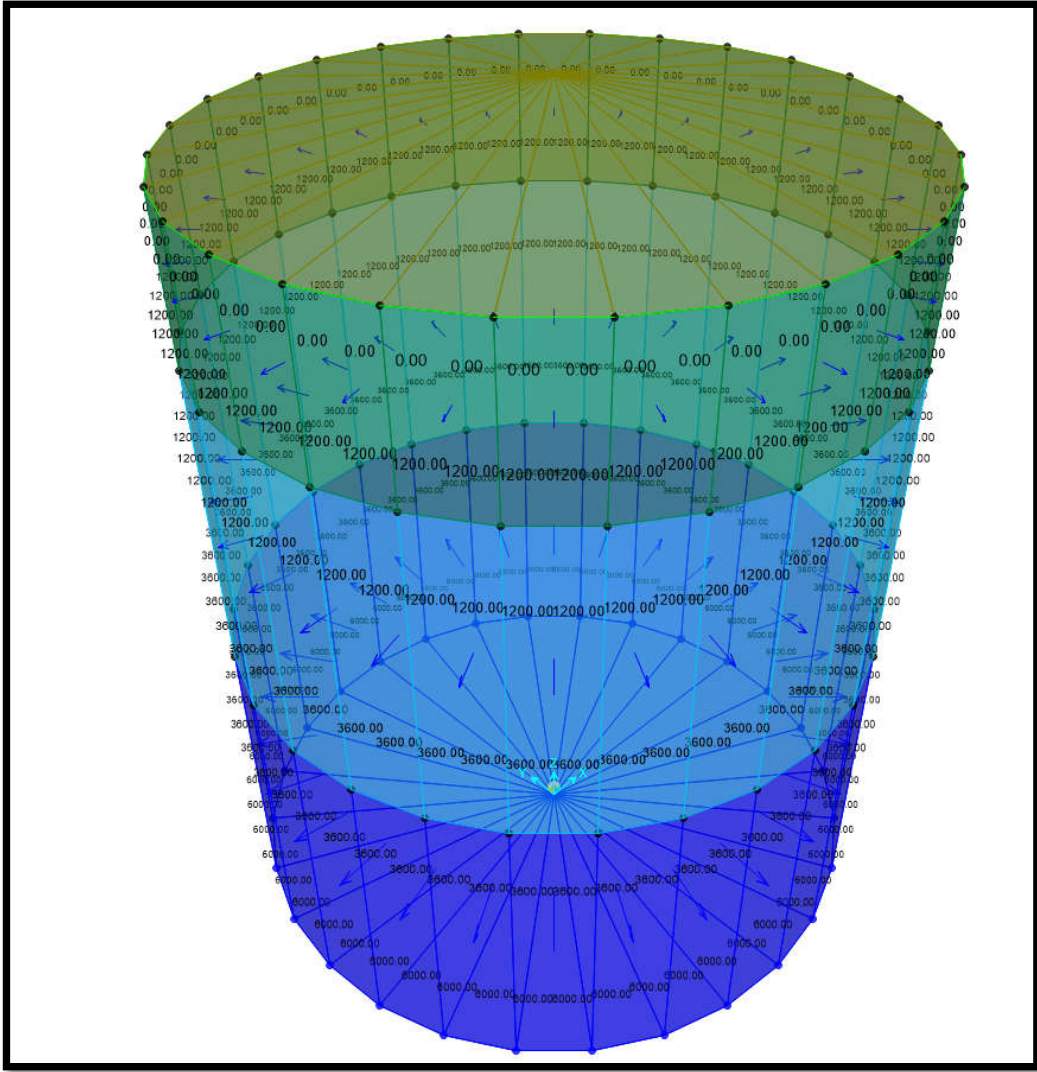


Figura 42. Asignación de carga hidráulica – isométrico

5.2.3.2. Carga viento.

Velocidad del viento 100 km/h = 63.12 mph.

Figura 43. Asignación de carga viento

5.2.3.3. Carga sismo

Figura 44. Asignación de carga sismo

5.2.3.4. Carga sobre el techo

Se aplica la presión obtenida en las combinaciones de cargas: API 650 5.2.2, siendo 196.5 kg/m^2 la más crítica.

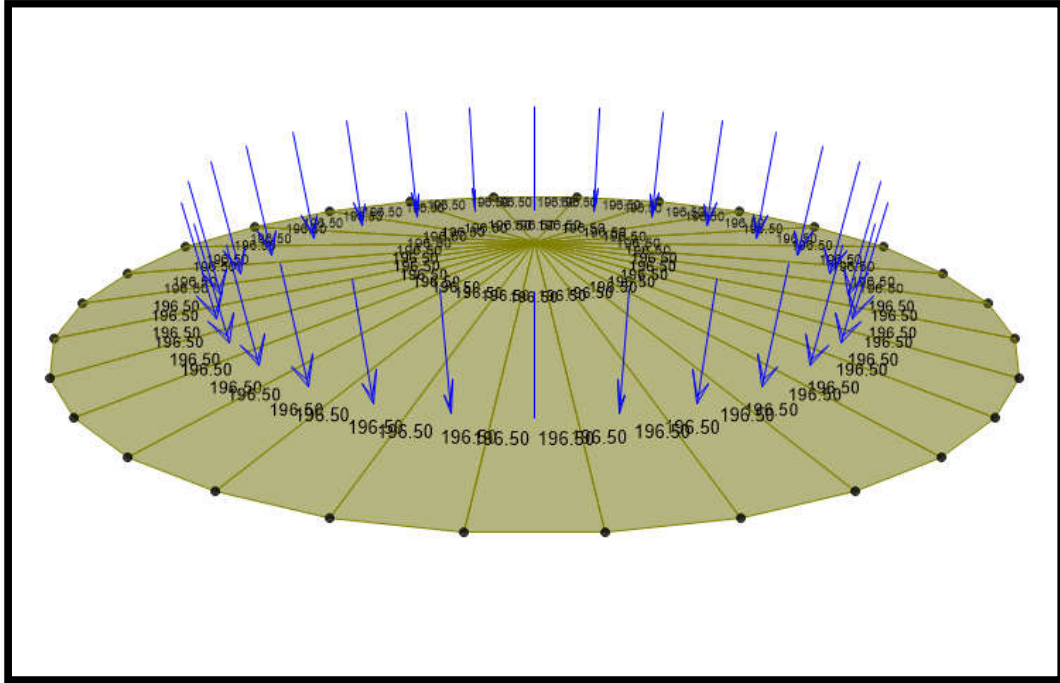


Figura 45. Asignación de carga viva en techo auto soportado – isométrico

5.2.4. Análisis en SAP2000

5.2.4.1. Carga hidráulica

La presión de agua es directamente a las paredes de acuerdo a la profundidad del tanque en forma triangular la máxima presión es de $6000 \text{ kg/m}^2 = 6 \text{ mca}$.

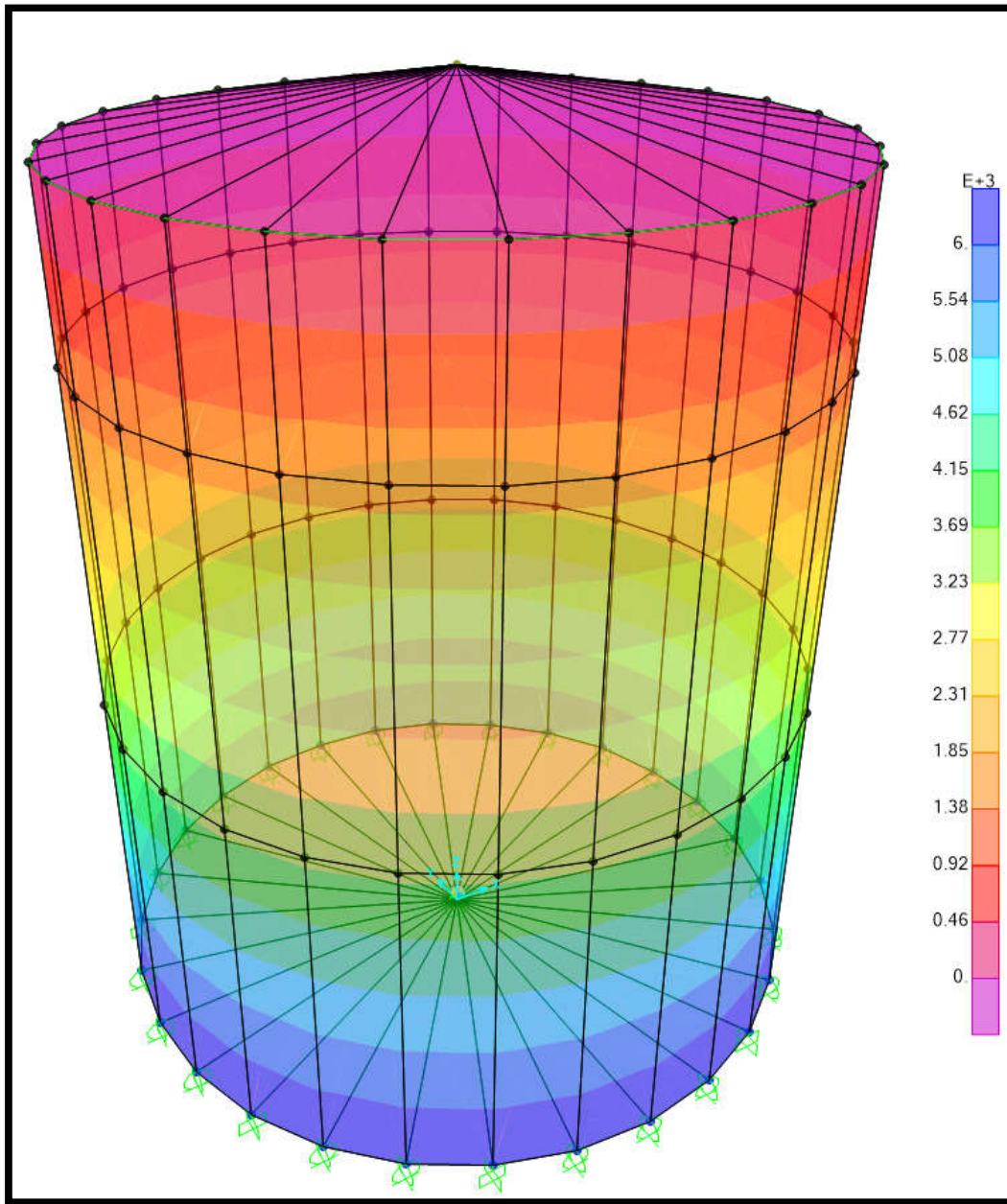


Figura 46. Esquematzación de la carga hidráulica en el casco

Las condiciones de sismo en Combinación COMB2 es la más crítica, ya que llega a un esfuerzo máximo de 5.2 Ksi y el material a usar es ASTM A-36 de 36 Ksi. Por tal el tanque trabaja en forma adecuada.

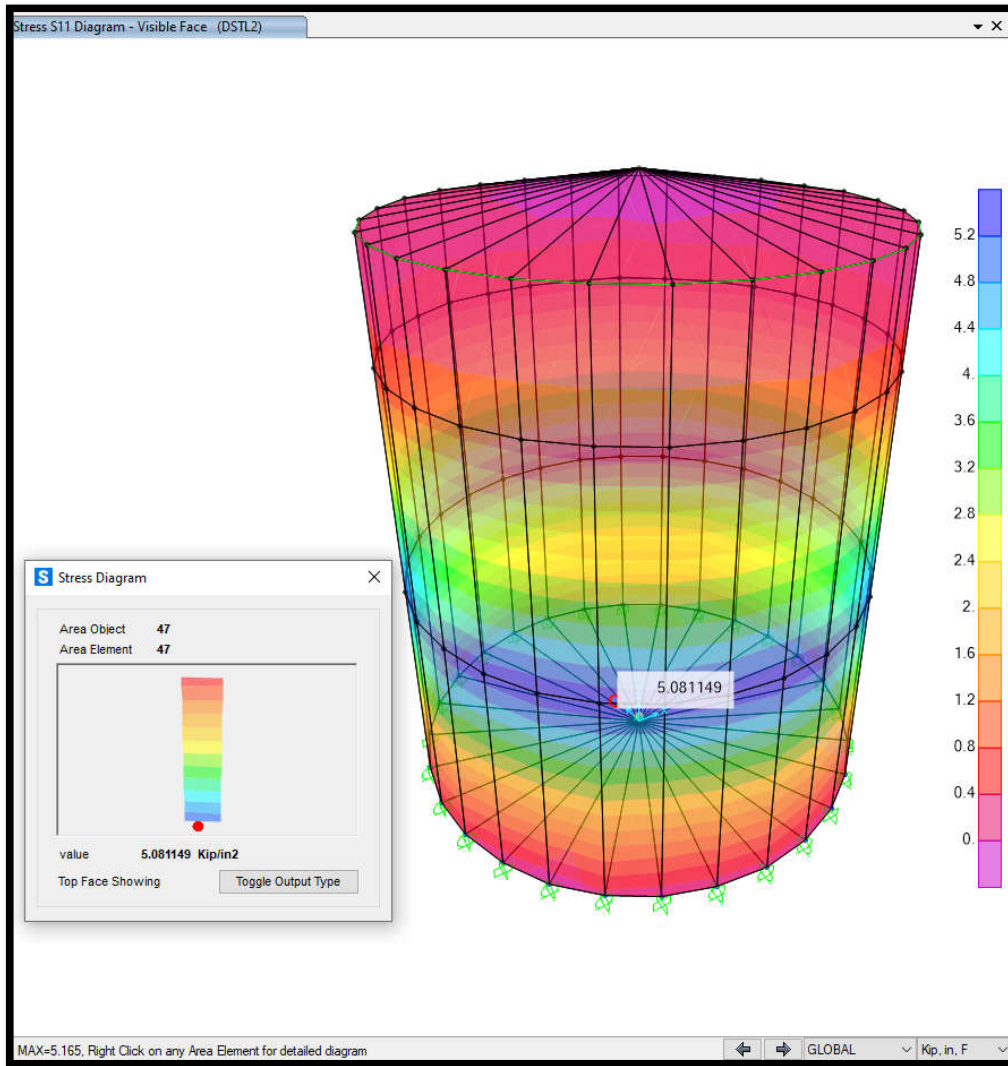


Figura 47. Resultados del máximo esfuerzo del casco – isométrico

5.2.4.2. Deformación

La deformación producida por la carga viva del techo es de 0.26 mm.

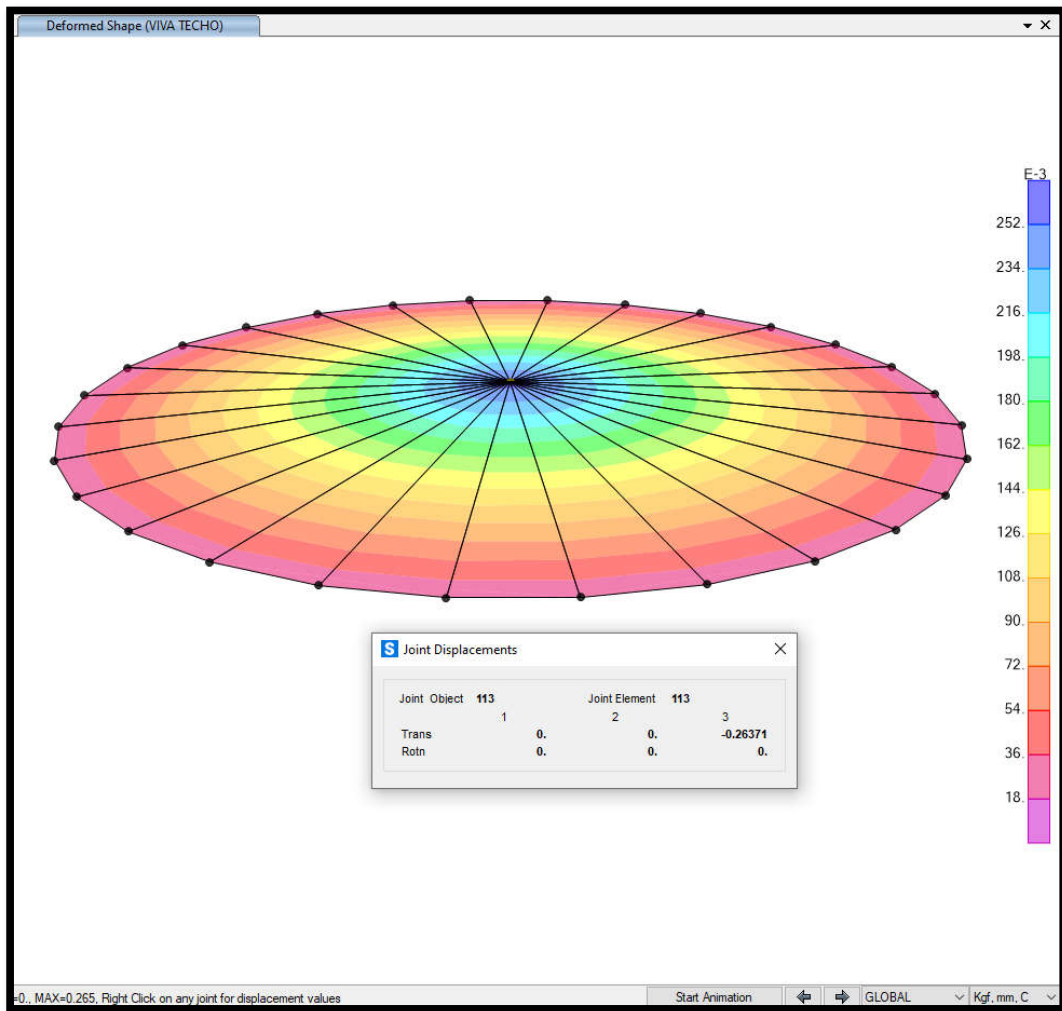
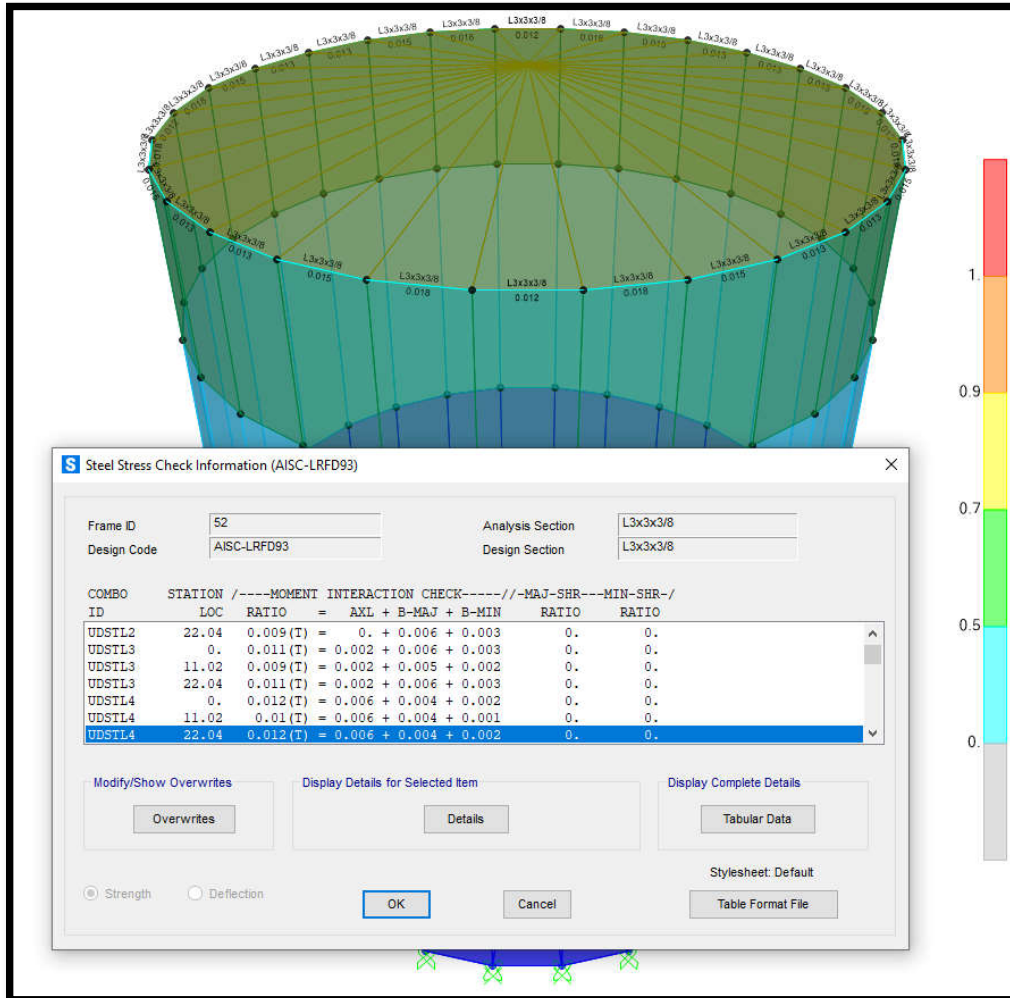


Figura 48. Deformación de techo auto soportado- isométrico

5.2.4.3. Ratios de perfil



Fuente: SAP2000. Elaboración propia

5.3. Presupuesto de diseño y fabricación de tanque

Tabla 10. Presupuesto de diseño y fabricación de tanque

PRESUPUESTO											
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID	{1} CANT QTY	TOTAL, HORAS HOMBRE [HH]	COMPOSICIÓN DEL PRECIO UNITARIO UNIT PRICE COMPOSITION					{6=2+3+4+5} PRECIO UNITARIO [US\$]	{7=1x6} SUBTOTAL [USD\$]
					{2} MANO DE OBRA LABOR [USD\$]	{3} EQUIPOS CONSTRUCCIÓN [USD\$]	{4} MATERIALES [USD\$]	{5} SUBCONTRATOS [US\$]			
1.00	INGENIERÍA - DISEÑO									SUBTOTAL:	5899.93
1.01	Memorias de cálculo	GL	1.0	86.8	1128.00	135.60	558.33			1821.93	1821.93
1.02	Planos de diseño para aprobación	GL	1.0	66.5	864.00	89.00	625.00			1578.00	1578.00
1.03	Planos de fabricación	GL	1.0	39.4	512.00	113.00	625.00			1250.00	1250.00
1.04	Planos de montaje	GL	1.0	39.4	512.00	113.00	625.00			1250.00	1250.00
2.00	SUMINISTRO DE MATERIALES Y FABRICACIÓN DE TANQUES									SUBTOTAL:	137821.25
2.01	Manto	kg	5,313.3	15.93	0.019	0.052	1.02			1.09	5796.81
2.02	Fondo	kg	1,441.2	4.32	0.019	0.052	1.02			1.09	1572.35
2.03	Techo	kg	1,868.1	5.60	0.019	0.052	1.038			1.11	2071.72
2.04	Boquillas y manholes	kg	1,442.9	7.21	0.032	0.087	2.61			2.73	3937.67
2.05	Escalera, plataformas y barandas	kg	1,020.0	5.10	0.032	0.087	1.6836			1.80	1838.65
2.06	Elementos estructurales (anclajes, orejas, clips, etc.)	kg	823.9	4.12	0.032	0.087	2.148			2.27	1867.78
2.07	Clips para soportes	kg	150.0	0.75	0.032	0.087	5.976			6.10	914.25
2.08	Prefabricación en taller	kg	12,059.4	1,021.10	0.550	0.330	0.2032			1.08	13062.74
2.09	Preparación superficial y primer	m2	587.9	261.72	2.894	1.241	14.5938			18.73	11010.66
2.10	Embalado, estibado y transporte a terreno	GL	1.0	92.36	600.368	6641.291	447.4000			7689.06	7689.06
2.11	Armado en terreno	kg	12,059.4	1,058.11	0.702	1.036	0.1964			1.93	23327.70
2.12	Touch-up y pintura de terminación	m2	587.9	450.14	6.126	7.179	48.8266			62.13	36527.17
2.13	Pruebas radiográficas por tanque	GL	1.0	181.59	1452.683	1800.634	9.4000	1600		4862.72	4862.72
2.14	Exámenes líquidos penetrantes por tanque	GL	1.0	181.59	1452.683	468.634	2150.0000			4071.32	4071.32
2.15	Inspección ultrasónica de las planchas de acero por tanque	GL	1.0	151.32	1210.569	850.528	22.5600	600		2683.66	2683.66
2.16	Inspección con partículas magnéticas por tanque	GL	1.0	121.06	968.456	680.423	18.8000	480		2147.68	2147.68
2.17	Pruebas de adherencia pintura por tanque	GL	1.0	151.32	1210.569	860.528	37.6000			2108.70	2108.70
2.18	Pruebas de vacío en techo, manto y fondo por tanque	GL	1.0	151.32	1210.569	949.278	20.0000			2179.85	2179.85
2.19	Pruebas hidrostáticas y de estanqueidad por tanque	GL	1.0	112.50	900.000	3542.000	692.3077			5134.31	5134.31
2.20	Término tanque y entrega	GL	1.0	302.64	2421.139	121.057	1500.0000			4042.20	4042.20
2.21	Suministro y montaje de mortero de nivelación (grout)	m3	0.20	9.62	192.438	53.258	4625.6061			4871.30	974.26

CONCLUSIONES

1. Se logró diseñar el tanque vertical de agua recuperada bajo los criterios de diseño de la norma API-650 con una capacidad máxima de 118 m³ y capacidad nominal de 106 m³ para la mina Anglo American Quellaveco.
2. Se logró diseñar el tanque bajo los criterios de diseño de la norma API-650, realizando los cálculos de techo, casco, fondo y la estabilidad el tanque sometidas a cargas de viento y sismo, cumpliendo los requerimientos mínimos dado por la norma.
3. Se logró calcular los espesores de las planchas del casco según lo visto en el punto 5.1.2.1, en el cual la norma API-650 indica como límite de fluencia máxima para planchas A-36 del casco debe ser 160 MPa con un factor de seguridad mínimo de 1.56, además realizando la verificación con el software SAP2000 para una presión hidráulica máxima sobre las paredes de 5.08 Ksi que da un factor de seguridad de 7. Se logró calcular los espesores de las planchas de techo y fondo como se detallan en los puntos 5.1.2.2 y 5.1.2.3 según los criterios de diseño de la norma API-650, también se verificó con el software SAP 2000 la deformación del techo del tanque producida por la carga viva de 196.5 kg/m² es de 0.01 mm, lo que indica que el techo del tanque es auto soportable.
4. Se logró determinar estabilidad del tanque donde se calculó las cargas de viento y de sismo para verificar la estabilidad, de esta forma se llega a la conclusión que el tanque necesita sujeción mecánica.

RECOMENDACIONES

1. A pesar de cumplir con los criterios de diseño de la norma API-650, se sugiere realizar una revisión exhaustiva de los factores de seguridad y realizar pruebas adicionales para garantizar que el tanque pueda soportar condiciones extremas y situaciones imprevistas, minimizando así los riesgos potenciales asociados con su operación.
2. Se recomienda considerar la posibilidad de implementar medidas adicionales de seguridad y refuerzo estructural como la instalación de refuerzos en el techo del tanque o la aplicación de sistemas de anclaje adicionales, para mejorar la estabilidad y resistencia del tanque ante cargas de viento y sismo.
3. Dado que el tanque necesita sujeción mecánica según la determinación de su estabilidad, se recomienda establecer un programa de monitoreo continuo para evaluar la efectividad de las medidas de sujeción implementadas y detectar cualquier señal de debilitamiento o deterioro en la estructura del tanque. Esto ayudará a prevenir posibles fallas y garantizar la seguridad a largo plazo de la instalación.
4. Con base en la necesidad de sujeción mecánica determinada para el tanque, se recomienda realizar un análisis detallado de las opciones disponibles y seleccionar el método más adecuado y efectivo para asegurar la estabilidad del tanque. Esto puede incluir la instalación de sistemas de anclaje adicionales o el refuerzo de la base del tanque para evitar desplazamientos o vuelcos en caso de condiciones adversas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

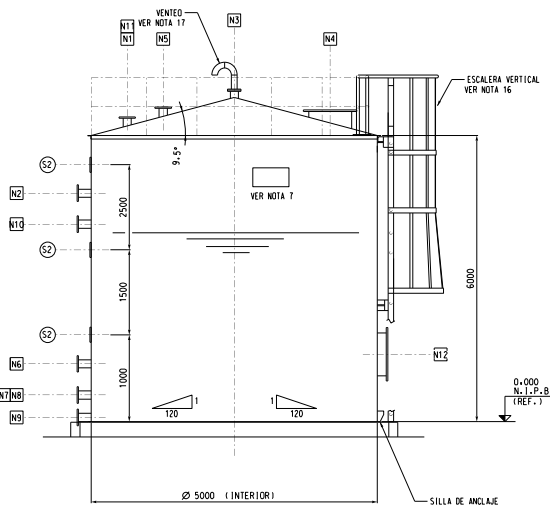
1. ANGLO AMERICAN. Proyecto: Así se construye Quellaveco. 2020 [fecha consulta 05 de mayo de 2021] Disponible en: <https://peru.angloamerican.com/es-es/quellaveco/el-proyecto>
2. CABEZAS, R. y NÚÑEZ W. Diseño y simulación de un tanque de techo fijo para almacenar petróleo de 3.000 bls de capacidad en la plataforma del pozo sacha 192, ubicada en la provincia de Orellana. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Quito: Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, 2011, 267pp. Disponible en: <https://es.slideshare.net/jrodriguezj2006/ups-kt00056-1>.
3. SALDAÑA, Y. Diseño de tanques de agua con capacidad hasta 1200 m³ con techo cónico bajo norma API 650 con Excel y SolidWorks. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Trujillo: Universidad de Cesar Vallejo, 2020, 88pp. [fecha de consulta: 30 de marzo de 2021] Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45389?locale-attribute=es>.
4. GONZA, V. diseño y cálculo de un tanque para almacenamiento de petróleo para 3000BBLS. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico) Riobamba-Ecuador: Escuela superior politécnica de Chimborazo, 2014 [fecha de consulta: 10 de abril de 2022] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3711>.
5. API. Welded Tanks for Oil Storage. API STANDARD 650: 2018. Washington, 2013. Pp511.
6. LEÓN, J. Diseño y Cálculo de Tanques de Almacenamiento [en línea] México: Ingeniería León 2011[Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2021] Disponible en: <https://www.inglesa.com.mx/>.
7. J2MECH Ingeniería y diseño. Webinar Diseño de tanques [en línea]. Julio, 2020,16 [fecha de consulta: 20 Julio de 2021] Disponible en: <http://www.j2mech.com/wp-content/uploads/2019/10/Webinar-Dise%C3%B1o-de-tanques-API-650-3.pdf>.

8. DARWIN, R. Protección contra descargas atmosféricas para tanques de almacenamiento de hidrocarburos [en línea]. Septiembre, 2021 [fecha de consulta: 20 Julio de 2021] Disponible en: <https://estrucplan.com.ar/proteccion-contra-descargas-atmosfericas-para-tanques-de-almacenamiento-de-hidrocarburos/>.
9. SOFTWARE SHOP. SAP2000. 2022 [Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022] Disponible en: <https://www.software-shop.com/producto/sap2000>.
10. BARRIGA, B. Métodos de diseño en ingeniería mecánica Introducción. [En línea] agosto de 2016 [fecha de consulta: 02 de abril de 2021] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/359452509/Metodos-de-Diseno-en-Ing-Mecanica-INTRODUCCION-Benjamin-Barriga-PUCP>.
11. BARRIGA, B. Métodos de diseño en ingeniería mecánica Comprensión de la solicitud. [En línea] agosto de 2013 [fecha de consulta: 10 de abril de 2022] Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/course/pontificia-universidad-catolica-del-peru/metodologia-del-diseno-mecanico/4516943?origin=search-results>.
12. FABIAN, J y PACCORI, R. Diseño y Fabricación de una maquina eviceradora de truchas para mejorar la producción de provincia de Huancayo. Tesis (Título profesional de Ingeniero Mecánico). Huancayo: Universidad Continental, 2020. 267 pp. [Fecha de consulta: 09 de noviembre del 2022] Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8185?mode=full>
13. BARRIGA, B. Métodos de diseño en ingeniería mecánica Estructura de Funciones. [En línea] agosto de 2013 [fecha de consulta: 10 de abril de 2022] Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/course/pontificia-universidad-catolica-del-peru/metodologia-del-diseno-mecanico/4516943?origin=search-results>.

14. BARRIGA, B. Métodos de diseño en ingeniería mecánica Concepto de solución. [En línea] agosto de 2013 [fecha de consulta: 10 de abril de 2022] Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/course/pontificia-universidad-catolica-del-peru/metodologia-del-diseno-mecanico/4516943?origin=search-results>.
15. BARRIGA, B. Métodos de diseño en ingeniería mecánica Proyecto Preliminar. [En línea] Setiembre de 2014 [fecha de consulta: 10 de abril de 2022] Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/course/pontificia-universidad-catolica-del-peru/metodologia-del-diseno-mecanico/4516943?origin=search-results>.
16. BARRIGA, B. Métodos de diseño en ingeniería mecánica Proyecto Definitivo. [En línea] octubre de 2012 [fecha de consulta: 10 de abril de 2022] Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/course/pontificia-universidad-catolica-del-peru/metodologia-del-diseno-mecanico/4516943?origin=search-results>.
17. BARRIGA, B. Métodos de diseño en ingeniería mecánica Elaboración de Detalles . [En línea] octubre de 2013 [fecha de consulta: 10 de abril de 2022] Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/course/pontificia-universidad-catolica-del-peru/metodologia-del-diseno-mecanico/4516943?origin=search-results>.
18. ALCALDE, C. Mecánica de Fluidos Estática de Fluidos. [En línea] México: Universidad Autónoma del estado de México 2017. [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2022.] Disponible en:http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/70529/secme-16862_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

ANEXOS

Anexo 1
Data Sheet



ELEVACION

DATOS GENERALES

NORMA (DISEÑO Y CONSTRUCCION) API 650 ANNEX. J
 PRESION MAX. DE OPERACION ATM. TEMP. AMB. (-6.1°C - +21.7°C)
 PRESION DE PRUEBA HIDROSTATICA
 VOLUMEN NOMINAL 106 m³ GR. ESPEC. 1.0
 CAPACIDAD MAXIMA 118 m³
 PRODUCTO AGUA RECUPERADA MNA CONCENTRACION N/A
 TIPO DE TECHO CONICO
 TIPO DE FONDO CONICO
 MATERIAL TANQUE ASTM A36 SOBRE ESPESOR CORROSION 1.6 mm. (NOTA 14)
 BRIDAS ANSI 150# RF ASTM A105 S.D. COPLAS NO
 TUBERIA BOQUILLAS ASTM A53 Gr. B SCHEDULE XS
 CALEFACTOR NO
 AGITADOR NO
 ESCALERA DE ACCESO SI TIPO VERTICAL
 BARRANDA EN TECHO SI
 LUGAR INSTALACION INTERMEDI (ELEV. 2504.0 msnm)
 PINTURA: EXTERIOR M011-02-TE-0000-GA001 ESQUEMA P2-A. NOTA 9
 INTERIOR M011-02-TE-0000-GA001 ESQUEMA P6-C. NOTA 9
 REVESTIMIENTO INTERNO NO ESPESOR N/A
 AISLAMIENTO INTERNO NO ESPESOR N/A
 CAMARA DE ESPUMA NO
 CLIPS SOPORTES TUBERIAS SI
 ZONA SISMICA 3 (M011-02-DC-0000-SC0001)

N13	1	4"	150#	N/A	RESERVA (TECHO)	200
N12	1	24"	N/A	ENTRADA HOMBRE	API 650	
N11	1	3"	150#	N/A	INSTRUMENTACION 2810-LT-311	200
N10	1	3"	150#	EL. 5.430	REBOSE	200
N9	1	3"	150#	-	DRENAJE	200
N8	1	8"	150#	EL. 0.350	SUCCION	250
N7	1	3"	150#	EL. 0.325	SUCCION	200
N6	1	4"	150#	EL. 2.00	RESERVA	200
N5	1	4"	150#	N/A	RETORNO	200
N4	1	24"	-	N/A	ENTRADA HOMBRE TECHO	API 650
N3	1	3"	150#	N/A	VENTEO	250
N2	1	3"	150#	EL. 5.530	ALIMENTACION	200
N1	1	1.1/2"	150#	N/A	RETORNO	150

8" →

TIPO DE CONEXIONES

ESPECIFICACION (N°S) M011-02-TE-0000-P0018
 ESPECIFICACION TECNICA TANQUES DE ACERO FABRICADOS EN TALLER

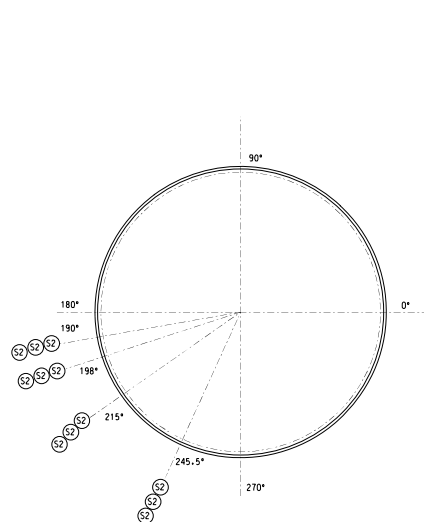
S2	12	INDICADA
MARCA	CANTIDAD	ELEVACION

TABLA RESUMEN CLIPS PARA SOPORTES DE TUBERIAS (VER NOTA 18)

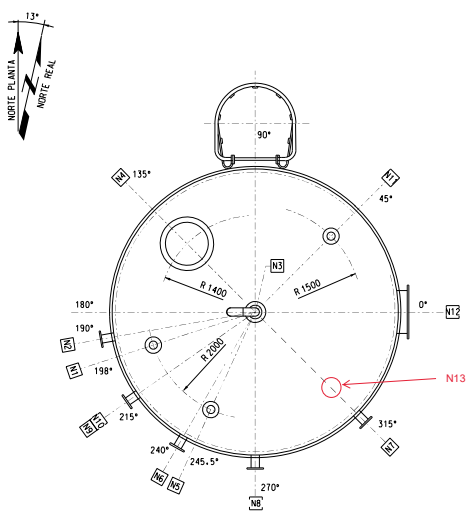
TANQUE FABRICADO EN TALLER

NOTAS GENERALES :

- DIMENSIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS A N.I.P.B., S.I.C.
- EL TANQUE DEBE SER CONSTRUIDO DE ACUERDO A DOCUMENTO M011-02-TE-0000-P0018, "ESPECIFICACION TECNICA TANQUES DE ACERO FABRICADOS EN TALLER".
- DISEÑO DE MANHOLE EN MANTO SERA ACORDE A LO ESTABLECIDO EN LA FIGURA 5-7o DE LA API 650, ESPESOR DE TAPA Y FLANGE ACORDE A TABLA 5-3o DE LA API 650, ESPESOR DE CUELLO ACORDE A TABLA 5-4o DEL API 650.
- DIMENSIONES DE BOQUILLAS Y SUS MANTOS DE REFUEZOS SEGUN TABLA 5-6o DEL API 650, ESPESOR DE BOQUILLA SEGUN TABLA 5-7o DEL API 650.
- LOS MANTOS DE REFUEZO TENDRAN AGUJERO TESTIGO 1/4" NPT. ESTE SERA UTILIZADO EN LA PRUEBA NEUMATICA DE LOS MISMOS MANTOS, PRESION DE PRUEBA 15 psf.
- TANQUE DEBE INCLUIR, AL MENOS, DOS CLIPS PARA CONEXION A TIERRA, ACORDE A M011-02-DR-0000-EE1101, LAMINA - N°24
- TANQUE DEBE INCLUIR PLACA DE DATOS, ACORDE A SECCION 10 "MARKING" DEL API 650.
- FABRICACION, CONSTRUCCION Y PRUEBAS SERAN ACORDE A LO INDICADO EN J.4 DEL API 650.
- EL ESQUEMA DE PINTURA SERA ACORDE A LO ESPECIFICADO EN DOCUMENTO M011-02-TE-0000-GA001 "ESPECIFICACION TECNICA DE PINTURAS" Y M011-02-TE-0000-P0018 "ESPECIFICACION TECNICA TANQUES DE ACERO FABRICADOS EN TALLER".
- SE DEBE INCLUIR BRIDA CIEGA, ESPARRAGOS, TUERCAS Y EMPAQUETADURAS PARA LAS BOQUILLAS CUYO SERVICIO SEA: INSTRUMENTOS, DE RESERVA, LIBRE, O MANHOLE.
- ESTE PLANO CORRESPONDE A UNA HOJA DE DATOS, POR LO TANTO, DIMENSIONES Y VISTAS SON ESQUEMATICAS, EL PROVEEDOR DEL TANQUE DEBERA VALIDAR SU DISEÑO DE ACUERDO A REQUERIMIENTOS DE ESPECIFICACIONES Y NORMAS QUE FORMAN PARTE DE LA REQUISICION.
- EL FABRICANTE DEBE DISEÑAR Y SUMINISTRAR SILLAS DE ANCLAJE.
- EL FABRICANTE DEBE CALCULAR, DISEÑAR Y SUMINISTRAR ASAS DE LEVANTE.
- CONSIDERAR SOBRESPEESOR DE CORROSION EN MANTO Y FONDO DE TANQUE.
- CONDICIONES DE SITIO VER ESPECIFICACION M011-02-TE-0000-ME001.
- EL FABRICANTE DEBE SUMINISTRAR Y DISEÑAR, ESCALERA, BARRANDAS Y RODAPIE, SEGUN ESTANDAR FLUOR M011-02-DR-0000-SS3009.
- VENTEO Y DRENAJE (CON EVACUACION TOTAL) SUMINISTRADOS POR PROVEEDOR DEL TANQUE, CONFORME A ESTANDAR M011-02-DR-0000-P05019
- EL DISEÑO DEL TANQUE DEBERA INCLUIR CLIPS DE SOPORTACION PARA TUBERIAS, CON PLACA DE REFUEZO DE IGUAL ESPESOR Y MATERIAL QUE EL MANTO, CONFORME A ESTANDAR M011-02-DR-0000-P05019



PLANTA ORIENTACION CLIPS



DISPOSICION DE BOQUILLAS PLANTA

NOTA: ESTE PLANO ES VALIDO SOLO CON FIRMAS MANUSCRITAS EN LA ULTIMA REVISION

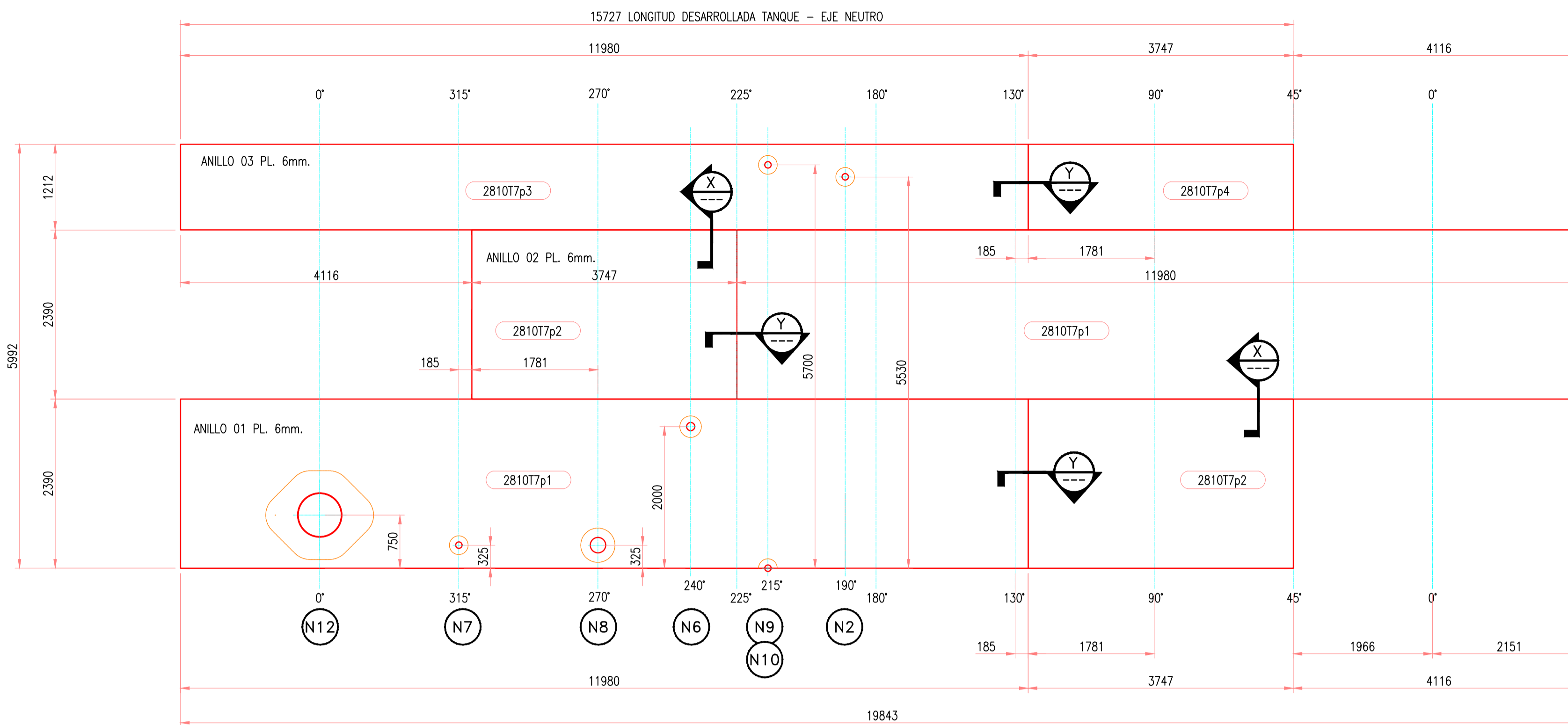
FECHA	DESCRIPCION	PROYECTISTA	ATE DE REVISION	GERENTE TECNICO	GERENTE AREA	CLIENTE	FECHA	DESCRIPCION	PROYECTISTA	ATE DE REVISION	GERENTE TECNICO	GERENTE AREA	CLIENTE	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA	NOTAS
15-MAR-20	ENTRERO PARA REVISION INTERNA															
	ENTRERO PARA COSTIZACION															

PROYECTO	FECHA	NUMERO
PROYECTO N°		

INGENIERIA DE DETALLES
 MINA QUELLAVECO
 TALLER DE CAMIONES
 PLANTA DE LAVADOS
 TANQUE 2810-TK-007
 DATA SHEET

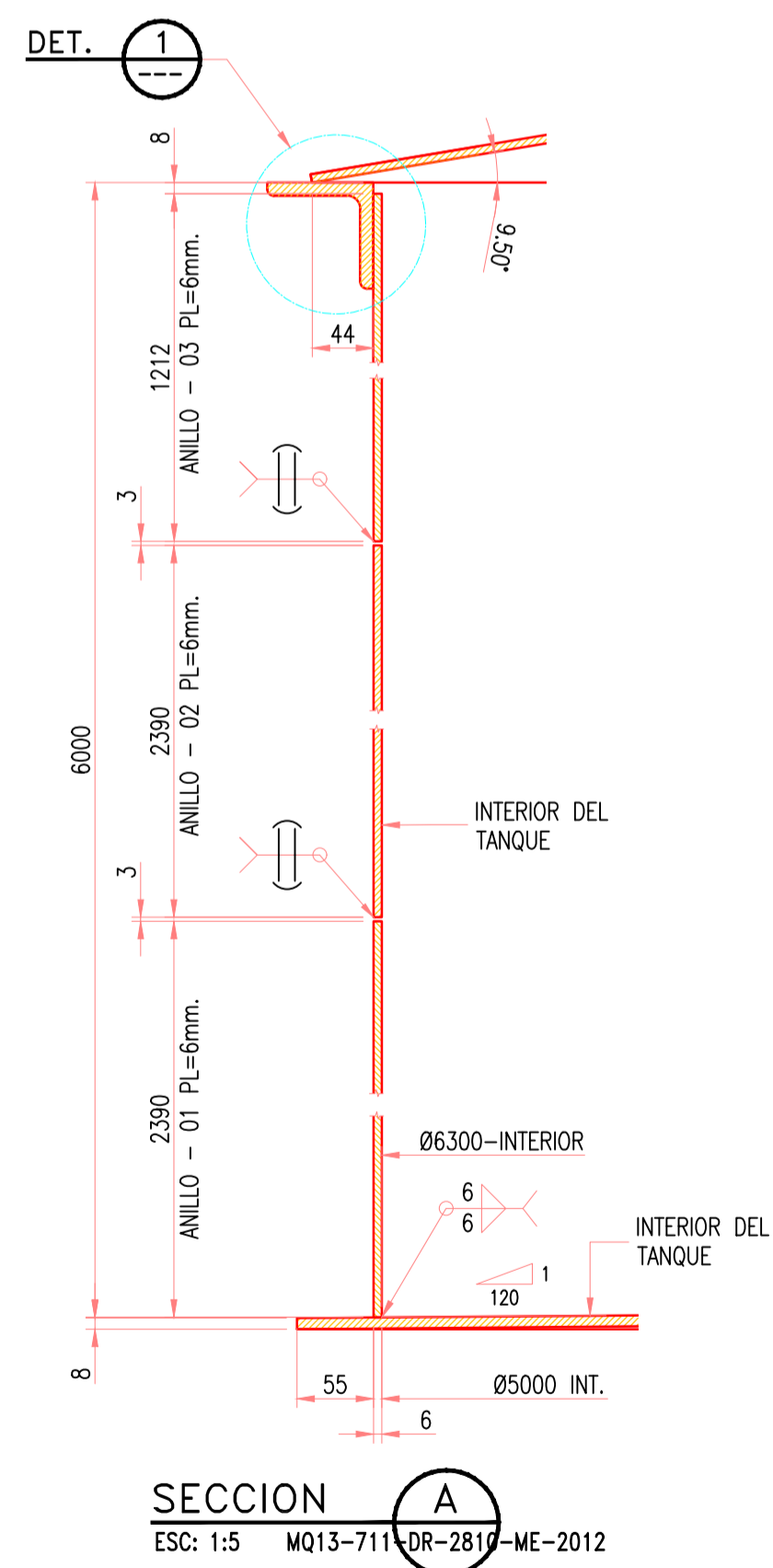
ESCALA S/ESC.
 NUMERO DE PLANO M013-02-DR-2800-PD3066
 REV. C

Anexo 2
Planos de Ingeniería

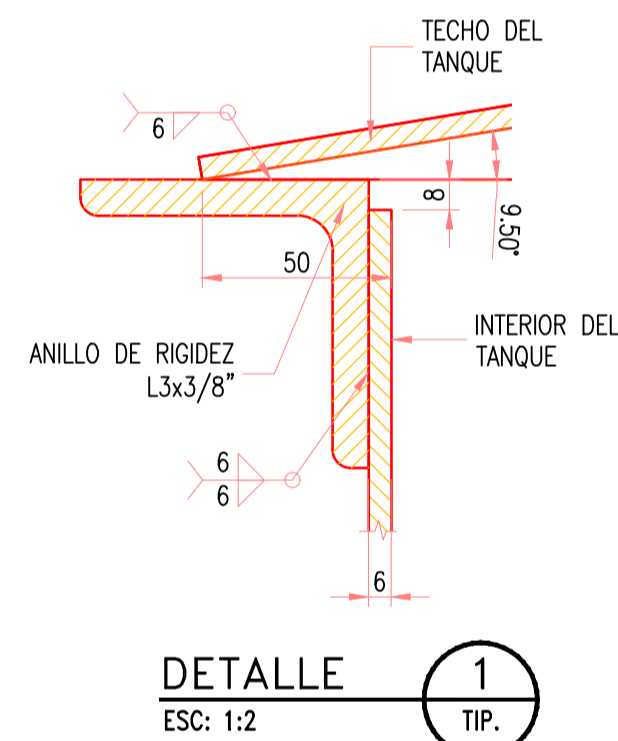


DISTRIBUCIÓN DE PLANCHAS DEL CASCO
DESARROLLO
Esc. 1:50

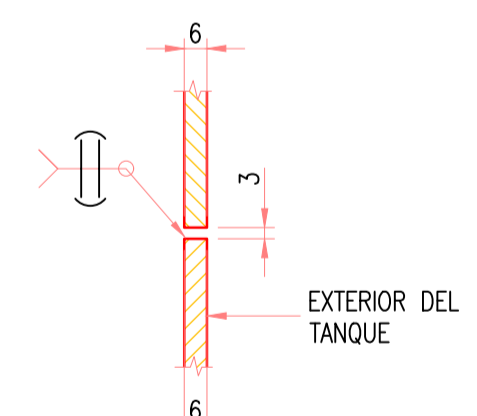
LISTA DE PLANCHAS - 01 UNIDAD								
ITEM	DESCRIPCIÓN	MARCA	LONG. mm	CANT.	PESO (Kg)		ÁREA (M ²)	
					UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
TANQUE AGUA RECUPERADA MINA - CASCO / 01 UNIDAD								
1	ANILLO 01 pl 6mm ASTM A36	2810T7p1	2390*11980	1	1348.58	1348.58	57.26	57.26
2	ANILLO 01 pl 6mm ASTM A36	2810T7p2	2390*3747	1	421.80	421.80	17.91	17.91
3	ANILLO 02 pl 6mm ASTM A36	2810T7p1	2390*11980	1	1348.58	1348.58	57.26	57.26
4	ANILLO 02 pl 6mm ASTM A36	2810T7p2	2390*3747	1	421.80	421.80	17.91	17.91
5	ANILLO 03 pl 6mm ASTM A36	2810T7p3	1212*11980	1	683.88	683.88	29.04	29.04
6	ANILLO 03 pl 6mm ASTM A36	2810T7p4	1212*3747	1	213.90	213.90	9.08	9.08
					4438.52		188.47	



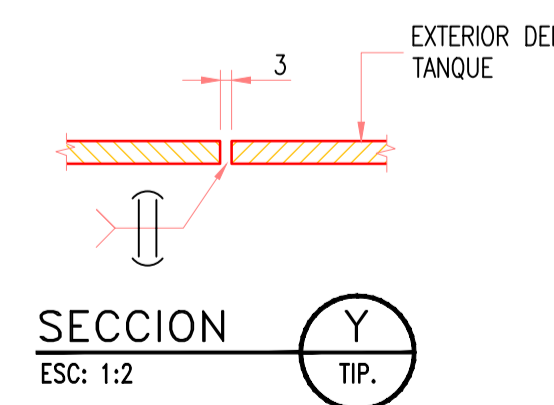
SECCION A
Esc. 1:5 M013-711-DR-2810-ME-2012



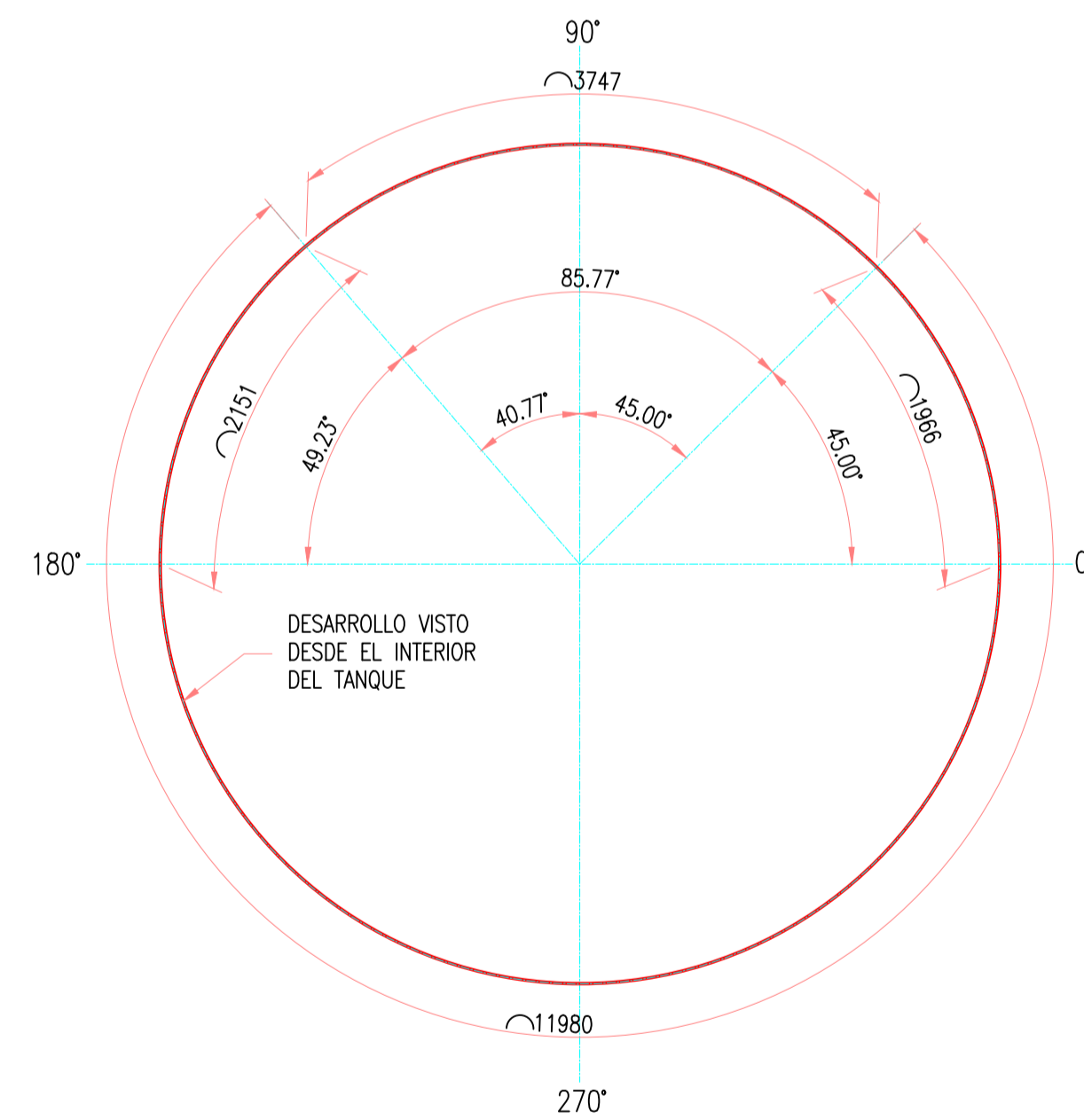
DETALLE 1
Esc. 1:2 TIP.



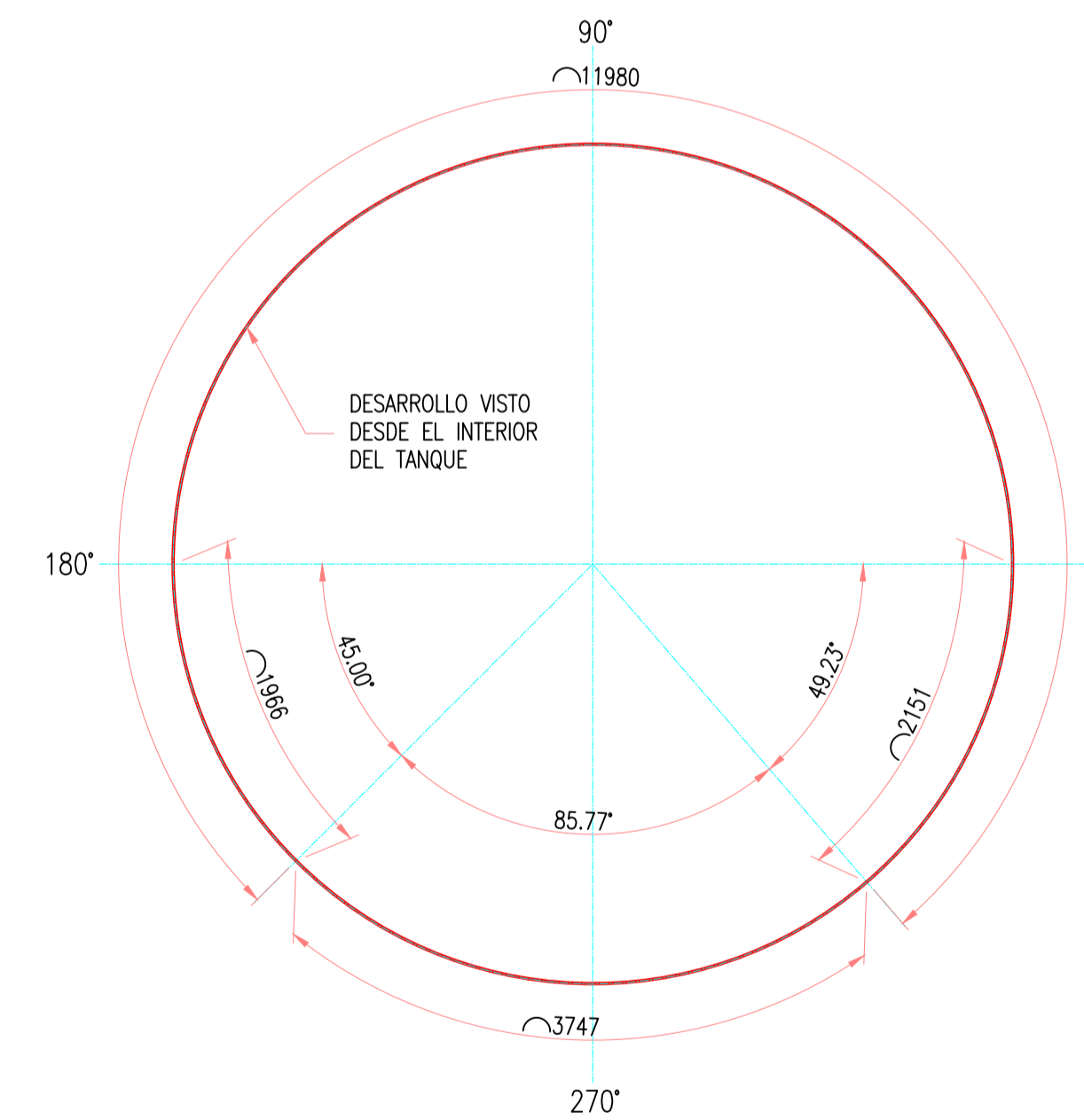
SECCION X
Esc. 1:2 TIP.



SECCION Y
Esc. 1:2 TIP.



UBICACION DE PLANCHAS - (1ER & 3ER ANILLO)
VISTA PLANTA
Esc. 1:50



UBICACION DE PLANCHAS - (2DO ANILLO)
VISTA PLANTA
Esc. 1:50

ESPECIFICACIONES TECNICAS

MATERIAL

- PLANCHAS ASTM-A36.

SOLDADURA

TODAS LAS CONEXIONES SOLDADAS DEBEN CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO:

- AWS D1.1 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS
- API 650 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE TANQUES.

NOTAS:

1. ACOTACIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
2. PLANCHAS COMERCIALES ASTM A36 EN FORMATO DE 2400mmx12000mm.

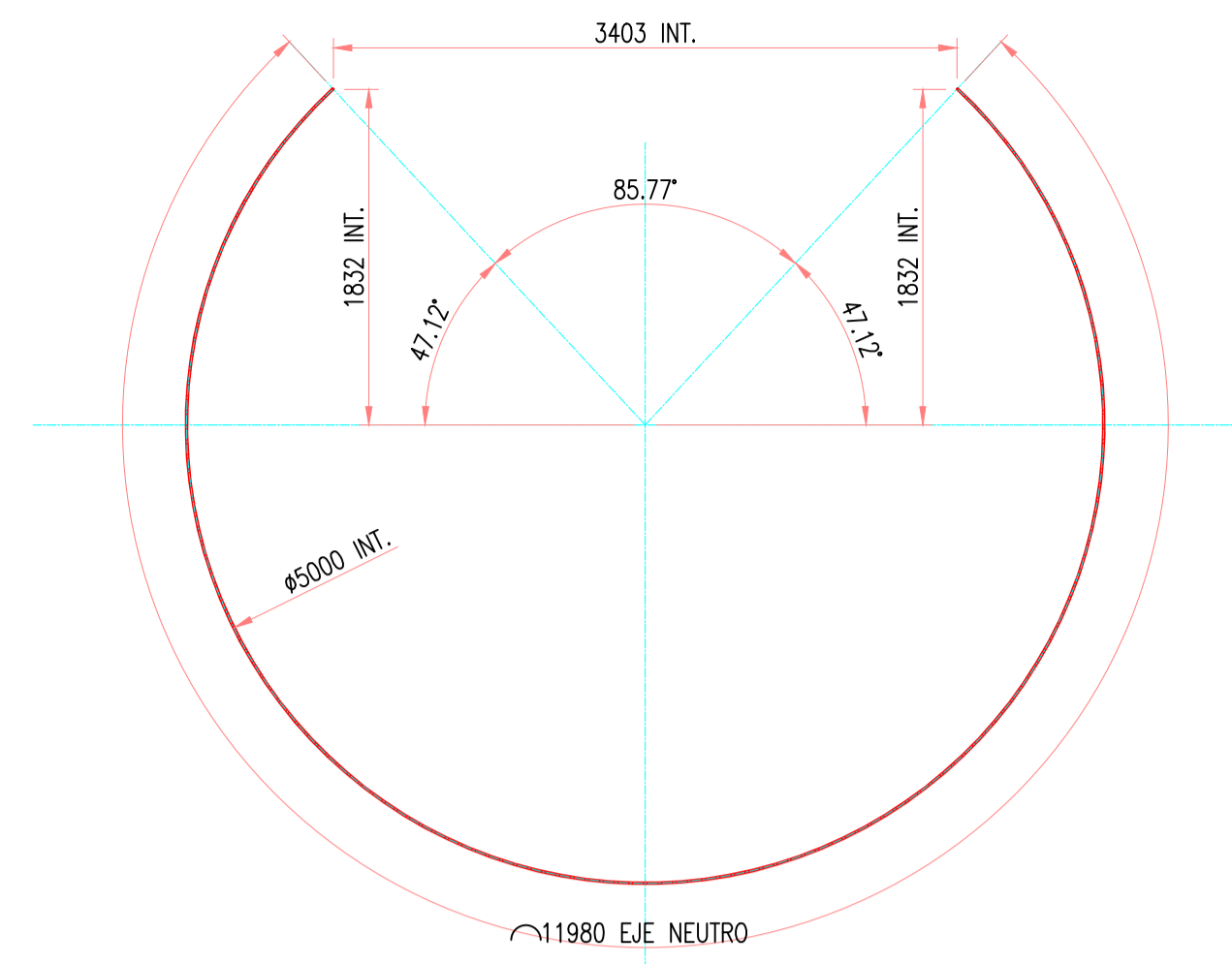
FECHA	DESCRIPCIÓN	PROYECTO	JEFE DE DISCIPLINA	GERENTE INGENIERIA	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA
10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN.	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		
10/11/22	EMITIDO PARA REVISION INTERNA.	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		

FECHA	NOMBRE
NOV. 2022	R. YAÑEZ
NOV. 2022	R. YAÑEZ
NOV. 2022	R. YAÑEZ
-	-
-	-
-	-

PROYECTO	QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
AREA PRINCIPAL	MINA QUELLAVECO
SUB AREA	TALLER DE CAMIONES
SECTOR DEL AREA	TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
CONTENIDO	TAG : 2810-TK-007 DESARROLLO DE CASCO
ESCALA S/ESC.	NUMERO DE PLANO
	RYV-TK-DR-CA-001
REV.	0

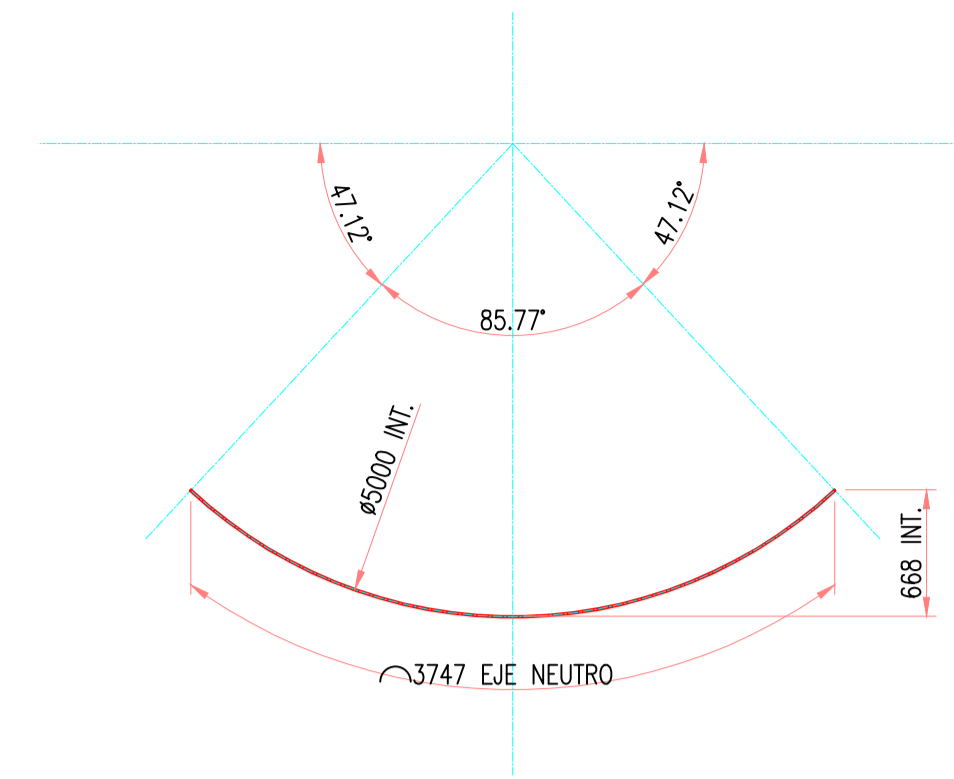
LISTA DE PLANCHAS - 01 UNIDAD

ITEM	DESCRIPCIÓN	MARCA	LONG. mm	CANT.	PESO (Kg)		ÁREA (M ²)	
					UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
TANQUE AGUA RECUPERADA MINA - CASCO / 01 UNIDAD								
1	ANILLO 01 pl 6mm ASTM A36	2810T7p1	2390*11980	1	1348.58	1348.58	57.26	57.26
2		2810T7p2	2390*3747	1	421.80	421.80	17.91	17.91
3	ANILLO 02 pl 6mm ASTM A36	2810T7p1	2390*11980	1	1348.58	1348.58	57.26	57.26
4		2810T7p2	2390*3747	1	421.80	421.80	17.91	17.91
5	ANILLO 03 pl 6mm ASTM A36	2810T7p3	1212*11980	1	683.88	683.88	29.04	29.04
6		2810T7p4	1212*3747	1	213.90	213.90	9.08	9.08
					4438.52		188.47	



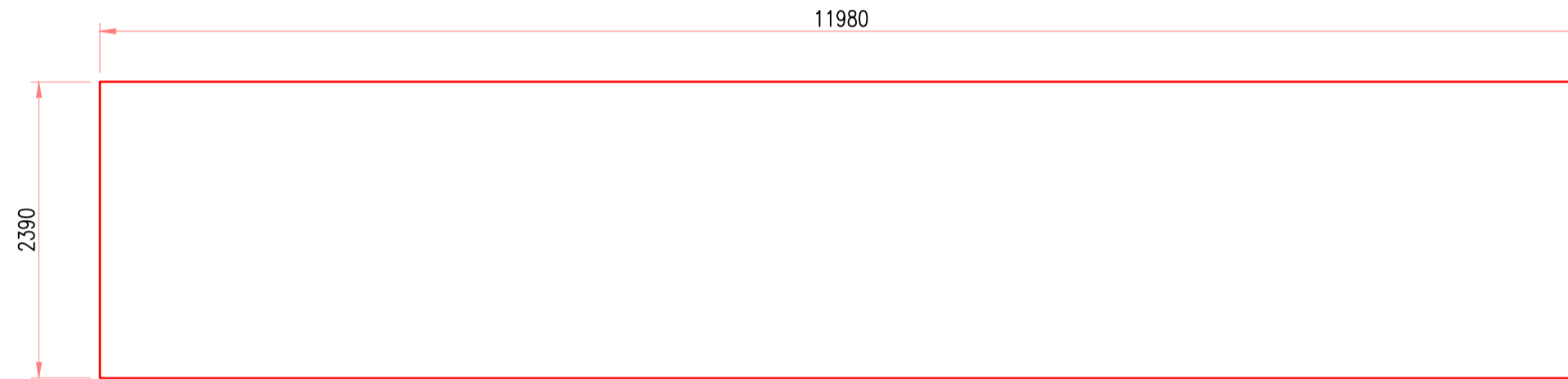
ELEMENTO - 2810T7p1

ESC. 1:40
CANT. 02 UNID.



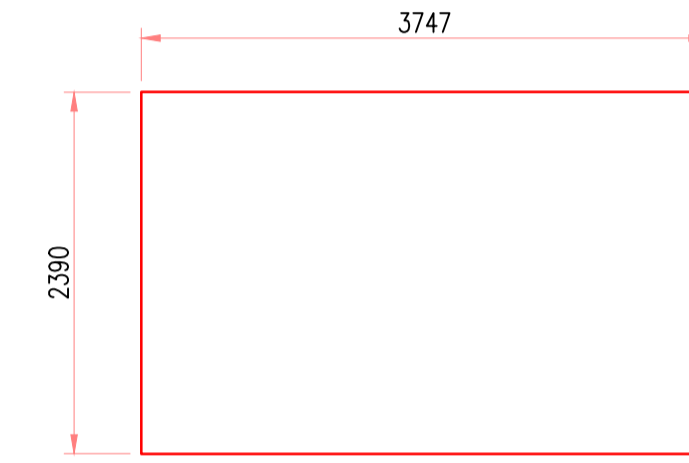
ELEMENTO - 2810T7p2

ESC. 1:40
CANT. 02 UNID.



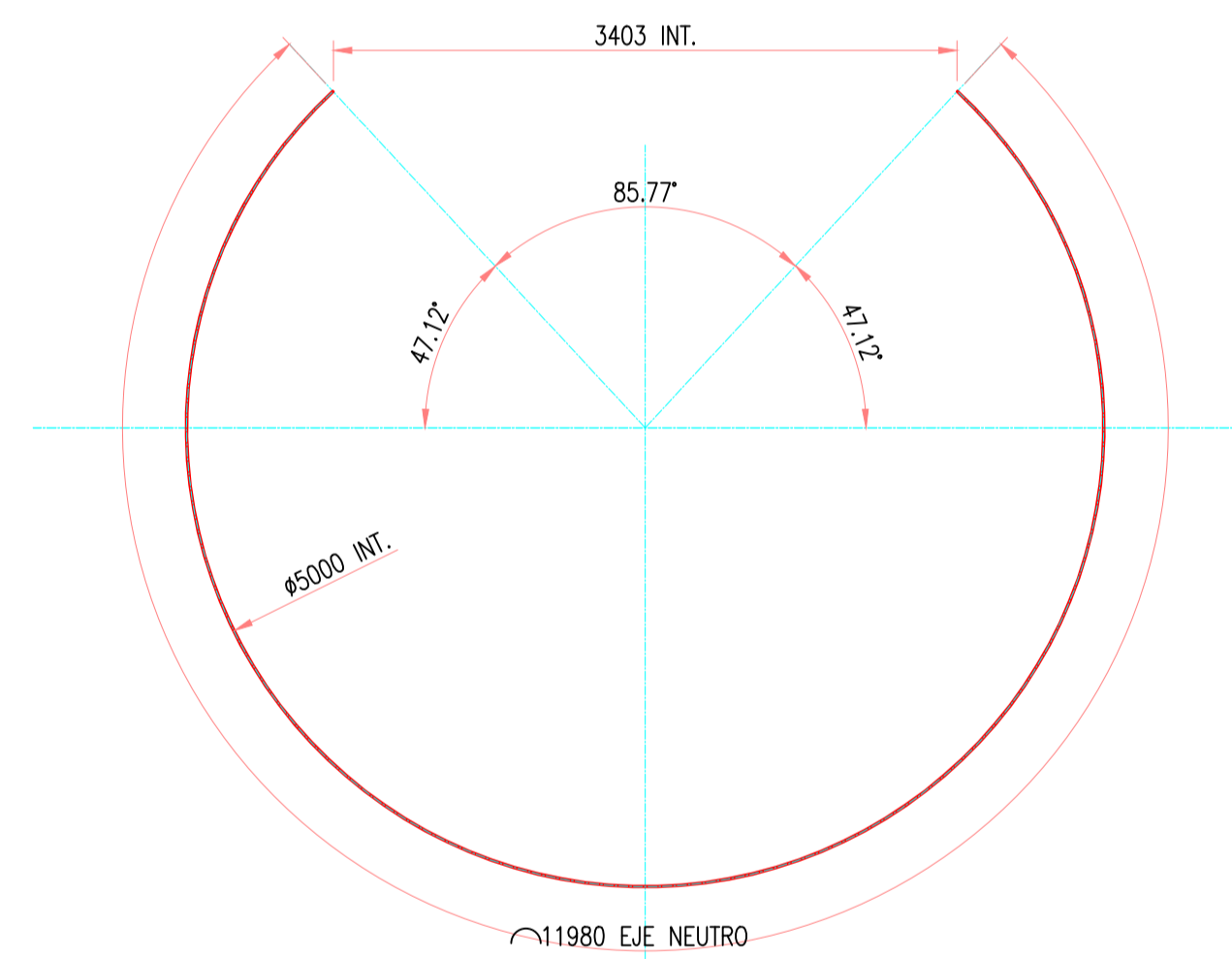
DESARROLLO - 2810T7p1

ESC. 1:40



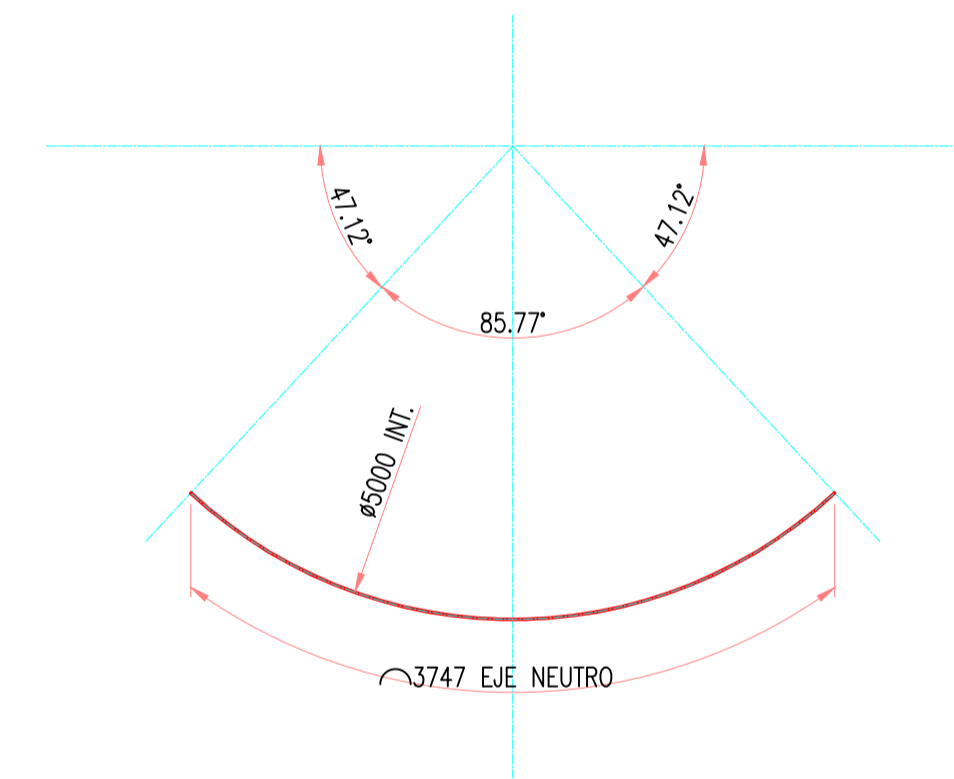
DESARROLLO - 2810T7p2

ESC. 1:40



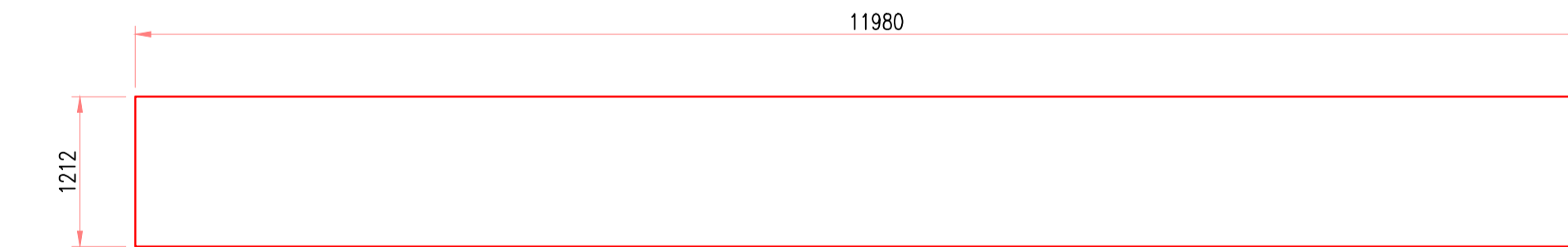
ELEMENTO - 2810T7p3

ESC. 1:40
CANT. 01 UNID.



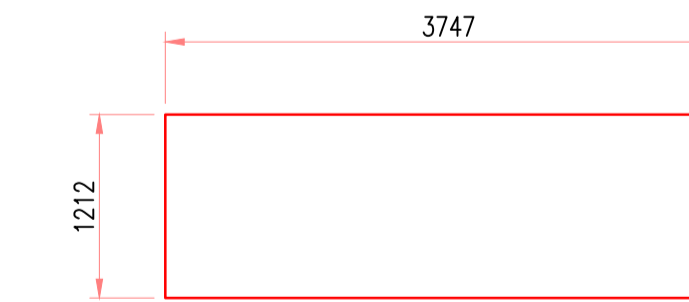
ELEMENTO - 2810T7p4

ESC. 1:40
CANT. 01 UNID.



DESARROLLO - 2810T7p3

ESC. 1:40



DESARROLLO - 2810T7p4

ESC. 1:40

ESPECIFICACIONES TECNICAS

MATERIAL

- PLANCHAS ASTM-A36.

SOLDADURA

TODAS LAS CONEXIONES SOLDADAS DEBEN CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO:

- AWS D1.1 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS
- API 650 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE TANQUES.

NOTAS:

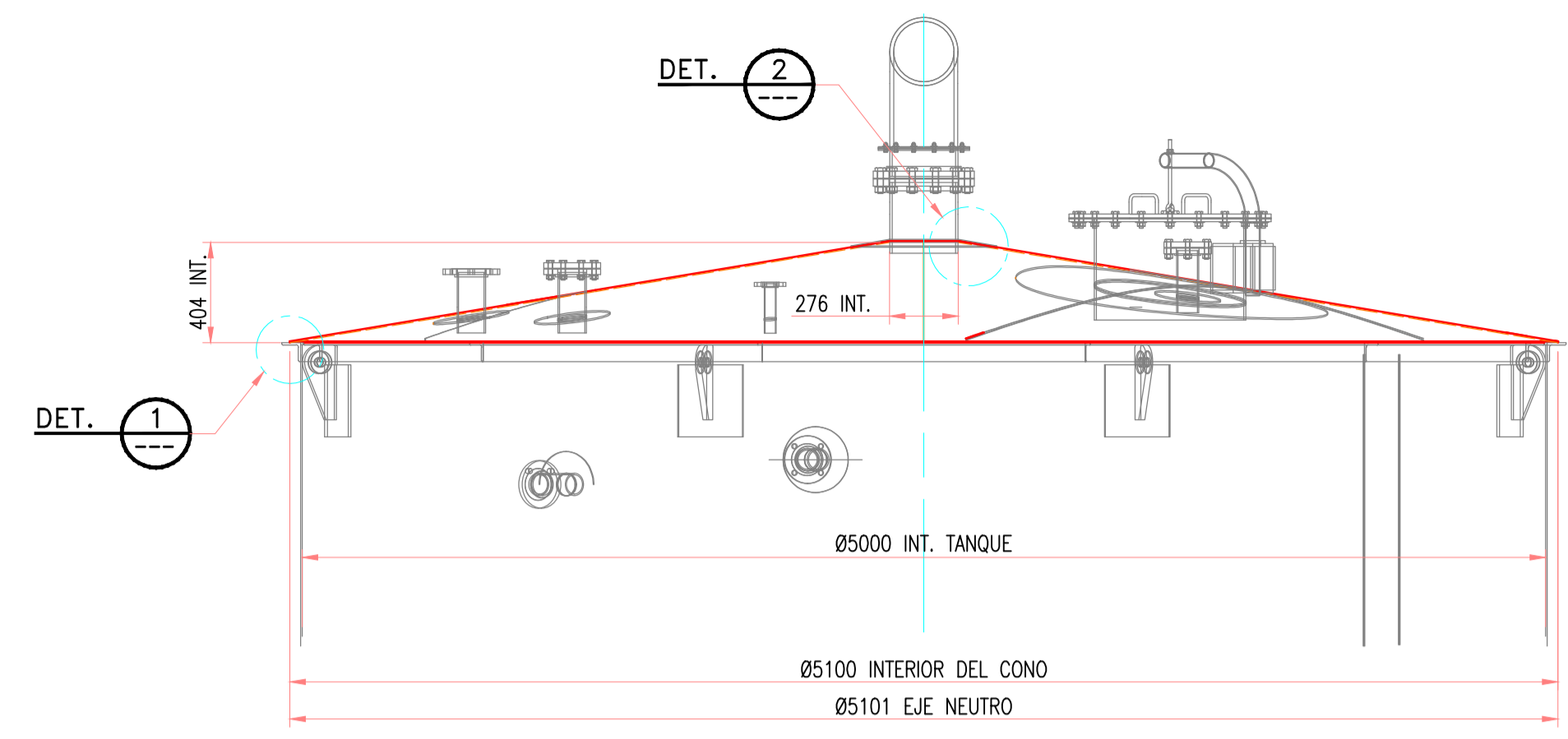
1. ACOTACIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
2. PLANCHAS COMERCIALES ASTM A36 EN FORMATO DE 2400mmx1200mm.
3. DAR SOBRE MEDIDA 100mm. PARA AJUSTAR EN ARMADO DE CASCO

FECHA	DESCRIPCIÓN	PROYECTISTA	JEFE DE DISCIPLINA	GERENTE INGENIERIA	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA
10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN.	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		
10/11/22	EMITIDO PARA REVISION INTERNA.	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		

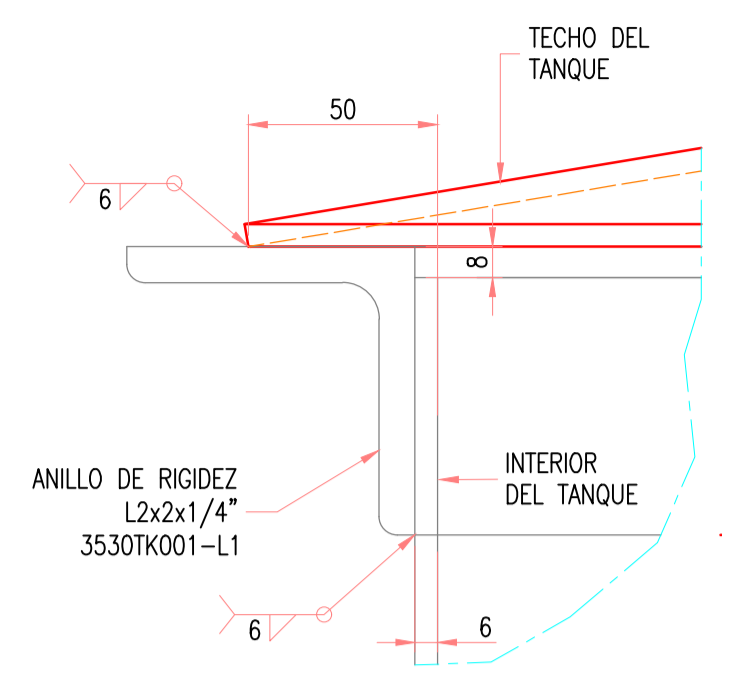
FECHA	NOMBRE
NOV. 2022	R. YAÑEZ
NOV. 2022	R. YAÑEZ
NOV. 2022	R. YAÑEZ
-	-
-	-
-	-
CLIENTE	-

PROYECTO	QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
AREA PRINCIPAL	MINA QUELLAVECO
SUB AREA	TALLER DE CAMIONES
SECTOR DEL AREA	TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
CONTENIDO	TAG : 2810-TK-007 FABRICACIÓN DE CASCO
ESCALA S/ESC.	NUMERO DE PLANO
	RYV-TK-DR-CA-002
REV.	0

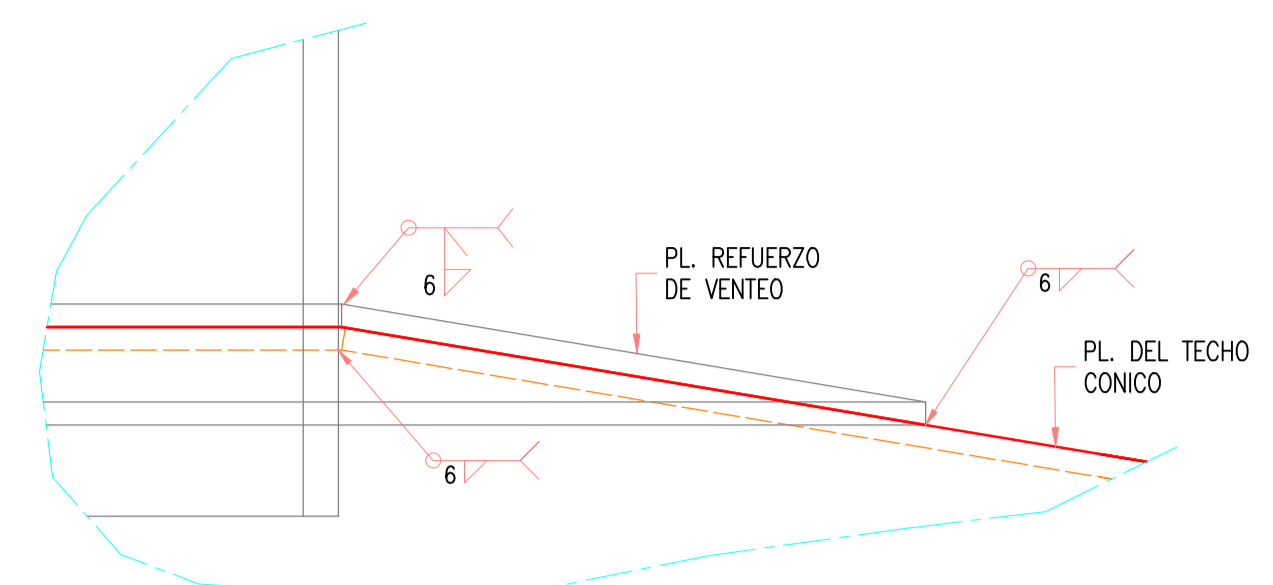
LISTA DE PLANCHAS - 01 UNIDAD								
ITEM	DESCRIPCIÓN	MARCA	LONG. mm	CANT.	PESO (Kg)		ÁREA (M ²)	
					UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
TANQUE AGUA RECUPERADA MINA - TECHO / 01 UNIDAD								
1	PL 6mm ASTM A36	2810T7p8	1391*1723	2	214.38	428.77	9.10	18.21
2	PL 6mm ASTM A36	2810T7p9	2390*5170	1	560.77	560.77	23.81	23.81
					989.54			42.02



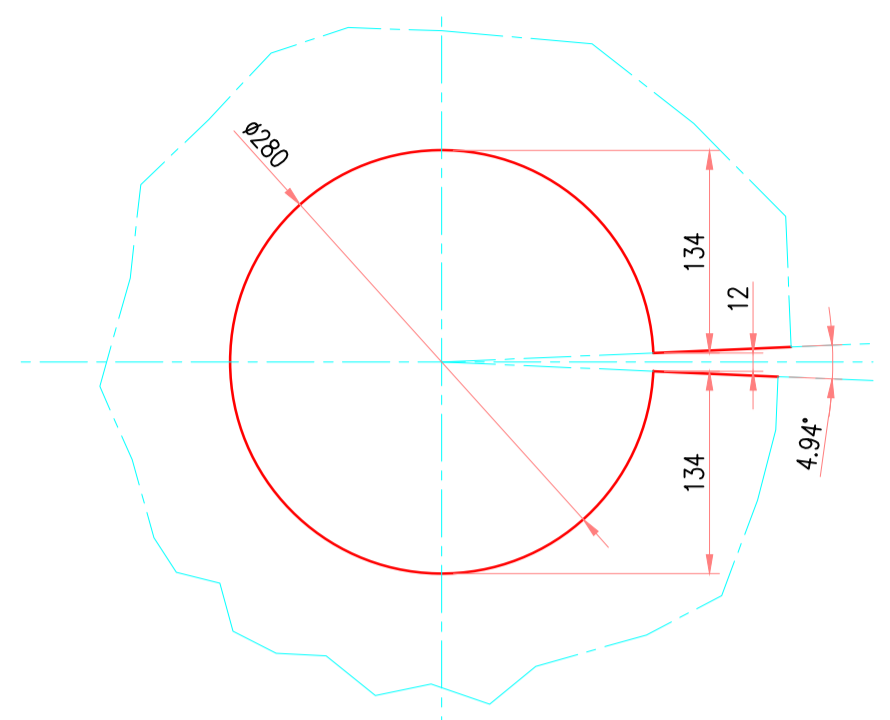
SECCION A
ESC: 1:25



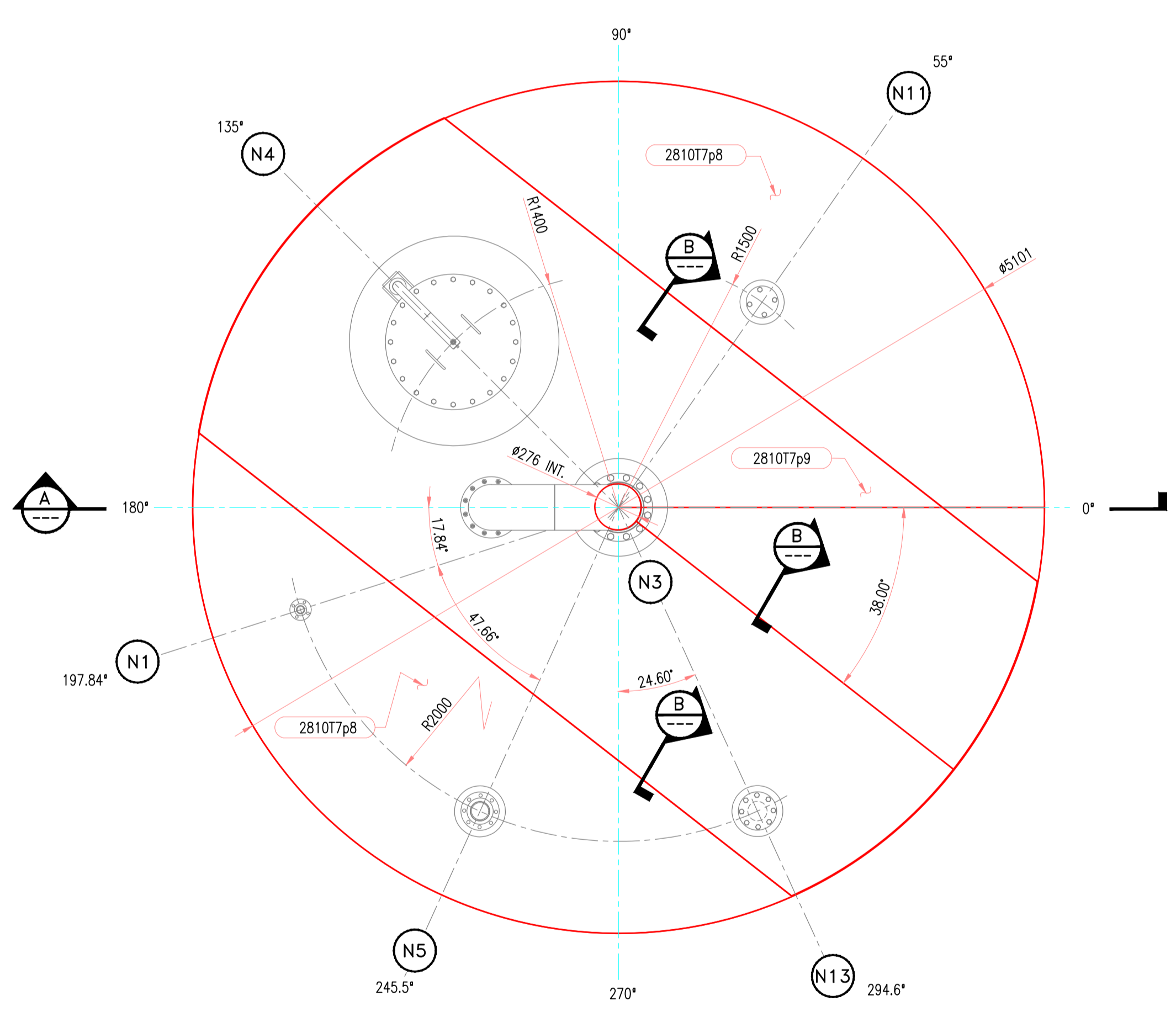
DETALLE 1
ESC: 1:2



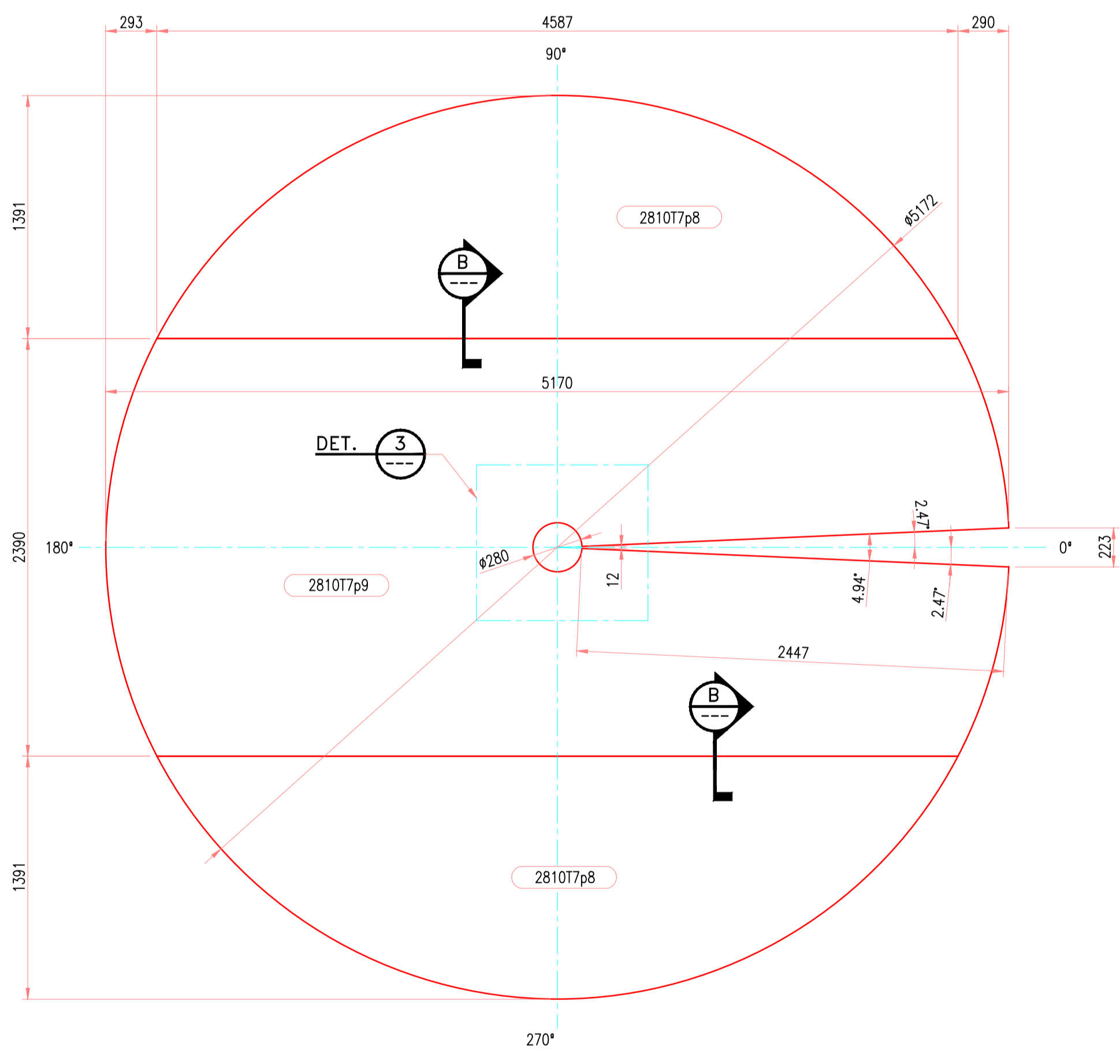
DETALLE 2
ESC: 1:2



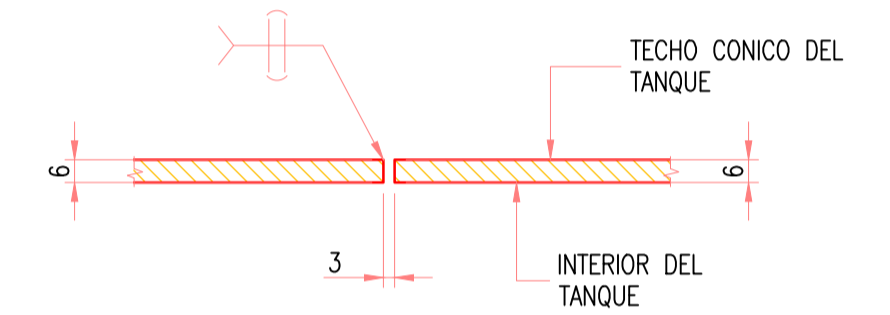
DETALLE 3
ESC: 1:2



DISTRIBUCIÓN DE PLANCHAS DEL TECHO CONICO
VISTA PLANTA
Esc. 1:25



DESARROLLO DE PLANCHAS DEL TECHO CONICO
VISTA PLANTA
Esc. 1:25



SECCION B
ESC: 1:2
TIP.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

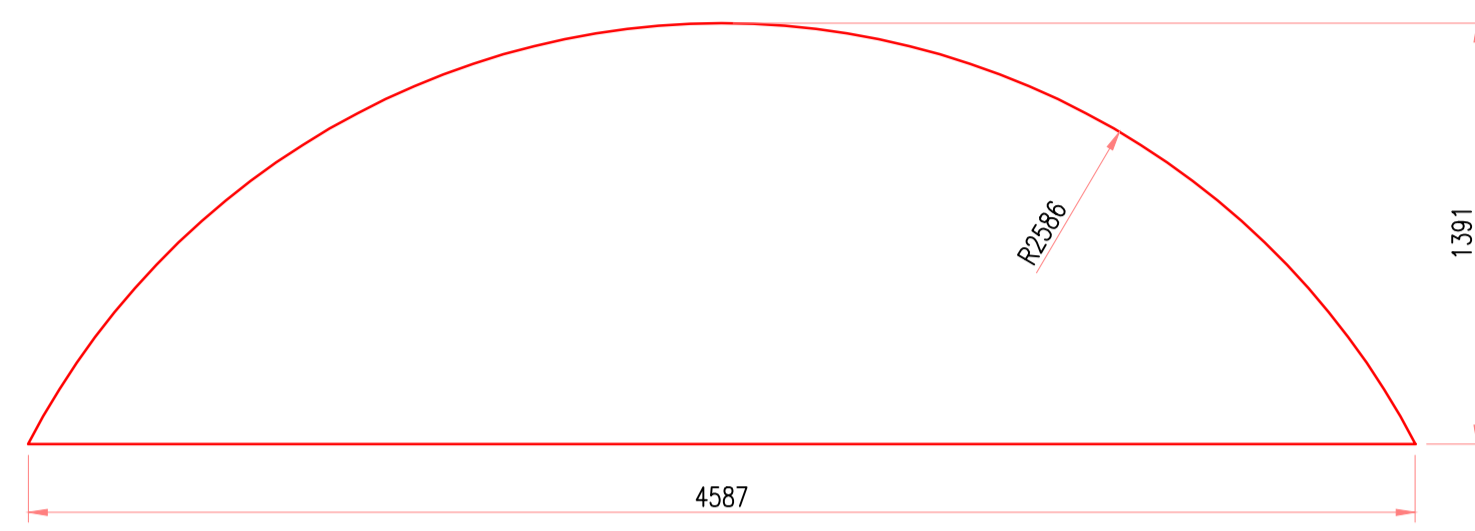
- MATERIAL**
- PLANCHAS ASTM-A36.
- SOLDADURA**
- TODAS LAS CONEXIONES SOLDADAS DEBEN CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO:
- AWS D1.1 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS
 - API 650 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE TANQUES.
- NOTAS:**
1. ACOTACIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.

FECHA	DESCRIPCIÓN	PROYECTO	JEFE DE DISCIPLINA	GERENTE INGENIERIA	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA
10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN.	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		
10/11/22	EMITIDO PARA REVISION INTERNA.	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		

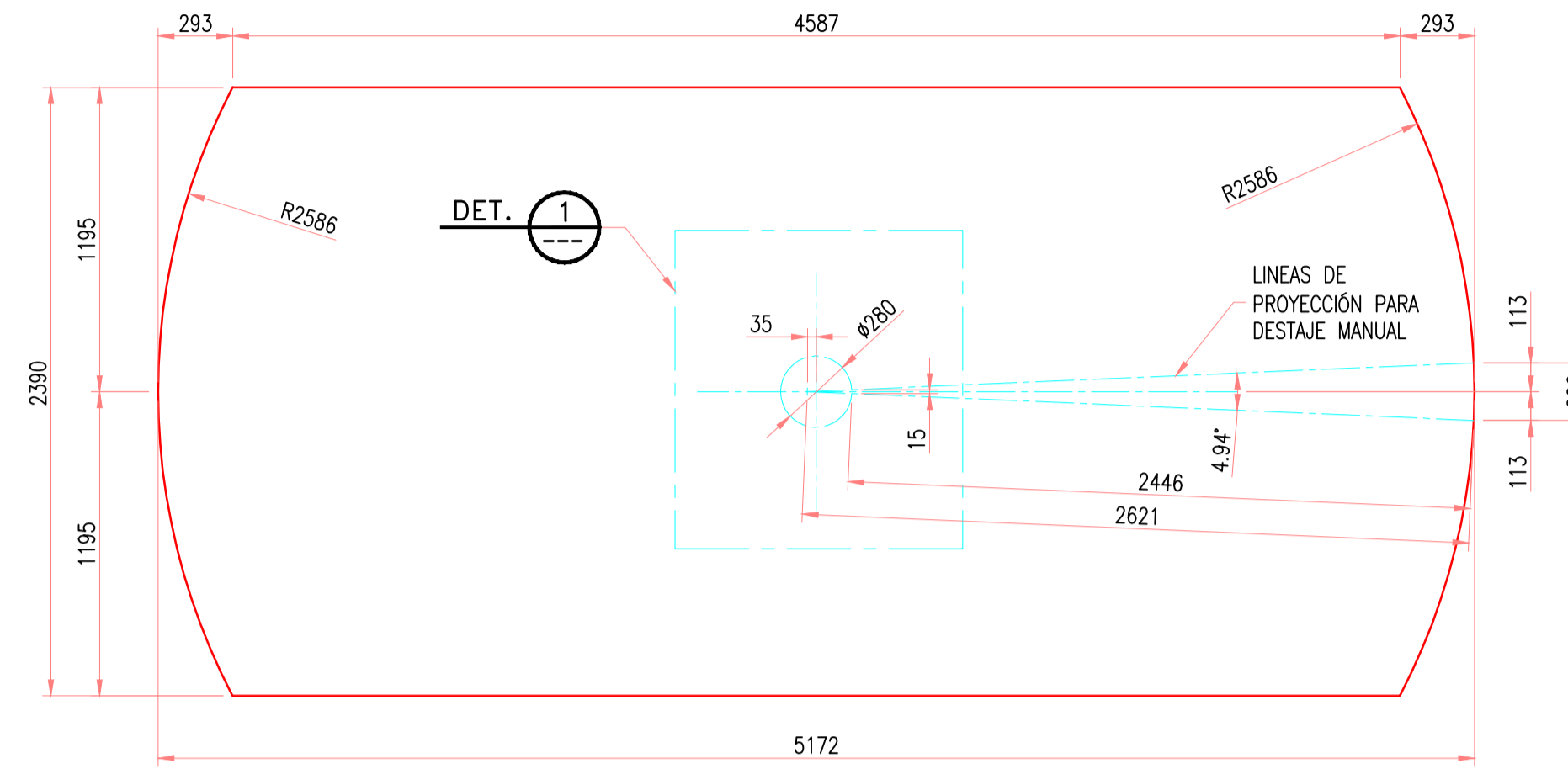
FECHA	NOMBRE	PROYECTO
NOV. 2022	R. YAÑEZ	QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
NOV. 2022	R. YAÑEZ	MINA QUELLAVECO
NOV. 2022	R. YAÑEZ	TALLER DE CAMIONES
-	-	TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
-	-	TAG : 2810-TK-007
-	-	DESARROLLO DE TECHO

ESCALA S/ESC. NUMERO DE PLANO: RYV-TK-DR-TE-001 REV: 0

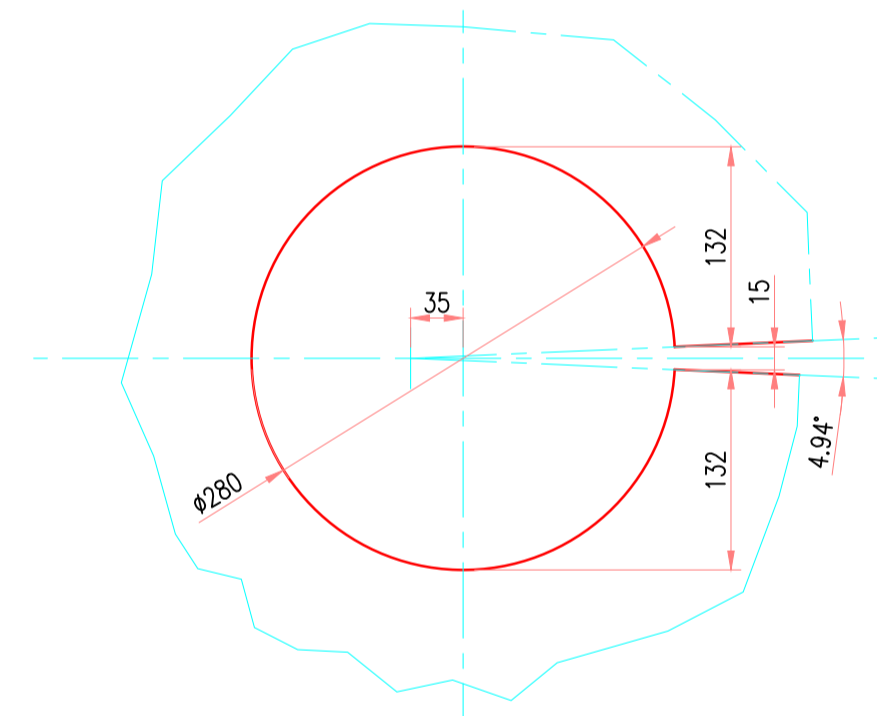
LISTA DE PLANCHAS - 01 UNIDAD								
ITEM	DESCRIPCIÓN	MARCA	LONG. mm	CANT.	PESO (Kg)		ÁREA (M ²)	
					UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
TANQUE AGUA RECUPERADA MINA - TECHO / 01 UNIDAD								
1	PL 6mm ASTM A36	2810T7p8	1391*1723	2	214.38	428.77	9.10	18.21
2	PL 6mm ASTM A36	2810T7p9	2390*5170	1	560.77	560.77	23.81	23.81
						989.54		42.02



ELEMENTO - 2810T7p8
 ESC. 1:50
 CANT. 02 UND.



ELEMENTO - 2810T7p9
 ESC. 1:50
 CANT. 01 UND.



DETALLE 1
 ESC. 1:2

ESPECIFICACIONES TECNICAS

MATERIAL

- PLANCHAS ASTM-A36.

SOLDADURA

TODAS LAS CONEXIONES SOLDADAS DEBEN CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO:

- AWS D1.1 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS
- API 650 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE TANQUES.

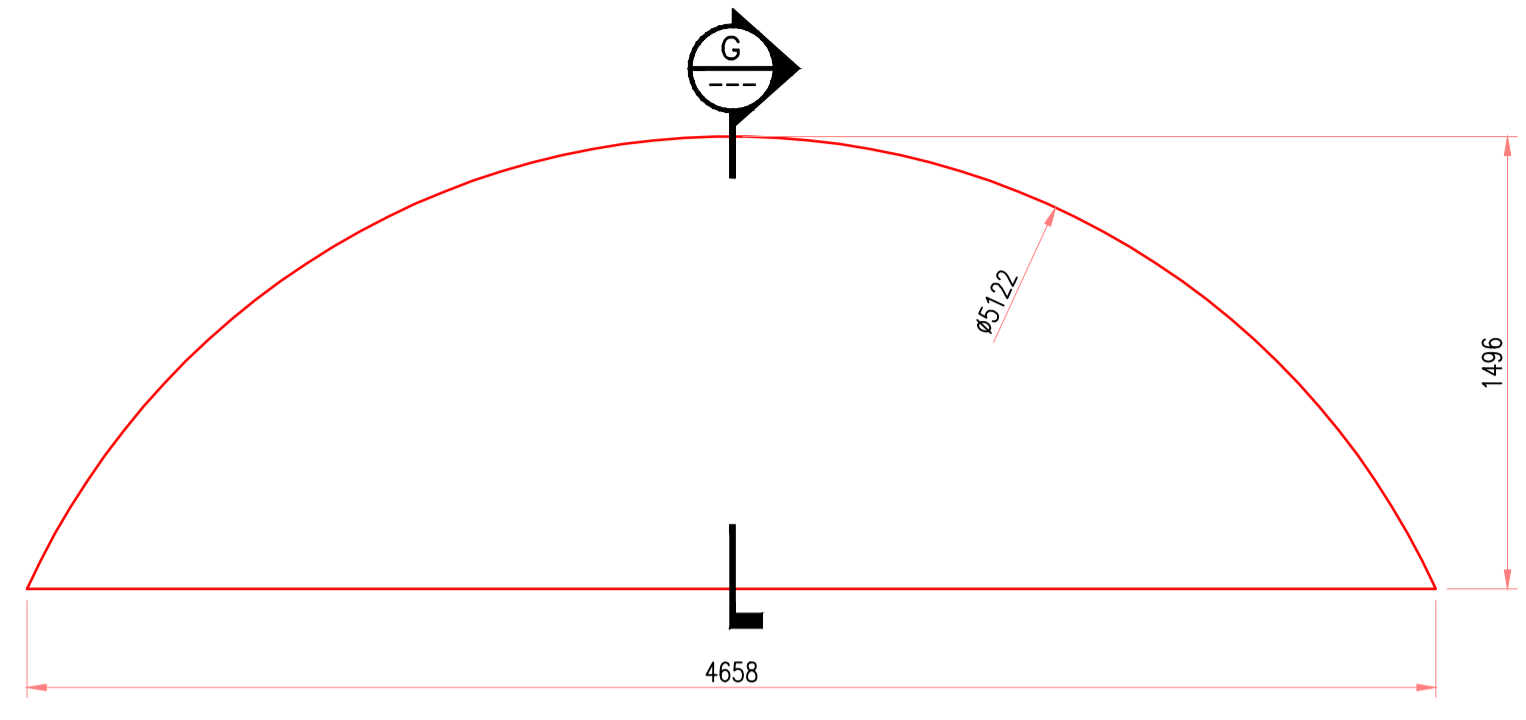
NOTAS:

1. ACOTACIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
2. PLANCHAS COMERCIALES ASTM A36 EN FORMATO DE 2400mmx12000mm.

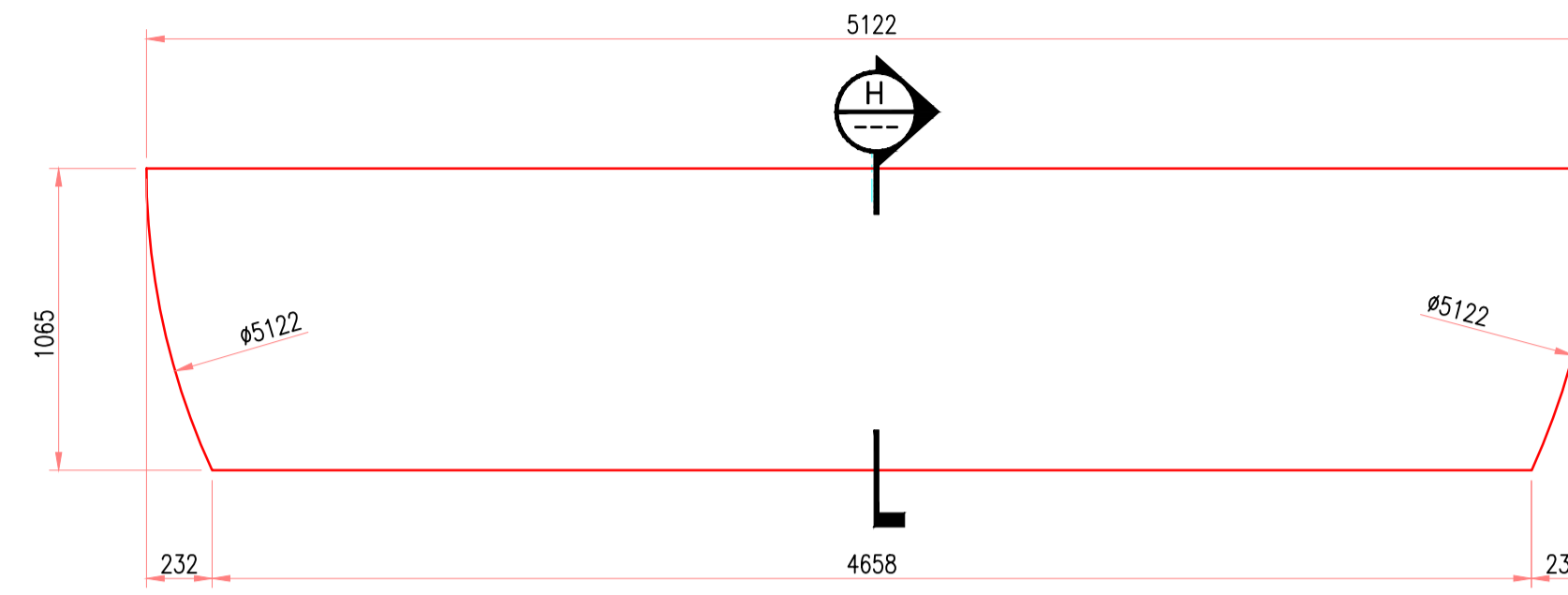
FECHA	DESCRIPCIÓN	PROYECTADO	JEFE DE DISCIPLINA	GERENTE INGENIERIA	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA
10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN.	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		
10/11/22	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA.	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		

FECHA	NOMBRE	PROYECTO
NOV. 2022	R. YAÑEZ	QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
NOV. 2022	R. YAÑEZ	MINA QUELLAVECO
NOV. 2022	R. YAÑEZ	TALLER DE CAMIONES
-	-	TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
-	-	TAG : 2810-TK-007
-	-	FABRICACIÓN DE CASCO
CLIENTE	-	ESCALA S/ESC.
		NUMERO DE PLANO
		RYV-TK-DR-TE-002
		REV. 0

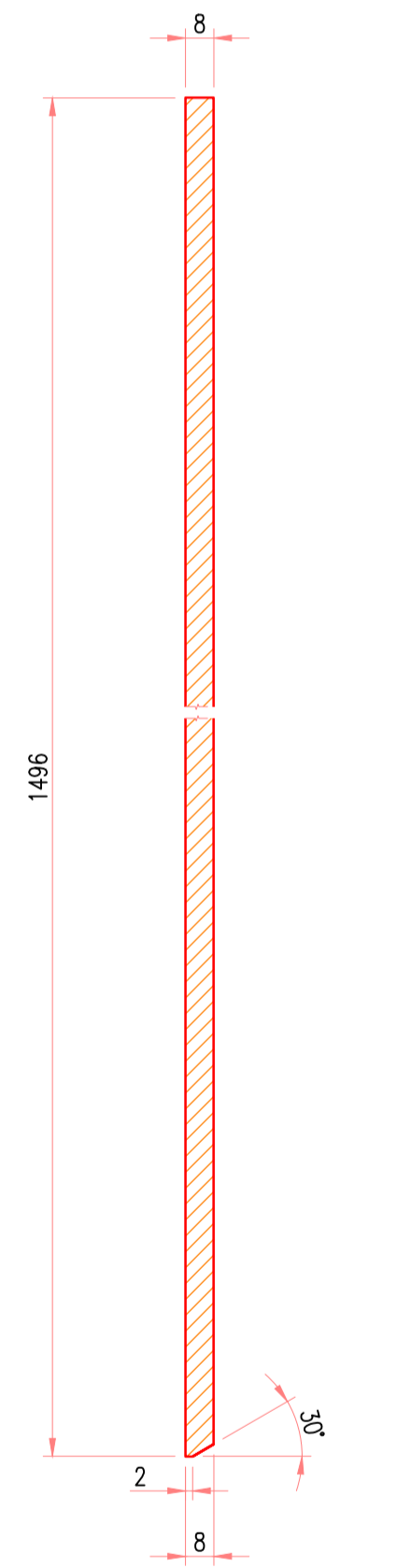
LISTA DE PLANCHAS - 01 UNIDAD								
ITEM	DESCRIPCIÓN	MARCA	LONG. mm	CANT.	PESO (Kg)		ÁREA (M ²)	
					UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
TANQUE ENFRIAMIENTO CIRCUITO PRIMARIO MOLIENDA - FONDO / 01 UNIDAD								
1	PL 8mm ASTM A36	2810T7p5	1496*4658	2	437.61	875.23	13.94	27.87
2	PL 8mm ASTM A36	2810T7p6	1065*5122	2	342.57	685.14	10.91	21.82
TOTAL							1560.37	49.69



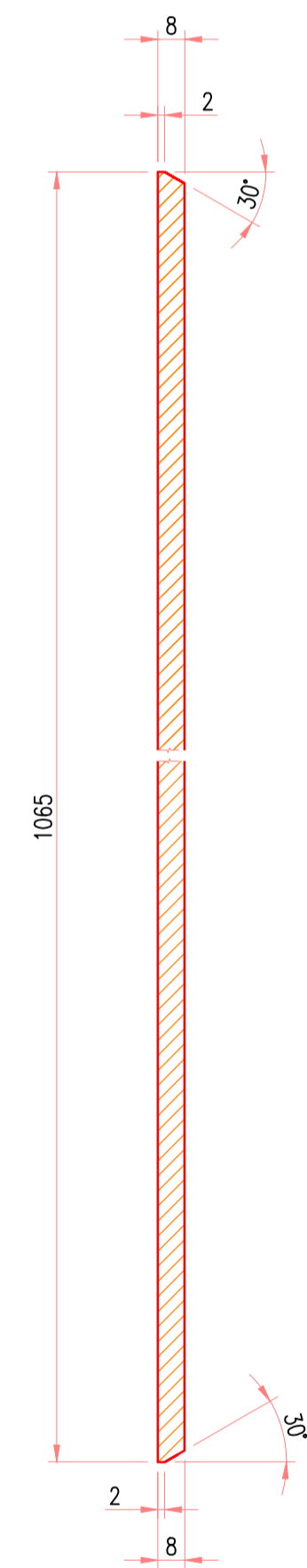
ELEMENTO - 2810T7p5
 ESC. 1:50
 CANT. 02 UND.



ELEMENTO - 2810T7p6
 ESC. 1:50
 CANT. 01 UND.



SECCION G
 ESC: 1:2
 TIP.



SECCION H
 ESC: 1:2
 TIP.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

MATERIAL

- PLANCHAS ASTM-A36.

SOLDADURA

TODAS LAS CONEXIONES SOLDADAS DEBEN CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO:

- AWS D1.1 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS
- API 650 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE TANQUES.

NOTAS:

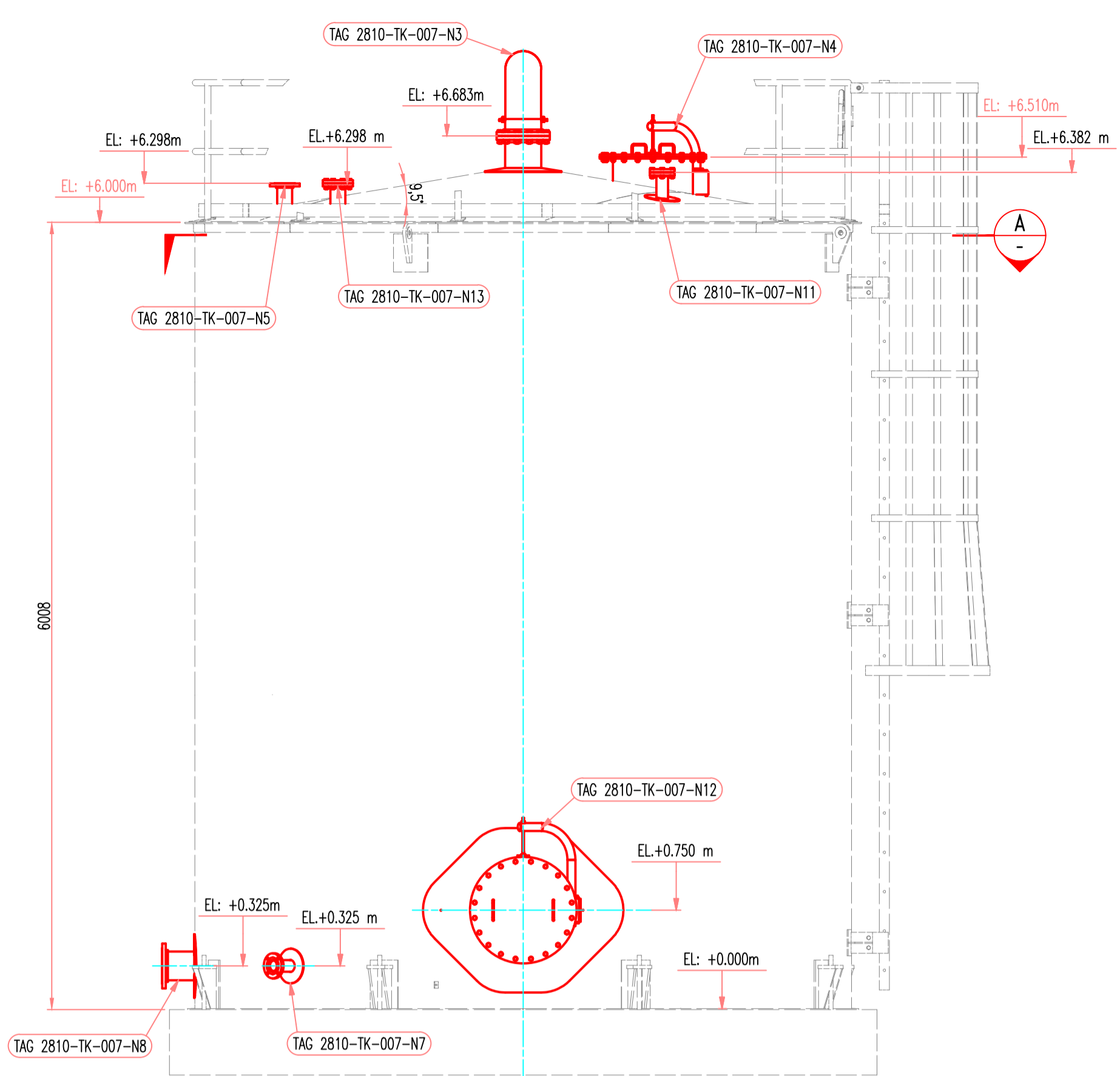
1. ACOTACIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
2. PLANCHAS COMERCIALES ASTM A36 EN FORMATO DE 2400mmx12000mm.

FECHA	DESCRIPCIÓN	PROYECTISTA	JEFE DE OFICINA	GERENTE	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA	FECHA	NOMBRE	PROYECTO
10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN.	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ			NOV. 2022	R. YAÑEZ	QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
10/11/22	EMITIDO PARA REVISION INTERNA.	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ			NOV. 2022	R. YAÑEZ	MINA QUELLAVECO
									TALLER DE CAMIONES
									TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
									TAG : 2810-TK-007
									FABRICACIÓN DE FONDO

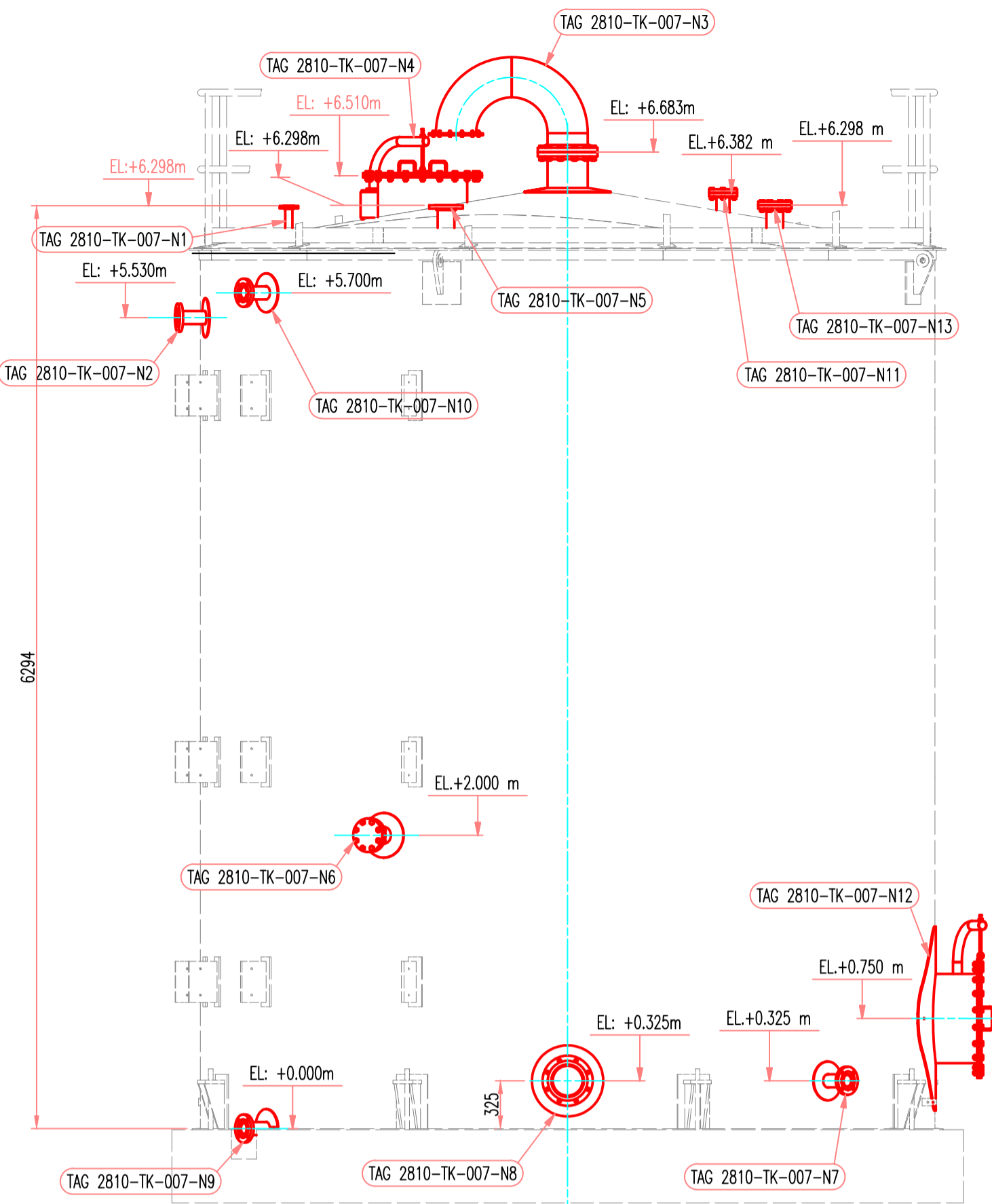
EMITIDO	NOV. 2022	R. YAÑEZ	PROYECTO	QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
REVISO	NOV. 2022	R. YAÑEZ	AREA PRINCIPAL	MINA QUELLAVECO
APROBADO	NOV. 2022	R. YAÑEZ	SUB AREA	TALLER DE CAMIONES
			SECTOR DEL AREA	TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
			CONTENIDO	TAG : 2810-TK-007
				FABRICACIÓN DE FONDO
			CLIENTE	

0	10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN.	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	ESCALA	NUMERO DE PLANO	REV.
A	10/11/22	EMITIDO PARA REVISION INTERNA.	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	S/ESCA.	RYV-TK-DR-FD-002	0

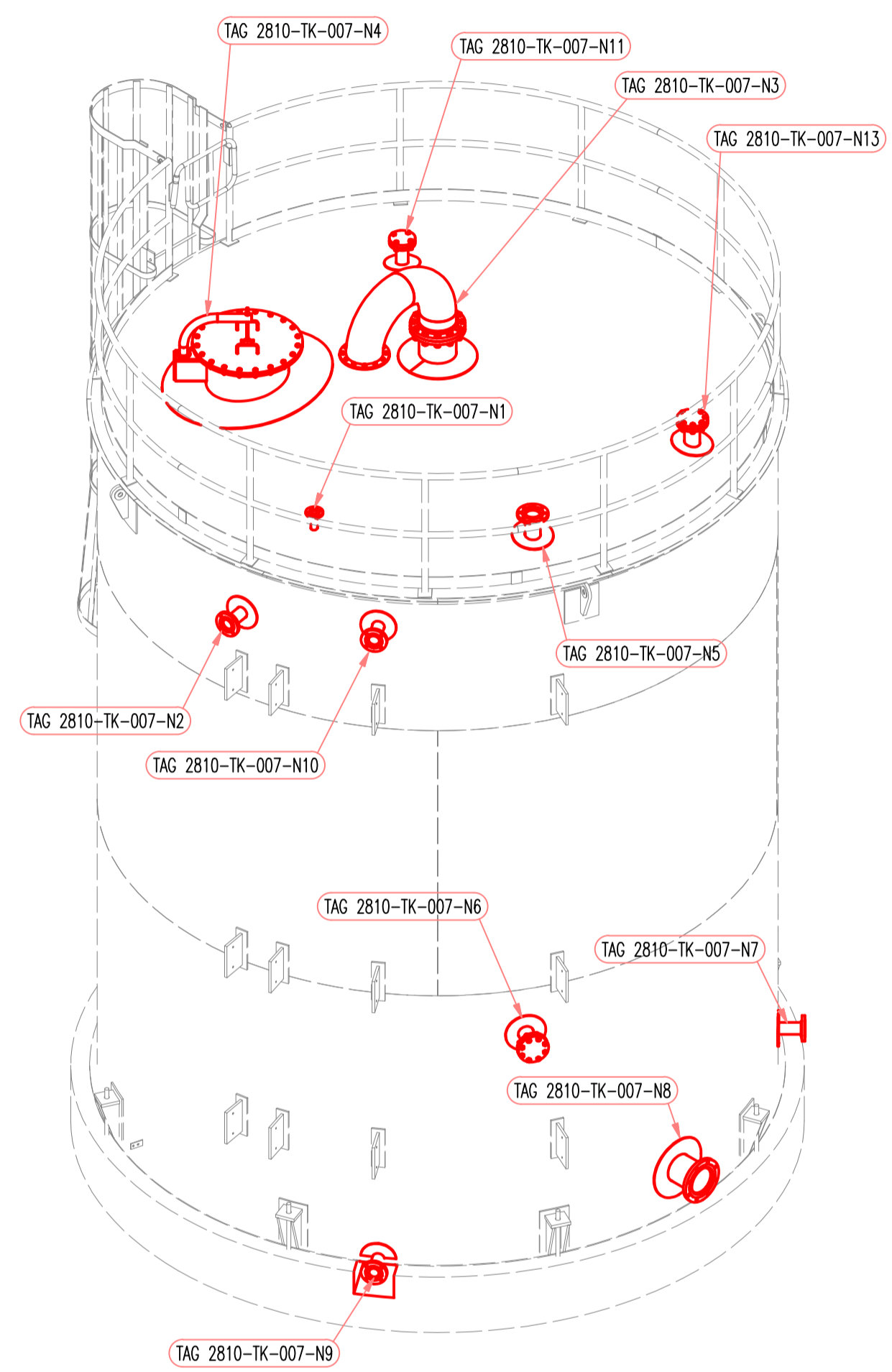
LISTA DE MATERIALES									
ITEM	DESCRIPCION	MARCA	LONG.	CANT. UNIT.	CANT. TOTAL	PESO (kg)		AREA (M2)	
TAG 2810-TK-007 DETALLE DE CONEXIONES									
						UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
1	CONEXION	TAG 2810-TK-007-N1	-	1	1	2.13	2.13	0.09	0.09
2	CONEXION	TAG 2810-TK-007-N2	-	1	1	9.91	9.91	0.30	0.30
3	VENTEO	TAG 2810-TK-007-N3	-	1	1	144.48	144.48	4.15	4.15
4	ENTRADA HOMBRE TECHO	TAG 2810-TK-007-N4	-	1	1	210.41	210.41	5.82	5.82
5	CONEXION	TAG 2810-TK-007-N5	-	1	1	13.70	13.70	0.40	0.40
6	CONEXION	TAG 2810-TK-007-N6	-	1	1	22.64	22.64	0.51	0.51
7	CONEXION	TAG 2810-TK-007-N7	-	1	1	9.91	9.91	0.30	0.30
8	CONEXION	TAG 2810-TK-007-N8	-	1	1	31.29	31.29	0.89	0.89
9	DRENAJE	TAG 2810-TK-007-N9	-	1	1	13.11	13.11	0.41	0.41
10	CONEXION	TAG 2810-TK-007-N10	-	1	1	9.91	9.91	0.30	0.30
11	CONEXION	TAG 2810-TK-007-N11	-	1	1	15.01	15.01	0.39	0.39
12	ENTRADA HOMBRE PARED	TAG 2810-TK-007-N12	-	1	1	221.15	221.15	5.88	5.88
13	CONEXION	TAG 2810-TK-007-N13	-	1	1	21.39	21.39	0.52	0.52
TOTAL:							725.0	19.98	19.98



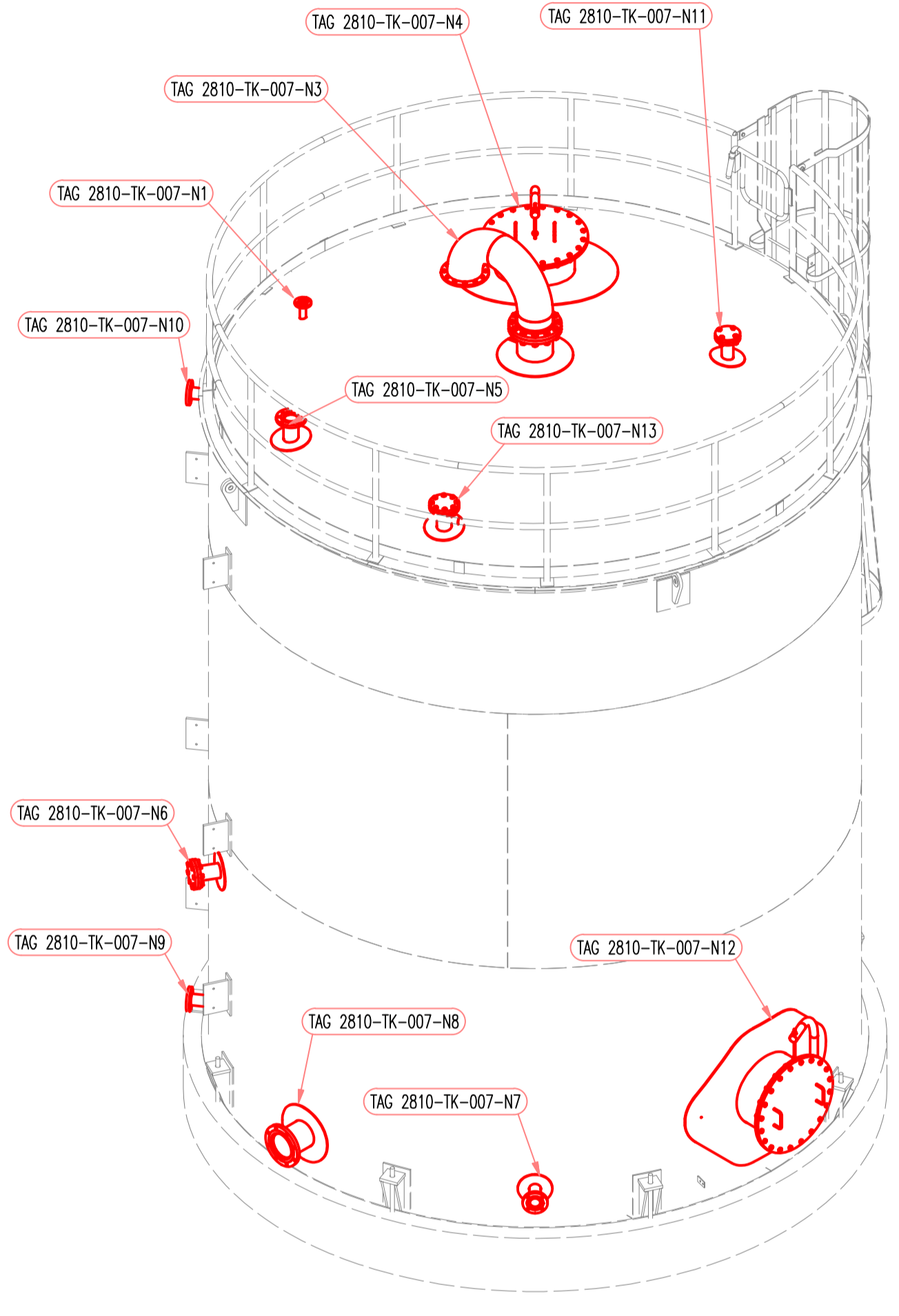
DISTRIBUCION DE BOQUILLAS - ELEVACION EJE 0°
ESCALA 1/35



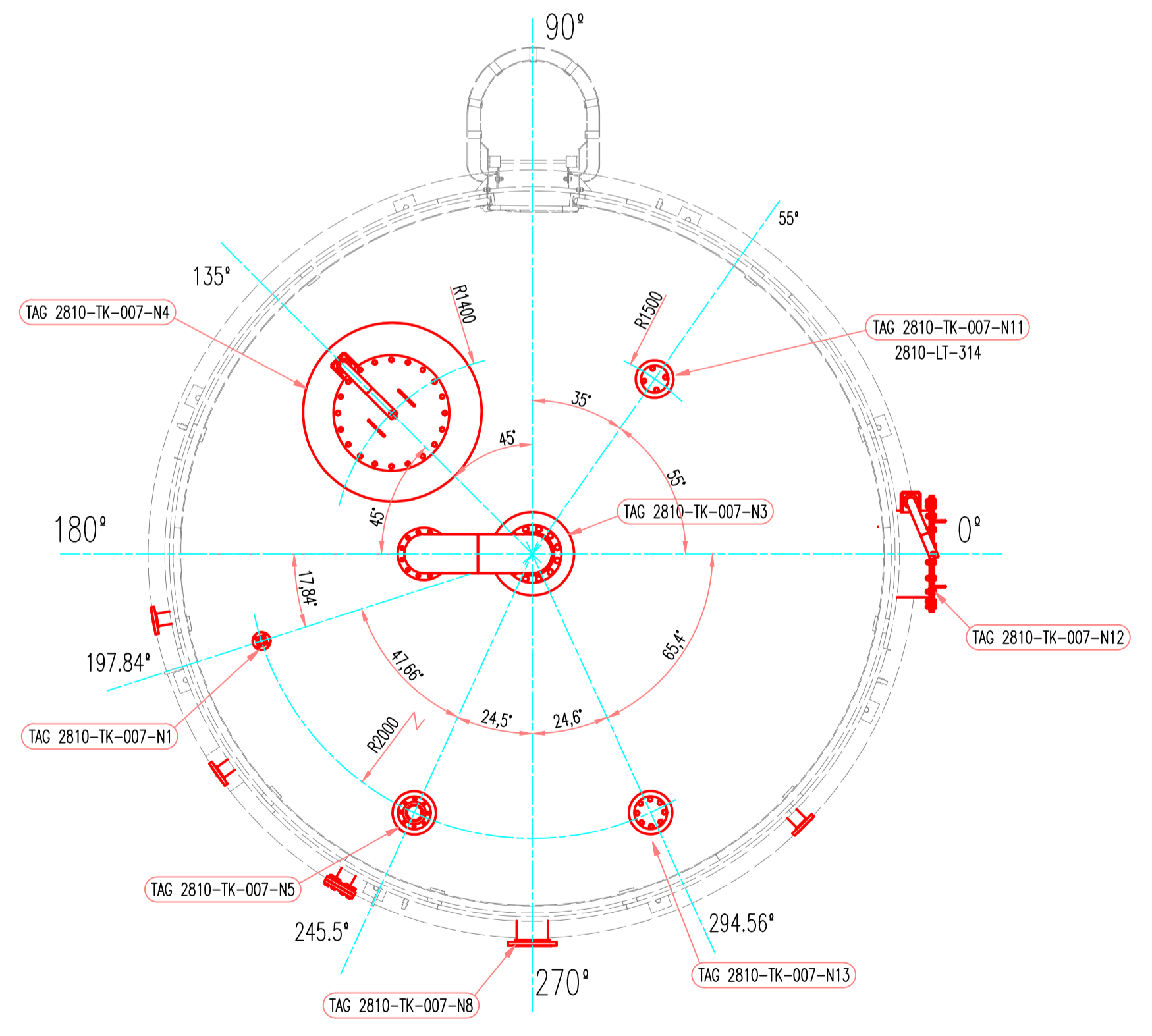
DISTRIBUCION DE BOQUILLAS - ELEVACION EJE 270°
ESCALA 1/35



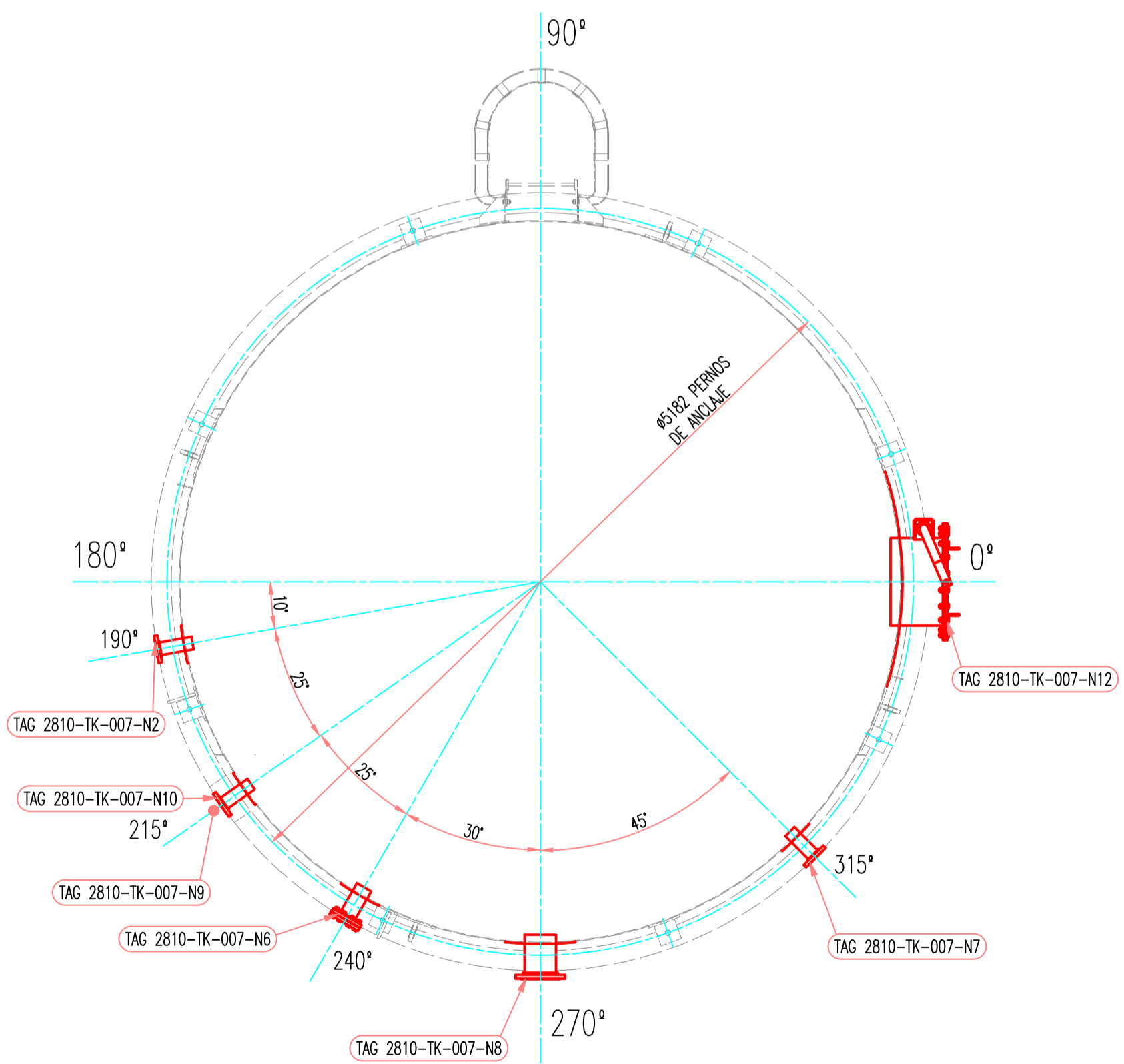
DISTRIBUCION DE BOQUILLAS - ISOMETRICO
ESCALA 1/40



DISTRIBUCION DE BOQUILLAS - ISOMETRICO
ESCALA 1/40



DISTRIBUCION DE BOQUILLAS - TECHO
ESCALA 1/35



SECCION A
ESCALA 1/35

LEYENDA:
N.I.P.B.
N.T.A.
C/L
N.T.B.

NOTAS:
1. ACOTACIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
2. TODAS LAS ELEVACIONES CL. ACOTADOS POR DEBAJO DE LA PLANCHA DE FONDO DEL TANQUE
3. PARA PERNOS COMPLETOS CONSIDERAR (PERNO, TUERCA Y ARANDELA)

ESPECIFICACIONES TECNICAS
MATERIAL
- PLANCHAS ASTM-A36.
SOLDADURA
TODAS LAS CONEXIONES SOLDADAS DEBEN CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO:
• AWS D1.1 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS
• API 650 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE TANQUES.
PERNOS
• PERNOS ASTM A325; A307
• ARANDELAS ASTM F436
• TUERCAS ASTM A194 2H
• ESPARRAGOS ASTM A193 B7

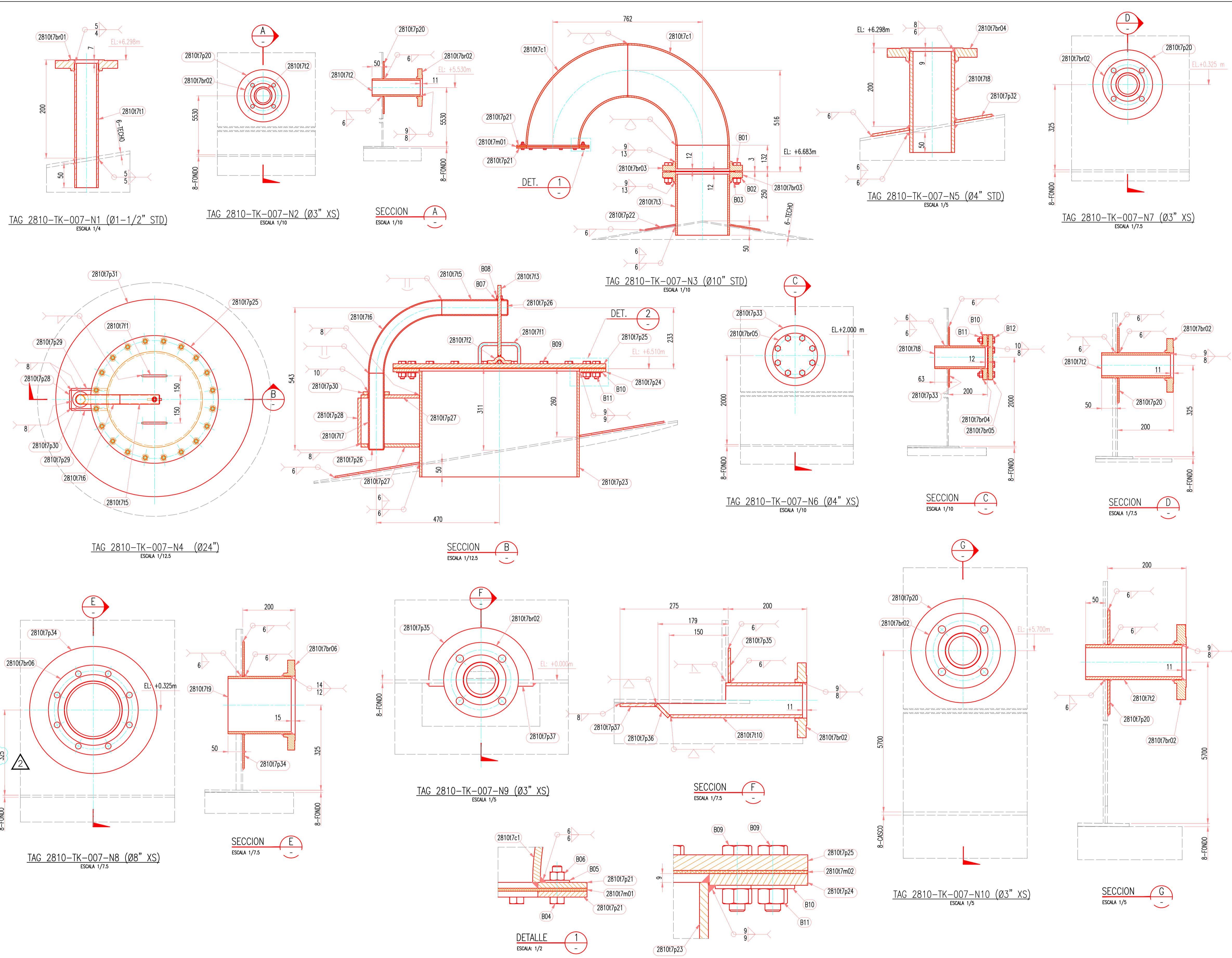
NIVEL INTERIOR DE PLANCHA BASE
NIVEL TOPE ACERO DEL ANILLO DE REFORZAMIENTO
CENTRO LINEA TUBERIA
NIVEL TOPE DE BRIDA

FECHA	DESCRIPCION	PROYECTO	JEFE DE DISEÑO	GERENTE INGENIERIA	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA
10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCION		R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		
10/11/22	EMITIDO PARA REVISION INTERNA		R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		

FECHA	NOMBRE	PROYECTO
NOV. 2022	R. YAÑEZ	QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
NOV. 2022	R. YAÑEZ	MINA QUELLAVECO
NOV. 2022	R. YAÑEZ	TALLER DE CAMIONES
-	-	TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
-	-	TAG : 2810-TK-007
-	-	DETALLE DE CONEXIONES

ESCALA S/ES.C. NUMERO DE PLANO REV. 0

RYV-TK-DR-BQ-001



LISTA DE MATERIALES									
ITEM	DESCRIPCION	MARCA	LONG.	CANT. UNIT.	CANT. TOTAL	PESO (kg)	AREA (M2)	UNIT.	TOTAL
TAG 2810-TK-007-N1 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	FUBO DE ø1 1/2" STD A53-B.	28101711	253	1	1	1.02	1.02	0.07	0.07
2	BRIDA DE ø1 1/2" RF CL150 ANSI B16.5	281017b01		1	1	1.31	1.31	0.03	0.03
TOTAL:						2.33	2.33	0.10	0.10
TAG 2810-TK-007-N2 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	FUBO DE ø3" XS A53-B.	28101712	245	1	1	3.74	3.74	0.13	0.13
2	BRIDA DE ø3" RF CL150 ANSI B16.5	281017b02		1	1	3.87	3.87	0.07	0.07
3	PLANCHA DE 6x265mm	281017p20	265	1	1	2.30	2.30	0.10	0.10
TOTAL:						9.9	9.9	0.30	0.30
TAG 2810-TK-007-N3 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	FUBO DE ø10" STD A53-B.	28101713	311	1	1	18.85	18.85	0.53	0.53
2	FUBO DE ø10" STD A53-B.	28101714	120	1	1	7.27	7.27	0.22	0.22
3	PLANCHA DE 6x368mm	281017p21	368	2	2	2.28	4.56	0.11	0.22
4	PLANCHA DE 6x594mm	281017p22	594	1	1	9.97	9.97	0.44	0.44
5	MALLA EXPANDIDA AISI 316 #9-3/4"-594mm	281017m01	594	1	1	2.47	2.47	0.21	0.21
6	BRIDA DE ø10" RF CL150 ANSI B16.5	281017b03		2	2	16.38	32.56	0.25	0.50
7	CORDON ø10" R.L. 90° STD ANSI B16.9	281017c1		2	2	30.53	61.06	1.01	2.02
8	PERNO HEX. DE ø7/8"x3 1/2"	B01		12	12	0.41	4.92	0.00	0.00
9	ARANDELA PLANA DE ø7/8"	B02		12	12	0.03	0.36	0.00	0.00
10	TUERCA HEX. DE ø7/8"	B03		12	12	0.15	1.80	0.00	0.00
11	PERNO HEX. DE ø 3/8"x1 1/4"	B04		12	12	0.03	0.36	0.00	0.00
12	ARANDELA PLANA DE ø5/8"	B05		12	12	0.01	0.12	0.00	0.00
13	TUERCA HEX. DE ø3/8"	B06		12	12	0.01	0.12	0.00	0.00
14	EMPAQUETADURA E=3mm	281017m03		1	1	0.06	0.06	0.00	0.00
TOTAL:						144.5	144.5	4.15	4.15
TAG 2810-TK-007-N4 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	PLANCHA DE 9x1888mm	281017p23	404	1	1	53.86	53.86	1.55	1.55
2	PLANCHA DE 12x862mm	281017p24	862	1	1	20.57	20.57	0.50	0.50
3	PLANCHA DE 16x862mm	281017p25	862	1	1	64.33	64.33	1.08	1.08
4	PLANCHA DE 3x54mm	281017p26	54	2	2	0.05	0.10	0.01	0.01
5	PLANCHA DE 12x228mm	281017p27	116	2	2	2.16	4.32	0.06	0.11
6	PLANCHA DE 12x175mm	281017p28	116	1	1	1.91	1.91	0.05	0.05
7	PLANCHA DE 12x175mm	281017p29	228	2	2	3.76	7.52	0.09	0.18
8	PLANCHA DE 12x100mm	281017p30	100	1	1	0.45	0.45	0.02	0.02
9	PLANCHA DE 6x1260mm	281017p31	1260	1	1	45.07	45.07	1.95	1.95
10	FIERRO LISO DE ø1/2"	28101711	300	2	2	0.25	0.50	0.01	0.02
11	FIERRO LISO DE ø1/2"	28101712	102	1	1	0.09	0.09	0.00	0.00
12	FIERRO LISO DE ø1/2"	28101713	335	1	1	0.35	0.35	0.01	0.01
13	FUBO DE ø2" SCH 40 A53-B.	28101715	250	1	1	1.35	1.35	0.09	0.09
14	FUBO DE ø2" SCH 40 A53-B.	28101716	393	1	1	2.14	2.14	0.14	0.14
15	FUBO DE ø2" SCH 40 A53-B.	28101717	290	1	1	1.58	1.58	0.10	0.10
16	EMPAQUETADURA E=3mm	281017m02		1	1	1.43	1.43	0.00	0.00
17	ARANDELA PLANA DE ø1/2"	B07		1	1	0.01	0.01	0.00	0.00
18	TUERCA HEX. DE ø1/2"	B08		1	1	0.03	0.03	0.00	0.00
19	PERNO HEX. DE ø 5/8"x2 1/4"	B09		20	20	0.14	2.80	0.00	0.00
20	ARANDELA PLANA DE ø5/8"	B10		20	20	0.04	0.80	0.00	0.00
21	TUERCA HEX. DE ø5/8"	B11		20	20	0.06	1.20	0.00	0.00
TOTAL:						210.4	210.4	5.82	5.82
TAG 2810-TK-007-N5 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	FUBO DE ø4" STD A53-B.	28101718	257	1	1	4.13	4.13	0.17	0.17
2	BRIDA DE ø4" RF CL150 ANSI B16.5	281017b04		1	1	5.31	5.31	0.10	0.10
3	PLANCHA DE 6x305mm	281017p32	305	1	1	2.98	2.98	0.13	0.13
TOTAL:						13.7	13.7	0.40	0.40
TAG 2810-TK-007-N6 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	FUBO DE ø4" XS A53-B.	28101718	244	1	1	5.41	5.41	0.17	0.17
2	BRIDA DE ø4" RF CL150 ANSI B16.5	281017b04		1	1	5.31	5.31	0.10	0.10
3	BRIDA CIEGA DE ø4" RF CL150 ANSI B16.5	281017b05		1	1	7.03	7.03	0.11	0.11
4	PLANCHA DE 6x305mm	281017p33	305	1	1	2.95	2.95	0.13	0.13
5	PERNO HEX. DE ø 5/8"x2 3/4"	B12		8	8	0.17	1.36	0.00	0.00
6	ARANDELA PLANA DE ø5/8"	B10		8	8	0.01	0.08	0.00	0.00
7	TUERCA HEX. DE ø5/8"	B11		8	8	0.06	0.48	0.00	0.00
8	EMPAQUETADURA E=3mm	281017m04		1	1	0.02	0.02	0.00	0.00
TOTAL:						22.6	22.6	0.51	0.51
TAG 2810-TK-007-N7 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	FUBO DE ø3" XS A53-B.	28101712	245	1	1	3.74	3.74	0.13	0.13
2	BRIDA DE ø3" RF CL150 ANSI B16.5	281017b02		1	1	3.87	3.87	0.07	0.07
3	PLANCHA DE 6x265mm	281017p20	265	1	1	2.30	2.30	0.10	0.10
TOTAL:						9.9	9.9	0.30	0.30
TAG 2810-TK-007-N8 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	FUBO DE ø8" XS A53-B.	28101719	241	1	1	15.60	15.60	0.30	0.30
2	BRIDA DE ø8" RF CL150 ANSI B16.5	281017b06		1	1	11.98	11.98	0.19	0.19
3	PLANCHA DE 6x485mm	281017p34	485	1	1	6.92	6.92	0.31	0.31
TOTAL:						34.5	34.5	0.70	0.70
TAG 2810-TK-007-N9 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	FUBO DE ø3" XS A53-B.	28101710	368	1	1	3.99	3.99	0.14	0.14
2	BRIDA DE ø3" RF CL150 ANSI B16.5	281017b02		1	1	3.87	3.87	0.07	0.07
3	PLANCHA DE 6x133mm	281017p35	265	1	1	1.15	1.15	0.05	0.05
4	PLANCHA DE 8x44mm	281017p36	78	1	1	0.16	0.16	0.01	0.01
5	PLANCHA DE 8x265mm	281017p37	325	1	1	3.94	3.94	0.14	0.14
TOTAL:						13.1	13.1	0.41	0.41
TAG 2810-TK-007-N10 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	FUBO DE ø3" XS A53-B.	28101712	245	1	1	3.74	3.74	0.13	0.13
2	BRIDA DE ø3" RF CL150 ANSI B16.5	281017b02		1	1	3.87	3.87	0.07	0.07
3	PLANCHA DE 6x265mm	281017p20		1	1	2.30	2.30	0.10	0.10
TOTAL:						9.9	9.9	0.30	0.30

LEYENDA:
 N.I.P.B. NIVEL INTERIOR DE PLANCHA BASE
 N.T.A. NIVEL TOPE ACERO DEL ANILLO DE REFUERZO
 C/L CENTRO LINEA TUBERIA
 N.T.B. NIVEL TOPE DE BRIDA

ESPECIFICACIONES TECNICAS
MATERIAL
 - PLANCHAS ASTM-A36.
SOLDADURA
 TODAS LAS CONEXIONES SOLDADAS DEBEN CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO:
 • AWS D1.1 PARA FABRICACION E INSPECCION DE ESTRUCTURAS
 • API 650 PARA FABRICACION E INSPECCION DE TANQUES.
PERNOS
 • PERNOS ASTM A325; A307
 • ARANDELAS ASTM F436
 • TUERCAS ASTM A194 2H
 • ESPARRAGOS ASTM A193 B7

NOTAS:
 1. ACOTACIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
 2. TODAS LAS ELEVACIONES CL. ACOTADOS POR DEBAJO DE LA PLANCHA DE FONDO DEL TANQUE
 3. PARA PERNOS COMPLETOS CONSIDERAR (PERNO, TUERCA Y ARANDELA)

DETALLE 1
 ESCALA: 1/2

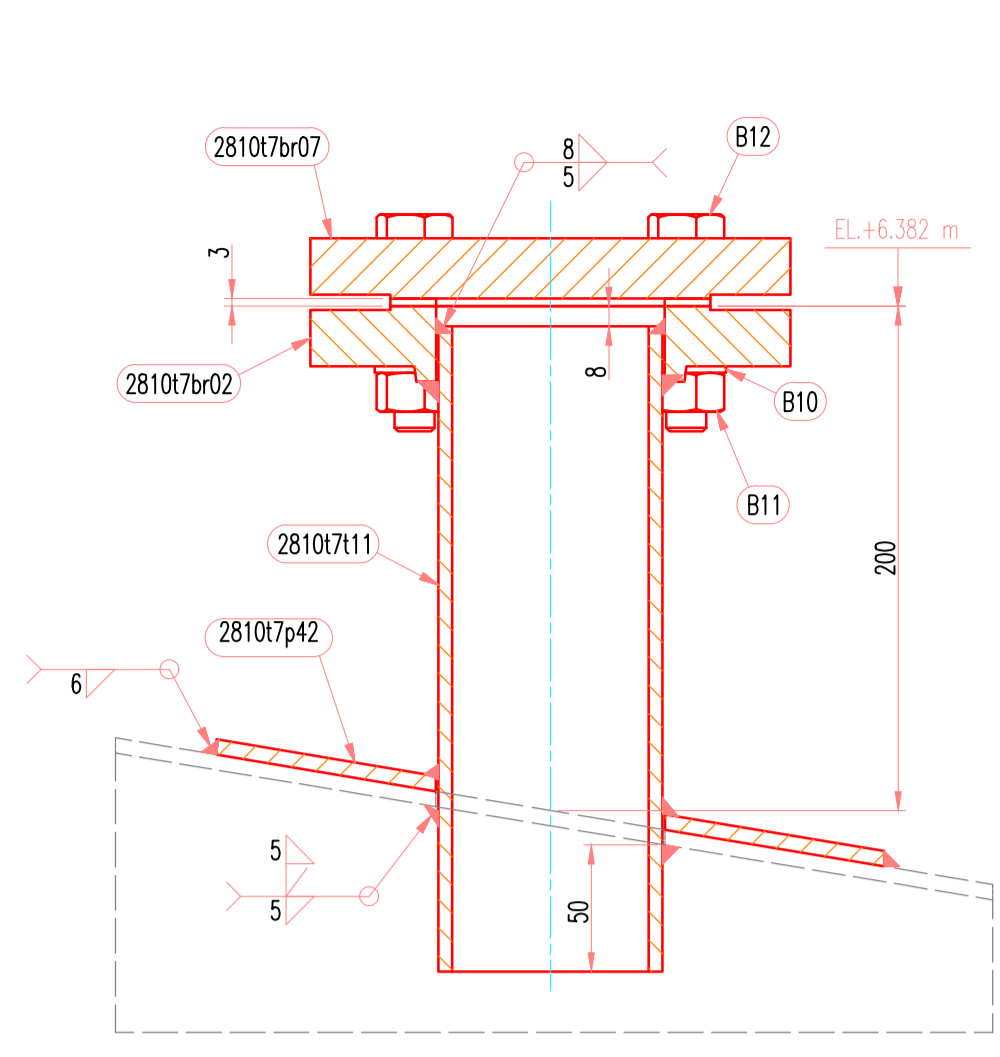
DETALLE 2
 ESCALA: 1/2

FECHA	DESCRIPCION	PROYECTO	JEFE DE DISCIPLINA	GERENTE INGENIERIA	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA
10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		
10/11/22	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		

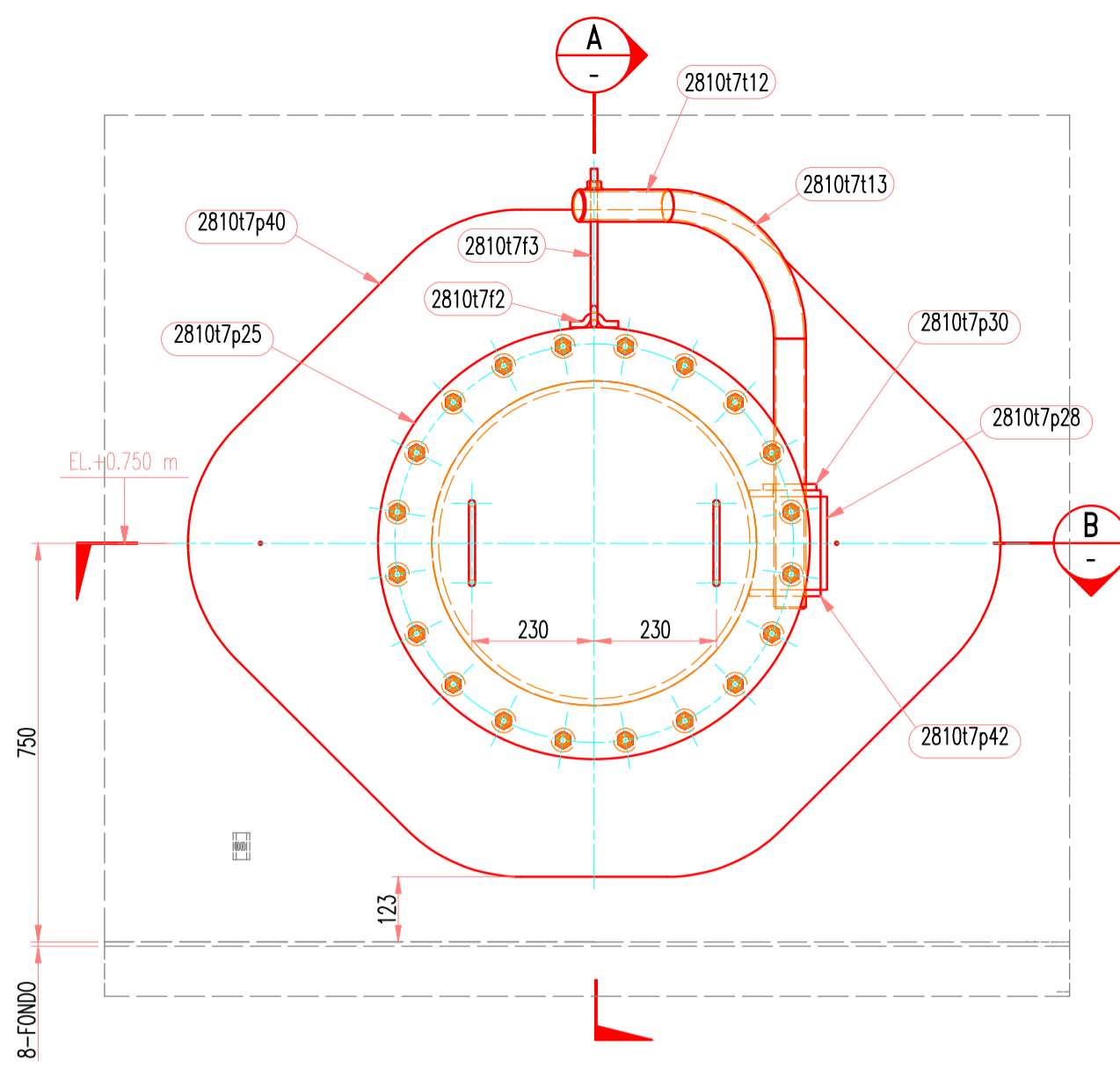
EMITIDO	FECHA	NOMBRE
REVISADO	NOV. 2022	R. YAÑEZ
APROBADO	-	-
CLIENTE	-	-

PROYECTO: QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
 AREA PRINCIPAL: MINA QUELLAVECO
 SUB AREA: TALLER DE CAMIONES
 SECTOR DEL AREA: TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
 CONTENIDO: TAG : 2810-TK-007
 FABRICACION DE CONEXIONES (01 de 03)

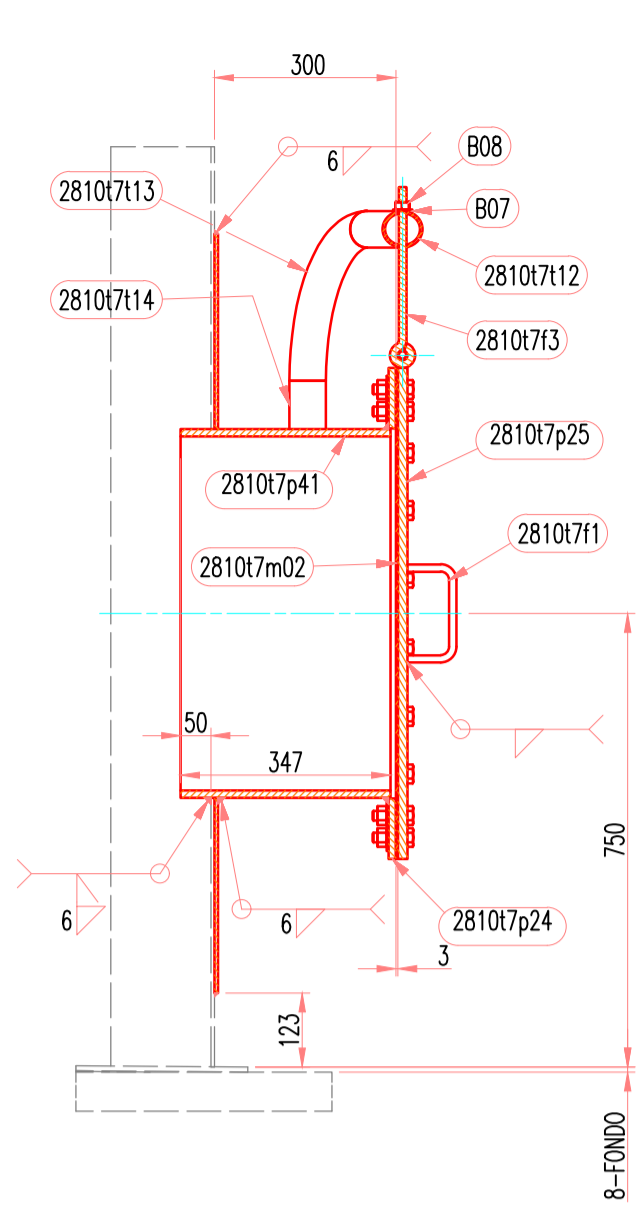
ESCALA: S/ESC. NUMERO DE PLANO: RYV-TK-DR-BQ-002



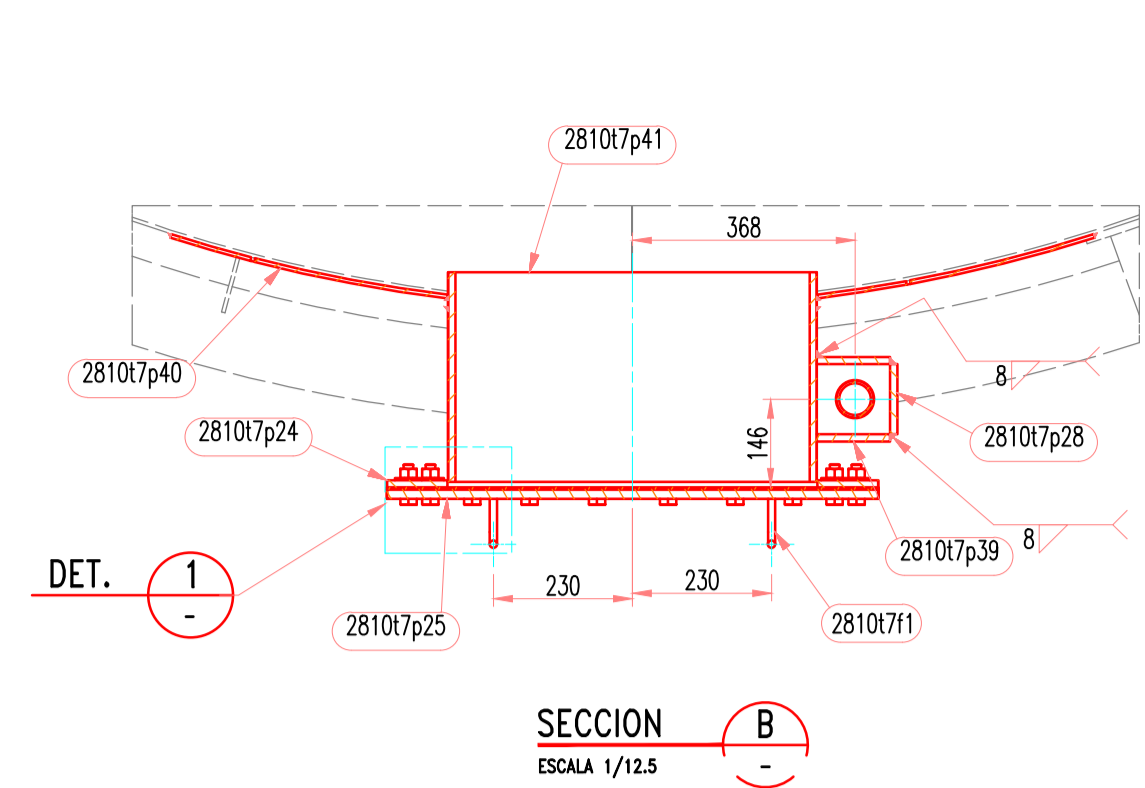
TAG 2810-TK-007-N11 (Ø3" STD)
ESCALA 1/3



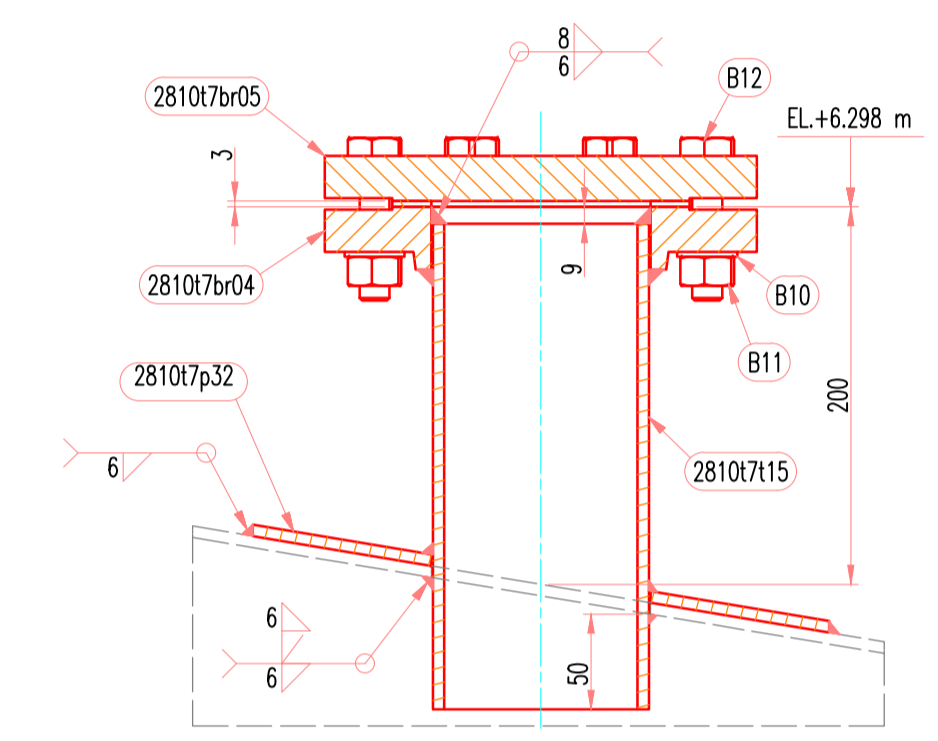
TAG 2810-TK-007-N12 (Ø24")
ESCALA 1/12.5



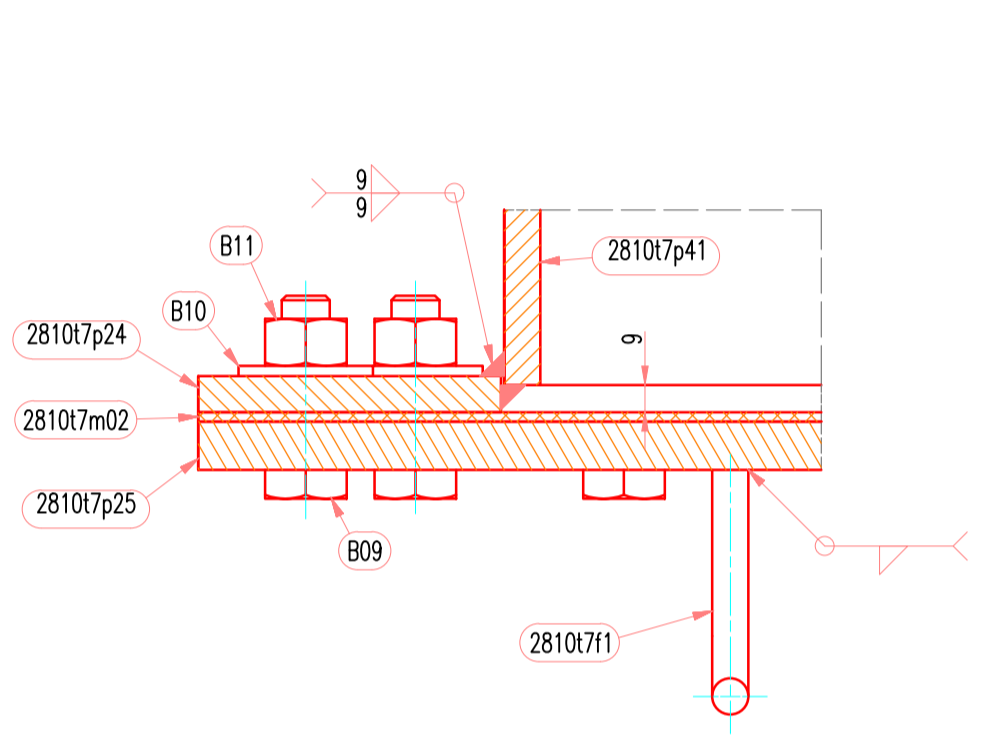
SECCION A
ESCALA 1/12.5



SECCION B
ESCALA 1/12.5



TAG 2810-TK-007-N13 (Ø4" STD)
ESCALA 1/3



DETALLE 1
ESCALA: 1/2.5

LISTA DE MATERIALES									
ITEM	DESCRIPCION	MARCA	LONG.	"CANT. UNIT."	"CANT. TOTAL"	PESO (kg)		AREA (M2)	
						UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
TAG 2810-TK-007-N11 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	TUBO DE ø3" STD A53-B.	28101711	256	1	1	2.89	2.89	0.14	0.14
2	BRIDA DE ø3" RF CL150 ANSI B16.5	281017b02		1	1	3.87	3.87	0.07	0.07
3	PLANCHA DE 6x265mm	281017p42	265	1	1	2.32	2.32	0.11	0.11
4	BRIDA CIEGA DE ø3" RF CL150 ANSI B16.5	281017b07		1	1	4.95	4.95	0.07	0.07
5	PERNO HEX. DE ø 5/8"x3"	B12		4	4	0.17	0.68	0.00	0.00
6	ARANDELA PLANA DE ø5/8"	B10		4	4	0.01	0.04	0.00	0.00
7	TUERCA HEX. DE ø5/8"	B11		4	4	0.06	0.24	0.00	0.00
8	EMPAQUETADURA E=3mm	281017m05		1	1	0.02	0.02	0.00	0.00
TOTAL:						15.0	15.0	0.39	0.39
TAG 2810-TK-007-N12 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	PLANCHA DE 12x862mm	281017p24	862	1	1	20.57	20.57	0.50	0.50
2	PLANCHA DE 16x862mm	281017p25	862	1	1	64.33	64.33	1.08	1.08
3	PLANCHA DE 3x54mm	281017p26	54	2	2	0.05	0.10	0.01	0.01
4	PLANCHA DE 12x175mm	281017p28	116	1	1	1.91	1.91	0.05	0.05
5	PLANCHA DE 12x100mm	281017p30	100	1	1	0.45	0.45	0.02	0.02
6	PLANCHA DE 12x134mm	281017p39	175	2	2	2.07	4.14	0.05	0.10
7	PLANCHA DE 6x1255mm	281017p40	1550	1	1	52.87	52.87	2.28	2.28
8	PLANCHA DE 12x1879mm	281017p41	350	1	1	61.37	61.37	1.35	1.35
9	PLANCHA DE 12x116mm	281017p42	134	2	2	1.17	2.34	0.03	0.07
10	EMPAQUETADURA E=3mm	281017m02		1	1	1.43	1.43	0.00	0.00
11	FIERRO LISO DE ø1/2"	28101711	300	2	2	0.25	0.50	0.01	0.02
12	FIERRO LISO DE ø1/2"	28101712	102	1	1	0.09	0.09	0.00	0.00
13	FIERRO LISO DE ø1/2"	28101713	335	1	1	0.35	0.35	0.01	0.01
14	TUBO DE ø2" SCH 40 A53-B.	28101712	180	1	1	0.97	0.97	0.07	0.07
15	TUBO DE ø2" SCH 40 A53-B.	28101713	393	1	1	2.14	2.14	0.14	0.14
16	TUBO DE ø2" SCH 40 A53-B.	28101714	505	1	1	2.75	2.75	0.18	0.18
17	ARANDELA PLANA DE ø1/2"	B07		1	1	0.01	0.01	0.00	0.00
18	TUERCA HEX. DE ø1/2"	B08		1	1	0.03	0.03	0.00	0.00
19	PERNO HEX. DE ø 5/8"x2 1/4"	B09		20	20	0.14	2.80	0.00	0.00
20	ARANDELA PLANA DE ø5/8"	B10		20	20	0.04	0.80	0.00	0.00
21	TUERCA HEX. DE ø5/8"	B11		20	20	0.06	1.20	0.00	0.00
TOTAL:						221.2	221.2	5.88	5.88
TAG 2810-TK-007-N13 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	TUBO DE ø4" STD A53-B.	28101715	257	1	1	4.13	4.13	0.18	0.18
2	BRIDA DE ø4" RF CL150 ANSI B16.5	281017b02		1	1	5.31	5.31	0.10	0.10
3	PLANCHA DE 6x305mm	281017p32	305	1	1	2.98	2.98	0.13	0.13
4	BRIDA CIEGA DE ø4" RF CL150 ANSI B16.5	281017b07		1	1	7.03	7.03	0.11	0.11
5	PERNO HEX. DE ø 5/8"x3"	B12		8	8	0.17	1.36	0.00	0.00
6	ARANDELA PLANA DE ø5/8"	B10		8	8	0.01	0.08	0.00	0.00
7	TUERCA HEX. DE ø5/8"	B11		8	8	0.06	0.48	0.00	0.00
8	EMPAQUETADURA E=3mm	281017m04		1	1	0.02	0.02	0.00	0.00
TOTAL:						21.4	21.4	0.52	0.52

LEYENDA:
N.I.P.B. NIVEL INTERIOR DE PLANCHA BASE
N.T.A. NIVEL TOPE ACERO DEL ANILLO DE REFUERZO
C/L CENTRO LINEA TUBERIA
N.T.B. NIVEL TOPE DE BRIDA

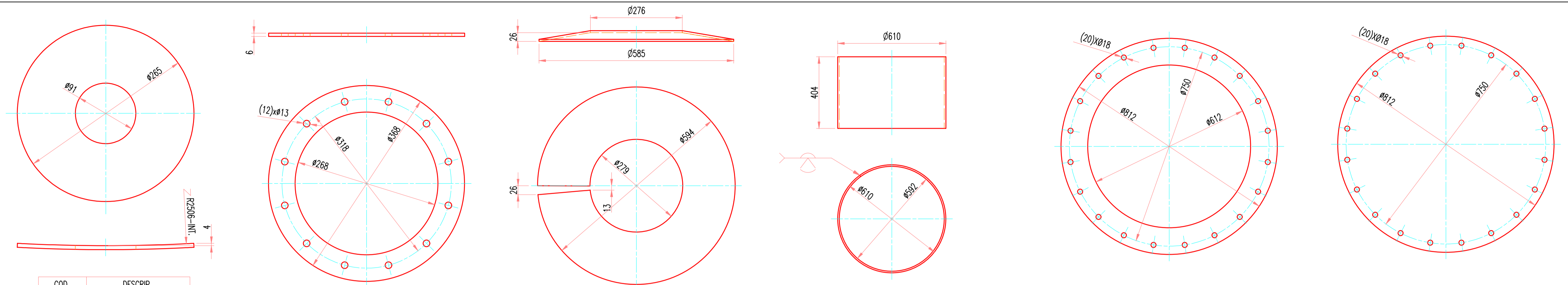
ESPECIFICACIONES TECNICAS

- MATERIAL**
- PLANCHAS ASTM-A36.
- SOLDADURA**
TODAS LAS CONEXIONES SOLDADAS DEBEN CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO:
• AWS D1.1 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS
• API 650 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE TANQUES.
- PERNOS**
• PERNOS ASTM A325; A307
• ARANDELAS ASTM F436
• TUERCAS ASTM A194 2H
• ESPARRAGOS ASTM A193 B7

- NOTAS:**
- ACOTACIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
 - TODAS LAS ELEVACIONES CL. ACOTADOS POR DEBAJO DE LA PLANCHA DE FONDO DEL TANQUE
 - PARA PERNOS COMPLETOS CONSIDERAR (PERNO, TUERCA Y ARANDELA)

FECHA	DESCRIPCION	PROYECTISTA	JEFE DE DISCIPLINA	GERENTE INGENIERIA	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA
10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCION.	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		
10/11/22	EMITIDO PARA REVISION INTERNA.	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		

EMITIDO	FECHA	NOMBRE	PROYECTO
REVISO	NOV. 2022	R. YAÑEZ	QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
APROBADO	NOV. 2022	R. YAÑEZ	MINA QUELLAVECO
			TALLER DE CAMIONES
			SUB AREA
			SECTOR DEL AREA
			TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
			TAG : 2810-TK-007
			FABRICACION DE CONEXIONES (02 de 03)
			CLIENTE
			ESCALA
			NUMERO DE PLANO
			RYV-TK-DR-BQ-003
			REV.
			0



COD.	DESCRIP.
281017p20	PLANCHA DE 6x265mm

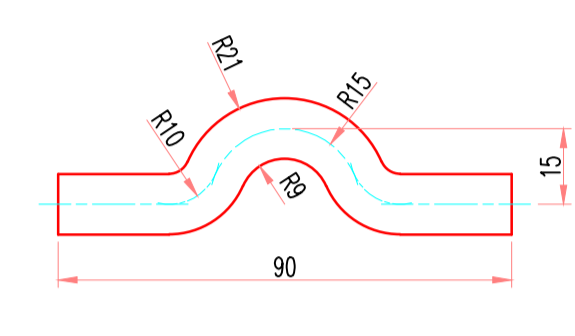
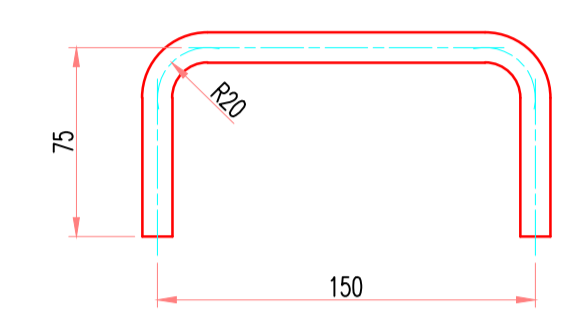
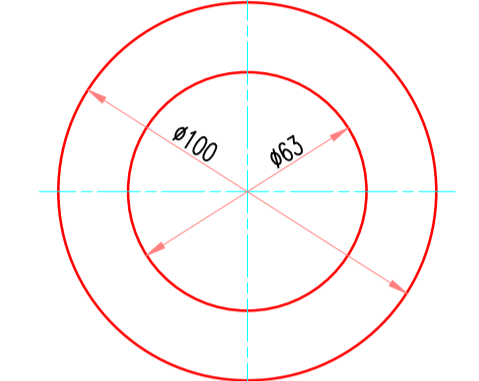
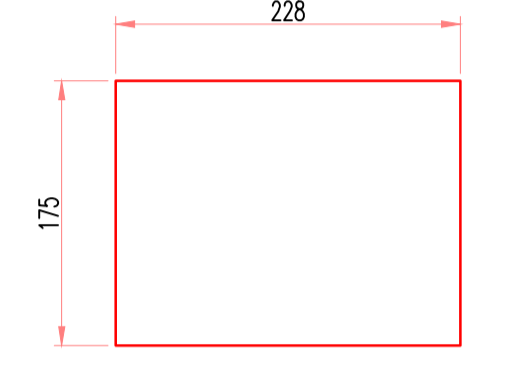
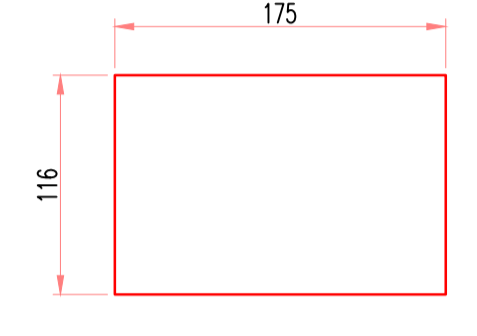
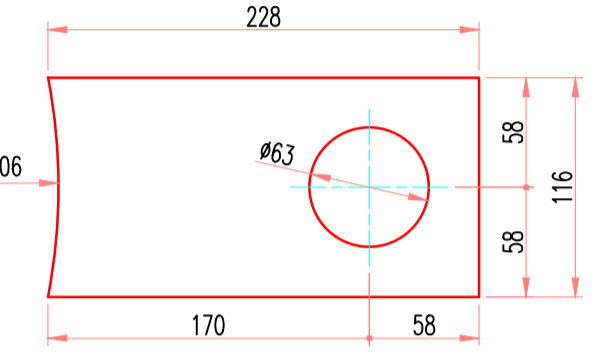
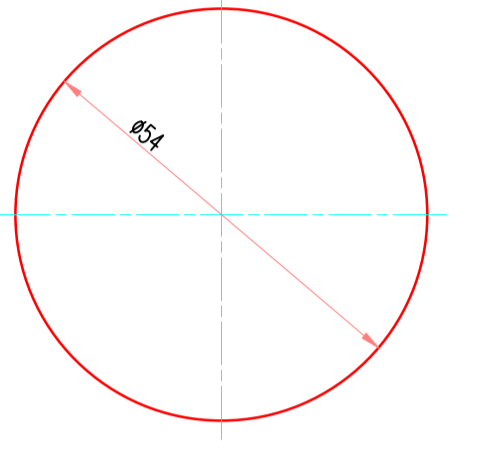
COD.	DESCRIP.
281017p21	PLANCHA DE 6x368mm

COD.	DESCRIP.
281017p22	PLANCHA DE 6x594mm

COD.	DESCRIP.
281017p23	PLANCHA DE 9x1888mm

COD.	DESCRIP.
281017p24	PLANCHA DE 12x862mm

COD.	DESCRIP.
281017p25	PLANCHA DE 16x862mm



COD.	DESCRIP.
281017p26	PLANCHA DE 3x54mm

COD.	DESCRIP.
281017p27	PLANCHA DE 12x228mm

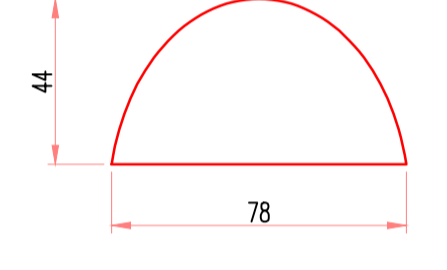
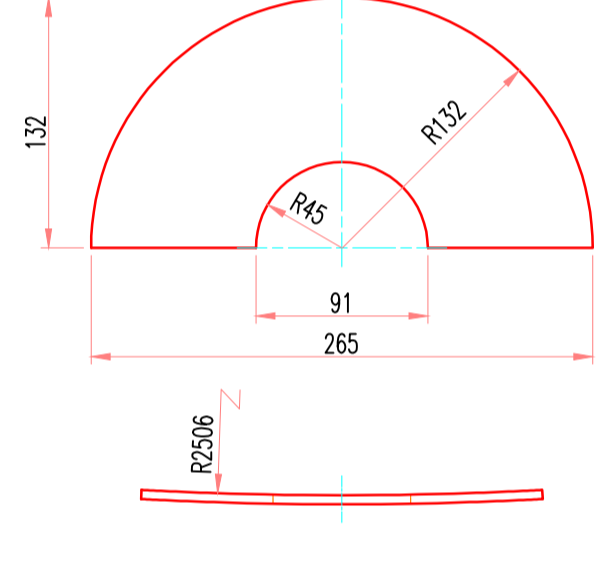
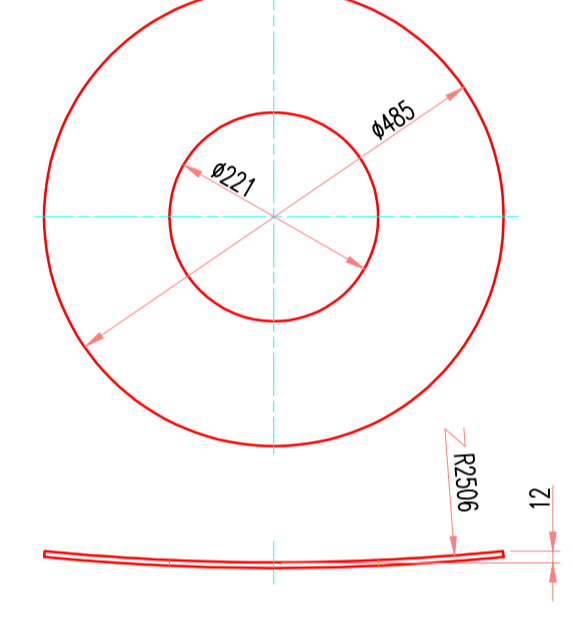
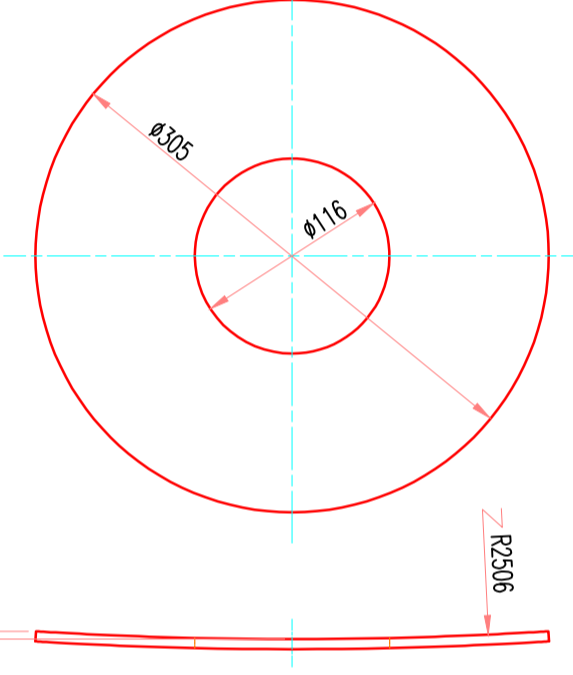
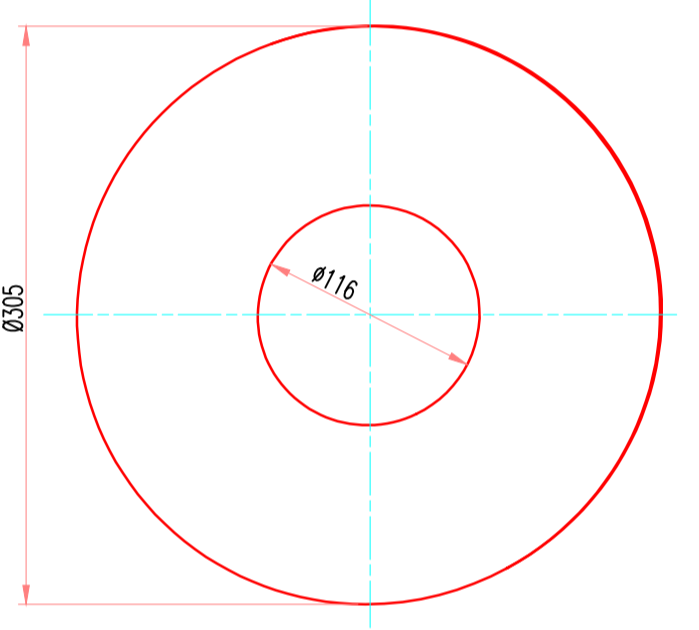
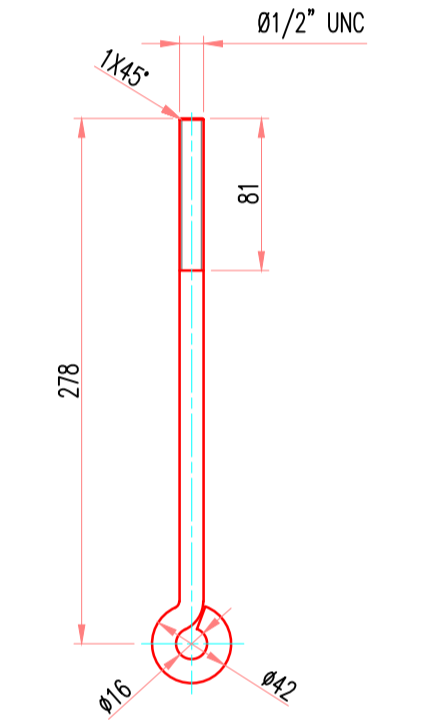
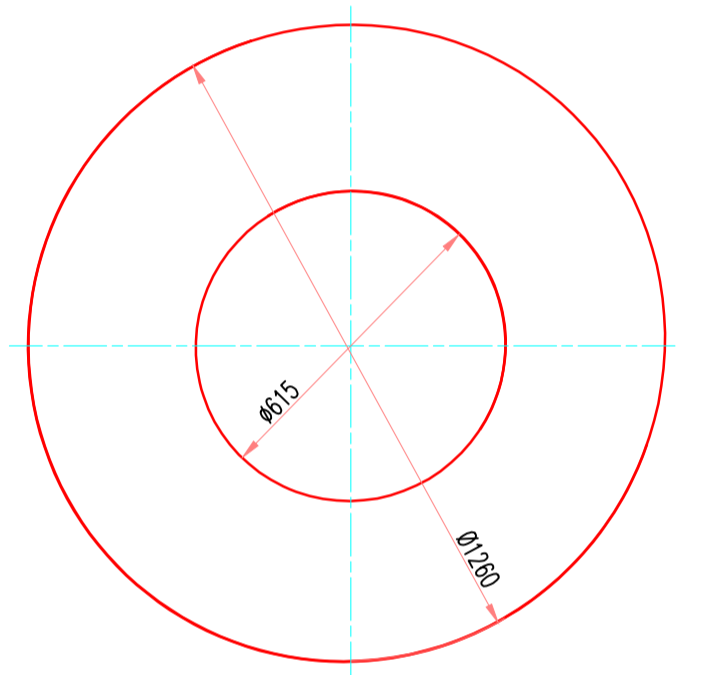
COD.	DESCRIP.
281017p28	PLANCHA DE 12x175mm

COD.	DESCRIP.
281017p29	PLANCHA DE 12x175mm

COD.	DESCRIP.
281017p30	PLANCHA DE 12x100mm

COD.	DESCRIP.
28101711	FIERRO LISO DE ø1/2"

COD.	DESCRIP.
28101712	FIERRO LISO DE ø1/2"



COD.	DESCRIP.
281017p31	PLANCHA DE 6x1260mm

COD.	DESCRIP.
28101713	FIERRO LISO DE ø1/2"

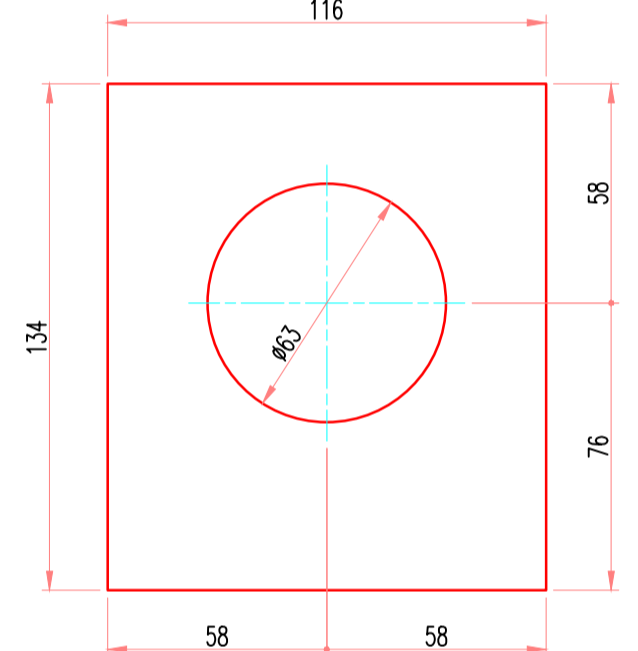
COD.	DESCRIP.
281017p32	PLANCHA DE 6x305mm

COD.	DESCRIP.
281017p33	PLANCHA DE 6x305mm

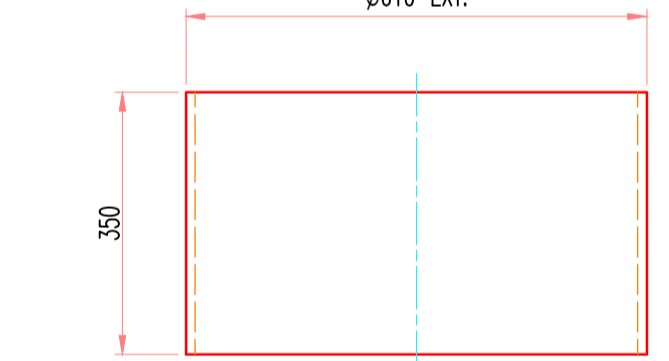
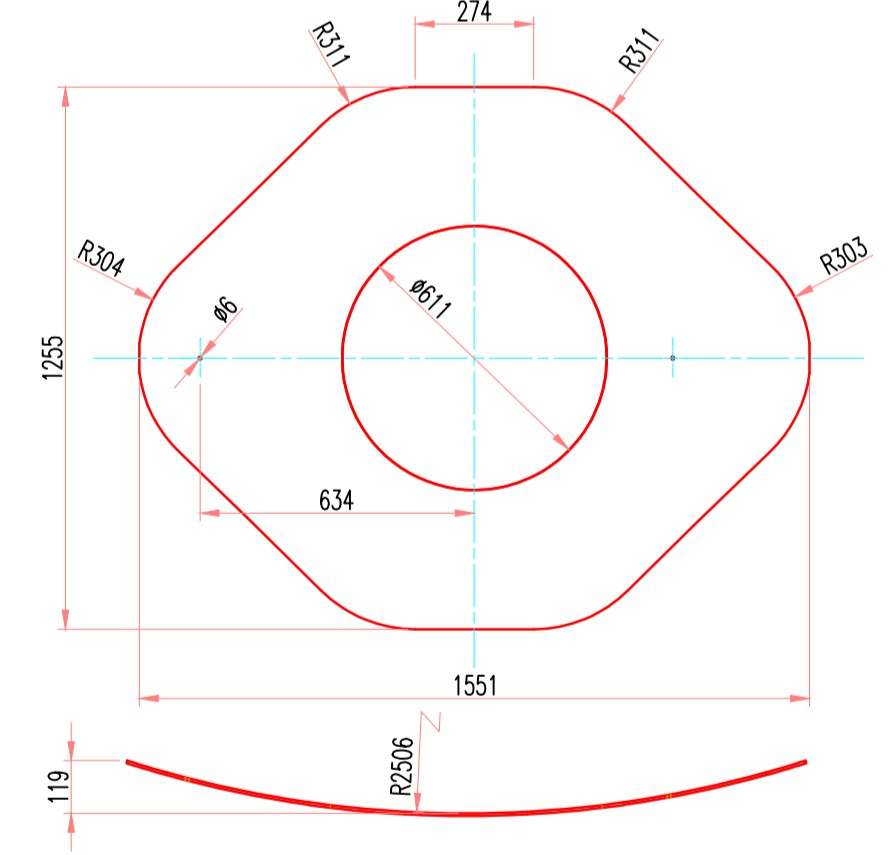
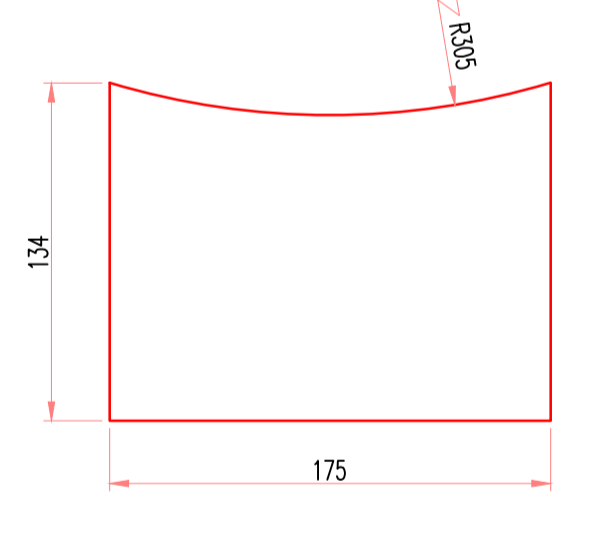
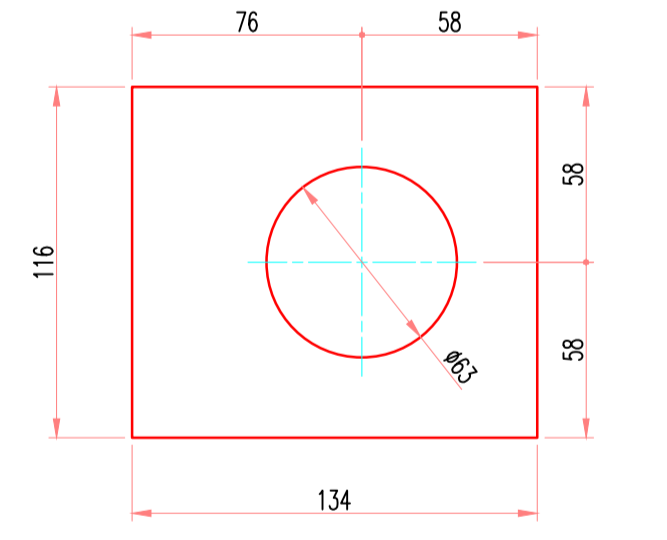
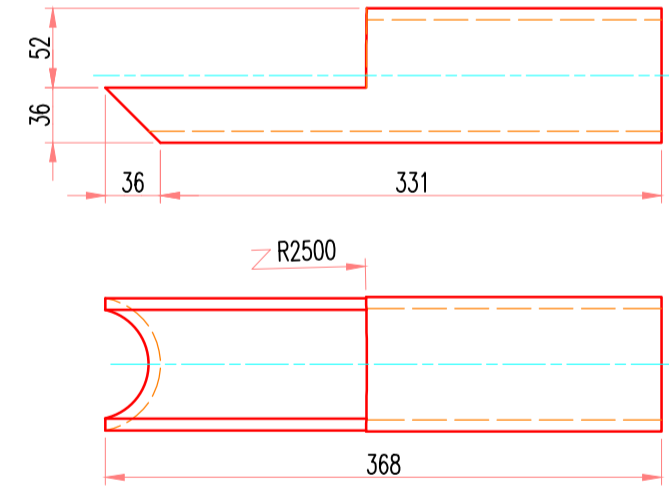
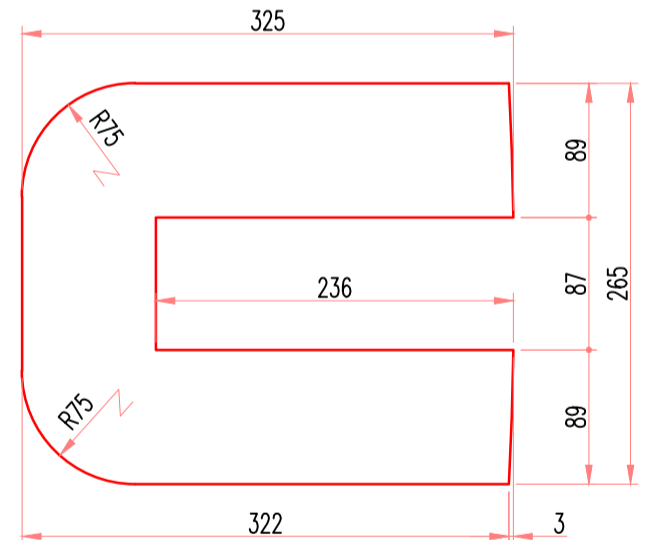
COD.	DESCRIP.
281017p34	PLANCHA DE 6x485mm

COD.	DESCRIP.
281017p35	PLANCHA DE 6x133mm

COD.	DESCRIP.
281017p36	PLANCHA DE 8x44mm



COD.	DESCRIP.
281017p42	PLANCHA DE 12x116mm



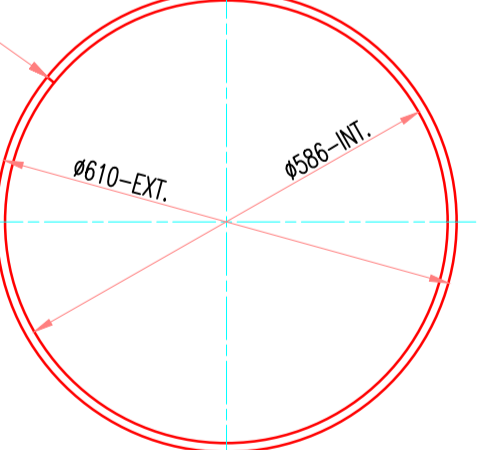
COD.	DESCRIP.
281017p37	PLANCHA DE 8x265mm

COD.	DESCRIP.
28101710	TUBO DE ø3" XS A53-B.

COD.	DESCRIP.
281017p42	PLANCHA DE 12x116mm

COD.	DESCRIP.
281017p39	PLANCHA DE 12x134mm

COD.	DESCRIP.
281017p40	PLANCHA DE 6x1255mm



COD.	DESCRIP.
281017p41	PLANCHA DE 12x1879mm

LISTA DE MATERIALES									
ITEM	DESCRIPCION	MARCA	LONG.	"CANT. UNIT."		PESO (kg)		AREA (M2)	
				UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
TAG 2810-TK-007								PARTES DE CONEXIONES	
1	PLANCHA DE 6x265mm	281017p20	265	3	3	2.30	6.90	0.10	0.31
2	PLANCHA DE 6x368mm	281017p21	368	2	2	2.28	4.56	0.11	0.22
3	PLANCHA DE 6x594mm	281017p22	594	1	1	9.97	9.97	0.44	0.44
4	PLANCHA DE 9x1888mm	281017p23	404	1	1	53.86	53.86	1.55	1.55
5	PLANCHA DE 12x862mm	281017p24	862	2	2	20.57	41.14	0.50	1.01
6	PLANCHA DE 16x862mm	281017p25	862	2	2	64.33	128.66	1.08	2.16
7	PLANCHA DE 3x54mm	281017p26	54	4	4	0.05	0.20	0.01	0.02
8	PLANCHA DE 12x228mm	281017p27	116	2	2	2.16	4.32	0.06	0.11
9	PLANCHA DE 12x175mm	281017p28	116	2	2	1.91	3.82	0.05	0.10
10	PLANCHA DE 12x175mm	281017p29	228	2	2	3.76	7.52	0.09	0.18
11	PLANCHA DE 12x100mm	281017p30	100	2	2	0.45	0.90	0.02	0.03
12	PLANCHA DE 6x1260mm	281017p31	1260	1	1	45.07	45.07	1.95	1.95
13	FIERRO LISO DE ø1/2"	28101711	300	4	4	0.25	1.00	0.01	0.04
14	FIERRO LISO DE ø1/2"	28101712	102	2	2	0.09	0.18	0.00	0.01
15	FIERRO LISO DE ø1/2"	28101713	335	2	2	0.35	0.70	0.01	0.03
16	PLANCHA DE 6x305mm	281017p32	305	2	2	2.98	5.96	0.13	0.27
17	PLANCHA DE 6x305mm	281017p33	305	1	1	2.95	2.95	0.13	0.13
18	PLANCHA DE 6x485mm	281017p34	485	1	1	6.92	6.92	0.31	0.31
19	TUBO DE ø3" XS A53-B.	28101710	368	1	1	3.99	3.99	0.14	0.14
20	PLANCHA DE 6x133mm	281017p35	265	1	1	1.15	1.15	0.05	0.05
21	PLANCHA DE 8x44mm	281017p36	78	1	1	0.16	0.16	0.01	0.01
22	PLANCHA DE 8x265mm	281017p37	325	1	1	3.94	3.94	0.14	0.14
23	PLANCHA DE 12x134mm	281017p39	175	2	2	2.07	4.14	0.05	0.10
24	PLANCHA DE 6x1255mm	281017p40	1550	1	1	52.87	52.87	2.28	2.28
25	PLANCHA DE 12x1879mm	281017p41	350	1	1	61.37	61.37	1.35	1.35
26	PLANCHA DE 12x116mm	281017p42	134	3	3	1.17	3.51	0.03	0.10
TOTAL:						455.8			13.0

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- MATERIAL
- PLANCHAS ASTM-A36.
- SOLDADURA
TODAS LAS CONEXIONES SOLDADAS DEBEN CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO:
• AWS D1.1 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS
• API 650 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE TANQUES.
- PERNOS
• PERNOS ASTM A325
• ARANDELAS ASTM F436
• TUERCAS ASTM A194 2H
• ESPARRAGOS ASTM A193 B7

- LEYENDA:
N.I.P.B. NIVEL INTERIOR DE PLANCHA BASE
N.T.A. NIVEL TOPE ACERO DEL ANILLO DE REFUERZO
C/L CENTRO LINEA TUBERIA
N.T.B. NIVEL TOPE DE BRIDA

- NOTAS:
1. ACOTACIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
2. TODAS LAS ELEVACIONES CL. ACOTADO POR DEBAJO DE LA PLANCHA DE FONDO DEL TANQUE
3. PARA PERNOS COMPLETOS CONSIDERAR (PERNO, TUERCA Y ARANDELA)
4. REALIZAR PRUEBAS VT, PT, UT AL 100%

FECHA	DESCRIPCION	PROYECTO	JEFE DE DISCIPLINA	GERENTE INGENIERIA	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA
10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCION		R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		
10/11/22	EMITIDO PARA REVISION INTERNA		R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		

EMITIDO	FECHA	NOMBRE
REVISADO	NOV. 2022	R. YAÑEZ
APROBADO	NOV. 2022	R. YAÑEZ

PROYECTO
AREA PRINCIPAL
SUB AREA
SECTOR DEL AREA
CONTENIDO

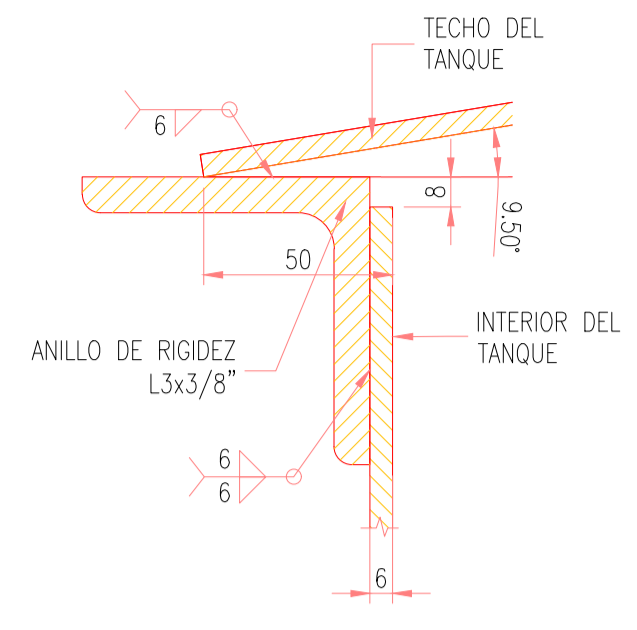
QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
MINA QUELLAVECO
TALLER DE CAMIONES
TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
TAG : 2810-TK-007
FABRICACION DE CONEXIONES (03 de 03)

ESCALA
S/ESC.

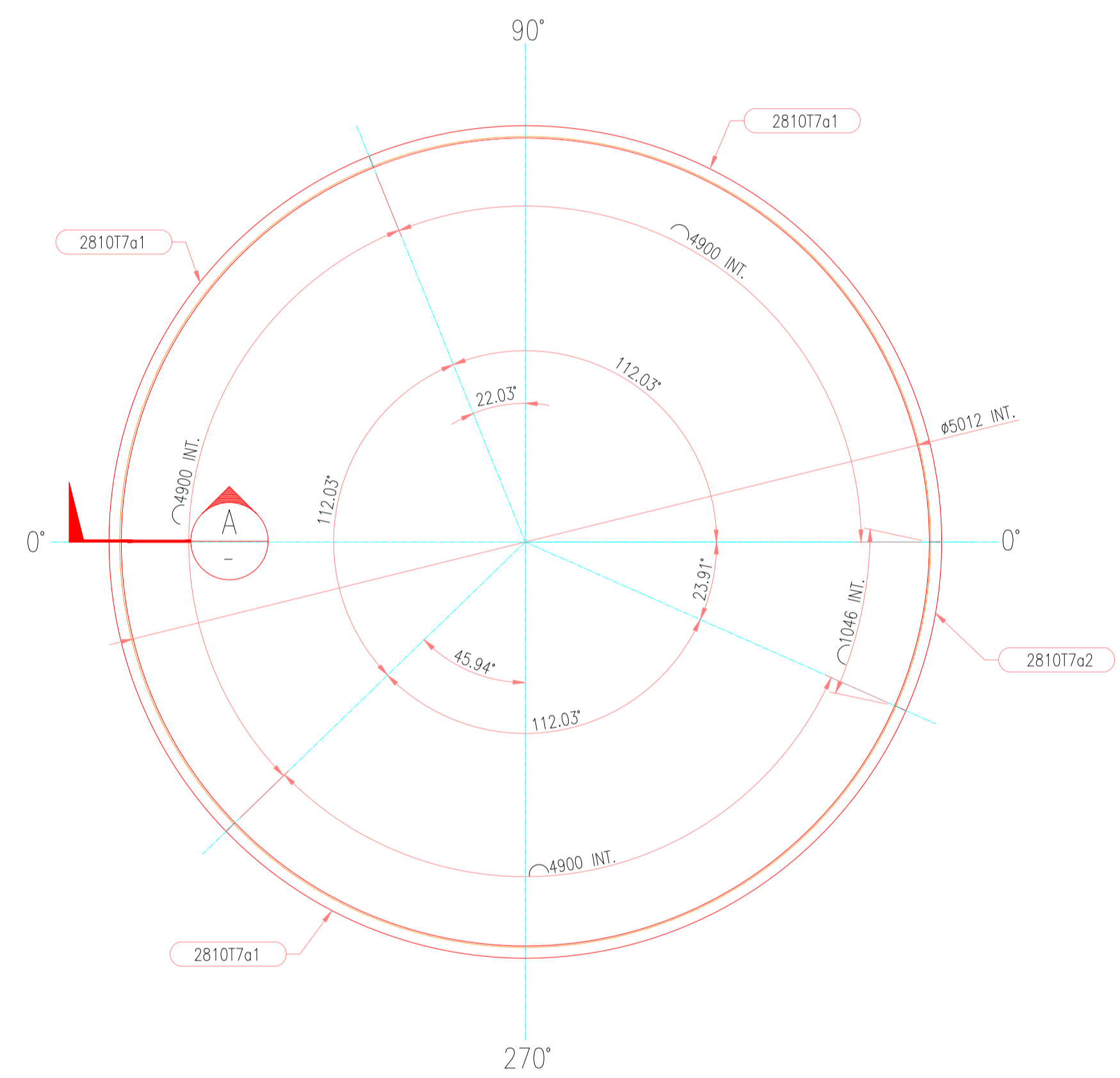
NUMERO DE PLANO
RYV-TK-DR-BQ-004

REV.
0

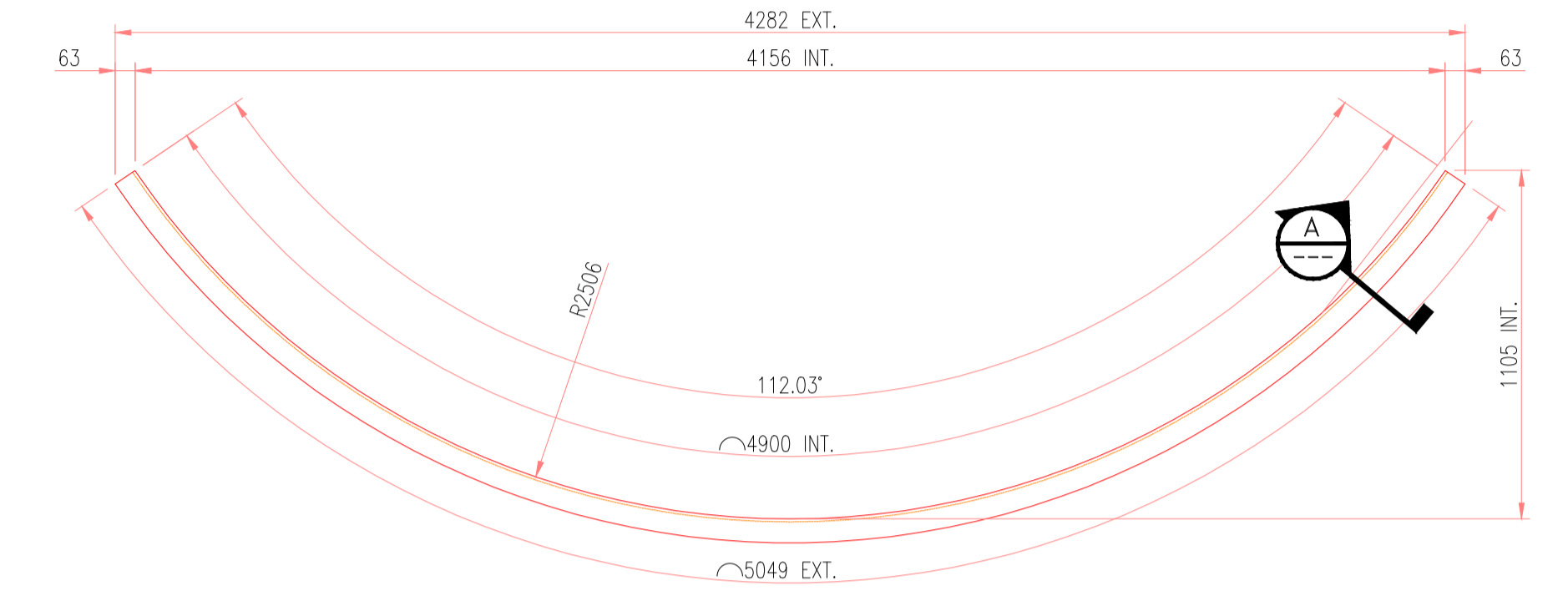
LISTA DE PLANCHAS - 01 UNIDAD								
ITEM	DESCRIPCIÓN	MARCA	LONG. mm	CANT.	PESO (Kg)		ÁREA (M ²)	
					UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
TANQUE AGUA RECUPERADA MINA - ANILLO DE RIGIDEZ / 01 UNIDAD								
1	ANGULO L3"x3"/8" ASTM A36	28107a1	4900	3	52.50	157.51	1.49	4.48
2	ANGULO L3"x3"/8" ASTM A36	28107a2	1046	1	11.21	11.21	0.32	0.32
						168.72		4.80



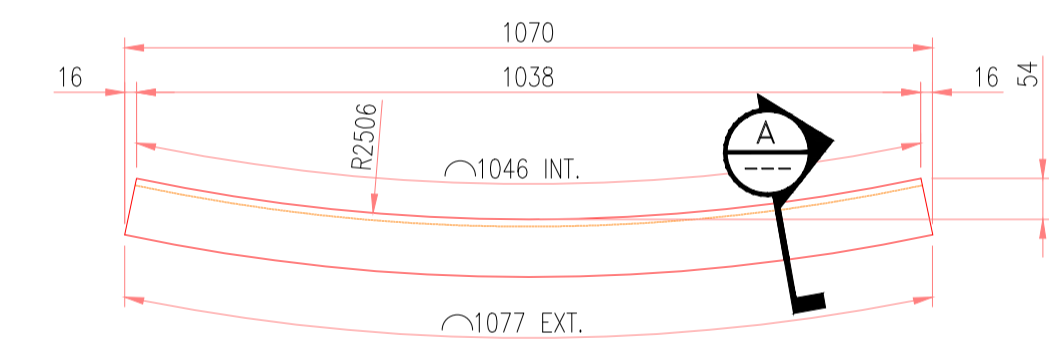
SECCION A
ESC: 1:2



UBICACION DE ANILLO DE RIGIDEZ
VISTA PLANTA
Esc. 1:50



ELEMENTO - 28107a1
ESC. 1:20
CANT. 03 UNID.



ELEMENTO - 28107a2
ESC. 1:10
CANT. 01 UNID.

SECCION A
ESC: 1:10
TIP.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- MATERIAL**
- PLANCHAS ASTM-A36.
- SOLDADURA**
- TODAS LAS CONEXIONES SOLDADAS DEBEN CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO:
- AWS D1.1 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS
 - API 650 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE TANQUES.
- NOTAS:**
1. ACOTACIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
 2. PLANCHAS COMERCIALES ASTM A36 EN FORMATO DE 2400mmx12000mm.
 3. DAR SOBRE MEDIDA 100mm. PARA AJUSTAR EN ARMADO DE CASCO

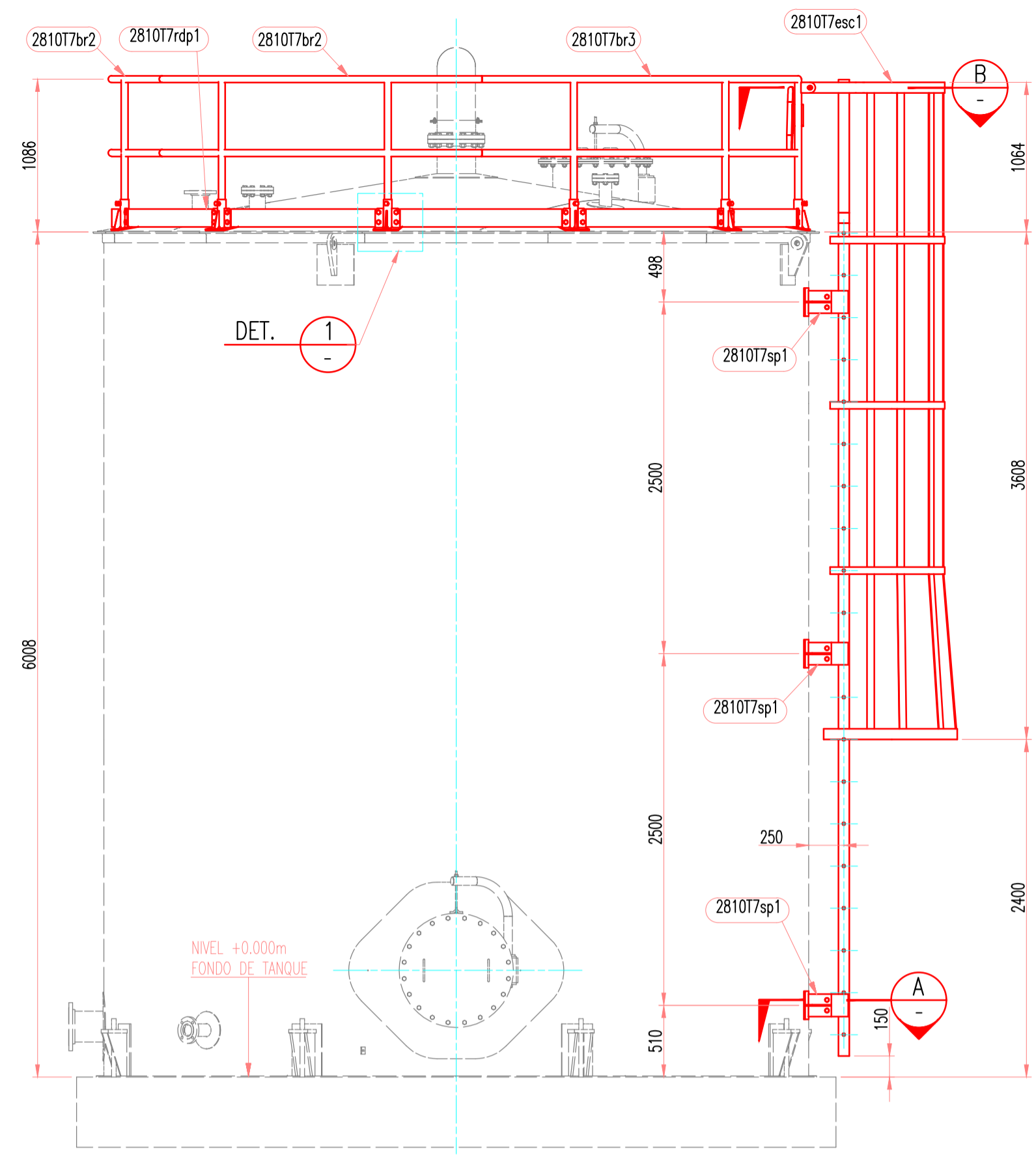
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	PROMOTOR	JEFE DE OFICINA	GERENTE INGENIERIA	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA
0	10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN.	R. YÁÑEZ	R. YÁÑEZ	R. YÁÑEZ		
A	10/11/22	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA.	R. YÁÑEZ	R. YÁÑEZ	R. YÁÑEZ		

FECHA	NOMBRE	PROYECTO
NOV. 2022	R. YÁÑEZ	QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
NOV. 2022	R. YÁÑEZ	MINA QUELLAVECO
NOV. 2022	R. YÁÑEZ	TALLER DE CAMIONES
-	-	SUB AREA
-	-	SECTOR DEL AREA
-	-	CONTENIDO
CLIENTE	-	-

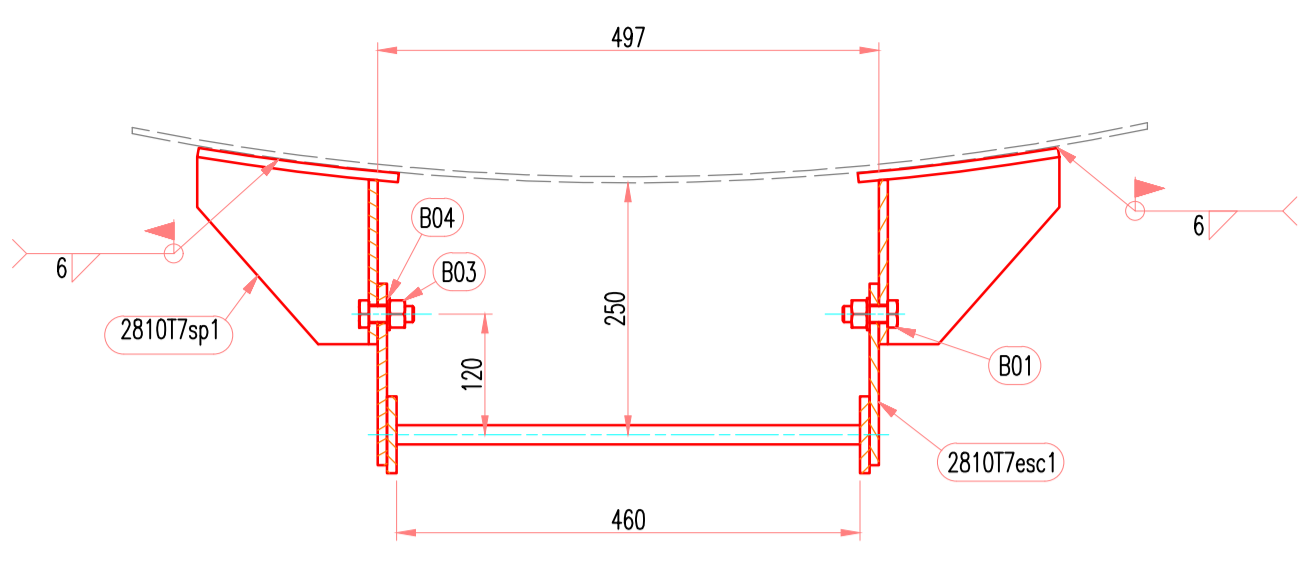
ESCALA S/ESC. NUMERO DE PLANO

RYV-TK-DR-AR-001

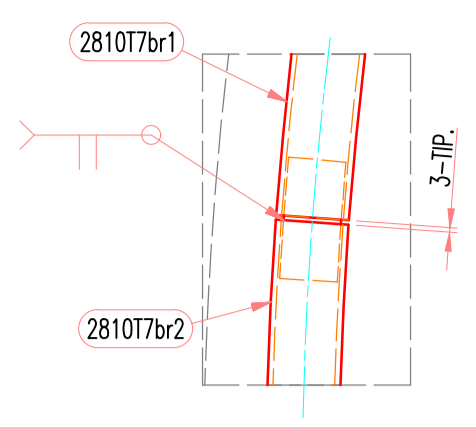
REV. 0



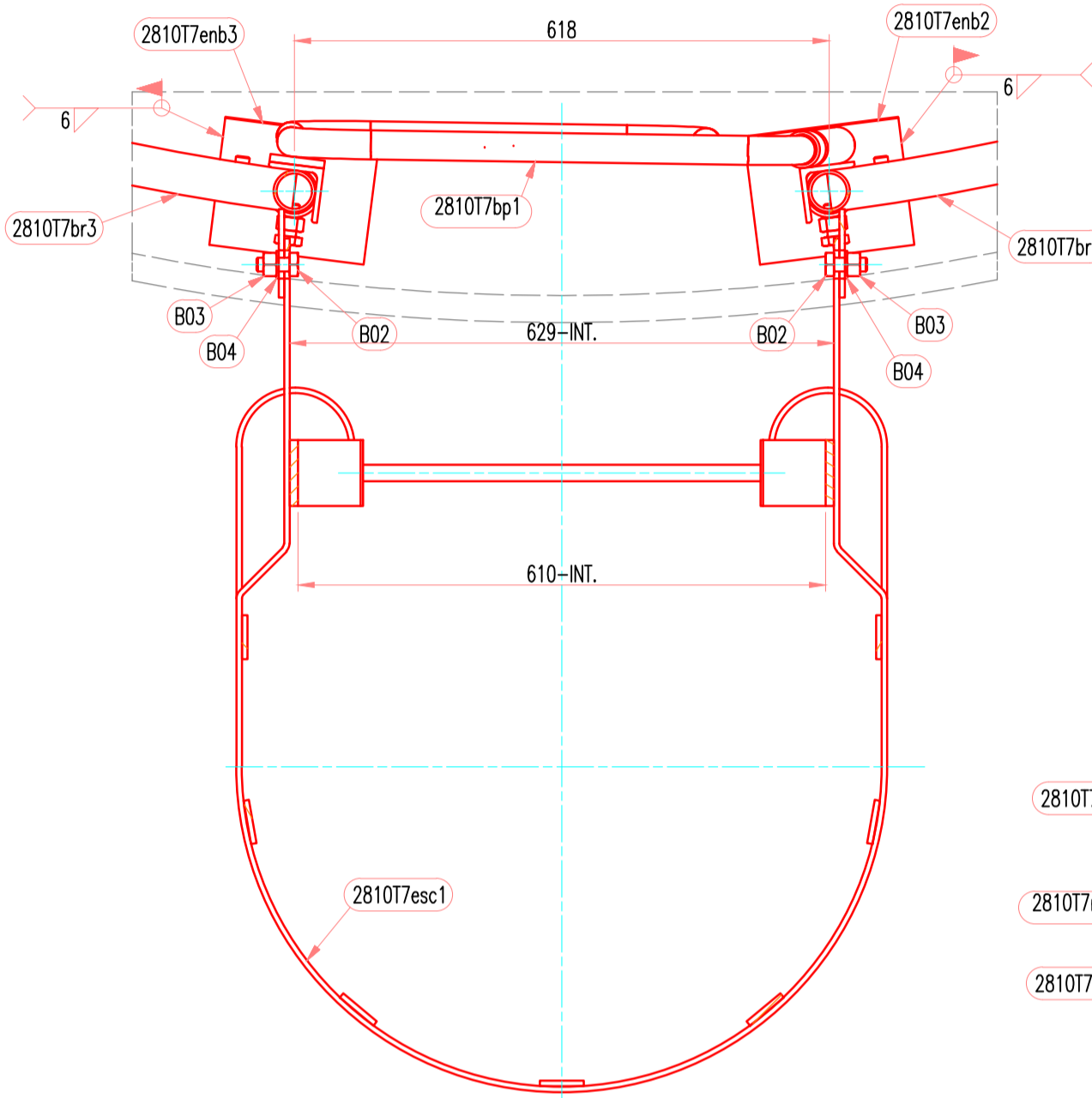
2810-TK-007 VISTA 0°
ESCALA 1/35



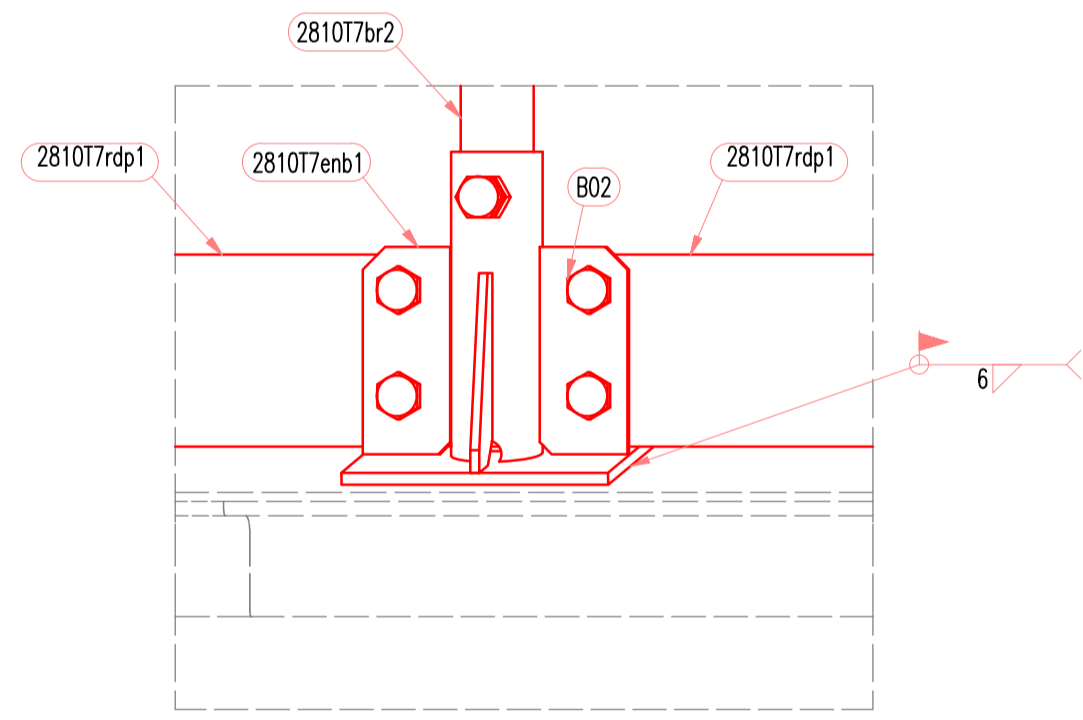
SECCION A
ESCALA 1/7.5



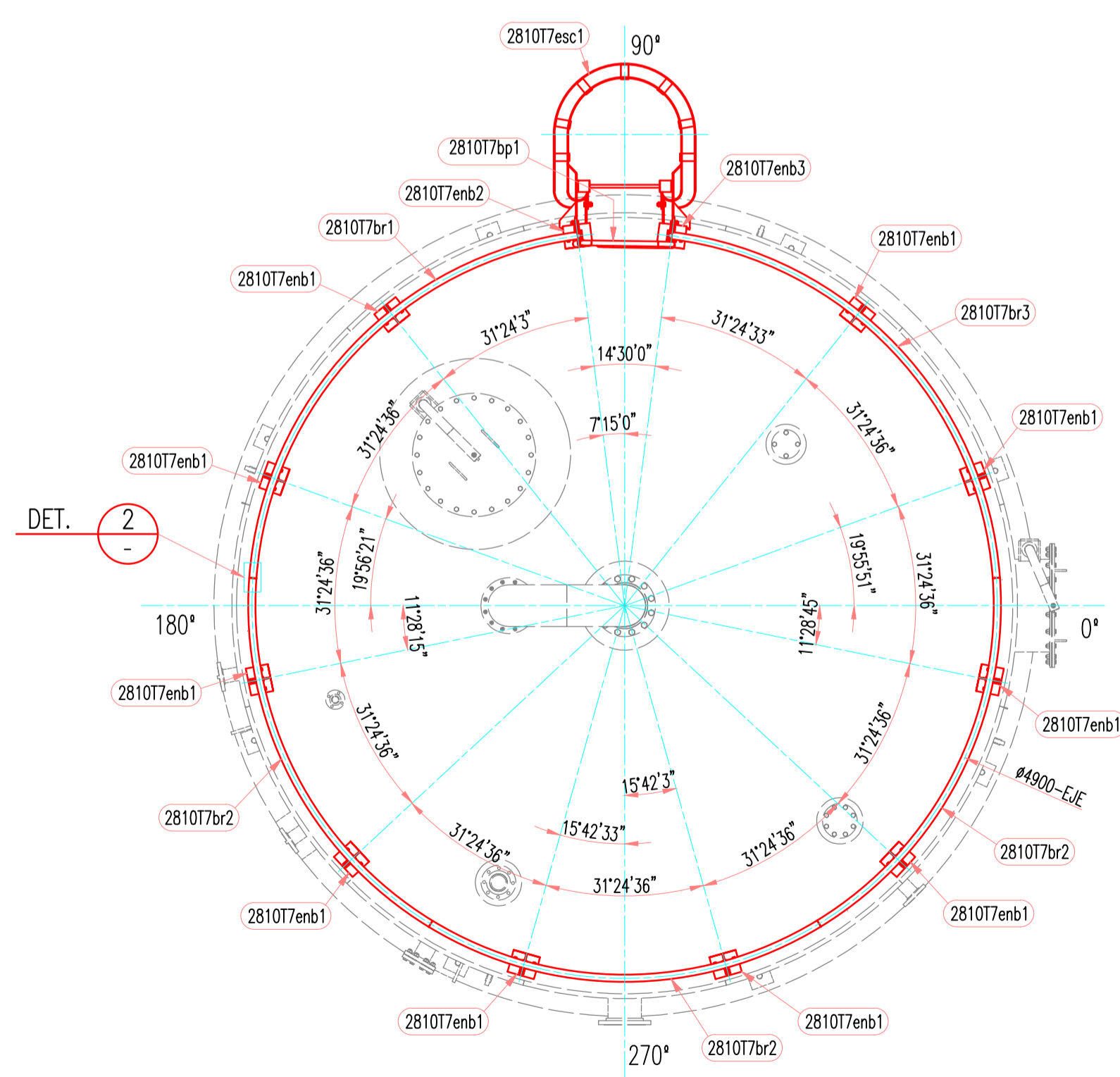
DETALLE 2
ESCALA 1/5



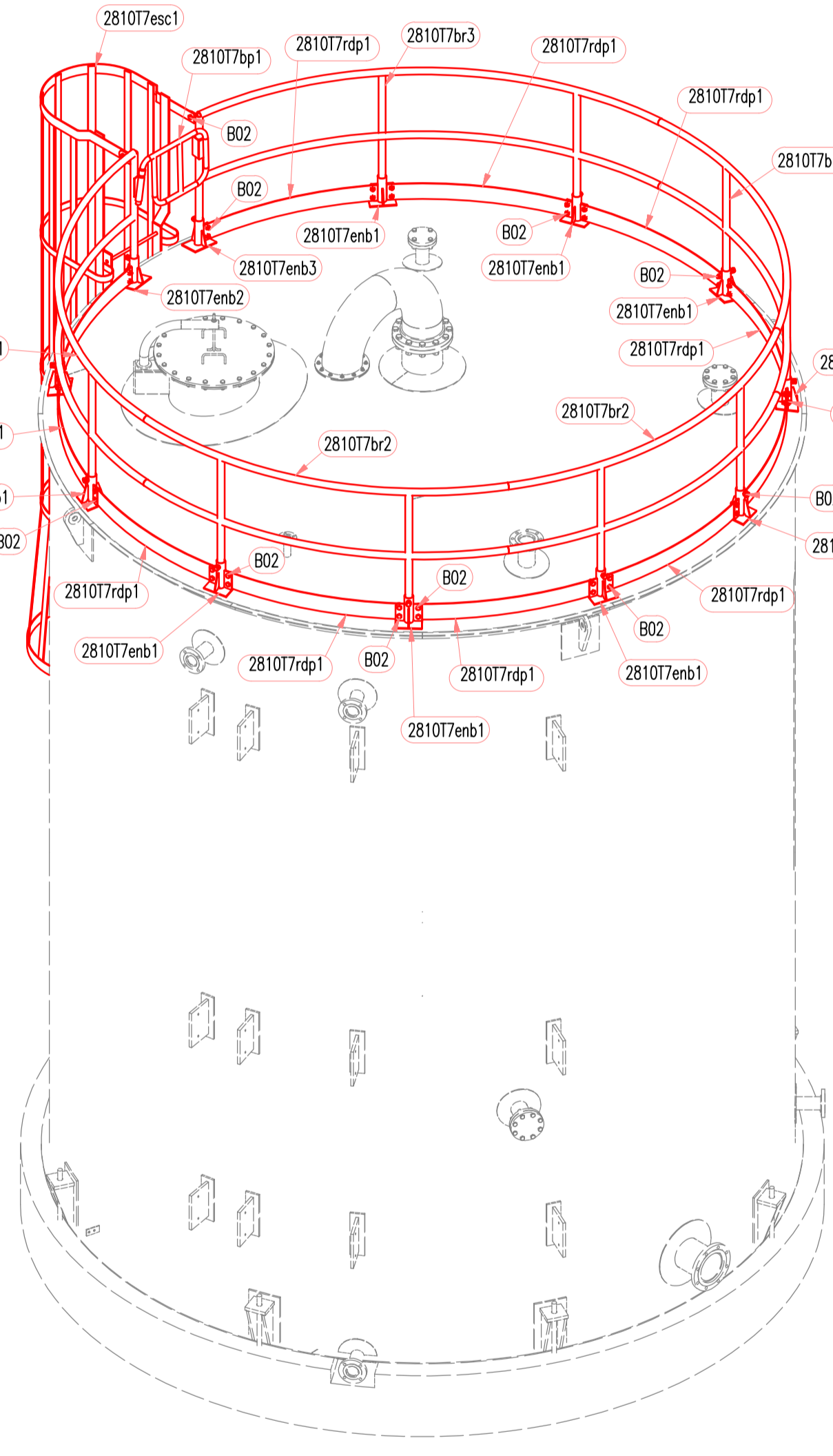
SECCION B
ESCALA 1/7.5



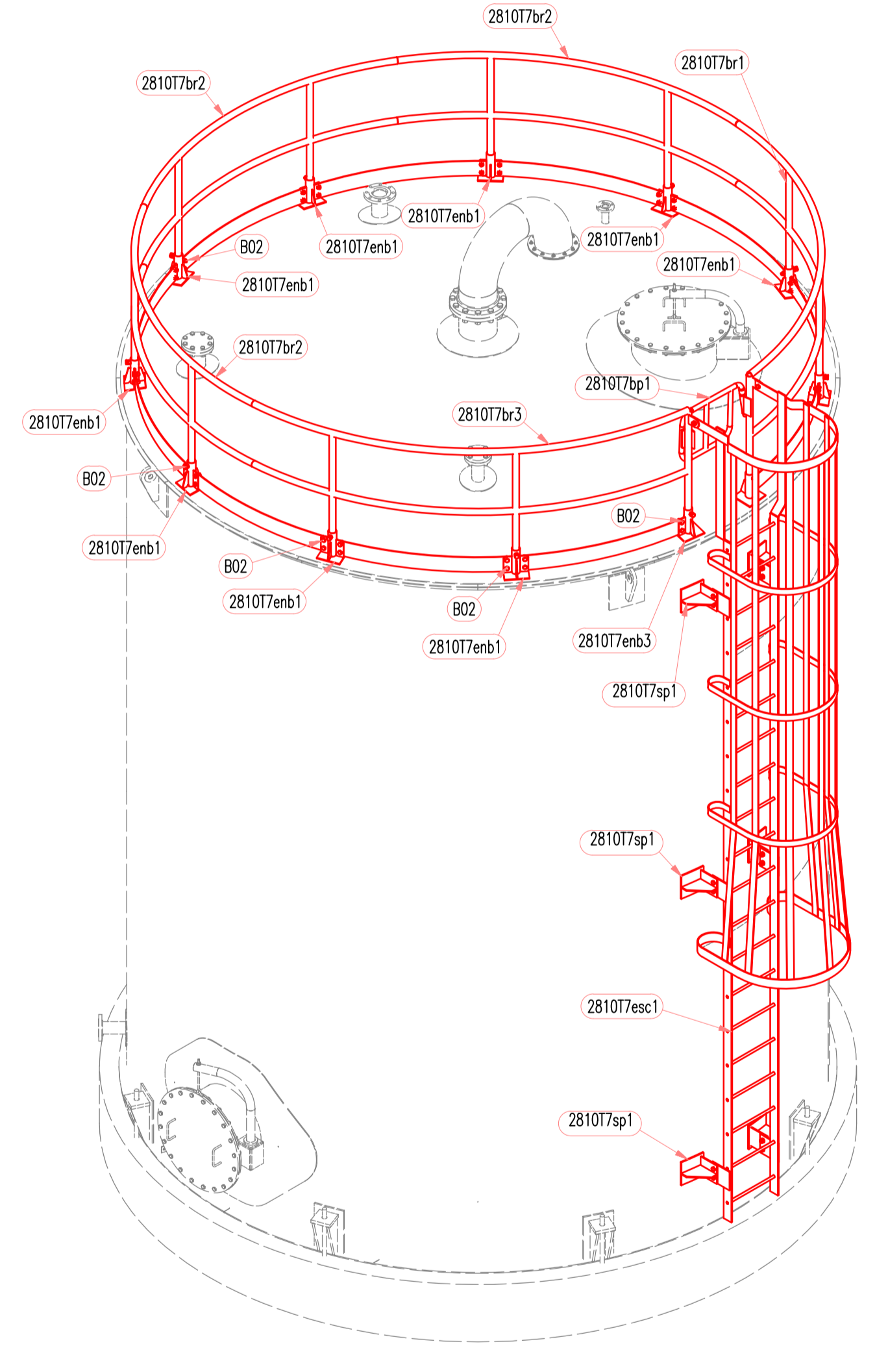
DETALLE 1
ESCALA 1/5



2810-TK-007 VISTA DE PLANTA
ESCALA 1/35



2810-TK-007 ISOMETRICO
ESCALA 1/35

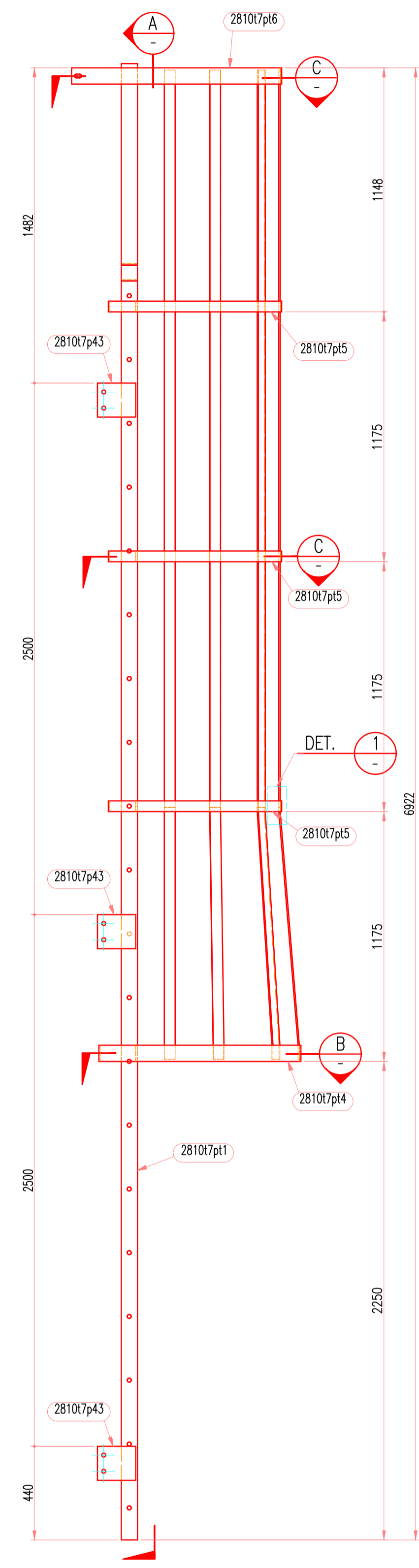


2810-TK-007 ISOMETRICO
ESCALA 1/35

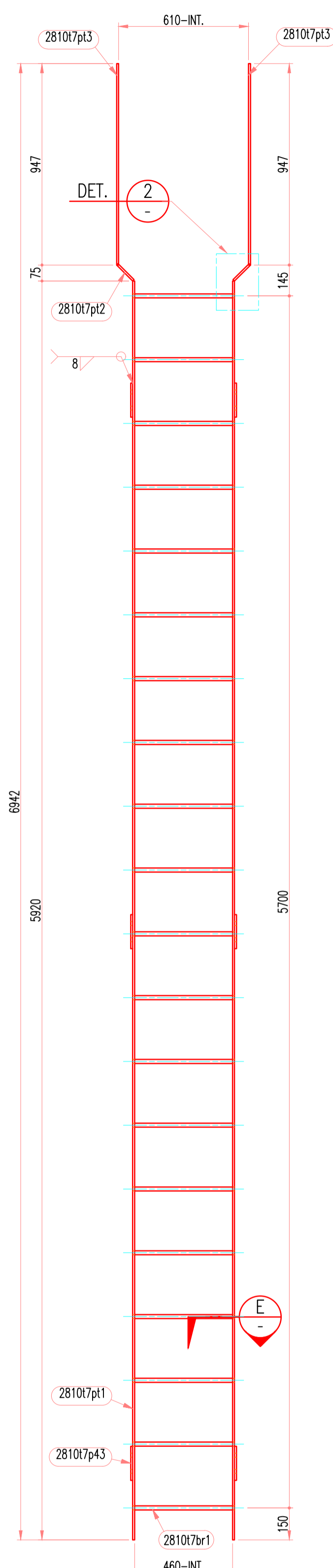
ITEM	DESCRIPCION	MARCA	LONG.	CANT.		PESO (kg)		AREA (M2)	
				UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
				TAG: 2810-TK-007 / ESCALERA Y BARANDAS					
1	ESCALERA	28107esc1		1	1	233.98	233.98	8.71	8.71
2	SOPORTE DE ESCALERA	28107sp1		6	6	6.15	36.90	0.19	1.15
3	BARANDA DE TECHO	28107br1		1	1	43.21	43.21	1.60	1.60
4	BARANDA DE TECHO	28107br2		3	3	31.68	95.04	1.15	3.45
5	BARANDA DE TECHO	28107br3		1	1	41.25	41.25	1.57	1.57
6	PUERTA DE ACCESO	28107bp1		1	1	6.44	6.44	0.27	0.27
7	CLIPS PARA BARANDA DE TECHO	28107enb1		10	10	3.82	38.20	0.18	1.85
8	CLIPS PARA BARANDA DE TECHO	28107enb2		1	1	3.47	3.47	0.17	0.17
9	CLIPS PARA BARANDA DE TECHO	28107enb3		1	1	3.47	3.47	0.17	0.17
10	RODAPIE PARA BARANDA DE TECHO	28107rdp1		11	11	8.05	88.55	0.34	3.76
11	PERNO HEX. DE 05/8" x 1 3/4"	B01		12	12	0.12	1.44	0.00	0.05
12	PERNO HEX. DE 05/8" x 1 1/2"	B02		46	46	0.11	5.06	0.00	0.18
13	TUERCA HEX. DE 05/8"	B03		58	58	0.06	3.48	0.00	0.17
14	ARANDELA PLANA DE 05/8"	B04		58	58	0.01	0.58	0.00	0.09
TOTAL:							601.1		23.18

REV.	FECHA	DESCRIPCION	PROYECTISTA	JEFE DE DISCIPLINA	GERENTE INGENIERIA	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA
0	10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	R. YANEZ	R. YANEZ	R. YANEZ		
A	10/11/22	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	R. YANEZ	R. YANEZ	R. YANEZ		

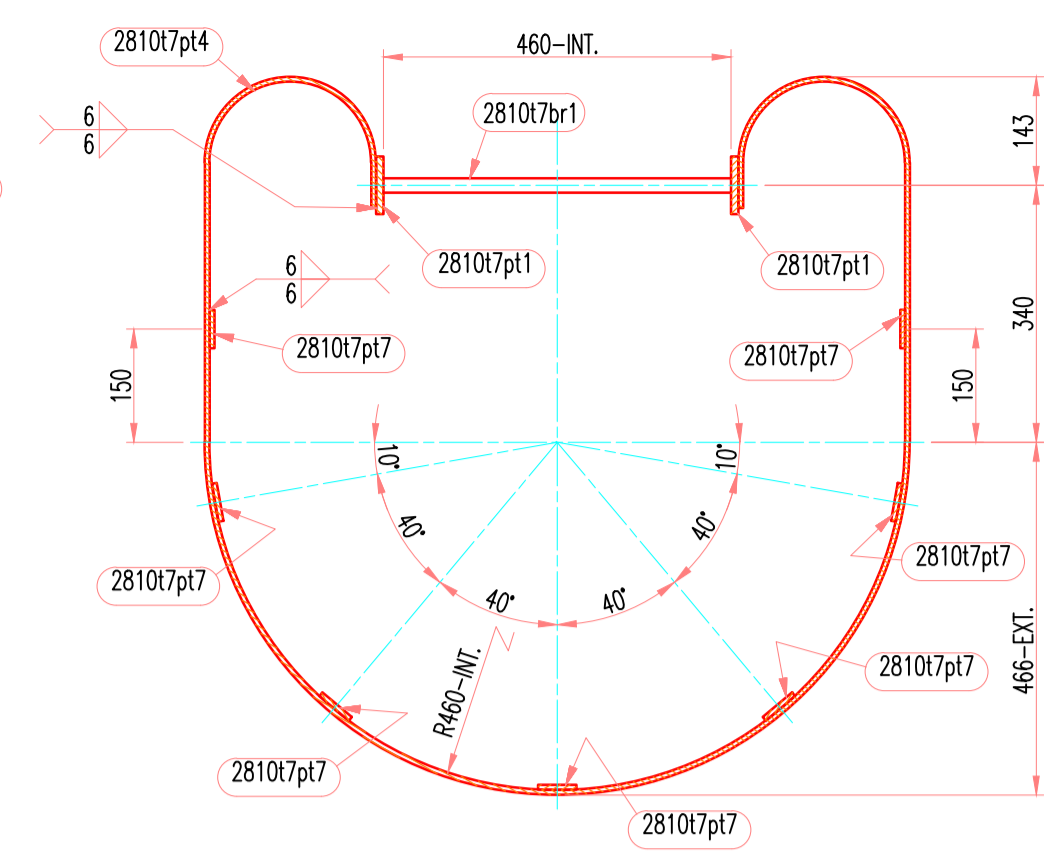
FECHA	NOMBRE	PROYECTO	AREA PRINCIPAL	SUB AREA	SECTOR DEL AREA	CONTENIDO	CLIENTE	ESCALA S/ESC.	NUMERO DE PLANO	REV.
NOV. 2022	R. YANEZ	QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE	MINA QUELLAVECO	TALLER DE CAMIONES	TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES	TAG : 2810-TK-007				
NOV. 2022	R. YANEZ					ESCALERA Y BARANDAS				
									RYV-TK-DR-EB-001	0



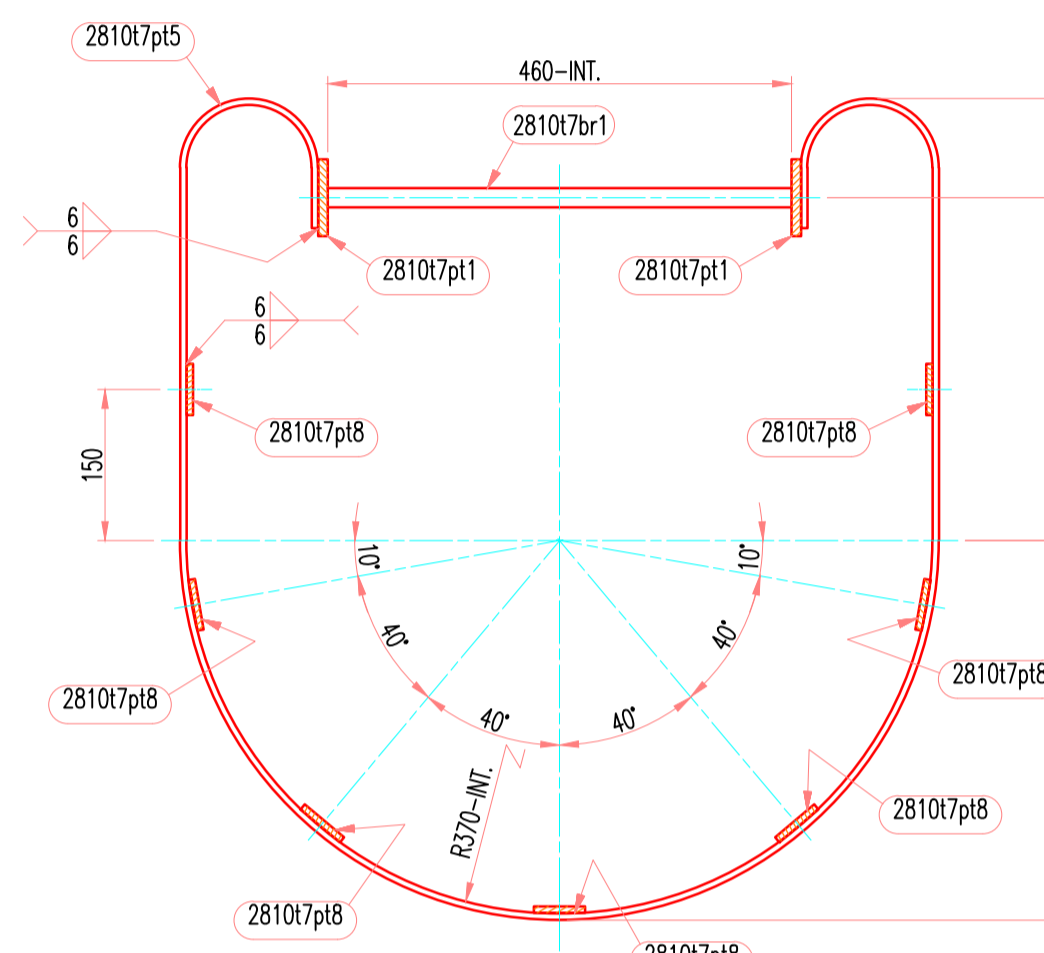
ELEMENTO / 28107esc1 ELEVACION FRONTAL
ESCALA 1/17.5



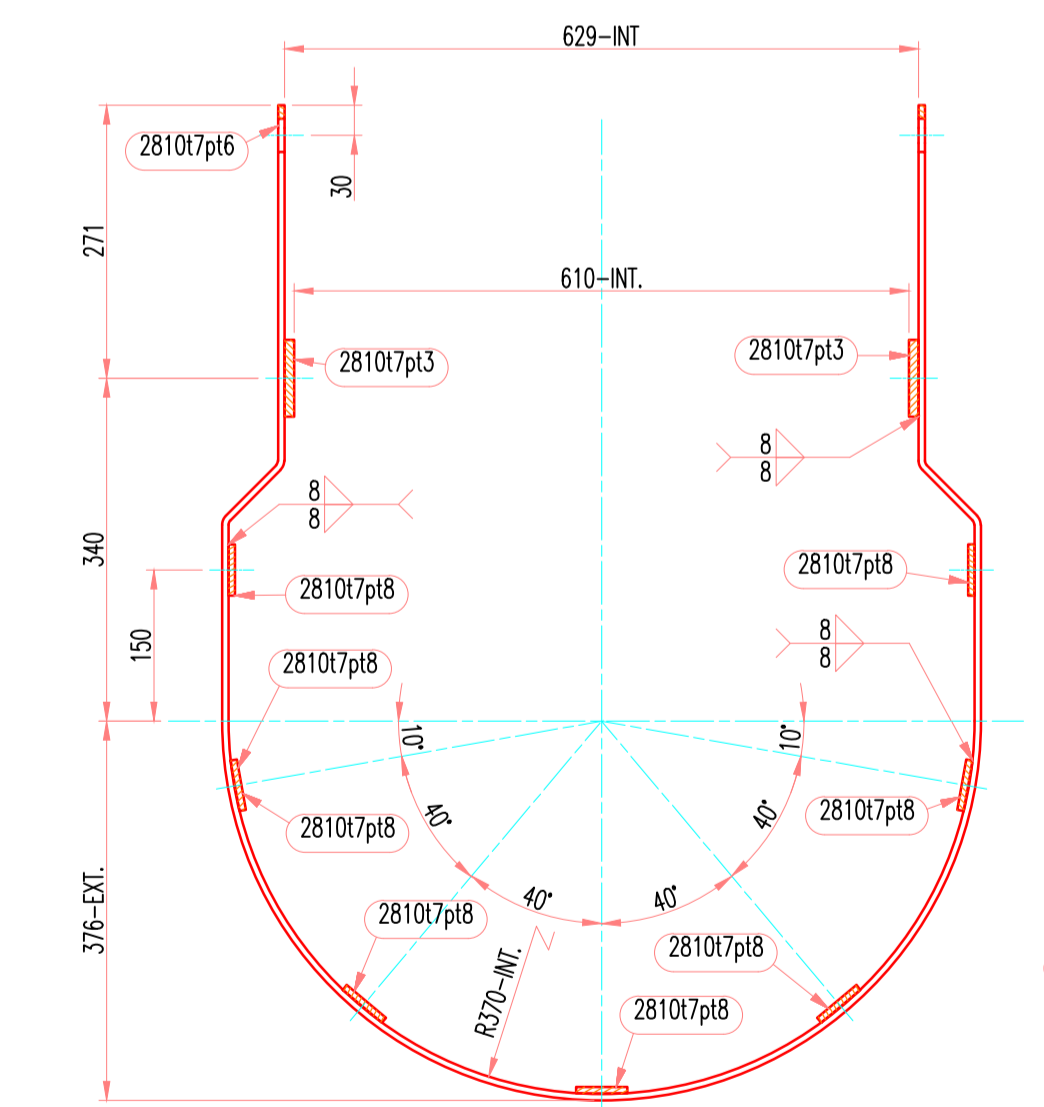
SECCION A
ESCALA 1/17.5



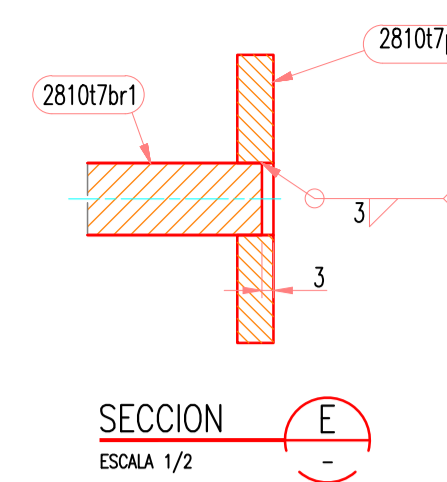
SECCION B
ESCALA 1/10



SECCION C
ESCALA 1/7.5

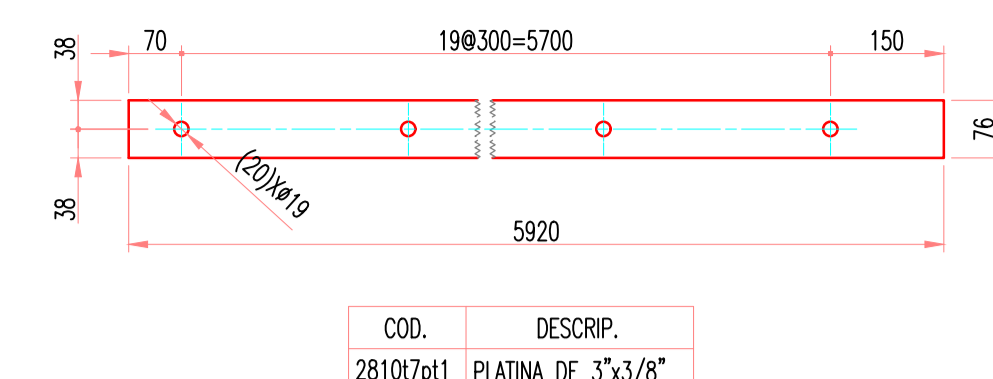


SECCION D
ESCALA 1/7.5

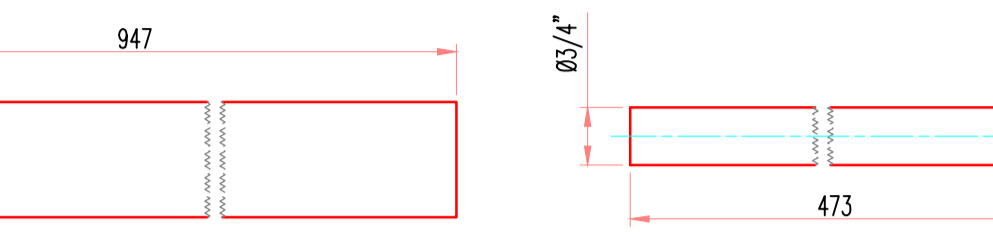


SECCION E
ESCALA 1/2

COD. DESCRIP.
2810t7p2 PLATINA DE 3"x3/8"

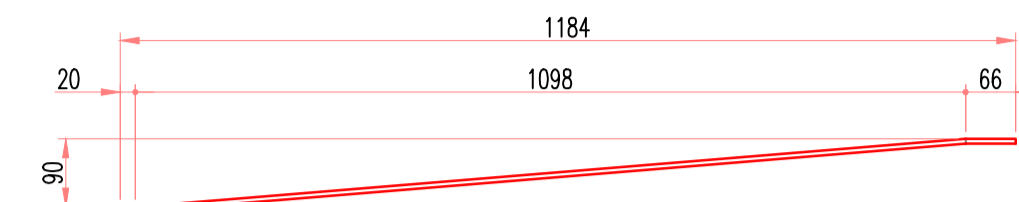


COD. DESCRIP.
2810t7p1 PLATINA DE 3"x3/8"

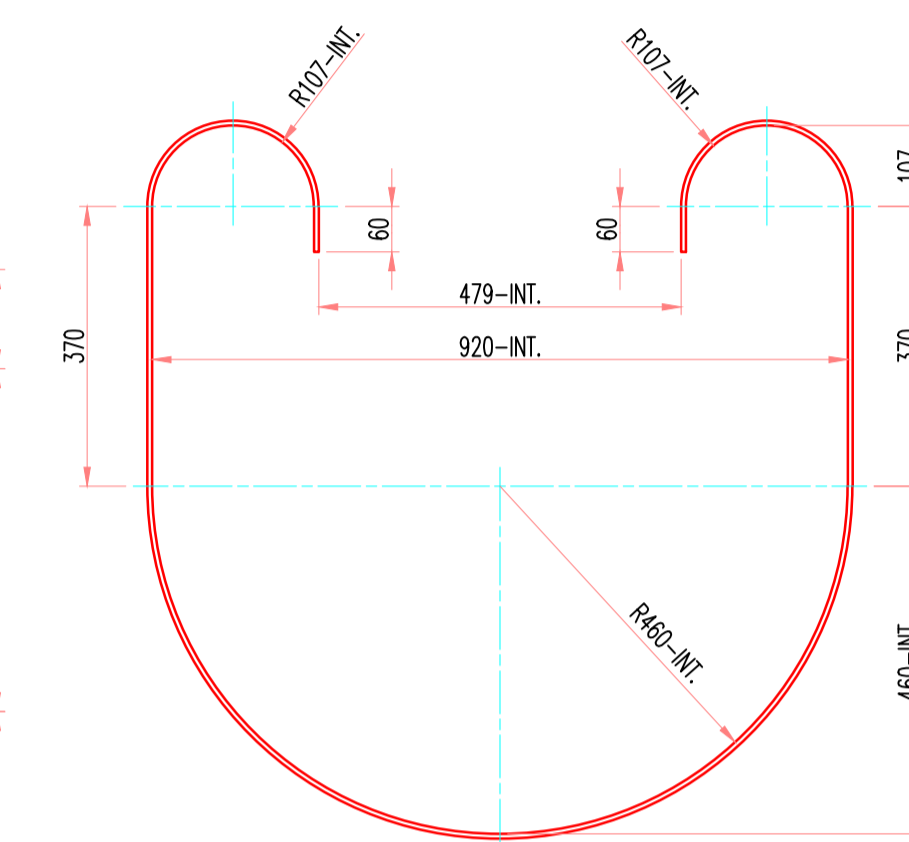


COD. DESCRIP.
2810t7p3 PLATINA DE 3"x3/8"

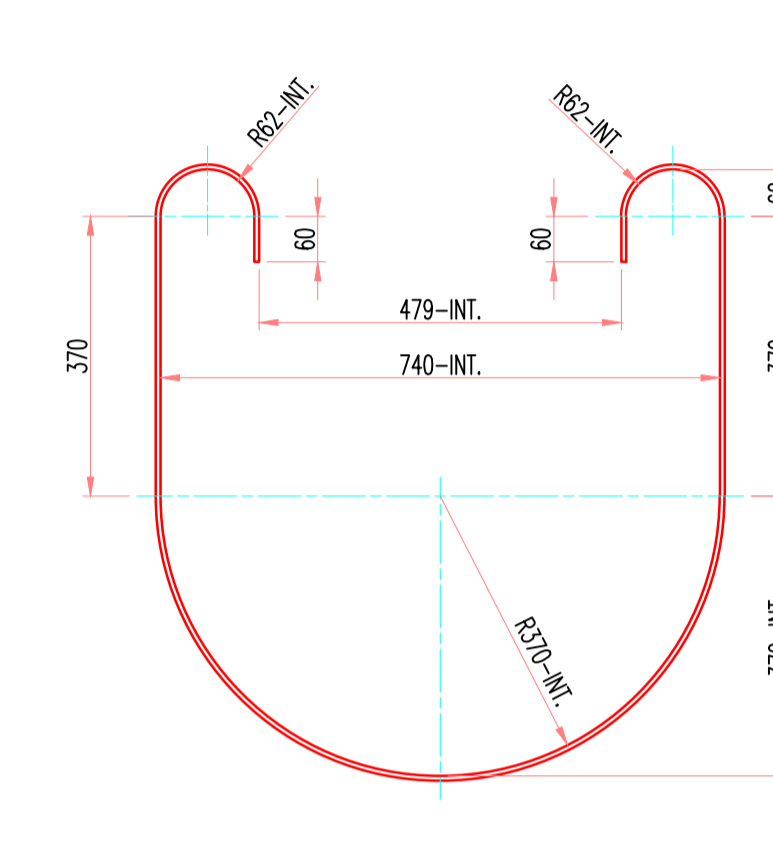
COD. DESCRIP.
2810t7br1 FIERRO LISO DE ø3/4"



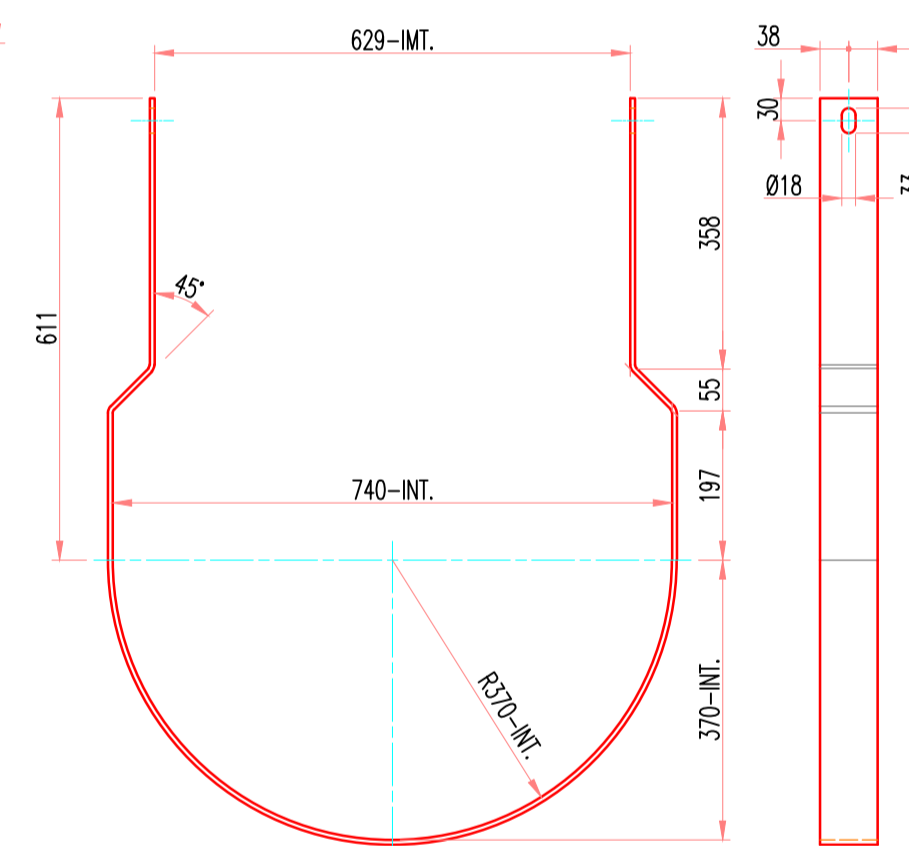
COD. DESCRIP.
2810t7p7 PLATINA DE 2"x1/4"



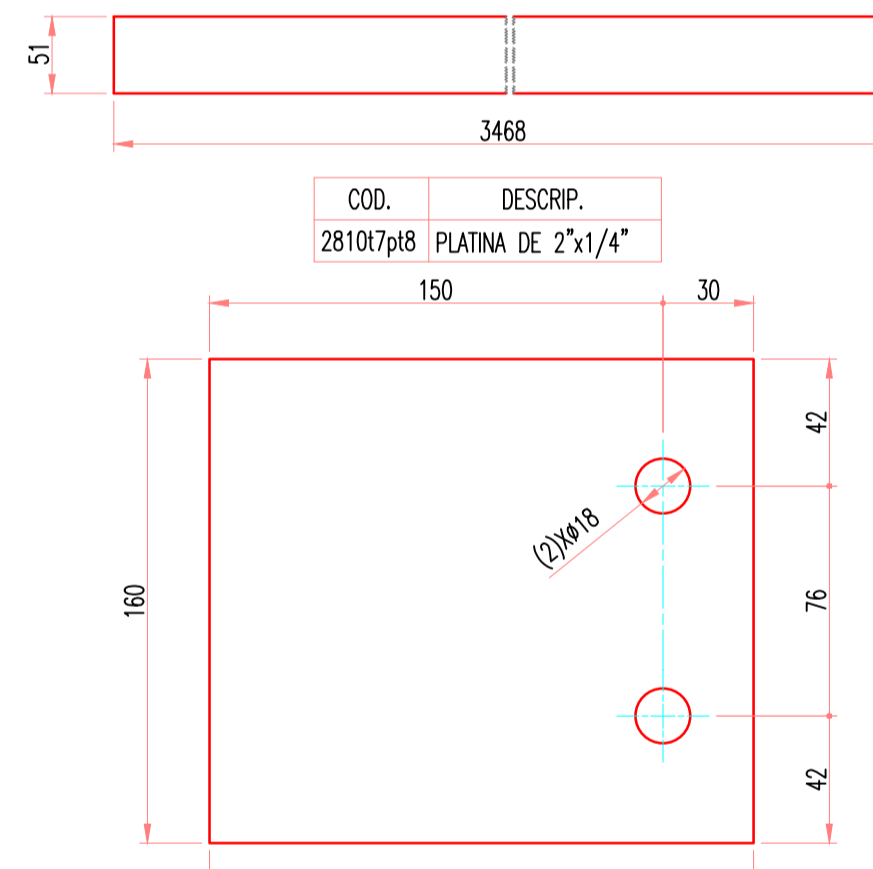
COD. DESCRIP.
2810t7p4 PLATINA DE 3"x1/4"



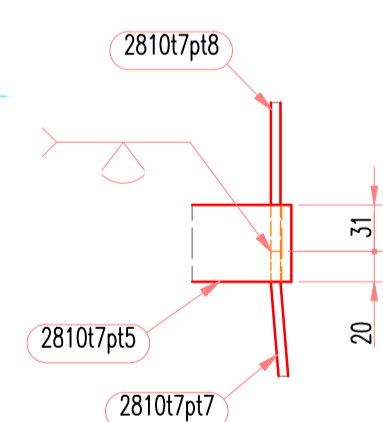
COD. DESCRIP.
2810t7p5 PLATINA DE 2"x1/4"



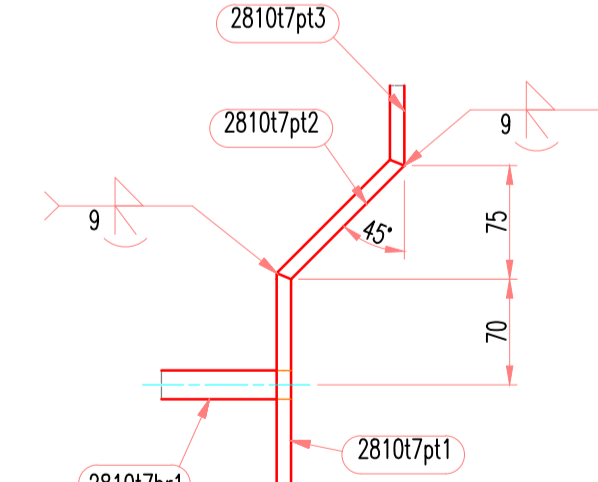
COD. DESCRIP.
2810t7p8 PLATINA DE 3"x1/4"



COD. DESCRIP.
2810t7p43 PL.9mm x 160mm



DETALLE 1
ESCALA 1/5

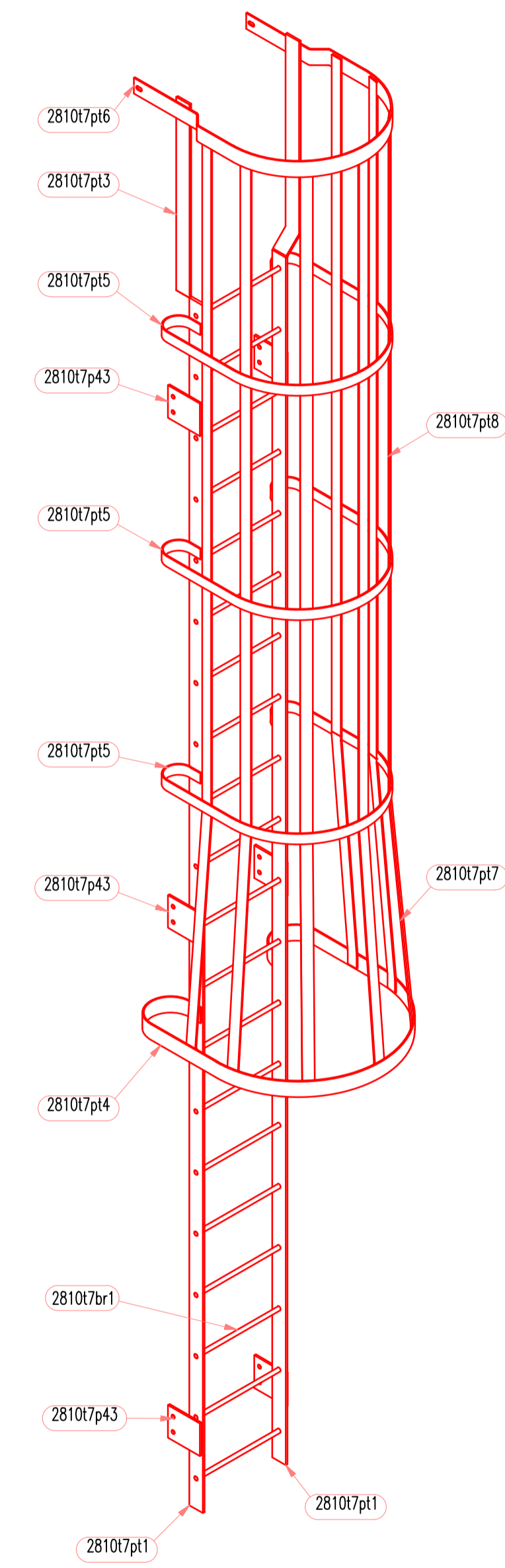


DETALLE 2
ESCALA 1/5

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- MATERIAL
- PLANCHAS ASTM-A36.
SOLDADURA
TODAS LAS CONEXIONES SOLDADAS DEBEN CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO:
- AWS D1.1 PARA FABRICACION E INSPECCION DE ESTRUCTURAS
- API 650 PARA FABRICACION E INSPECCION DE TANQUES.
PERNOS
- PERNOS ASTM A325, A307
- ARANDELAS ASTM F436
- TUERCASASTM A194 2H, A563 GR. A
- ESPARRAGOS ASTM A193 B7

- LEYENDA:
N.I.P.B. NIVEL INTERIOR DE PLANCHA BASE
N.T.A. NIVEL TOPE ACERO DEL ANILLO DE REFUERZO
E.L. ELEVACION
N.T.C. NIVEL TOPE DE CONCRETO

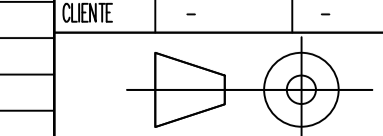


ELEMENTO / 28107esc1
ESCALA 1/25

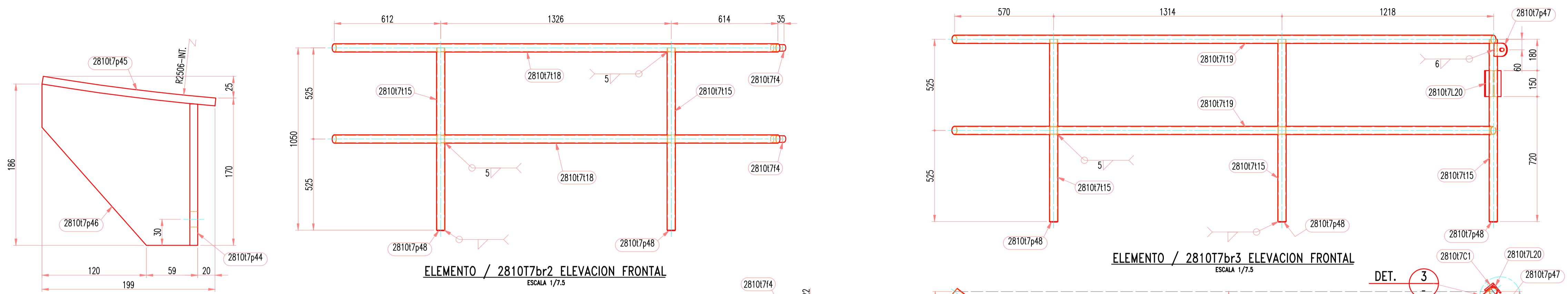
ITEM	DESCRIPCION	MARCA	LONG.	CANT.		PESO (kg)	AREA (M2)		
				UNID.	TOTAL		UNID.	TOTAL	
ELEMENTO / 28107esc1									
				CANTIDAD:		01 UNIDAD			
1	PLATINA DE 3"x3/8"	2810t7p1	5920	2	2	33.30	66.60	1.01 2.02	
2	PLATINA DE 3"x3/8"	2810t7p2	106	2	2	0.60	1.20	0.02 0.04	
3	PLATINA DE 3"x3/8"	2810t7p3	947	2	2	5.40	10.80	0.16 0.33	
4	FIERRO LISO DE ø3/4"	2810t7br1	473	20	20	1.07	21.40	0.03 0.58	
5	PLATINA DE 3"x1/4"	2810t7p4	3004	1	1	11.42	11.42	0.50 0.50	
6	PLATINA DE 2"x1/4"	2810t7p5	2439	3	3	6.18	18.54	0.28 0.84	
7	PLATINA DE 3"x1/4"	2810t7p6	2436	1	1	9.23	9.23	0.40 0.40	
8	PLATINA DE 2"x1/4"	2810t7p7	1188	7	7	3.01	21.07	0.14 0.95	
9	PLATINA DE 2"x1/4"	2810t7p8	3468	7	7	8.82	61.74	0.38 2.68	
10	PL.9mm x 160mm	2810t7p43	180	6	6	2.00	12.00	0.06 0.38	
TOTAL:							234.0	8.71	

FECHA	DESCRIPCION	PROYECTISTA	JEFE DE DISCIPLINA	GERENTE INGENIERIA	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA
10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	R. YANEZ	R. YANEZ	R. YANEZ		
10/11/22	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	R. YANEZ	R. YANEZ	R. YANEZ		

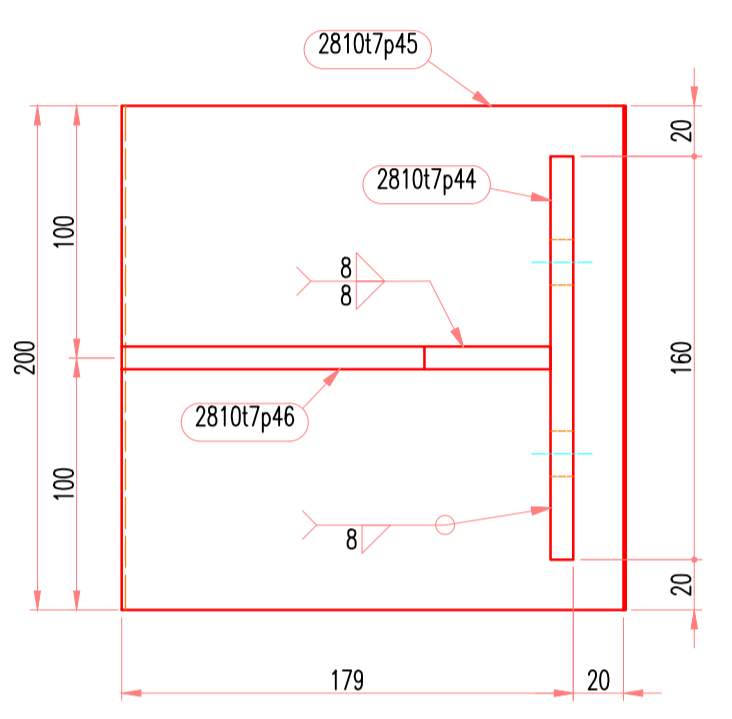
FECHA	NOMBRE	PROYECTO
NOV. 2022	R. YANEZ	QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
NOV. 2022	R. YANEZ	MINA QUELLAVECO
NOV. 2022	R. YANEZ	TALLER DE CAMIONES
-	-	SUB AREA
-	-	SECTOR DEL AREA
-	-	TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
-	-	TAG : 2810-TK-007
-	-	FABRICACION DE ESCALERA
CLIENTE	-	NUMERO DE PLANO
		RYV-TK-DR-EB-002



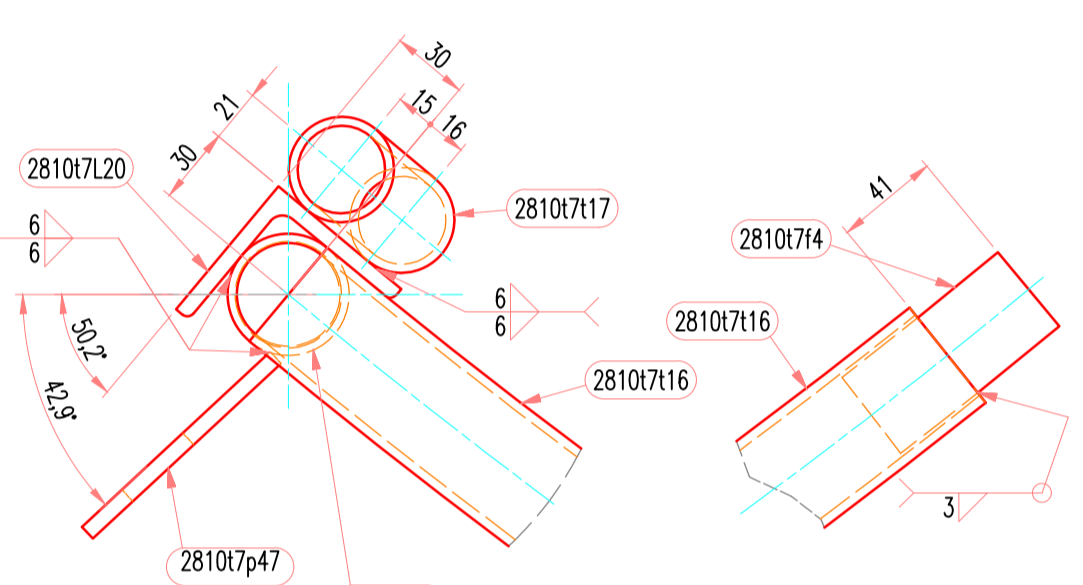
REV. 0



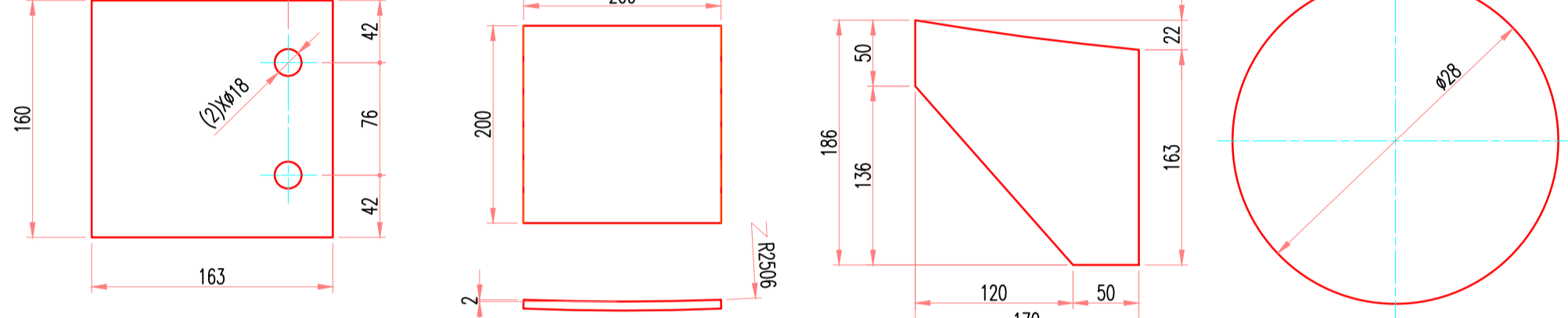
ELEMENTO / 2810T7sp1 VISTA DE PLANTA
ESCALA 1/7.5



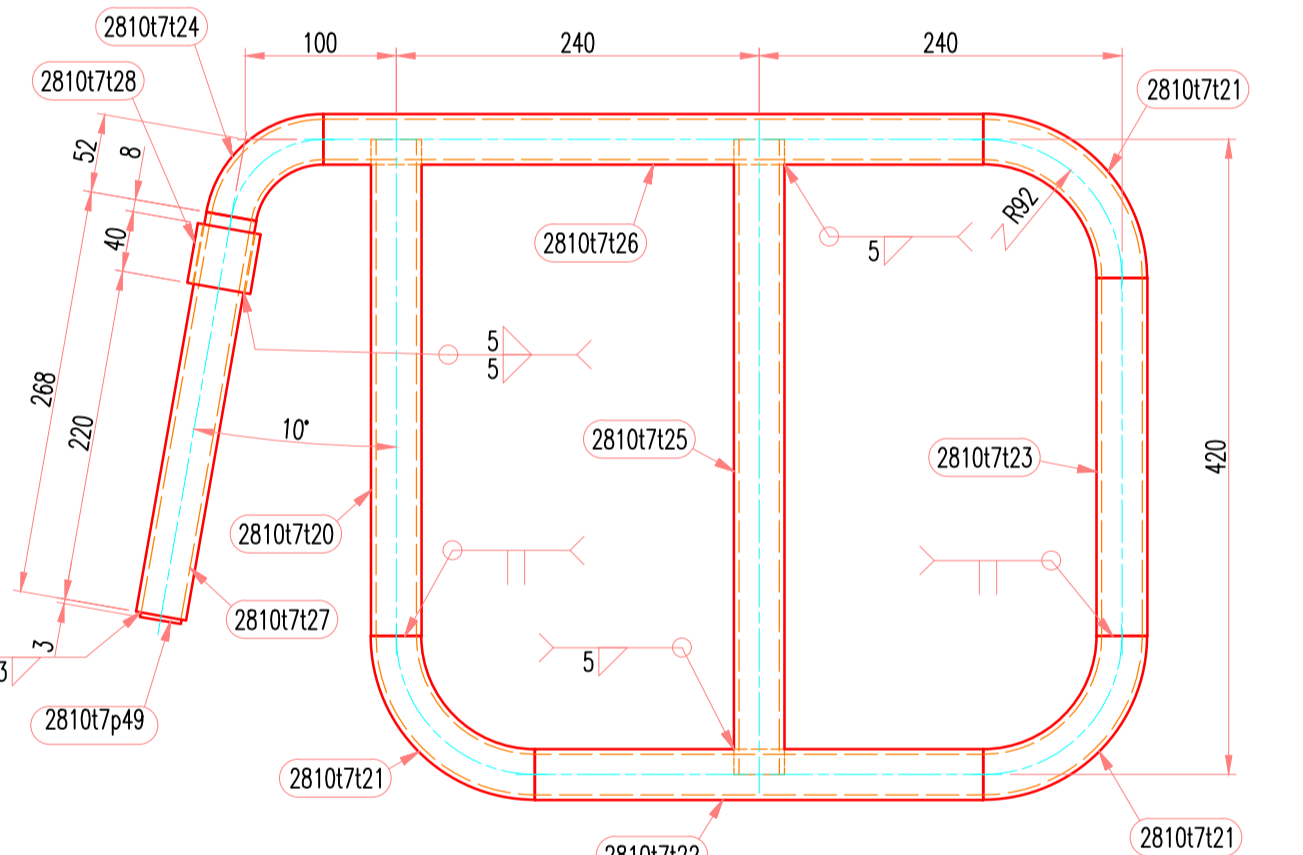
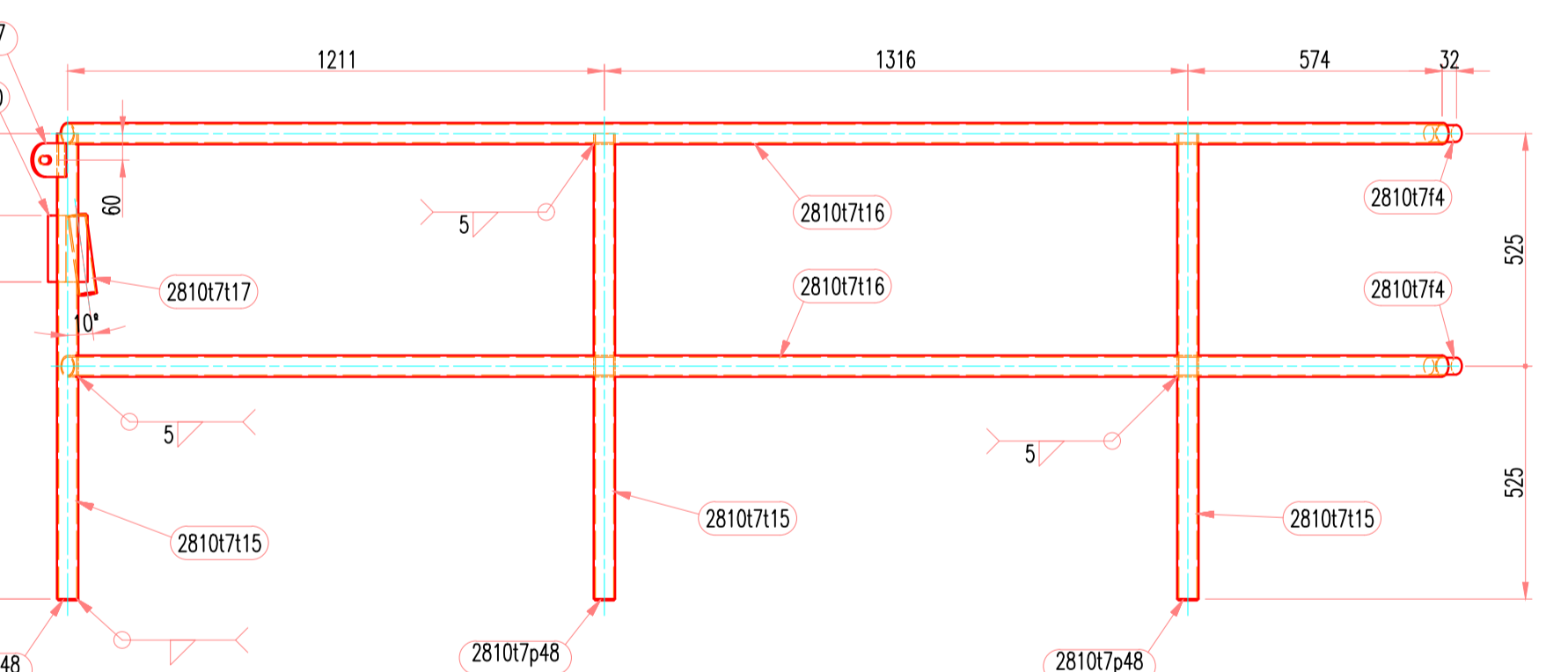
ELEMENTO / 2810T7br2 VISTA DE PLANTA
ESCALA 1/7.5



ELEMENTO / 2810T7br3 VISTA DE PLANTA
ESCALA 1/7.5

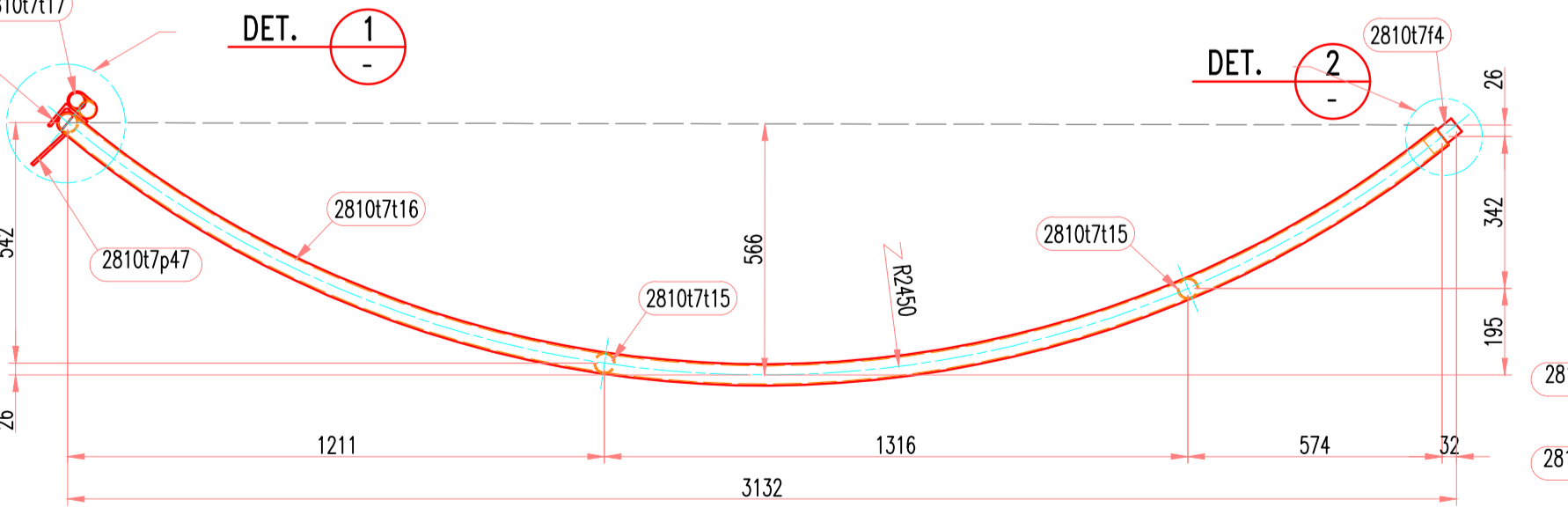


ELEMENTO / 2810T7sp1 ELEVACION FRONTAL
ESCALA 1/7.5



ELEMENTO / 2810T7bp1 ELEVACION FRONTAL
ESCALA 1/7.5

ELEMENTO / 2810T7br1 ELEVACION FRONTAL
ESCALA 1/7.5

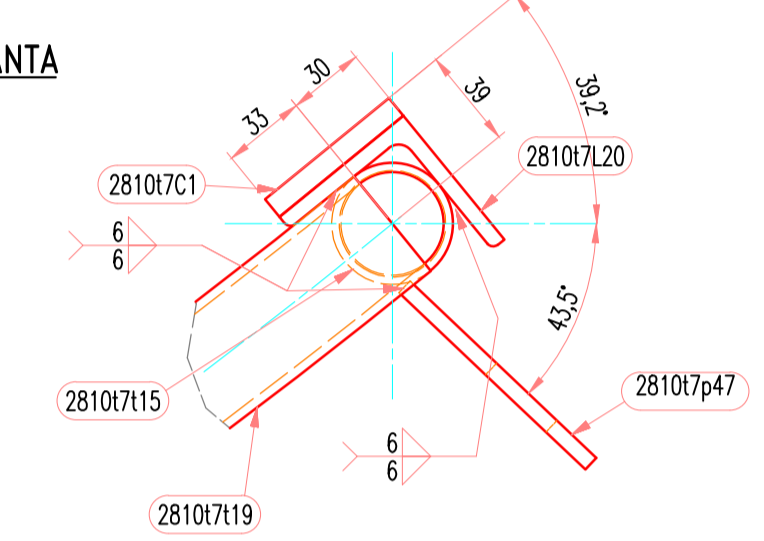


ELEMENTO / 2810T7br1 VISTA DE PLANTA
ESCALA 1/7.5

ELEMENTO / 2810T7sp1 VISTA DE PLANTA
ESCALA 1/2.5



DETALLE 3
ESCALA 1/2.5



DETALLE 2
ESCALA 1/2.5

COD.	DESCRIP.
2810T7p44	PL.9mm x 160mm

COD.	DESCRIP.
2810T7p45	PL.9mm x 200mm

COD.	DESCRIP.
2810T7p46	PL.9mm x 170mm

COD.	DESCRIP.
2810T7p49	PL.3mm x 26mm

COD.	DESCRIP.
2810T7p50	PL. DE 6mm x 150mm

COD.	DESCRIP.
2810T7p51	PL. DE 6mm x 59mm

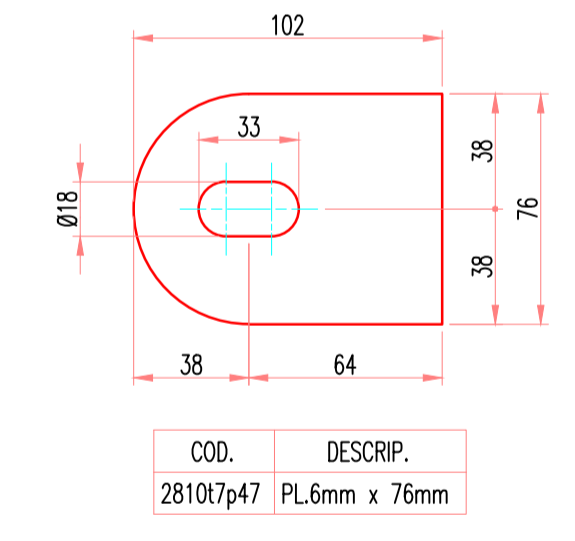
COD.	DESCRIP.
2810T7p52	PL. DE 6mm x 44mm

COD.	DESCRIP.
2810T7p53	PL. DE 6mm x 44mm

COD.	DESCRIP.
2810T7i29	TUBO DE 2" STD. A53

COD.	DESCRIP.
2810T7p48	PL.3mm x 42mm

LISTA DE MATERIALES									
ITEM	DESCRIPCION	MARCA	LONG.	"CANT. UNIT."	"CANT. TOTAL"	PESO (kg)		AREA (M2)	
						UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
ELEMENTO / 2810T7sp1 CANTIDAD: 06 UNIDADES									
1	PL.9mm x 160mm	2810T7p44	163 mm	1	6	1.81	10.86	0.06	0.34
2	PL.9mm x 200mm	2810T7p45	200 mm	1	6	2.83	16.98	0.09	0.52
3	PL.9mm x 170mm	2810T7p46	186 mm	1	6	1.51	9.06	0.05	0.29
TOTAL:							36.9		1.15
ELEMENTO / 2810T7br1 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	TUBO DE ø1 1/2" STD. A53-B.	2810T7i15	1050	3	3	4.25	12.75	0.16	0.48
2	TUBO DE ø1 1/2" STD. A53-B.	2810T7i16	3356	2	2	13.59	27.18	0.51	1.02
3	TUBO DE ø1 1/2" STD. A53-B.	2810T7i17	180	1	1	0.61	0.61	0.03	0.03
4	BARRA LISA DE ø1 1/2"	2810T7i4	80	2	2	0.72	1.44	0.01	0.02
5	ANGULO DE 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"	2810T7L20	150	1	1	0.91	0.91	0.04	0.04
6	PL.6mm x 76mm	2810T7p47	102	1	1	0.33	0.33	0.02	0.02
7	PL.3mm x 42mm	2810T7p48	42	3	3	0.33	0.99	0.00	0.01
TOTAL:							44.2		1.61
ELEMENTO / 2810T7br2 CANTIDAD: 03 UNIDADES									
1	TUBO DE ø1 1/2" STD. A53-B.	2810T7i15	1050	2	6	4.25	25.50	0.16	0.96
2	TUBO DE ø1 1/2" STD. A53-B.	2810T7i18	2685	2	6	10.87	65.22	0.41	2.44
3	BARRA LISA DE ø1 1/2"	2810T7i4	80	2	6	0.72	4.32	0.01	0.06
4	PL.3mm x 42mm	2810T7p48	42	2	6	0.33	0.99	0.00	0.01
TOTAL:							96.0		3.46
ELEMENTO / 2810T7br3 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	TUBO DE ø2 1/2" STD. A53-B.	2810T7i15	1050	3	3	4.25	12.75	0.16	0.48
2	TUBO DE ø2 1/2" STD. A53-B.	2810T7i19	3356	2	2	13.59	27.18	0.51	1.02
3	ANGULO DE 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"	2810T7L20	150	1	1	0.91	0.91	0.04	0.04
4	CAUCHO SHORE 45	2810T7C1		1	1	0.08	0.08	0.02	0.02
5	PL.6mm x 76mm	2810T7p47	102	1	1	0.33	0.33	0.02	0.02
6	PL.3mm x 42mm	2810T7p48	42	3	3	0.33	0.99	0.00	0.01
TOTAL:							42.2		1.58
ELEMENTO / 2810T7bp1 CANTIDAD: 01 UNIDAD									
1	TUBO DE ø1" STD. A53-B.	2810T7i20	328	1	1	0.82	0.82	0.03	0.03
2	TUBO DE ø1" STD. A53-B.	2810T7i21	144	3	3	0.36	1.08	0.02	0.05
3	TUBO DE ø1" STD. A53-B.	2810T7i22	297	1	1	0.75	0.75	0.03	0.03
4	TUBO DE ø1" STD. A53-B.	2810T7i23	237	1	1	0.59	0.59	0.02	0.02
5	TUBO DE ø1" STD. A53-B.	2810T7i24	86	1	1	0.22	0.22	0.01	0.01
6	TUBO DE ø1" STD. A53-B.	2810T7i25	420	1	1	1.05	1.05	0.04	0.04
7	TUBO DE ø1" STD. A53-B.	2810T7i26	437	1	1	1.10	1.10	0.05	0.05
8	TUBO DE ø1" STD. A53-B.	2810T7i27	268	1	1	0.67	0.67	0.03	0.03
9	TUBO DE ø1 1/4" STD. A53-B.	2810T7i28	40	1	1	0.14	0.14	0.01	0.01
10	PL.3mm x 26mm	2810T7p49		1	1	0.01	0.01	0.00	0.00
TOTAL:							6.4		0.27
ELEMENTO / 2810T7enb1 CANTIDAD: 10 UNIDADES									
1	PL. DE 6mm x 150mm	2810T7p50	180	1	10	1.70	17.00	0.06	0.59
2	PL. DE 6mm x 59mm	2810T7p51	137	2	20	0.35	7.00	0.02	0.36
3	PL. DE 6mm x 44mm	2810T7p52	132	1	10	0.18	1.80	0.01	0.09
4	PL. DE 6mm x 44mm	2810T7p53	113	1	10	0.16	1.60	0.01	0.09
5	TUBO DE 2" STD. A53	3940T1RTB01	205	1	10	1.08	10.80	0.07	0.72
6	TUERCA HEX. DE ø5/8"	B03		1	10	0.06	0.60	0.00	0.00
7	PERNO HEX. DE ø5/8"x1 1/2"	B05		1	10	0.11	1.10	0.00	0.00
TOTAL:							39.9		1.85

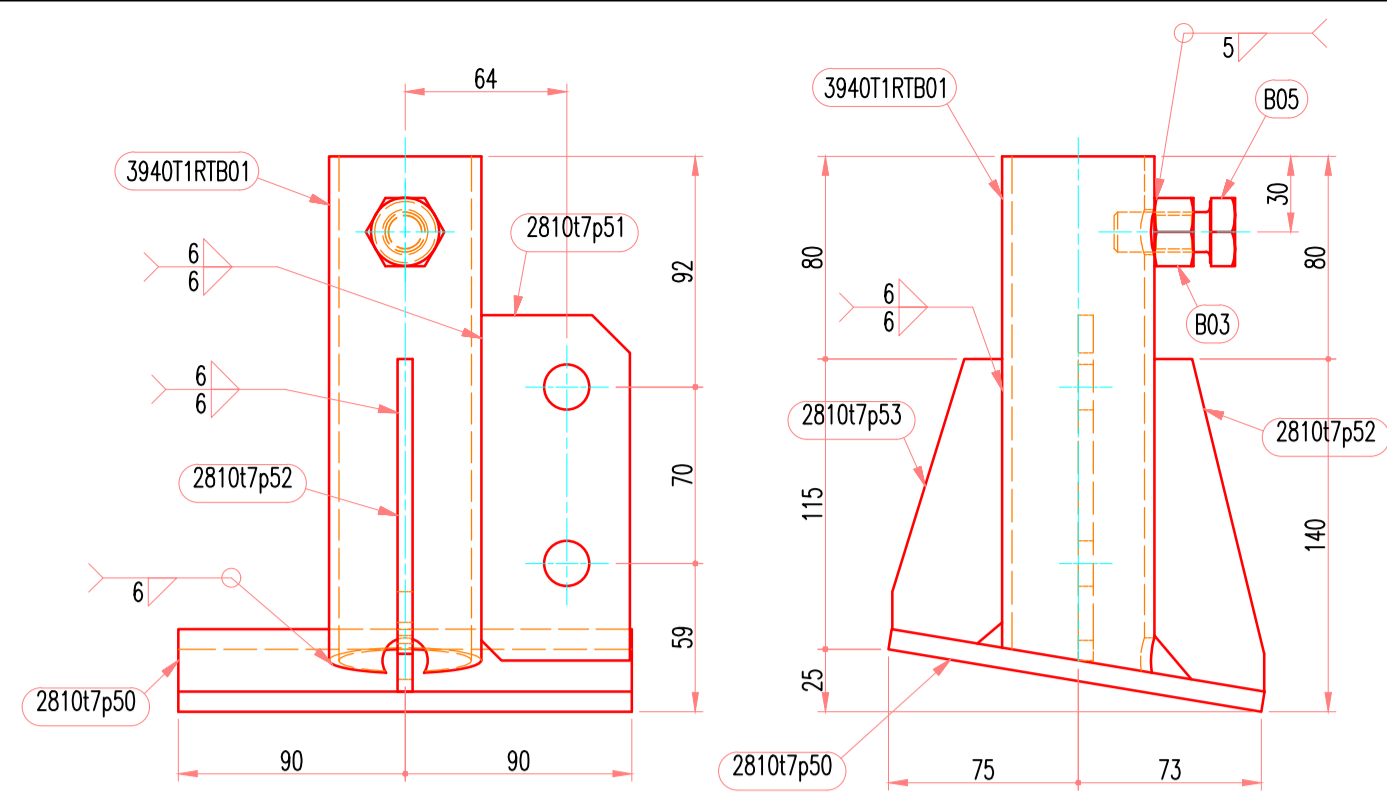


DETALLE 4
ESCALA 1/2.5

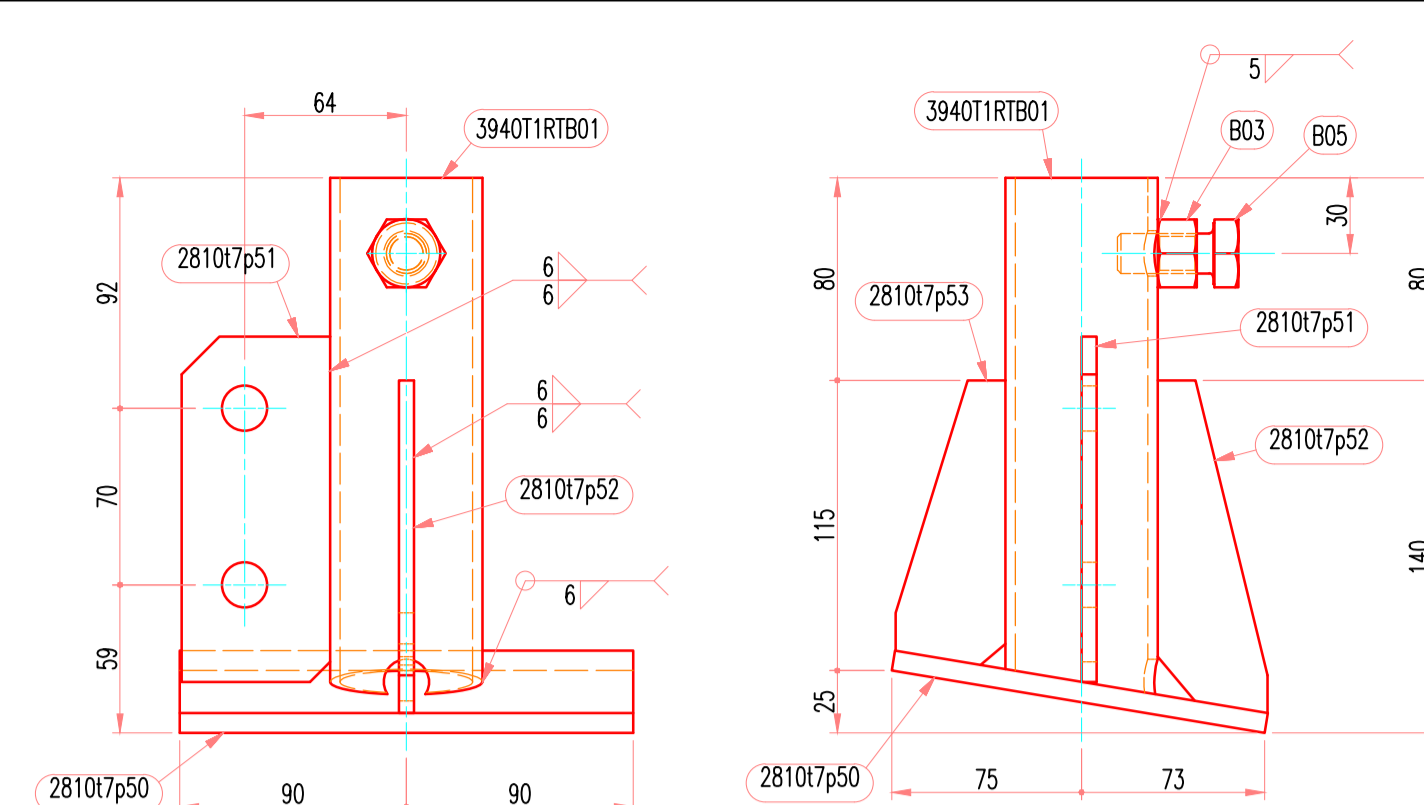
FECHA	DESCRIPCION	PROYECTADO	JEFE DE DISCIPLINA	GERENTE INGENIERIA	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA
10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		
10/11/22	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		

PROYECTO: QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
 AREA PRINCIPAL: MINA QUELLAVECO
 SUB AREA: TALLER DE CAMIONES
 SECTOR DEL AREA: TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
 CONTENIDO: TAG : 2810-TK-007
 FABRICACION DE BARANDAS; PUERTA Y CLIPS

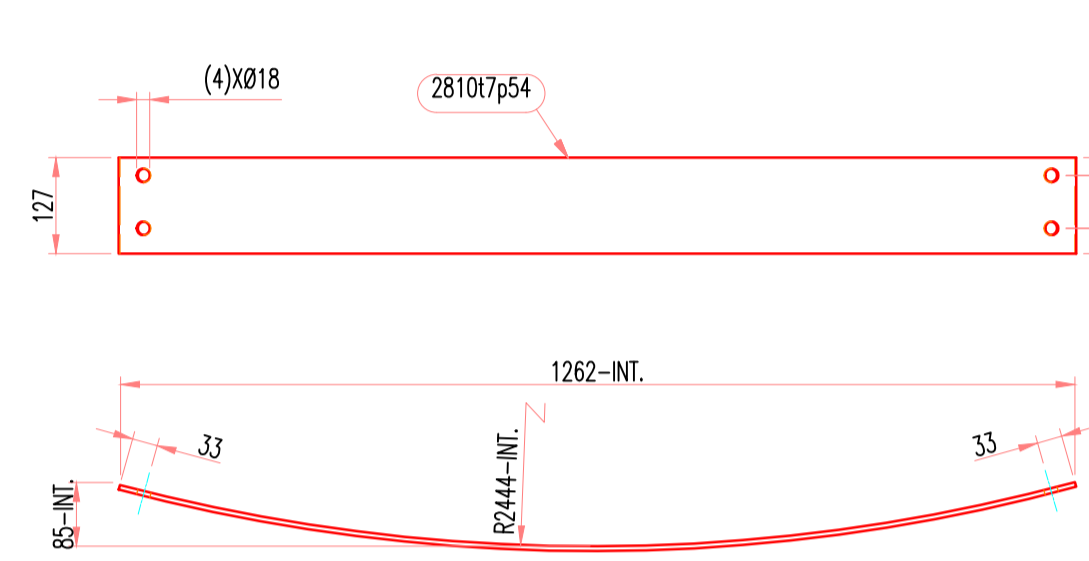
ESCALA: S/ES.C.
 NUMERO DE PLANO: RYV-TK-DR-EB-003
 REV: 0



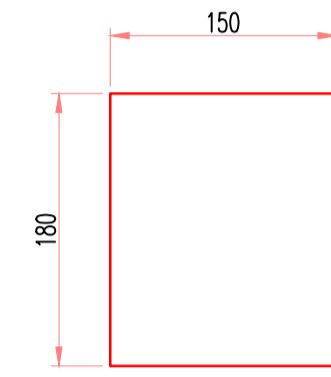
ELEMENTO / 28107enb2 ELEVACION
ESCALA 1/3



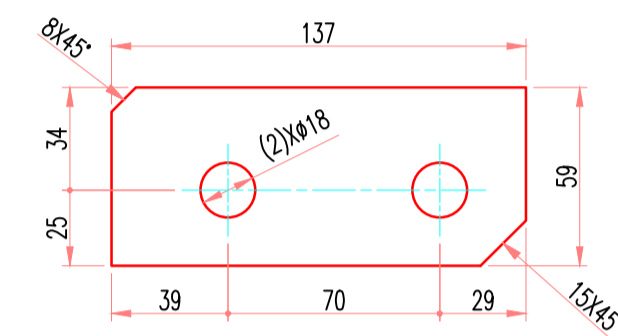
ELEMENTO / 28107enb3 ELEVACION
ESCALA 1/7.5



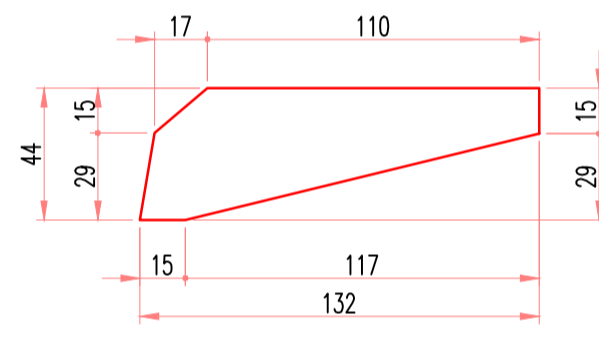
ELEMENTO / 28107rdp1 VISTAS
ESCALA 1/10



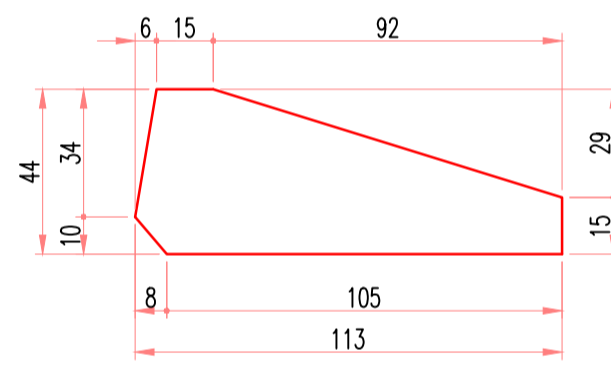
COD.	DESCRIP.
28107p50	PL. DE 6mm x 150mm



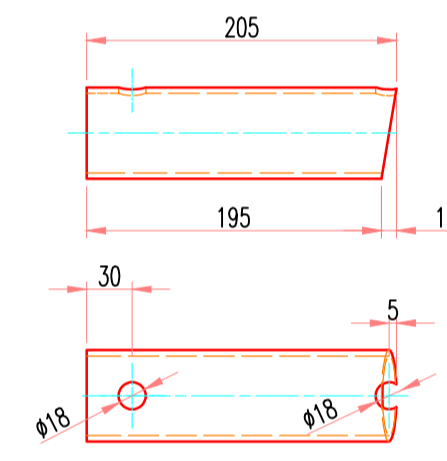
COD.	DESCRIP.
28107p51	PL. DE 6mm x 59mm



COD.	DESCRIP.
28107p52	PL. DE 6mm x 44mm



COD.	DESCRIP.
28107p53	PL. DE 6mm x 44mm



COD.	DESCRIP.
28107t29	TUBO DE 2" STD. A53

LISTA DE MATERIALES									
ITEM	DESCRIPCION	MARCA	LONG.	CANTIDAD		PESO (kg)		AREA (M2)	
				"CANT. UNIT."	"CANT. TOTAL"	UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
ELEMENTO / 28107enb2				CANTIDAD: 01 UNIDAD					
1	PL. DE 6mm x 150mm	28107p50	180	1	1	1.70	1.70	0.06	0.06
2	PL. DE 6mm x 59mm	28107p51	137	1	1	0.35	0.35	0.02	0.02
3	PL. DE 6mm x 44mm	28107p52	132	1	1	0.18	0.18	0.01	0.01
4	PL. DE 6mm x 44mm	28107p53	113	1	1	0.16	0.16	0.01	0.01
5	TUBO DE 2" STD. A53	3940T1RTB01	205	1	1	1.08	1.08	0.07	0.07
6	TUERCA HEX. DE ø5/8"	B03		1	10	0.06	0.60	0.00	0.00
7	PERNO HEX. DE ø5/8"x1 1/2"	B05		1	10	0.11	1.10	0.00	0.00
TOTAL:						5.2		0.17	
ELEMENTO / 28107enb3				CANTIDAD: 01 UNIDAD					
1	PL. DE 6mm x 150mm	28107p50	180	1	1	1.70	1.70	0.06	0.06
2	PL. DE 6mm x 59mm	28107p51	137	1	1	0.35	0.35	0.02	0.02
3	PL. DE 6mm x 44mm	28107p52	132	1	1	0.18	0.18	0.01	0.01
4	PL. DE 6mm x 44mm	28107p53	113	1	1	0.16	0.16	0.01	0.01
5	TUBO DE 2" STD. A53	3940T1RTB01	205	1	1	1.08	1.08	0.07	0.07
6	TUERCA HEX. DE ø5/8"	B03		1	10	0.06	0.60	0.00	0.00
7	PERNO HEX. DE ø5/8"x1 1/2"	B05		1	10	0.11	1.10	0.00	0.00
TOTAL:						5.2		0.17	
ELEMENTO / 28107rdp1				CANTIDAD: 11 UNIDADES					
1	PL. DE 8mm x 130mm	28107p54	1279	1	11	8.05	88.55	0.34	3.76
TOTAL:						88.6		3.76	

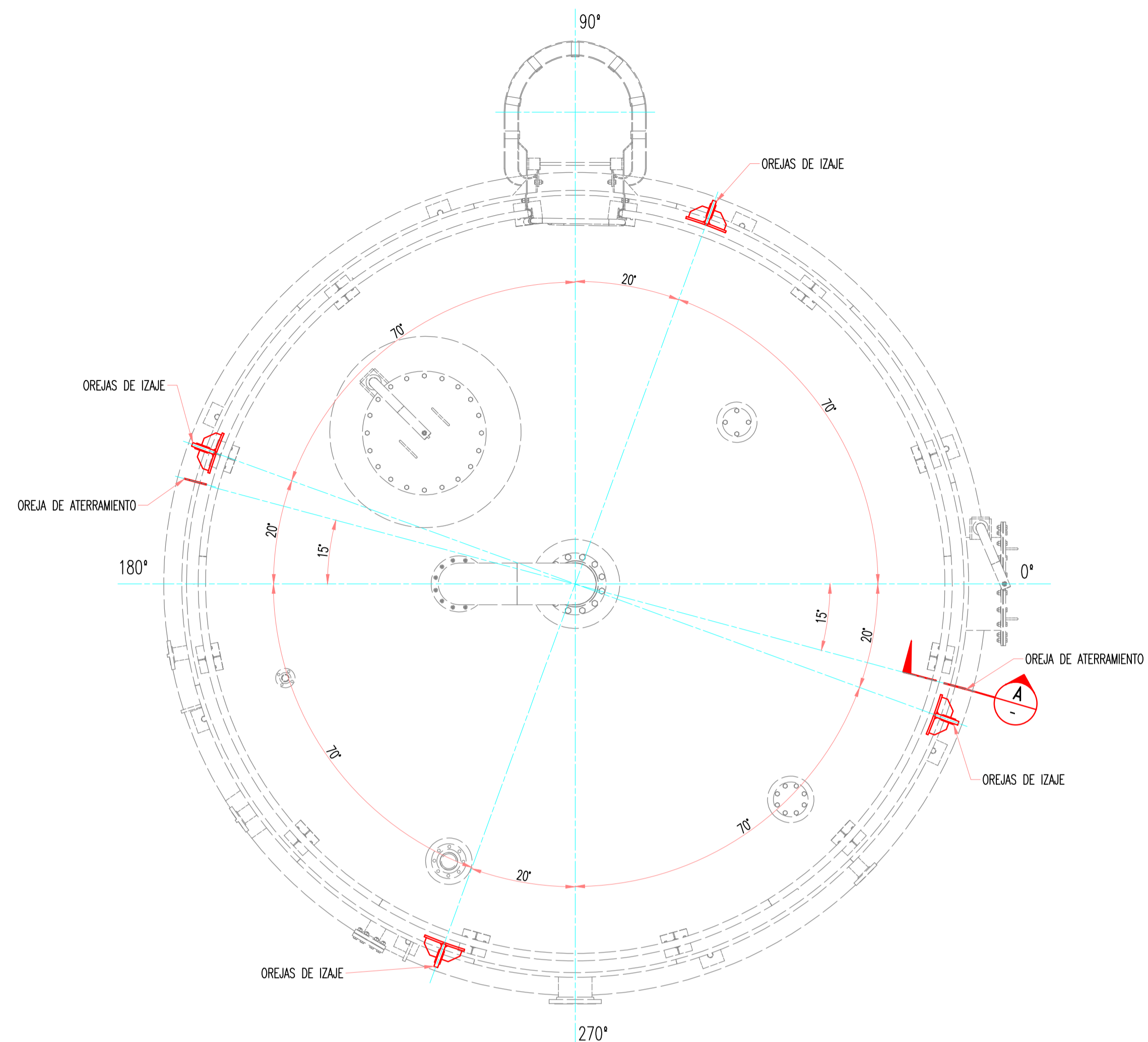
FECHA	DESCRIPCION	PROYECTADO	JEFE DE DISCIPLINA	GERENTE INGENIERIA	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA
10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		
10/11/22	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		

FECHA	NOMBRE	PROYECTO
NOV. 2022	R. YAÑEZ	QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
NOV. 2022	R. YAÑEZ	MINA QUELLAVECO
-	-	TALLER DE CAMIONES
-	-	TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
-	-	TAG : 2810-TK-007
-	-	FABRICACION DE CLIPS PARA BARANDAS Y RODAPIE
-	-	ESCALA S/ESC.
-	-	NUMERO DE PLANO

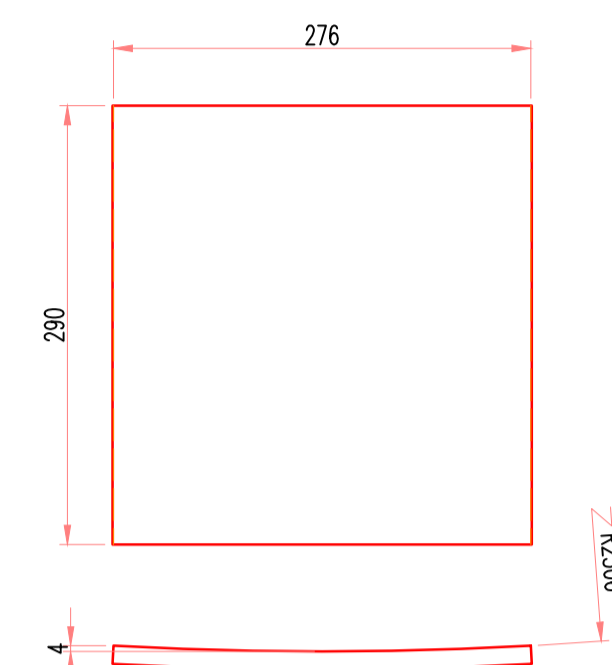
RYV-TK-DR-EB-004

REV. 0

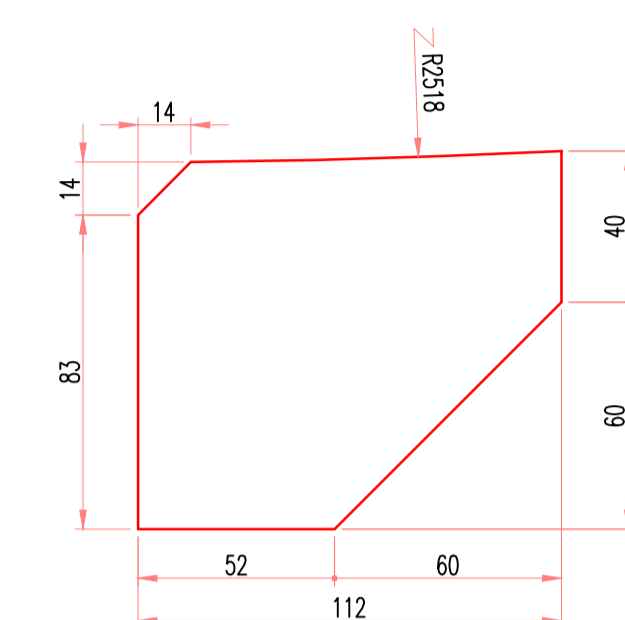
ITEM	DESCRIPCION	MARCA	LONG.	CANT.		PESO (kg)		AREA (M2)	
				UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
TANQUE TAG 2810-TK-007 OREJAS DE IZAJE Y OREJAS DE PUESTA A TIERRA									
1	PLANCHA DE 12x276mm A36	281017p58	290 mm	4	4	7.56	30.24	0.17	0.70
2	PLANCHA DE 25x140mm A36	281017p59	300 mm	4	4	5.71	22.84	0.08	0.32
3	PLANCHA DE 6x90mm A36	281017p60	90 mm	8	8	0.25	2.00	0.01	0.10
4	PLANCHA DE 12x100mm A36	281017p61	112 mm	8	8	0.86	6.88	0.02	0.18
5	PLANCHA DE 6x50mm AISI-304	281017p62	150 mm	2	2	0.34	0.68	0.02	0.03
TOTAL:							62.6		1.34



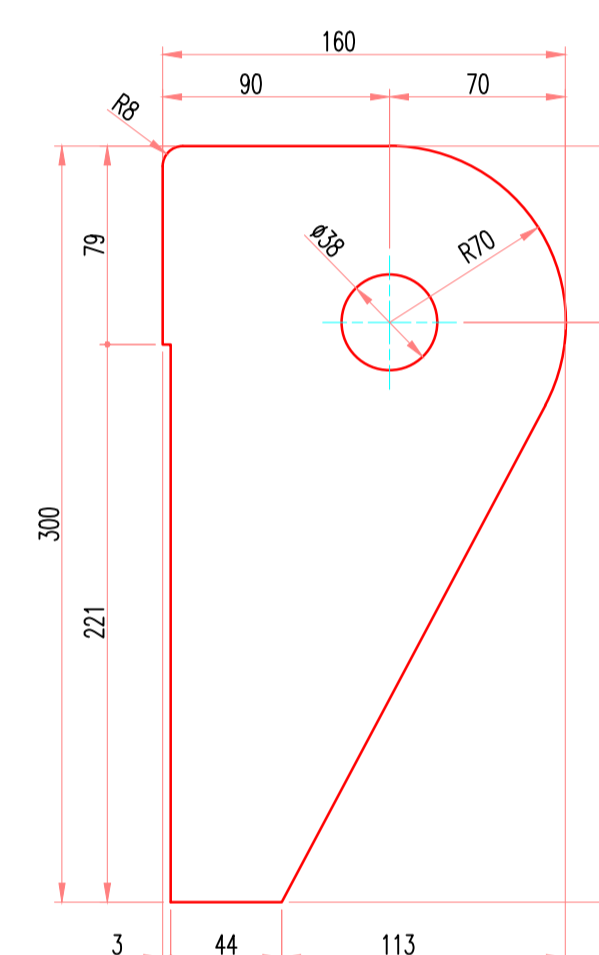
2810-TK-007 VISTA DE PLANTA
ESCALA 1/20



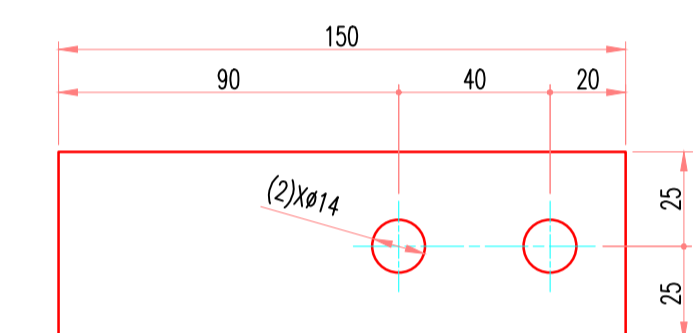
COD. DESCRIP.
281017p58 PLANCHA DE 12x276mm A36



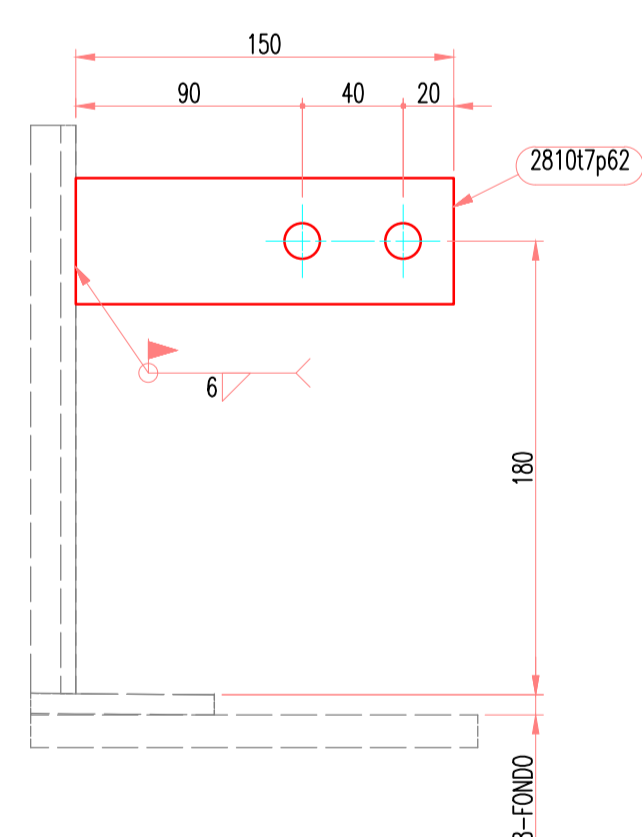
COD. DESCRIP.
281017p61 PLANCHA DE 12x100mm A36



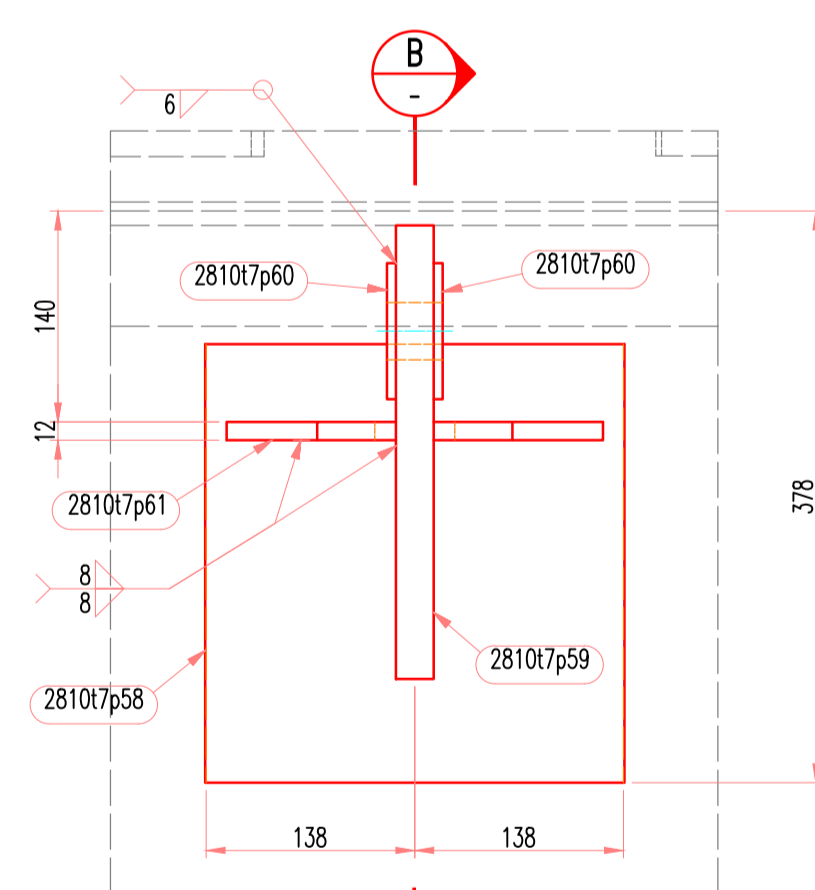
COD. DESCRIP.
281017p59 PLANCHA DE 25x140mm A36



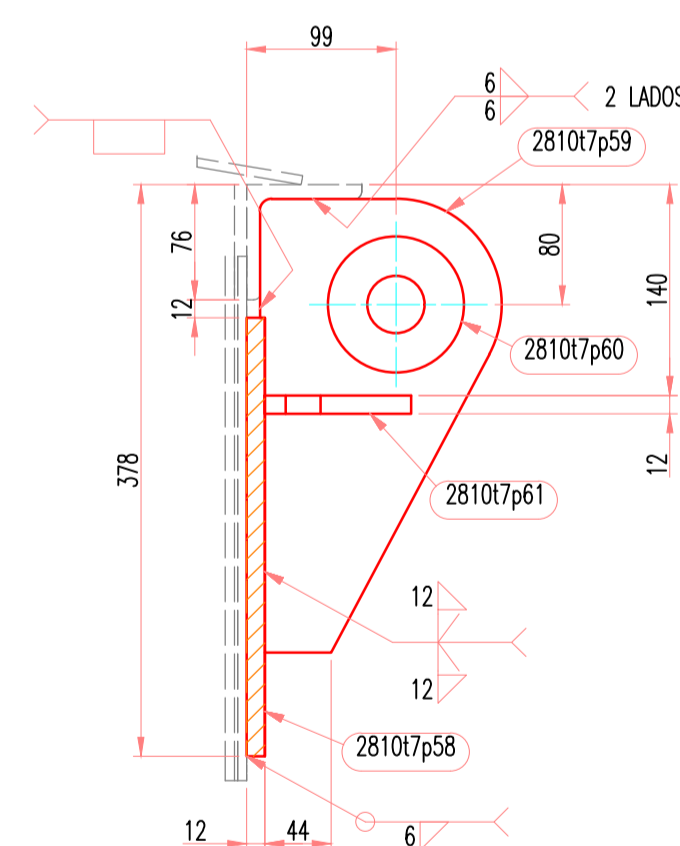
COD. DESCRIP.
281017p62 PLANCHA DE 6x50mm AISI-304



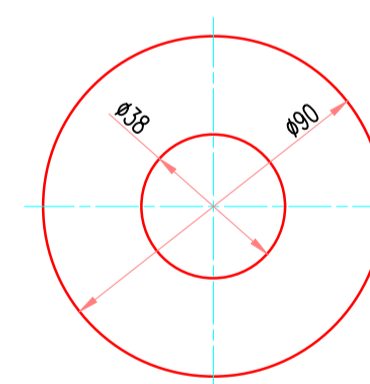
SECCION A
ESCALA 1/3



OREJA DE IZAJE
ESCALA 1/5



SECCION B
ESCALA 1/5



COD. DESCRIP.
281017p60 PLANCHA DE 6x90mm A36

ESPECIFICACIONES TECNICAS

MATERIAL

- PLANCHAS ASTM-A36.

SOLDADURA

TODAS LAS CONEXIONES SOLDADAS DEBEN CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO:

- AWS D1.1 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS
- API 650 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE TANQUES.

NOTAS:

1. ACOTACIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
2. PLANCHAS COMERCIALES ASTM A36 EN FORMATO DE 2400mmx12000mm.

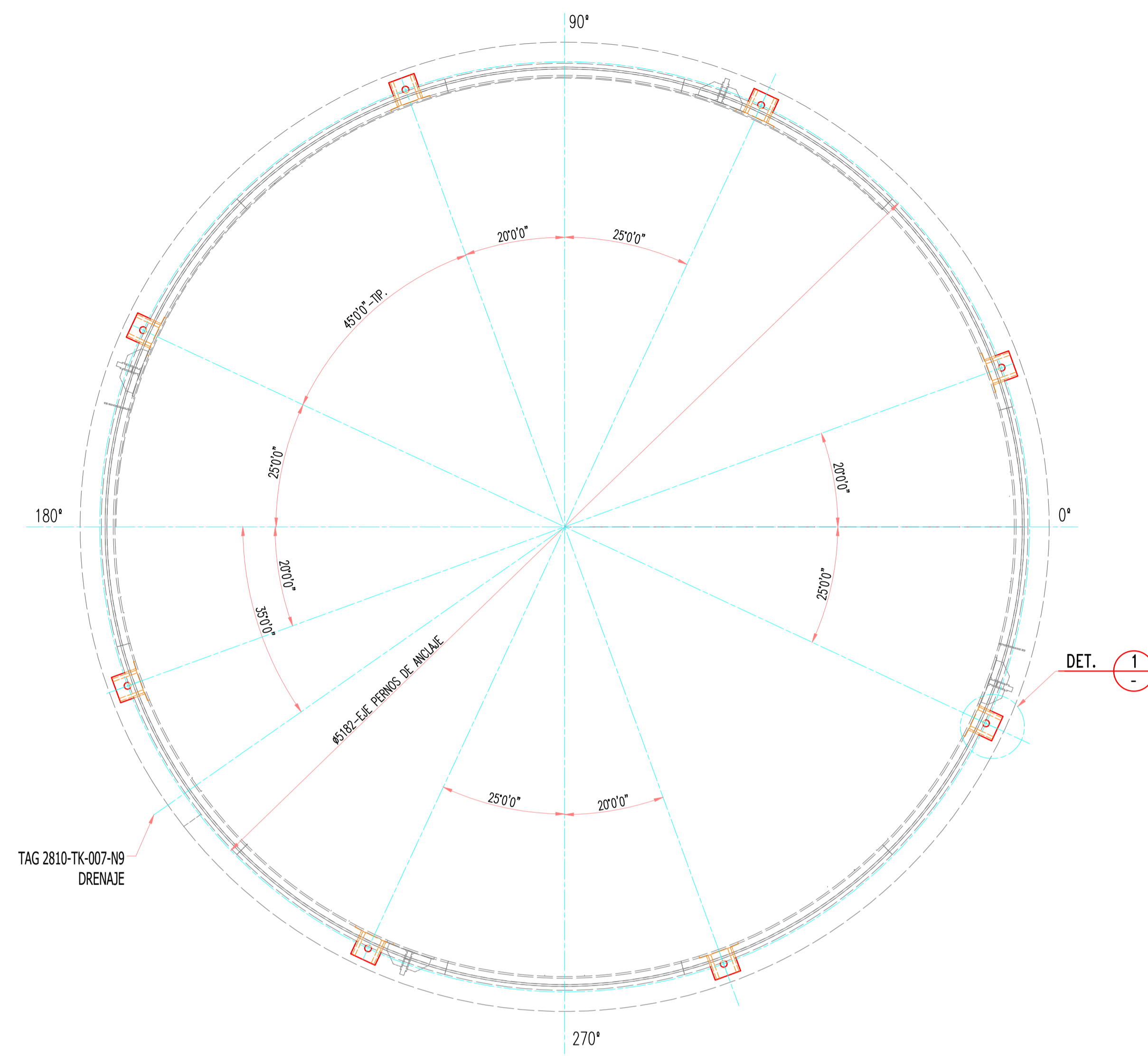
FECHA	DESCRIPCION	PROYECTO	JEFE DE DISCIPLINA	GERENTE INGENIERIA	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA
10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		
10/11/22	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		

FECHA	NOMBRE	PROYECTO
NOV. 2022	R. YAÑEZ	QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
NOV. 2022	R. YAÑEZ	MINA QUELLAVECO
NOV. 2022	R. YAÑEZ	TALLER DE CAMIONES
-	-	TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
-	-	TAG : 2810-TK-007
-	-	OREJAS DE IZAJE Y OREJAS DE PUESTA A TIERRA
-	-	CLIENTE
-	-	ESCALA S/ESC.
-	-	NUMERO DE PLANO
-	-	REV.

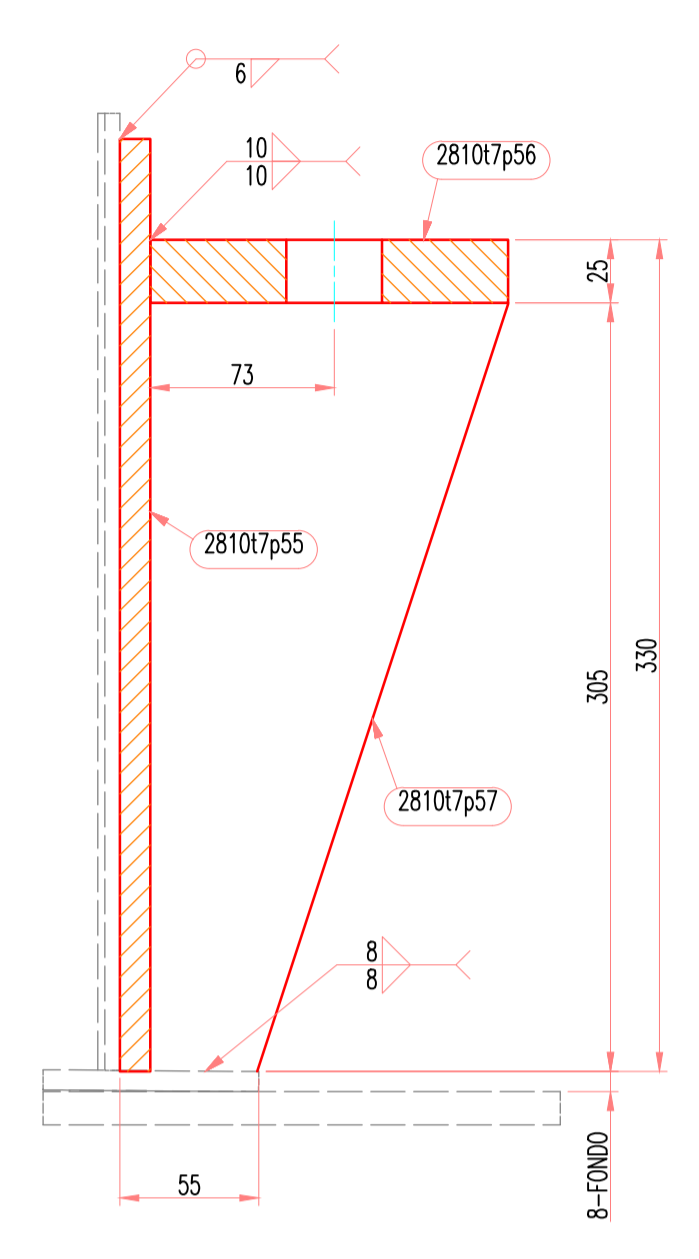
RYV-TK-DR-OPT-001

0

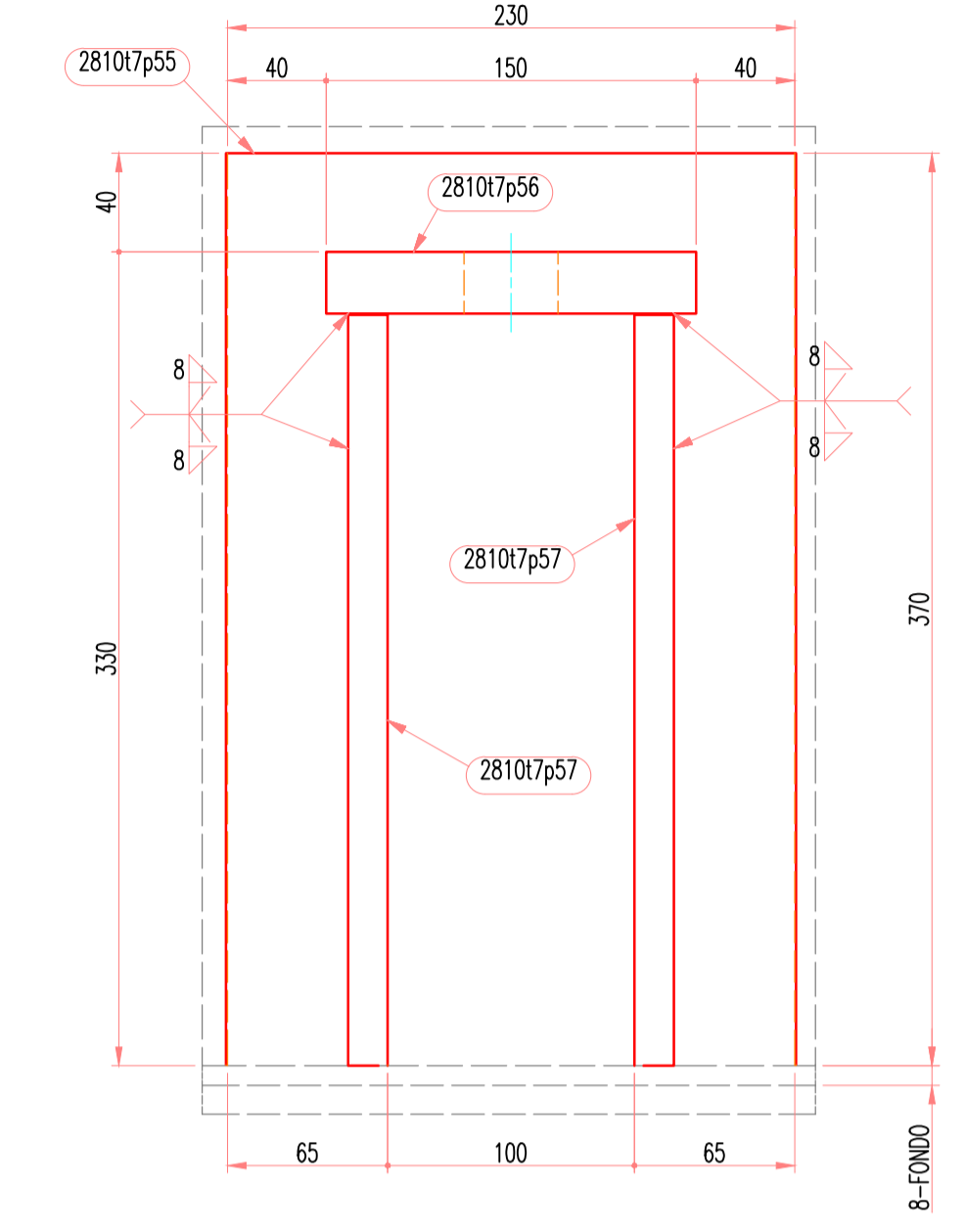
LISTA DE MATERIALES									
ITEM	DESCRIPCION	MARCA	LONG.	"CANT. UNIT."	"CANT. TOTAL"	PESO (kg)		AREA (M2)	
						UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
TANQUE TAG 2810-TK-007 SILLETAS / CANTIDAD: 08 UNIDADES									
1	PL. DE 12mm x 230mm	2810t7p55	370 mm	8	8	8.04	64.32	0.19	1.48
2	PL. DE 25mm x 150mm	2810t7p56	143 mm	8	8	3.97	31.76	0.06	0.46
3	PL. DE 16mm x 142mm	2810t7p57	305 mm	16	16	3.56	56.96	0.07	1.10
TOTAL:							153.0		3.05



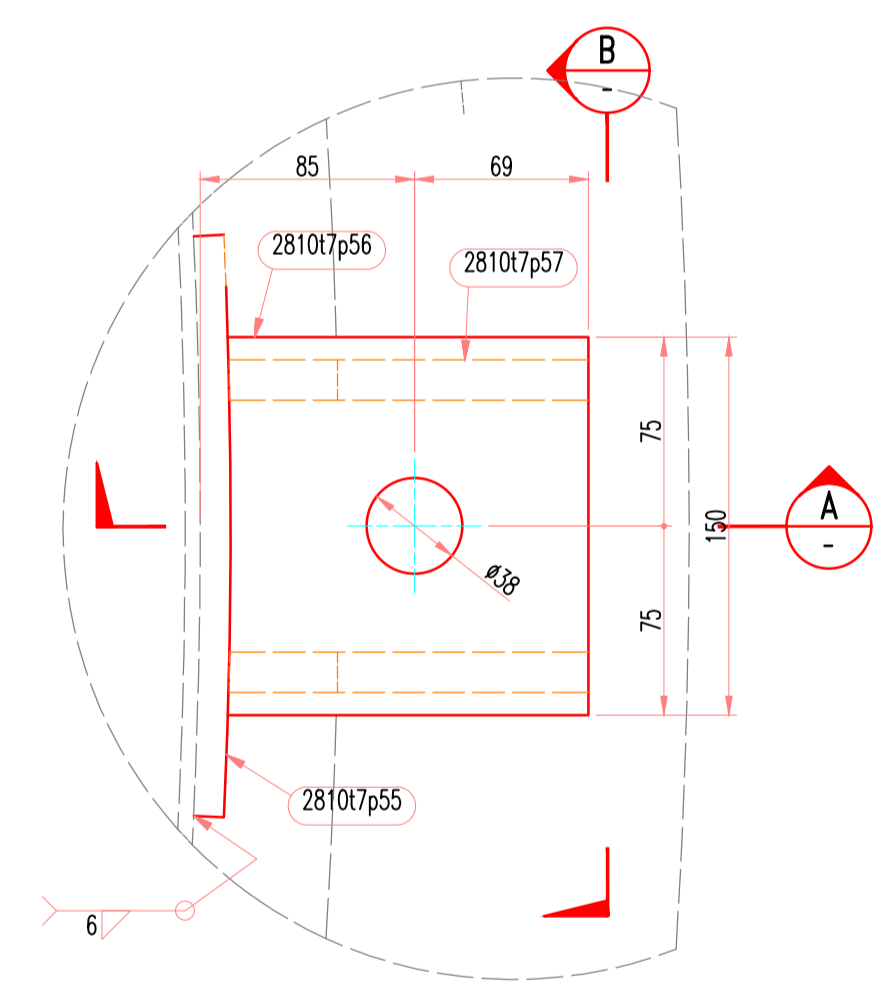
2810-TK-007 DISTRIBUCION DE SILLETAS DE ANCLAJE
ESCALA 1/25



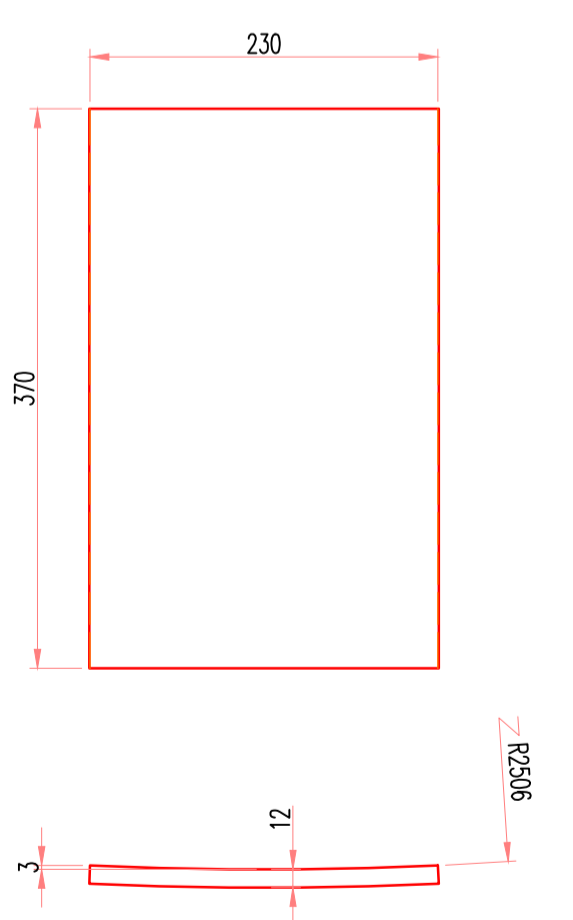
SECCION A
ESCALA 1/3



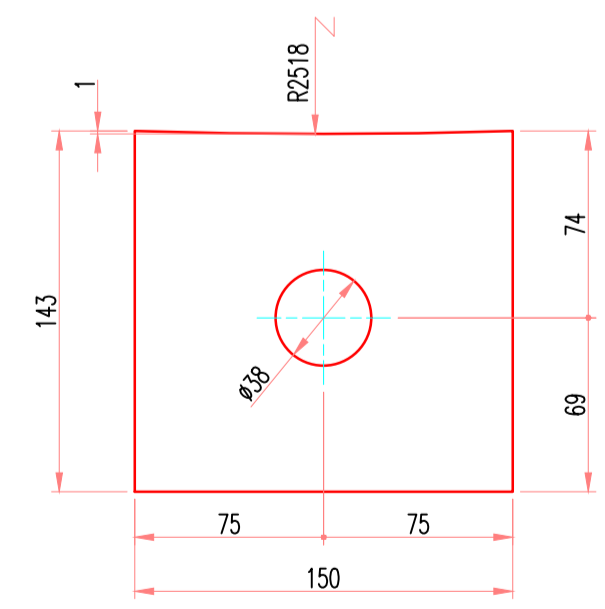
SECCION B
ESCALA 1/3



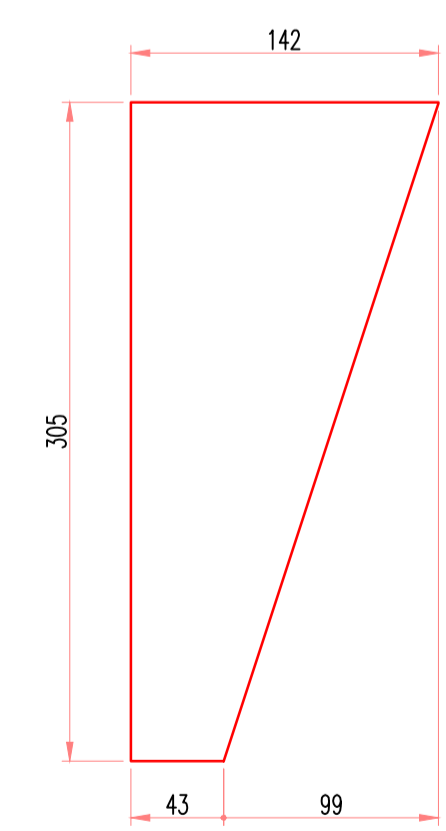
DETALLE 1
ESCALA 1/3



COD. 2810t7p55
DESCRIP. PL. DE 12mm x 230mm



COD. 2810t7p56
DESCRIP. PL. DE 25mm x 150mm



COD. 2810t7p57
DESCRIP. PL. DE 16mm x 142mm

ESPECIFICACIONES TECNICAS

MATERIAL

-PLANCHAS ASTM-A36.

SOLDADURA

TODAS LAS CONEXIONES SOLDADAS DEBEN CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO:

- AWS D1.1 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS
- API 650 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE TANQUES.

NOTAS:

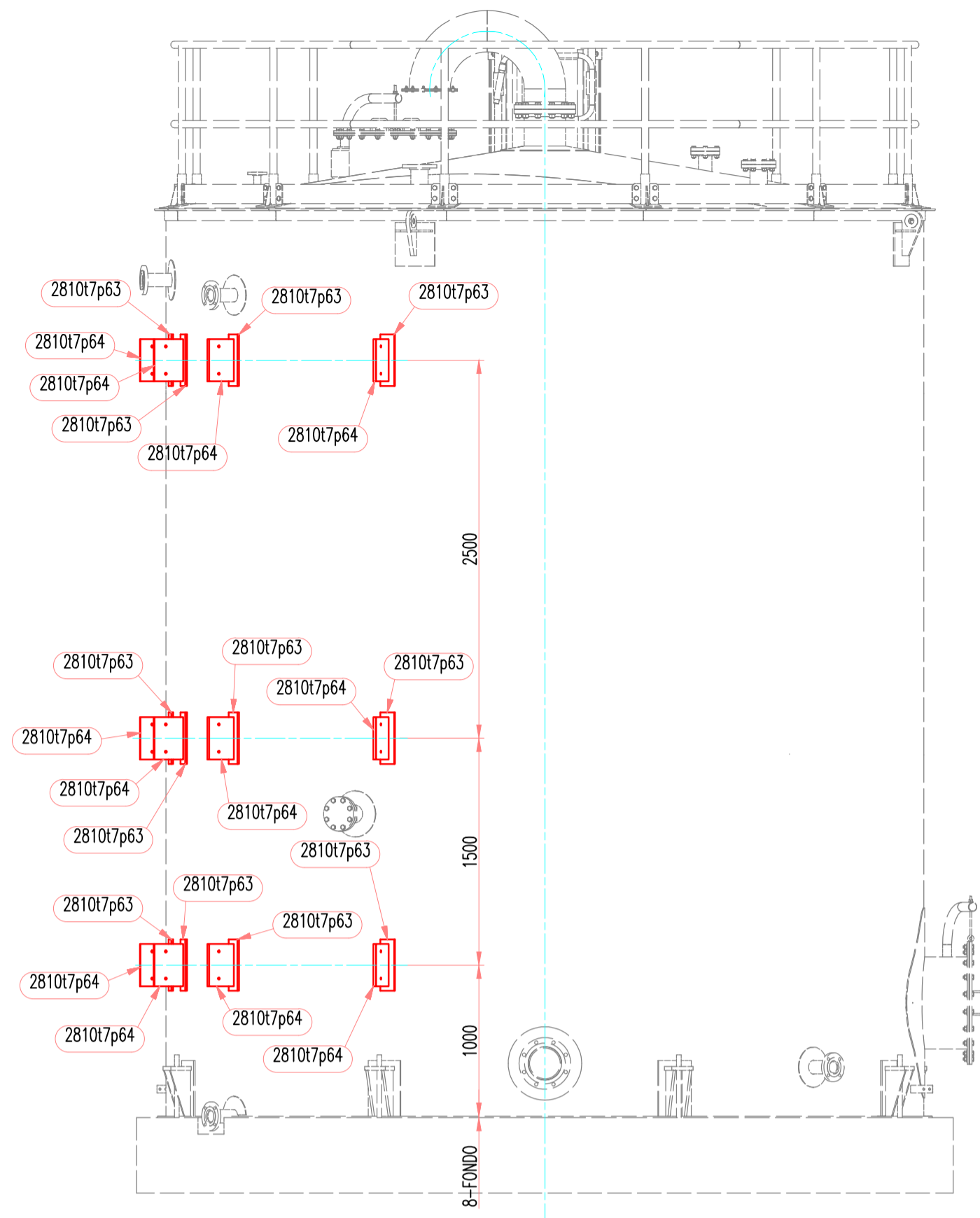
1. ACOTACIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
2. PLANCHAS COMERCIALES ASTM A36 EN FORMATO DE 2400mmx12000mm.

FECHA	NOMBRE	PROYECTO
EMITIDO NOV. 2022	R. YÁÑEZ	QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
REVISO NOV. 2022	R. YÁÑEZ	MINA QUELLAVECO
APROBADO NOV. 2022	R. YÁÑEZ	TALLER DE CAMIONES
		SECTOR DEL AREA
		CONTENIDO
		CLIENTE
		ESCALA S/ESC.
		NUMERO DE PLANO
		REV.

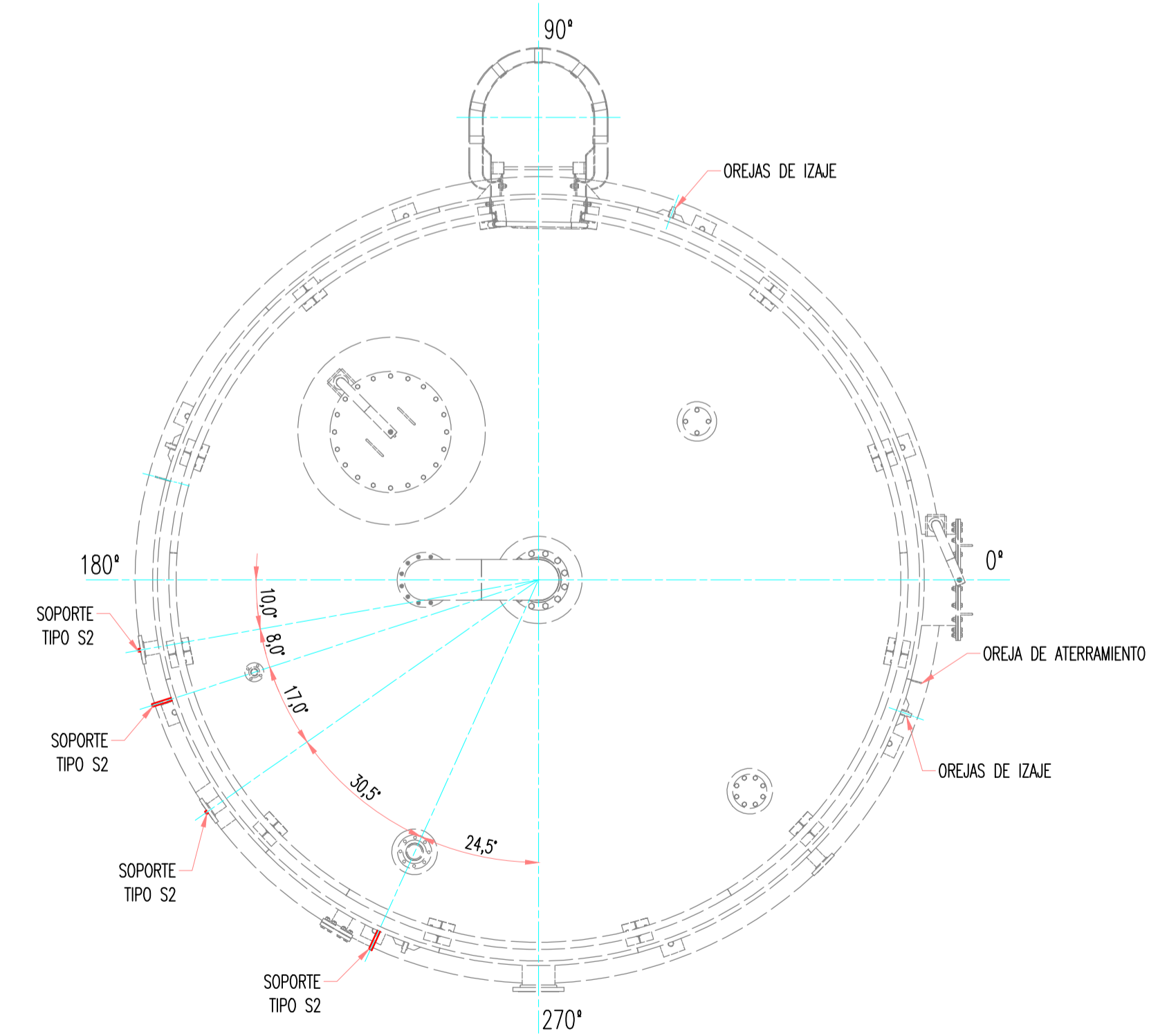
QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
MINA QUELLAVECO
TALLER DE CAMIONES
TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
TAG : 2810-TK-007
SILLETAS DE ANCLAJE

RYV-TK-DR-SA-001

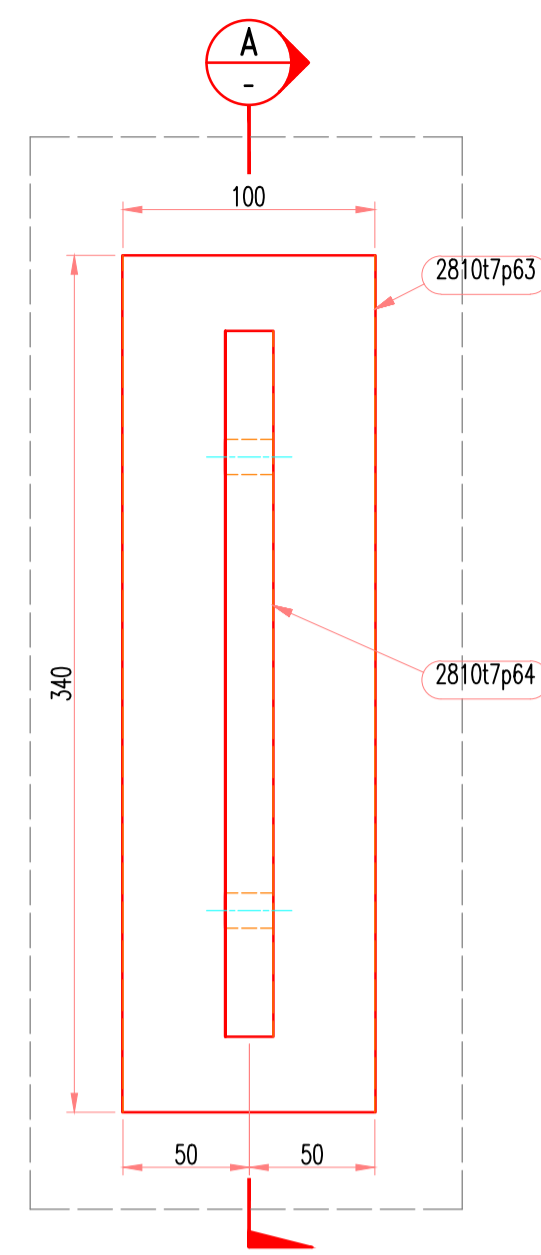
0



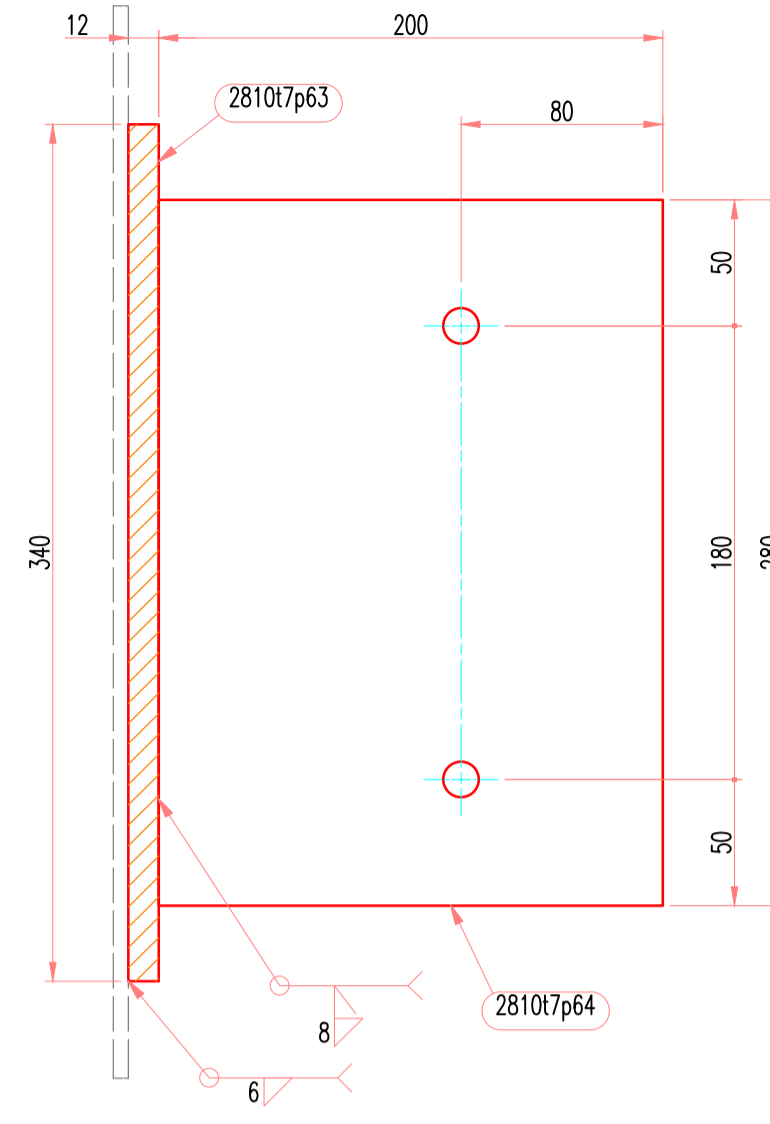
2810-TK-007 ELEVACION FRONTAL
ESCALA 1/35



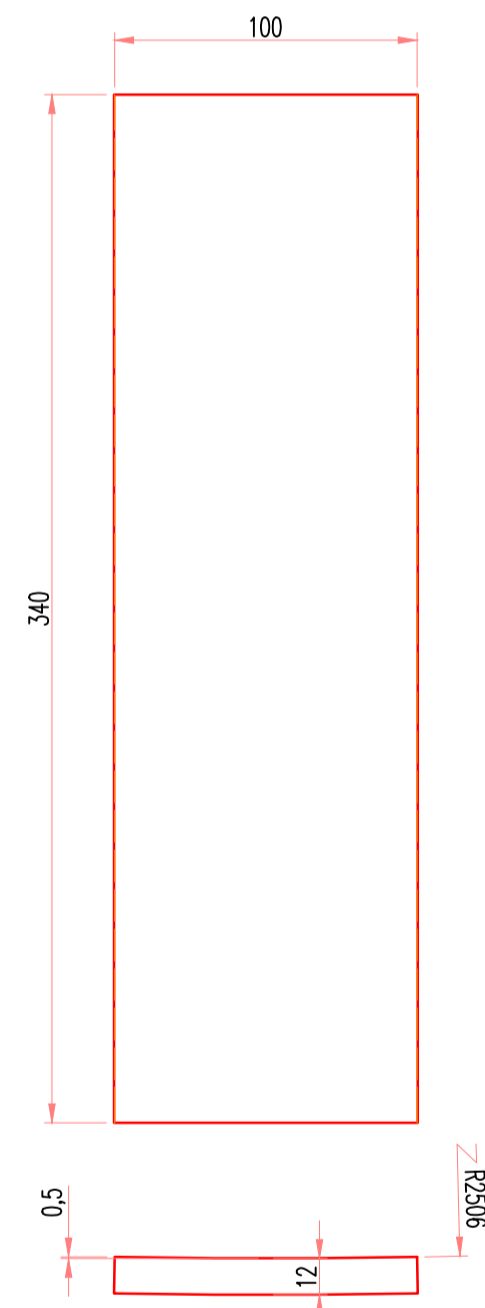
2810-TK-007 VISTA DE PLANTA
ESCALA 1/35



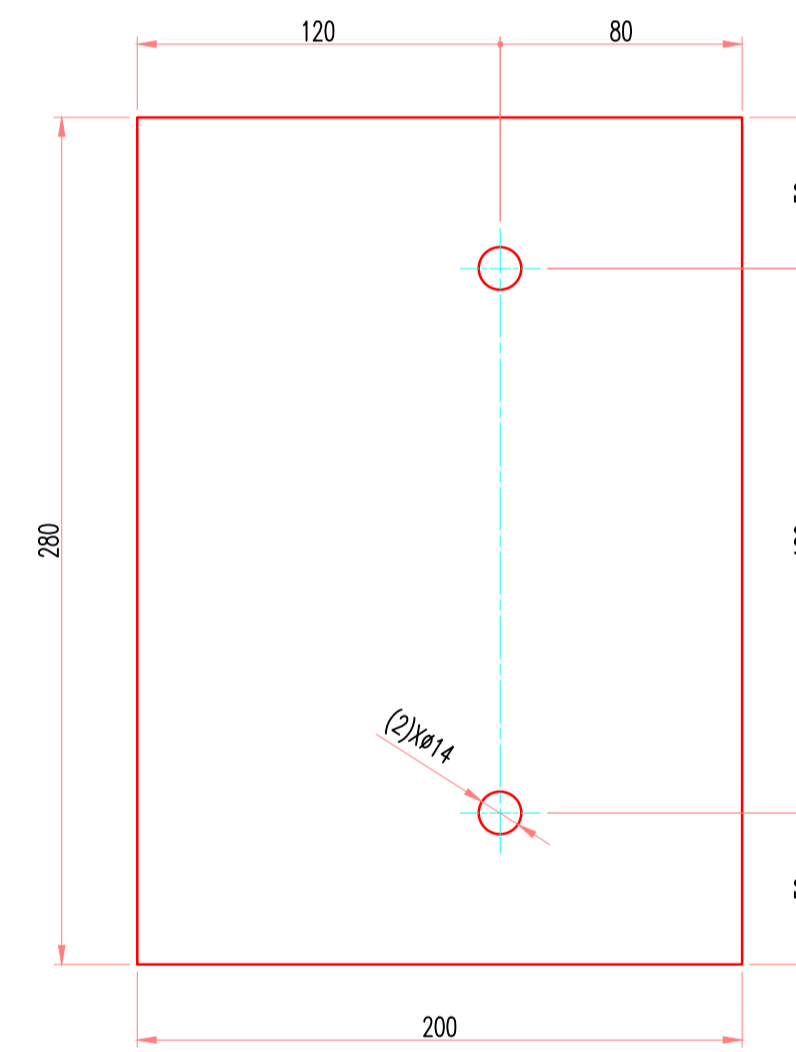
2810-TK-007 / SOPORTE TIPO S2
ESCALA 1/3



SECCION A-A
ESCALA 1/3



COD.	DESCRIP.
281017p63	PLANCHA DE 12x100mm A36



COD.	DESCRIP.
281017p64	PLANCHA DE 19x200mm A36

LISTA DE MATERIALES									
ITEM	DESCRIPCION	MARCA	LONG.	"CANT. UNIT."	"CANT. TOTAL"	PESO (kg)		AREA (M2)	
						UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
TANQUE TAG 2810-TK-007 / CLIPS PARA SOPORTES DE TUBERIA									
1	PLANCHA DE 12x100mm A36	281017p63	340 mm	12	12	3.21	38.52	0.08	0.94
2	PLANCHA DE 19x200mm A36	281017p64	280 mm	12	12	8.31	99.72	0.13	1.57
TOTAL:							138.2		2.52

ESPECIFICACIONES TECNICAS

MATERIAL

- PLANCHAS ASTM-A36.

SOLDADURA

TODAS LAS CONEXIONES SOLDADAS DEBEN CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DEL CÓDIGO:

- AWS D1.1 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS
- API 650 PARA FABRICACIÓN E INSPECCIÓN DE TANQUES.

NOTAS:

1. ACOTACIONES EN MILIMETROS, ELEVACIONES Y COORDENADAS EN METROS.
2. PLANCHAS COMERCIALES ASTM A36 EN FORMATO DE 2400mmx12000mm.

FECHA	DESCRIPCION	PROYECTO	JEFE DE DISCIPLINA	GERENTE INGENIERIA	NUMERO DE PLANO	PLANO REFERENCIA
10/11/22	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		
10/11/22	EMITIDO PARA REVISION INTERNA	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ	R. YAÑEZ		

EMITIDO	FECHA	NOMBRE	PROYECTO
REVISO	NOV. 2022	R. YAÑEZ	QUELLAVECO - INGENIERIA DE DETALLE
APROBADO	NOV. 2022	R. YAÑEZ	MINA QUELLAVECO
			TALLER DE CAMIONES
			TANQUE DE AGUA LAVADO CAMIONES
			TAG : 2810-TK-007
			FABRICACIÓN DE CLIPS PARA SOPORTES DE TUBERIA
			CLIENTE
			ESCALA S/ESC.
			NUMERO DE PLANO
			RYV-TK-DR-ST-001
			REV. 0