



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE AGUA 3460 – TK- 001

PRESENTADO POR

BACHILLER MARCO ANTONIO ARAUJO MAMANI

ASESOR:

MGR. JAVIER REMBERTO ZEBALLOS CHÁVEZ

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

ELÉCTRICO

MOQUEGUA – PERÚ

2024



Universidad José Carlos Mariátegui

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, en calidad de Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, certifica que el trabajo de investigación (___) / Tesis (___) / Trabajo de suficiencia profesional (___) / Trabajo académico (___), titulado “**CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE AGUA 3460 – TK- 001**” presentado por el(la) Bachiller **ARAUJO MAMANI, MARCO ANTONIO**, para obtener el grado académico (___) o Título profesional (___) o Título de segunda especialidad (___) de: **INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**, y asesorado por el(la) **MGR. JAVIER REMBERTO ZEBALLOS CHÁVEZ**, designado como asesor con RESOLUCIÓN DE DECANATURA N°1131-2023-DFAIA-UJCM, fue sometido a revisión de similitud textual con el software TURNITIN, conforme a lo dispuesto en la normativa interna aplicable en la UJCM.

En tal sentido, se emite el presente certificado de originalidad, de acuerdo al siguiente detalle:

Programa académico	Aspirante(s)	Trabajo de suficiencia profesional	Porcentaje de similitud
Ingeniería Mecánica Eléctrica	Araujo Mamani, Marco Antonio	“CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE AGUA 3460 – TK- 001”	22 % (29 de agosto de 2024)

El porcentaje de similitud del Trabajo de investigación es del **22 %**, que está por debajo del límite **PERMITIDO** por la UJCM, por lo que se considera apto para su publicación en el Repositorio Institucional de la UJCM.

Se emite el presente certificado de similitud con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención de grado académico o título profesional o título de segunda especialidad.

Moquegua, 29 de agosto de 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Ph.D. EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO
Jefe de la Unidad de Investigación

ÍNDICE

	pág.
PÁGINA DE JURADO	i
CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES DEL TEMA.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.1.1 Razón Social de la Empresa.	1
1.1.2 Ubicación.....	1
1.1.3 Gerente general.....	1
1.2 Descripción de cómo es y qué tipo de servicio otorga la empresa	1
1.3 Contexto socioeconómico	2
1.4 Descripción de la experiencia	2

1.5 Explicación del cargo.....	2
1.6 Propósito del puesto	3
1.6.1 Objetivo general.....	3
1.6.2 Objetivos específicos.	3
1.7 Proceso objeto del informe	3
1.8 Resultados concretos.....	4
CAPÍTULO II	6
FUNDAMENTACIÓN	6
2.1 Explicación del papel que jugaron la teoría y la práctica en el desempeño laboral en la situación objeto del informe	6
2.1.1 Soldadura.....	6
2.1.1.1 Proceso SMAW.....	7
2.1.1.2 Proceso SAW.	8
2.1.1.3 Proceso GMAW.	9
2.1.1.4 Proceso TIG.....	11
2.1.1.5 Corte oxiacetilénico.....	13
2.1.1.5.1 Aplicaciones y limitaciones de materiales con equipo oxicorte.....	14
2.1.1.6 Corte por plasma.	15
2.1.2 Métodos de ensayos no destructivos en soldadura.	15
2.1.2.1 Visual (VT).	16
2.1.2.2 Líquido penetrante (PT).	17

2.1.2.3 Radiografía (RT).	18
2.1.2.4 Ultrasonido (UT).	19
2.2 Descripción de las acciones, metodología y procedimiento a los que se recurrió para resolver la situación profesional objeto del informe	21
CAPÍTULO III.....	23
APORTES Y DESARROLLO DE EXPERIENCIAS	23
3.1. Aportes utilizando los conocimientos o bases teóricas.....	23
3.1.1 Información sobre el tanque.	23
3.1.2 Especificaciones del acero.	23
3.1.3 Información del contenido del tanque.	24
3.1.4 Determinación de las dimensiones del cuerpo.....	24
3.1.5 Aplicando el método de un pie para determinar el espesor de los anillos en dirección fondo-tope según API 650.....	25
3.1.5.1 Cálculo del quinto anillo.	26
3.1.5.2 Cálculo del cuarto anillo.	26
3.1.5.3 Cálculo del tercer anillo.	26
3.1.5.4 Cálculo del segundo anillo.	26
3.1.5.5 Cálculo del primer anillo.....	26
3.1.6 Diseño del fondo del tanque según API 650.	27
3.1.7 Diseño del techo del tanque según API 650.	29
3.2. Desarrollo de experiencias	31

3.2.1	Habilitación en taller.....	32
3.2.2	Construcción de tanque en terreno	33
3.2.2.1	Armado del fondo del tanque	33
3.2.2.2	Ensamblaje del cuerpo	34
3.2.2.3	Distribución de trípode de izaje / secuencia 01	35
3.2.2.4	Armado e izaje del 5to anillo	37
3.2.2.5	Armado e izaje del 4to anillo	38
3.2.2.6	Armado e izaje del 3er anillo	39
3.2.2.7	Montaje y armado del primer anillo (final)	40
3.2.2.8	Ensamblaje del techo cónico	42
3.2.2.9	Instalación de silletas de anclaje	43
3.2.2.10	Instalación de boquillas y manholes	44
3.2.2.11	Instalación de la estructura interior del tanque	44
3.2.2.12	Instalación de la escalera y barandas del tanque.....	44
3.2.3	Ensayos a realizar en el tanque.....	44
3.2.3.1	Radiografía industrial	45
3.2.3.2	Tintes penetrantes.....	45
3.2.3.3	Prueba de vacío en el fondo del tanque.....	46
3.2.3.4	Pruebas de estanqueidad.....	46
3.2.3.5	Pruebas neumáticas	47
3.2.4	Pintado de tanque.....	48

CONCLUSIONES.....	50
RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 <i>Esfuerzos permisibles de materiales</i>	24
Tabla 2 <i>Tolerancias para espesores</i>	25
Tabla 3 <i>Tolerancias para una placa anular</i>	28
Tabla 4 <i>Tolerancias para espesores de perfil angular de coronamiento</i>	31

ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 <i>Baño de fusión del proceso SMAW</i>	8
Figura 2 <i>Baño de fusión proceso SAW</i>	9
Figura 3 <i>Representación esquemática de la soldadura con CO2</i>	10
Figura 4 <i>Proceso de soldadura TIG</i>	12
Figura 5 <i>Partes de equipo oxicorte</i>	14
Figura 6 <i>Toma de una radiografía</i>	19
Figura 7 <i>Diagrama de bloque</i>	20
Figura 8 <i>Placa anular seleccionado por el cliente</i>	29
Figura 9 <i>Tanque con techo soportado</i>	30
Figura 10 <i>Perfil angular seleccionado por el cliente</i>	31
Figura 11 <i>Armando de fondo de tanque</i>	34
Figura 12 <i>Instalación de soportes para izaje</i>	35
Figura 13 <i>Distribución de trípode de izaje</i>	36
Figura 14 <i>Montaje del quinto anillo</i>	37
Figura 15 <i>Montaje del cuarto anillo</i>	39
Figura 16 <i>Montaje del tercer anillo</i>	40
Figura 17 <i>Montaje del segundo anillo</i>	41
Figura 18 <i>Montaje del primer anillo</i>	42
Figura 19 <i>Techo cónico soportado</i>	43
Figura 20 <i>Tanque pintado</i>	49

RESUMEN

El informe elaborado sobre el trabajo a título profesional menciona la experiencia laboral adquirida en AID Ingenieros, empresa especializada en la producción diseño y montaje de estructuras metálicas, montaje de equipos, fabricación de tanques, etc. Mi desempeño como asistente de ingeniero de campo, mi desempeño laboral fue muy eficiente. La actividad realizada fue la de construcción de un tanque de agua potable con capacidad de 300000 galones dentro de las instalaciones de SOUTHERN COPPER CORPORATION. El informe describe la supervisión del proceso constructivo del proyecto “CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE AGUA 3460 – TK- 001”.

Palabras clave: seguridad, calidad, producción.

ABSTRACT

The report prepares on the work in a professional capacity mentions the work experience acquired at AID Ingenieros, a company specialized in the production, design and assembly of metal structures, equipment assembly, tank manufacturing, etc. my performance as assistant field engineer, my work performance was very efficient. The activity carried out was to build a drinking water tank with a capacity of 300,000 gallons within the facilities of SOUTHERN COPPER CORPORATION. The report describes the monitoring of the construction process of the project “CONSTRUCTION OF TANK OF WATER 3460 – TK- 001”.

Keywords: safety, quality, production.

INTRODUCCIÓN

El siguiente informe de desempeño profesional detalla el proceso de construcción de un tanque de agua potable de 300000 galones, todos los pasos desde la fabricación hasta la instalación y/o montaje en las instalaciones de SOUTHERN COPPER CORPORATION, se realiza un seguimiento.

Cuyo informe se divide de la siguiente manera:

Los elementos generales del tema a investigar, como las referencias, la descripción de la compañía y los antecedentes socioeconómicos, entre otros, se abordan en el primer capítulo.

Las preparaciones teóricas obtenidos en la institución de aprendizaje están enfocados en el segundo capítulo, que se adquieren y ponen en práctica en las empresas donde los estudiantes complementan su formación profesional.

El tercer y último capítulo se centra en desarrollar la experiencia que despliega todas las acciones realizadas en un proyecto particular.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DEL TEMA

1.1 Antecedentes

1.1.1 Razón Social de la Empresa.

Nombre de la empresa: AID Ingenieros.

RUC: 20326764214

1.1.2 Ubicación.

Dirección: Campamento Staff Ilo

Distrito: Ilo.

Provincia: Ilo.

Departamento: Moquegua.

1.1.3 Gerente general.

Ingeniero Gustavo Ortega Garnica

1.2 Descripción de cómo es y qué tipo de servicio otorga la empresa

AiD Ingenieros es una empresa que forma parte del desarrollo en el sur del Perú, aproximadamente más de 20 años aportando al desarrollo y ejecución de grandes

proyectos de ingeniería en minería, edificaciones, energía, entre otros. Posición la cual se respalda con los más de 50 proyectos ejecutados y los que actualmente se ejecutan.

Nuestros clientes son algunas de las empresas más grandes del Perú: Southern Peru Copper Corporation (SPCC), Shougang Hierro Perú (SHP), Cerro Verde (SMCV), entre otros.

1.3 Contexto socioeconómico

La realización del proyecto “CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE AGUA 3460 – TK- 001”, brindará beneficios muy importantes en cuanto a capacidad de almacenaje de sustancias líquidas en las infraestructuras de SOUTHERN COPPER CORPORATION.

1.4 Descripción de la experiencia

En Las instalaciones de la empresa AID ingenieros (taller de fabricación) y de SOUTHERN COPPER CORPORATION se desarrollaron las actividades a realizar como asistente de ingeniero de campo en el proyecto “CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE 3460 – TK- 001”, en las cuales mis contribuciones fueron en las actividades mecánicas apoyando en cuanto al proceso constructivo del tanque, de esta manera también lograr un incremento de conocimientos y experiencia.

1.5 Explicación del cargo

Personal con conocimiento de especificaciones técnicas, experiencia en proyectos mecánicos y lectura de planos, con el fin de dar informaciones certeras a los trabajadores para los distintos equipos de trabajo involucrados y tener una buena capacidad de liderazgo.

El Asistente de Ingeniero de Campo es el encargado de brindar apoyo al Ingeniero encargado del proyecto en hacer el seguimiento del proceso constructivo del tanque de agua.

1.6 Propósito del puesto

1.6.1 Objetivo general.

Explicar el dossier de construcción del proyecto “CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE AGUA 3460 – TK- 001” según los estándares, procedimientos y las especificaciones del cliente.

1.6.2 Objetivos específicos.

- Orientar a los trabajadores durante la ejecución del proyecto “CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE AGUA 3460 – TK- 001” en cuanto a seguridad, calidad y producción.
- Desarrollar los reportes diarios de avance del proceso constructivo del proyecto “CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE AGUA 3460 – TK- 001”.

1.7 Proceso objeto del informe

Ejecutar el seguimiento del proceso constructivo al proyecto “CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE AGUA 3460 – TK- 001”, de acuerdo con los estándares, procedimientos y especificaciones del cliente.

En el presente proyecto “CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE AGUA 3460 – TK- 001”, la supervisión de la construcción también se lleva a cabo con base en el proceso de construcción establecido por el contratista, y la construcción es verificada y aprobada por el cliente.

1.8 Resultados concretos

En el transcurso de mis prácticas, trabaje en el puesto de Asistente de Ingeniero de Campo en la compañía AID Ingenieros, desempeñando las siguientes tareas en su taller de fabricación y en las instalaciones de SOUTHERN COPPER CORPORATION, cuyas responsabilidades fueron:

- Es el encargado de planificar, organizar y dirigir la cuadrilla de trabajo verificar los recursos necesarios en la obra y participar en la creación del procedimiento actual; motivando al trabajador a disipar cualquier duda que se le pudiera presentar en la ejecución de las actividades de reparación.
- Responsable de tener los permisos pertinentes a este procedimiento de manera oportuna.
- Responsable de cumplir y aplicar los estándares establecidos en cuanto a salud, seguridad y calidad.
- Coordinar siempre con supervisión de SPCC sobre los avances y/o cambios en las obras.
- Reportar al Ingeniero encargado y al supervisor de seguridad de AiD ingenieros de todo incidente o accidente que pudiera ocurrir en obra, durante el turno, proponiéndolo para ser analizado en la charla de seguridad.
- Controlar permanentemente el levantamiento de las interferencias (personal no ajeno a la actividad) que se produzcan con los trabajos de otras disciplinas, especialmente en áreas restringidas y/o congestionadas; y, observar, identificar y eliminar/mitigar los riesgos relacionados en el área a su cargo.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 Explicación del papel que jugaron la teoría y la práctica en el desempeño laboral en la situación objeto del informe

2.1.1 Soldadura.

El proceso de fusión o presión para unir metales se conoce como soldadura.

En estos últimos años se emplean una gran variedad de procesos de soldadura las cuales van a depender enormemente del material base a utilizar para soldar, estos están catalogados de la siguiente manera:

- Por fusión.
 - Arco eléctrico (SMAW, SAW, FCAW, GMAW, GTAW).
 - Laser.
 - Haz electrónico.
 - Oxi-acetilénica.
- Por presión.
 - Resistencia y en frío.

2.1.1.1 Proceso SMAW.

Según Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2020), la soldadura por arco eléctrico, es un método de unión por fusión de componentes metálicas.

Esta soldadura es conocido como proceso SMAW (Shielded Metal Arc Welding), muy normal, económico y considerablemente usado en la actualidad.

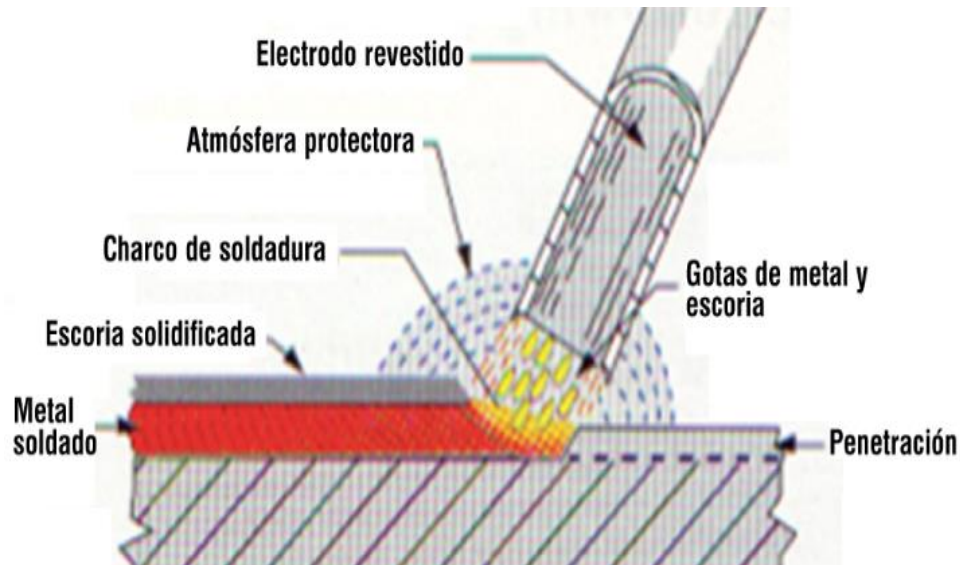
El proceso SMAW suele emplearse normalmente para materiales ferrosos y no ferrosos, en su gran mayoría para materiales ferrosos, donde se emplean máquinas de corriente continua.

Los siguientes componentes forman normalmente el proceso de soldadura con electrodo revestido:

- Fuente de poder
- Cables de soldadura.
- Cable porta electrodo.
- Cable de tierra.
- Electrodo consumible.
- Metal a soldar.

Figura 1

Baño de fusión del proceso SMAW



Nota: Manual de soldadura. Fuente: SOLDEXA (2020).

2.1.1.2 Proceso SAW.

Según Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2020), son similar a la soldadura manual de arco eléctrico. El alambre desnudo, alimentado por un mecanismo automático a medida que se consume, sustituye al electrodo en funcionamiento. Un fusible y un polvo granular protegen el arco que se compone de minerales y silicatos; se conoce como fundente o flujo.

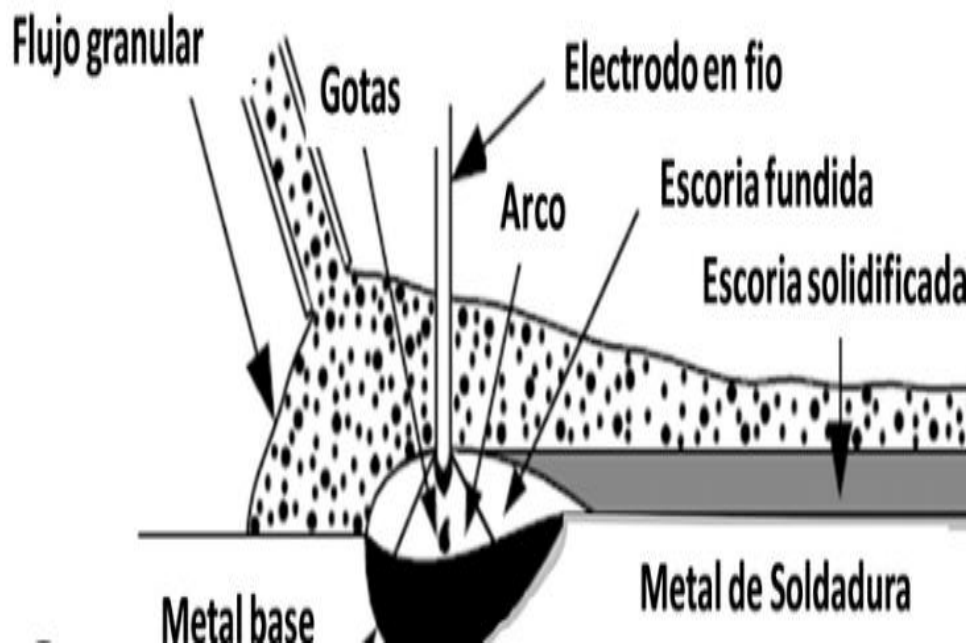
Dado que la mano humana ya no realiza las soldaduras, los parámetros necesarios para comenzar el proceso de soldadura son programados únicamente por la mano humana. Como resultado, es un procedimiento semiautomático.

Este proceso utiliza fundente que cae a través de un embudo al baño de soldadura. La función del fundente es proteger el baño de soldadura de atmósferas contaminadas, similar a la del revestimiento del electrodo.

Normalmente se utiliza para soldaduras planas y horizontales y en varios espesores. El nombre de este proceso proviene del hecho de que el arco, la chispa y el gas quedan oscurecidos por el flujo.

Figura 2

Baño de fusión proceso SAW



Nota: Manual de soldadura. Fuente: SOLDEXA (2020).

2.1.1.3 Proceso GMAW.

Según American Welding Society (2020), el proceso de MIG/MAG de soldadura por arco metálico con gas consiste en colocar un arco entre el extremo del alambre que soporta y la pieza a soldar. Los gases proporcionados junto con el metal de aporte proporcionan toda la protección.

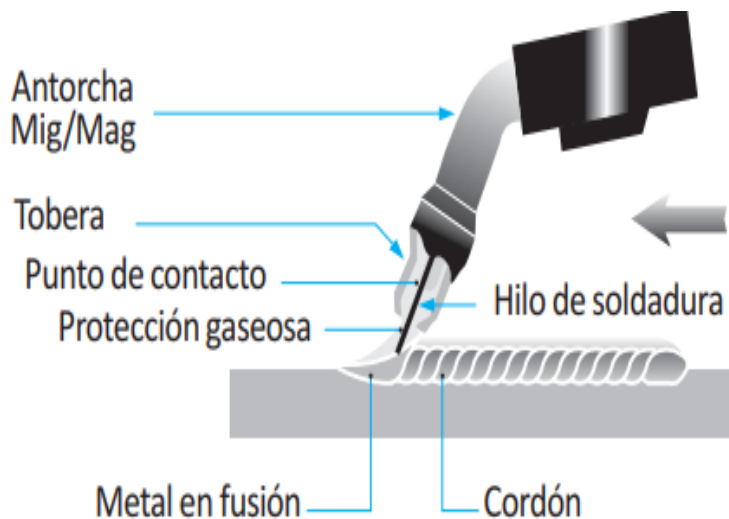
Actualmente este es proceso muy utilizado en diversos ámbitos de la industria de la maquinaria metálica. En todos los dispositivos, este proceso se divide en dos tipos muy similares, con la única diferencia del gas protector. Un gas inerte

se emplea en uno de estos procesos. Por lo tanto, otros procesos utilizan gases activos. Estos son:

- MIG: proceso que utiliza gas inerte puro (helio, argón, etc.) como protección de la atmosfera. Generalmente se utiliza con mucha frecuencia para metales no ferrosos.
- MAG: para la soldadura, se emplea como gas protector un gas activo, como el CO₂, el dióxido de carbono o una mezcla de CO₂ y argón. Se emplea con frecuencia para todos los metales ferrosos para todos los metales ferrosos.

Figura 3

Representación esquemática de la soldadura con CO₂



Nota: Manual de soldadura. Fuente: SOLDEXA (2020).

Hay dos modelos de presentaciones, las cuales son:

- A corrientes bajas, se produce una transferencia esférica o de gotas.
- La migración de la pulverización se produce a medida que aumenta la corriente.

El equipo de proceso de GMAW consta de los siguientes:

- Fuente de poder.
- Sistema de alimentación del metal de aporte(alambre) y controles.
- Antorcha.
- Gas para la protección de la soldadura.
- Metal de aporte.

2.1.1.4 Proceso TIG.

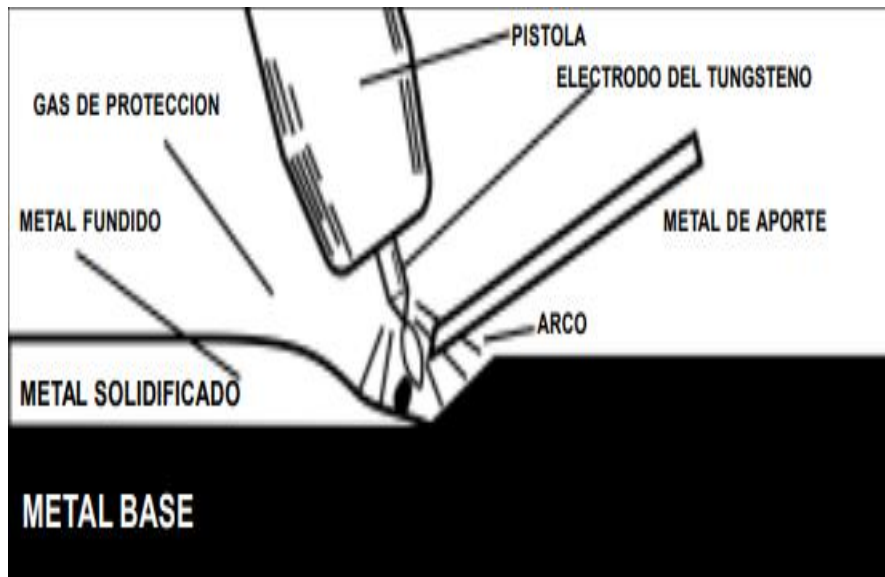
Según OXGASA (s.f.), El calor necesario para soldar TIG, se produce mediante un arco eléctrico manteniendo entre el electrodo no consumible y la pieza por soldar. El electrodo usado para llevar la corriente es una varilla de tungsteno, o una aleación del mismo, así como también puede ser grafito, lo que no es usual.

Esto también se conoce como proceso GTAW y es durante el transcurso se utiliza una barra de tungsteno desnudo para derretir el metal que se está soldando. Los electrodos de tungsteno funden la soldadura debido a su resistencia a altas temperaturas, la temperatura de fusión de los metales base generalmente es superior.

Un procedimiento que protege el baño de soldadura de la contaminación atmosférico mediante el uso de gas inerte. En el caso del metal de aportación se introduce una varilla desnuda desde el exterior en el baño de soldadura.

Figura 4

Proceso de soldadura TIG



Nota: Manual de soldadura. Fuente: OXGASA (s.f).

Las características del proceso TIG son las siguientes:

- La calidad del cordón de soldadura es excelente.
- No se requiere limpieza después de soldar.
- Baño de soldadura y masa fundida visible para el soldador.
- Sin salpicaduras de soldadura.
- Soldar todas las posiciones.
- Una soldadura limpia y con un proceso libre de escoria.

Este proceso se utiliza normalmente en metales de varios espesores como:

- Aluminio.
- Magnesio.
- acero inoxidable.
- Bronce.

- Plata.
- Cobre.
- níquel y aleaciones.
- hierro fundido.
- aceros dulces.
- aceros aleados.

En estos últimos años en los grandes proyectos se emplean el proceso mixto, donde llega a detallar dos procesos de soldadura y los más comunes son el proceso SMAW y GTAW.

2.1.1.5 Corte oxiacetilénico.

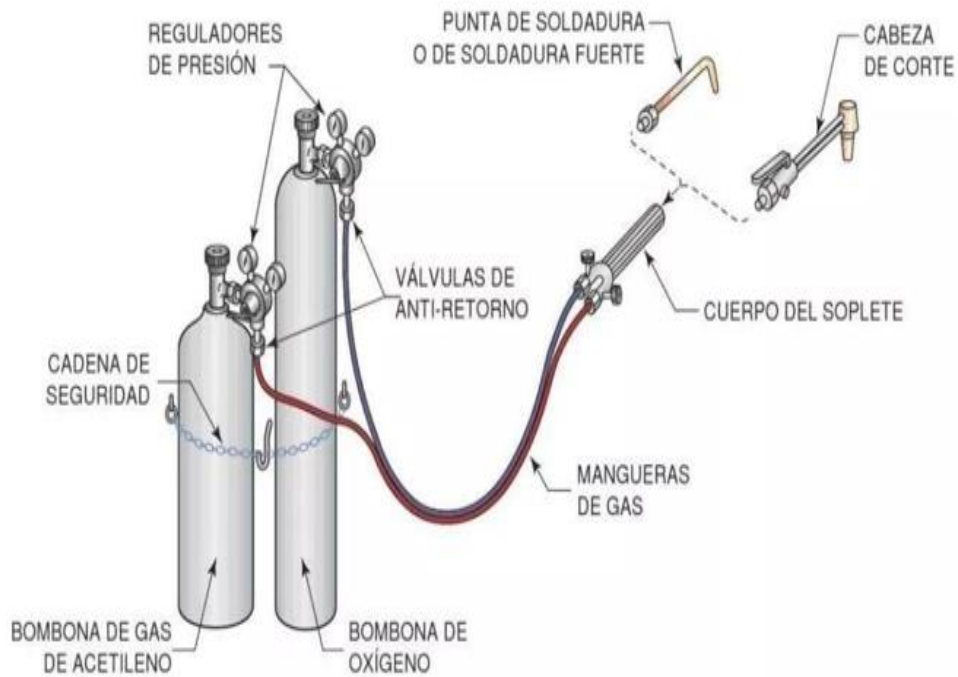
Según Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2010), podemos definir el oxicorte como: el procedimiento de corte empleado para seccionar piezas metálicas mediante la acción de un chorro de oxígeno proyectado a presión sobre una zona calentada, con anterioridad, a una temperatura algo inferior a la de fusión.

Es una técnica rapidísima, siempre que la temperatura de fusión del metal a cortar sea inferior a la del metal base y siempre que el material se preste también a una “oxidación rápida”.

El oxicorte está basado en un fenómeno que observó Lavoisier (1743-1794) al realizar un experimento y que enunció de la siguiente forma: “Si sobre el hierro caliente lanzamos un chorro de oxígeno a presión, el metal entra en combustión, dando como residuo óxido férrico (Fe_2O_3) fundido, que se desprende en forma de chispas incandescentes”.

Figura 5

Partes de equipo oxicorte



Nota: Manual de soldadura. Fuente: Welding From Peru (2020).

2.1.1.5.1 Aplicaciones y limitaciones de materiales con equipo oxicorte

Materiales en las cuales podemos emplear el equipo oxicorte son:

- El hierro.
- El acero al carbono.
- El acero de baja aleación.

Existe una excepción de materiales en donde no se emplean el corte con equipo oxicorte como el acero inoxidable, otros aceros, el aluminio, el cobre y las fundiciones.

2.1.1.6 Corte por plasma.

Según American Welding Society (2020), corte por arco eléctrico con plasma es un proceso de corte por arco eléctrico térmico que constituye un método eficiente para cortar material. Este corte ofrece ventajas importantes en comparación al oxicorte en términos de productividad, velocidad y costo, adicional brinda excelente calidad de superficie de corte, mejores propiedades mecánicas y un mayor apego a las tolerancias requeridas. El proceso se define como proceso de corte por arco eléctrico que emplea un arco eléctrico limitado y elimina el metal fundido con un chorro de alta velocidad de gas ionizado proveniente del orificio.

Según Pythonx (2019), La formación del arco eléctrico de plasma comienza cuando se fuerza un gas tal como oxígeno, nitrógeno, argón o incluso aire comprimido de taller por el orificio de una pequeña tobera que está dentro de la antorcha. Desde el suministro de potencia externo se genera un arco eléctrico que después se introduce a ese caudal de gas de alta presión, y eso produce lo que suele denominarse un “chorro de plasma”. El chorro de plasma alcanza de inmediato temperaturas de hasta 22 000 °C [40 000 °F] que perforan con rapidez la pieza y eliminan el material fundido. Con niveles menores de energía térmica provenientes de la antorcha de plasma, es posible marcar o grabar la superficie del acero; tal rotulación se denomina rotulación por plasma.

2.1.2 Métodos de ensayos no destructivos en soldadura.

Según American Welding Society (2009), el ensayo no destructivo (NDT) es una técnica que permite evaluar las soldaduras y las áreas adyacentes sin afectar su utilidad. Las técnicas de NDT comunes son:

- Visual.
- Líquidos penetrantes.
- Partículas magnéticas.
- Radiográfico.
- Ultrasonido.

Dos de estos métodos se utilizaron durante el proceso de implementación del proyecto y se analizan a continuación.

2.1.2.1 Visual (VT).

Según American Welding Society (2009), el método principal para evaluar la integridad en la mayoría de las soldaduras es un examen visual. Los exámenes visuales siguen siendo una parte fundamental del control de calidad práctico, incluso en los conjuntos soldados con juntas cuyo examen se ha llevado a cabo mediante métodos de ensayo no destructivo. Por lo tanto, en el orden de importancia, el examen visual se encuentra en primer lugar. Antes de realizar cualquier otro ensayo no destructivo, se requiere que las soldaduras se acepten por medio de un examen visual. El examen visual, el método de ensayo no destructivo más popular, es rápido y a menudo no requiere ningún equipo especial; solo necesita una buena vista y algunas herramientas económicas y relativamente simples.

Ciertos aspectos de la inspección visual de soldadura pueden requerir herramientas específicas. Para comprobar las dimensiones de los cordones de soldadura se utilizan diversas escalas y calibres. En todo el mundo se utilizan varios tipos de medidores de soldadura de filete.

Los ángulos de bisel de las soldaduras, el refuerzo y las aberturas de las raíces también se pueden inspeccionar con otros clientes. Las aberturas de las raíces, las dimensiones de distancia del material de soporte, la lineación y el acoplamiento de las piezas se examinan con dispositivos de medición.

El precalentamiento entre pasadas es monitoreado por el indicador de temperatura. Se emplean baroscopios, videos propios, linternas y espejos en áreas con acceso limitado.

2.1.2.2 Líquido penetrante (PT).

Según American Welding Society (2009), si las discontinuidades están limpias y despejadas a la superficie, el ensayo con PT es una técnica sencilla para encontrarlas. El tinte líquido, que ingresa por acción capilar y se aplica al espacio a examinar, tiene la capacidad de penetrar las discontinuidades.

Hay dos calificaciones básicas de métodos de infiltración de líquidos, ambas basadas en principios similares. Uno emplea un tinte visible, mientras que el otro emplea un tinte fluorescente, que solo se puede ver cuando se expone a la luz ultravioleta. En contraste con el fondo blanco del revelador, el tinte penetrante visible suele ser rojo. Luz blanca generalmente funciona para la pantalla.

Cuando se examinan sitios oscuros con un origen de luz oscurecida (ultravioleta) algunos líquidos penetrantes fluorescentes presentan una apariencia de color amarillo verdoso sobre un fondo oscuro. Por lo general, los métodos de tinte visible son menos sensibles que este método transmisión de fluorescente. Bajo la luz ultravioleta, el líquido penetrante brilla. Los técnicos pueden ver fácilmente los indicadores como resultado de esto. Los fabricantes agregan a un líquido

penetrante y muy viscoso que puede soportar una limpieza profunda partículas fluorescentes y abrillantadores para ajustar la sensibilidad.

Hay tres tipos de líquidos penetrantes que se utilizan tanto en métodos visibles como fluorescentes. Se califican según la forma en que se eliminan de la superficie que se inspeccionan. Estos son:

- Lavable con solvente.
- Lavable con agua.
- Postemulsificable.

2.1.2.3 Radiografía (RT).

Según American Welding Society (2009), este método de ensayo no destructivo utiliza una radiación para penetrar una soldadura y revelar información de las condiciones internas. Cuando una unión de soldadura se expone a estas radiaciones penetrantes parte de la radiación se observe, parte se dispersa y la otra parte se transmite a través de la soldadura al dispositivo de registro. Las técnicas de RT más convencionales aplicables en la actualidad son las que registran imágenes permanentes en película fotográfica, aunque se emplean otros métodos adicionales.

Este proceso básico implica dos pasos y estos son:

- Toma radiográfica
- Interpretación

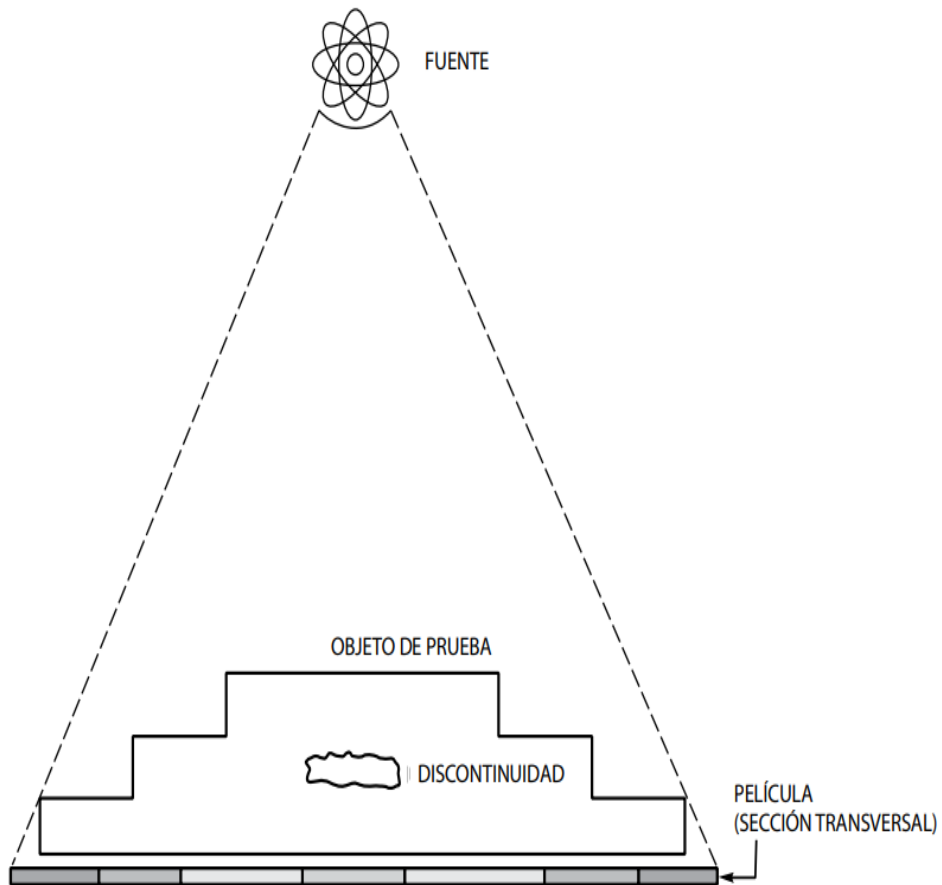
El equipo de RT consta de lo siguiente:

- Fuente de radiación.
- Soldadura a radiografiar.

- Marcadores de identificación de soldadura.
- Película de rayos x en un soporte de película opaco.
- Personal capacitado para elaborar el ensayo.
- Medio para procesar químicamente la película expuesta
- Persona capacitada para la interpretación.

Figura 6

Toma de una radiografía



Nota: Guía para END de soldaduras. Fuente: American Welding Society (2020).

2.1.2.4 Ultrasonido (UT).

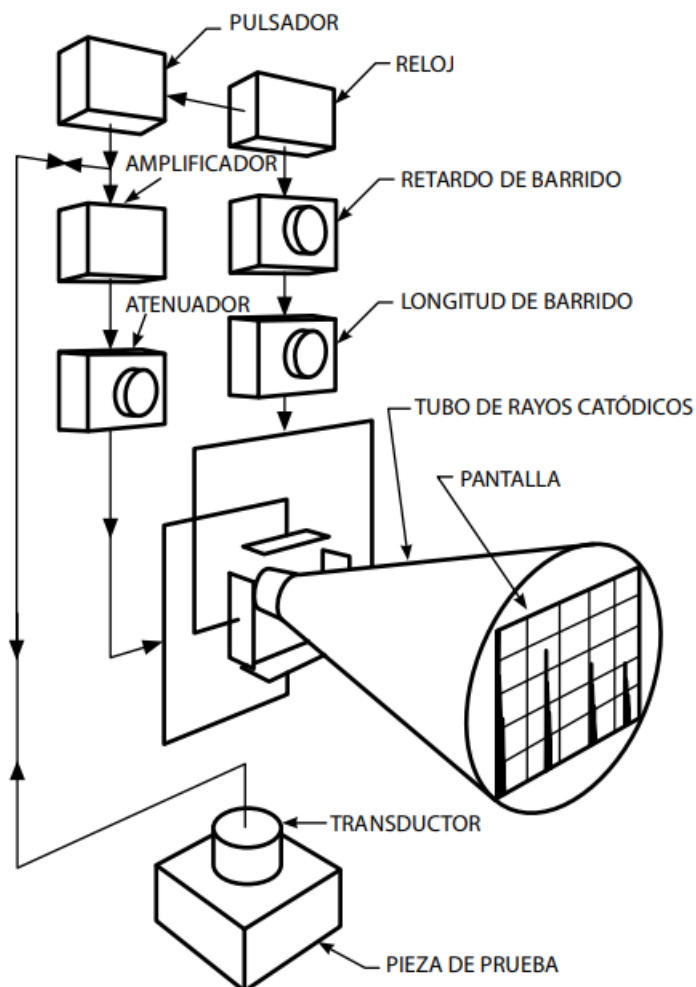
Según American Welding Society (2009), es uno de los métodos de ensayo de destructivo más ampliamente utilizado. Su aplicación principal es la detección y

caracterización internas. También se utiliza para detectar discontinuidades de superficie, definir las características de la unión y medir espesores. El método de pulso eco con presentación de datos de exploración A se utiliza muy comúnmente para examinar soldaduras.

Este ensayo no destructivo es ampliamente usado en la soldadura ya que suele ser muy eficiente en cuanto a encontrar discontinuidades internas que pueden existir en una unión de soldadura.

Figura 7

Diagrama de bloque



Nota: Guía para END de soldaduras. Fuente: American Welding Society (2020).

2.2 Descripción de las acciones, metodología y procedimiento a los que se recurrió para resolver la situación profesional objeto del informe

Para crear el procedimiento constructivo se utilizó inicialmente especificaciones técnicas proporcionadas por el cliente. En el mismo se identificaron estándares nacionales e internacionales a ser tomados en cuenta al momento de desarrollar procedimiento. Eso es:

- ASTM A6 (American Society for Testing and Materials).
- ASTM A36 (Specification for Structural Steel and Seamless).
- AISC (American Institute of Steel Construction).
- API 650 (American Petroleum Institute).

Para cumplir con las normas de seguridad es importante orientar al personal obrero, con capacitaciones constantes y una medida al cual se recurrió fue las pausas activas implementadas en el área de trabajo.

En cuanto a la calidad y la producción se empleó una metodología la cual implica las siguientes pautas a cumplir:

- Instalaciones limpias y ordenadas.
- Maquinarias y herramientas adecuadas y en perfectas condiciones.
- Planificación de tareas.
- Evitar retrabajos.
- Comunicación constante.
- Equipo de trabajo motivado.

CAPÍTULO III

APORTES Y DESARROLLO DE EXPERIENCIAS

3.1. Aportes utilizando los conocimientos o bases teóricas

El diseño y los planos de fabricación son elaborados por el cliente, por lo tanto, mis aportes es la de demostrar que los espesores de la base, cuerpo y techo del tanque seleccionados cumplan lo especificado en la norma API 650.

3.1.1 Información sobre el tanque.

- Ancho de lámina: cuatro de 1.5 m y uno de 1.1 m
- Longitud de lámina: 6 m
- Volumen: 300000 galones
- Corrosión admisible: 1.6 mm

3.1.2 Especificaciones del acero.

Acero estructural ASTM A36.

Tabla 1*Esfuerzos permisibles de materiales*

Plate Specification	Grade	Nominal Plate Thickness t mm	Minimum Yield Strength MPa	Minimum Tensile Strength MPa	Product Design Stress Sd MPa	Hydrostatic Test Stress S1 MPa
ASTM Specifications						
A283M	c		205	380	137	154
A285M	c		205	380	137	154
A131M	A, B		235	400	157	171
A36M	-		250	400	160	171
A131M	EH 36		360	490 ^a	196	210
A573M	400		220	400	147	165
A573M	450		240	450	160	180
A573M	485		290	485 ^a	193	208
A516M	380		205	380	137	154
A516M	415		220	415	147	165
A516M	450		240	450	160	180
A516M	485		260	485	173	195
A662M	B		275	450	180	193

Nota: Tanques soldados para almacenamiento de petróleo. Fuente: American Petroleum Institute (2021).

- Fy: 250MPa
- Sd: 160MPa
- St: 171MPa
- E: 200GPa

3.1.3 Información del contenido del tanque.

- G: 1
- p: 1Kg/L

3.1.4 Determinación de las dimensiones del cuerpo.

Para determinar el espesor se aplica las siguientes formulas:

Diámetro: 15.28 m

Altura: 7.1 m

Para el diseño del cuerpo el espesor mínimo según la norma API 650 y según la imagen será:

Tabla 2

Tolerancias para espesores

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

• NOTE 1 Unless otherwise specified by the Purchaser, the nominal tank diameter shall be the centerline diameter of the bottom shell-course plates.
NOTE 2 The thicknesses specified are based on erection requirements.
• NOTE 3 When specified by the Purchaser, plate with a nominal thickness of 6 mm may be substituted for 1/4-in. plate.
NOTE 4 For diameters less than 15 m (50 ft) but greater than 3.2 m (10.5 ft), the nominal thickness of the lowest shell shall not be less than 6 mm (1/4 in.).

Nota: Tanques soldados para almacenamiento de petróleo. Fuente: American Petroleum Institute (2021).

Para D = 15.28 m corresponde 6mm

3.1.5 Aplicando el método de un pie para determinar el espesor de los anillos en dirección fondo-tope según API 650.

Para determinar el espesor se aplica las siguientes formulas:

$$T_d = [4.9D (H - 0.3) G/S_d] + CA \dots \dots \dots [Ecuación 1]$$

$$T_t = [4.9D (H - 0.3) /S_t] \dots \dots \dots [Ecuación 2]$$

Donde:

T_d = Espesores por condiciones de diseño (en mm)

T_t = Espesor por prueba hidrostática (en mm)

D = Diámetro nominal del tanque (en m)

H = Altura del líquido de diseño (en m)

G = Gravedad específica del líquido (adimensional)

CA = Espesor de corrosión (en mm)

Sd = Esfuerzo permisible por condición de diseño (en MPa)

St = Esfuerzo permisible por condición de prueba hidrostática (en MPa)

3.1.5.1 Cálculo del quinto anillo.

$$T_d = [4.9 * 15.28 * (7.1 - 0.3) * 1/160] + 1.6 = 4.784 \text{ mm}$$

$$T_t = [4.9 * 15.28 * (7.1 - 0.3) / 171] = 2.977 \text{ mm}$$

3.1.5.2 Cálculo del cuarto anillo.

$$T_d = [4.9 * 15.28 * (7.1 - 1.1 - 0.3) * 1/160] + 1.6 = 4.267 \text{ mm}$$

$$T_t = [4.9 * 15.28 * (7.1 - 1.1 - 0.3) / 171] = 2.496 \text{ mm}$$

3.1.5.3 Cálculo del tercer anillo.

$$T_d = [4.9 * 15.28 * (7.1 - 1.1 - 1.5 - 0.3) * 1/160] + 1.6 = 3.565 \text{ mm}$$

$$T_t = [4.9 * 15.28 * (7.1 - 1.1 - 1.5 - 0.3) / 171] = 1.839 \text{ mm}$$

3.1.5.4 Cálculo del segundo anillo.

$$T_d = [4.9 * 15.28 * (7.1 - 1.1 - 2 * 1.5 - 0.3) * 1/160] + 1.6 = 2.863 \text{ mm}$$

$$T_t = [4.9 * 15.28 * (7.1 - 1.1 - 2 * 1.5 - 0.3) / 171] = 1.183 \text{ mm}$$

3.1.5.5 Cálculo del primer anillo.

$$T_d = [4.9 * 15.28 * (7.1 - 1.1 - 3 * 1.5 - 0.3) * 1/160] + 1.6 = 2.161 \text{ mm}$$

$$T_t = [4.9 * 15.28 * (7.1 - 1.1 - 3 * 1.5 - 0.3) / 171] = 0.525 \text{ mm}$$

En el plano brindado por el cliente para su fabricación el espesor seleccionado es de 6 mm, lo cual según los cálculos realizados si cumple, ya que el anillo del fondo del tanque es quien está expuesto a mayor presión a diferencia del resto de los anillos, en nuestro calculo el anillo que más presión soporta es el quinto anillo.

Por lo tanto, para el quinto anillo nuestro calculo sale un espesor de 4.784 mm lo cual es menor a 6 mm, espesor a utilizar para la fabricación del cuerpo del tanque, podemos finalizar que el espesor seleccionado si cumple.

3.1.6 Diseño del fondo del tanque según API 650.

Los fondos de los tanques de almacenamiento cilíndricos verticales suelen estar hechos de placas de acero que tienen un espesor menor o igual al del cuerpo. El fondo tiene una base de concreto o un suelo compactado capaz de soportar el peso de la columna del producto, por lo que esto es factible.

$$L = 2 * T_b * \sqrt{(F_y / 2YGH)} \dots\dots\dots [Ecuación 3]$$

Donde:

L = Mínima distancia radial (en mm)

T_b = Esfuerzo mínimo de cedencia (en mm)

F_y = Altura sobre el terreno (en MPa)

Y = Factor de densidad del agua (en MPa/m)

G = Gravedad especifica del líquido (adimensional)

H = Nivel máximo de diseño (en m)

Como primer paso debemos de calcular el espesor de la placa anular, para lo cual demos de referenciar de acuerdo a la siguiente imagen:

Tabla 3

Tolerancias para una placa anular

Plate Thickness• of First Shell Course (mm)	StressIn Flrst Shell Course (MPa)	
	≤ 190	≤ 210
t ≤ 19	6	6
19 < t ≤ 25	6	7
25 < t ≤ 32	6	9
32 < t ≤ 40	8	11
40 < t ≤ 45	9	13

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

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

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

$$\text{Hydrostatic test stress} = (T_t / \text{nominal } t) (S_t)$$

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

Nota: Tanques soldados para almacenamiento de petróleo. Fuente: American Petroleum Institute (2021).

Según esta imagen la cual es en base a la información del API 650 el espesor de la placa anular sería 6 mm y, por lo tanto:

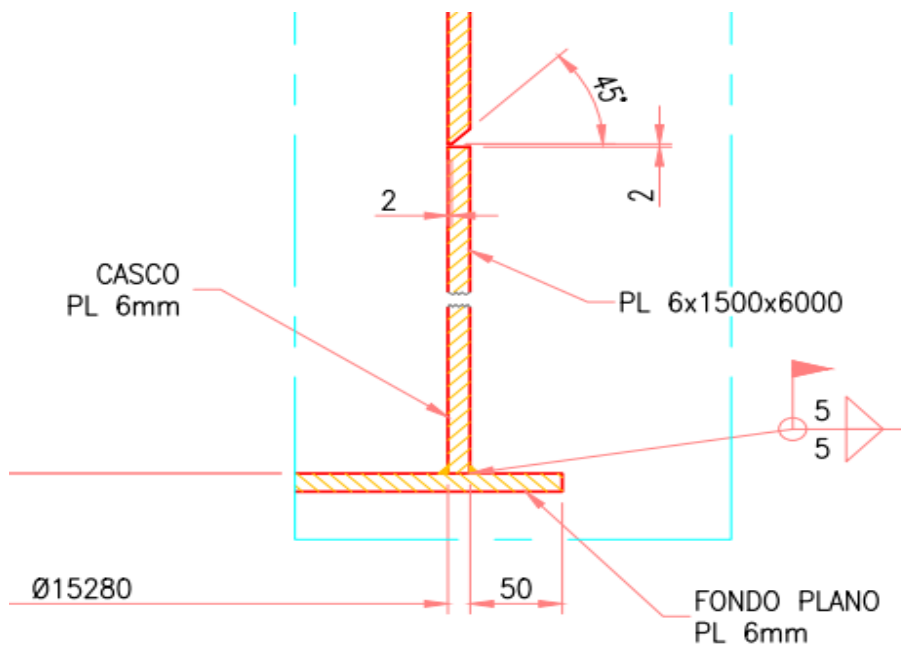
$$L = 2 * 7.6 * \sqrt{(250/2 * 0.0098 * 1 * 7.1)} = 644 \text{ mm}$$

Al resultado sumamos $644 + 50 + 6 = 700 \text{ mm}$, lo cual es mayor a 600 mm y por lo tanto aplica.

Con esto concluimos que la distancia de las placas anulares y el espesor cumplen y esto se ve en los planos facilitados por el cliente.

Figura 8

Placa anular seleccionado por el cliente



3.1.7 Diseño del techo del tanque según API 650.

Debido al diámetro del tanque de 25.28m, según API650, el techo corresponde a un auto soportado, la norma nos dice que para fabricar un techo auto soportado el diámetro no debe de superar los 18 m y por ende el diámetro del tanque a construir

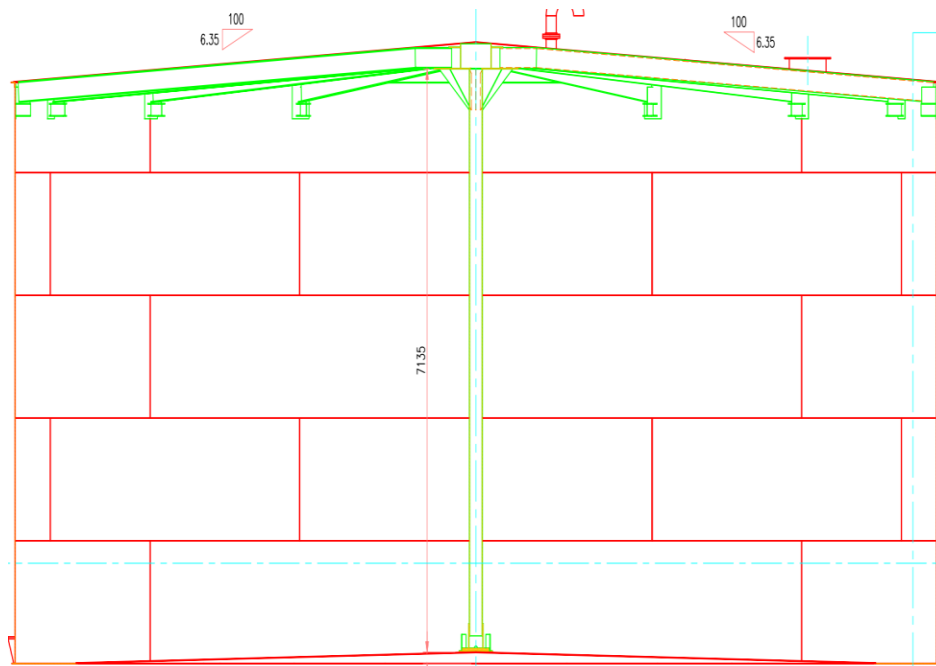
esta dentro de la referencia según API 650, pero el cliente diseño el techo soportado lo que brinda una mayor seguridad.

Para techos soportados la pendiente deberá de ser de 1:16 (3.57°) o mayor si lo especifica el cliente.

El ángulo de diseño por el cliente es 3.63°, que es mayor al ángulo mínimo a tomar según api 650 y por lo tanto si cumple.

Figura 9

Tanque con techo soportado



Con respecto a la selección del perfil angular de coronamiento según API 650 se da de la siguiente manera.

Tabla 4

Tolerancias para espesores de perfil angular de coronamiento

Tank Diameter (D)	Minimum Top Angle Size ^a (mm)
$D \leq 11\text{m}$, ($D \leq 35\text{ ft}$)	50 x 50 x 5
$11\text{ m} < D \leq 18\text{ m}$, ($35\text{ ft} < D \leq 60\text{ ft}$)	50 x 50 x 6
$D > 18\text{ m}$, ($D > 60\text{ft}$)	75 x 75 x 10

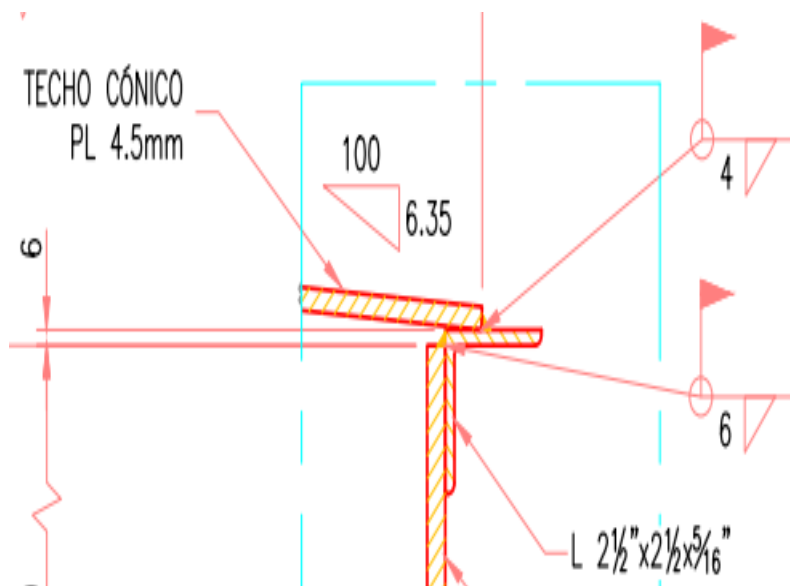
a. Approximate equivalent sizes may be used to accommodate local availability of materials.

Nota: Tanques soldados para almacenamiento de petróleo. Fuente: American Petroleum Institute. (2021).

El perfil mínimo a emplear es 2x2x1/4”.

Figura 10

Perfil angular seleccionado por el cliente



3.2. Desarrollo de experiencias

En el transcurso de la ejecución del proyecto “CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE AGUA 3460 – TK- 001”, las actividades que se realizaron son la de hacer el

seguimiento al proceso constructivo y que se cumplan los tiempos establecidos, cuyas actividades son:

3.2.1 Habilitación en taller

las actividades en el taller son trabajos previos cuyas tareas son las siguientes:

- Ingreso y habilitación del área de trabajo
- Retirar y guardar herramientas y equipos de poder de las cajas de herramientas.
- Revisión de planos de taller antes del habilitado.
- Verificar que el material recibido haya sido liberado por el área de calidad.
- Se debe examinar el estado de las herramientas de poder (equipo oxicorte y amoladoras).
- Los paneles se cortarán mediante pantógrafo y equipo móvil de oxicorte. Para hacer esto, primero alinee la boquilla del dispositivo con la línea que desea cortar. El corte de ángulos y canales se realizará utilizando un soplete de oxicomcombustible.
- Las chapas cortadas se retiran de la mesa del pantógrafo mediante carretilla elaborada o portal deslizante.
- Codificar a cada elemento producto del corte.
- Biselado de las planchas de acuerdo a lo indicado en los planos de taller aprobados.
- Doblar el material habilitado para ello se enviarán a la sección de plegados para su doblado.
- Luego se procederá a pintar en capa base.

- Una vez culminado lo mencionado anteriormente se procederá a embalar con film y colados sobre tacos de madera para su envío a obra.

3.2.2 Construcción de tanque en terreno

3.2.2.1 Armado del fondo del tanque

Las planchas y demás elementos del tanque serán enviados del taller AID a obra, luego se almacenarán en listones de madera a fin de mantener la preservación de los mismos. Se trasladarán las planchas para la base del tanque sobre el anillo de cimentación y cuyo armado se realizará de la siguiente manera:

- Antes del soldeo, las planchas de refuerzo o respaldo deberán ser distribuidas en las juntas a tope de la base.
- Sobre la base de trabajo se ubicará el centro natural del tanque y sobre este se colocará las planchas del fondo, de acuerdo a la ingeniería aprobada y se verificará la circunferencia, una vez revisado y aprobado el fondo se procederá a soldar las planchas entre sí sobre el eje trazado.
- Al terminar el soldeo de la base se colocará la columna central de soporte del techo, el tipo de fijación de la columna central dependerá del tipo de fondo cónico indicado en los planos.

Figura 11

Armando de fondo de tanque



3.2.2.2 *Ensamblaje del cuerpo*

Las planchas y demás elementos del tanque serán suministrados desde taller AID a obra, luego se almacenarán en listones de madera a fin de mantener la preservación de estos.

Se colocará en el fondo del tanque soporte de perfil W 8x18, estos contarán con un destaje a la medida de las planchas distribuidas equidistantemente a una distancia de 50 cm de modo tal que sirvan de guía a las planchas roladas que conformarán los anillos.

Sobre el fondo armado, se trazará el diámetro interno del cuerpo y se colocarán pórticos de izaje ($\text{Ø}4''$ SCH 40) distribuidos circunferencialmente a 4m,

estas tendrán la altura que se requiera para ensamblar anillo por anillo. En el centro de cada pórtico se colocará un teque de cadena de 5 Ton. los mismos servirán para levantar cada anillo terminado e insertar debajo de él las planchas que conformarán el anillo siguiente.

Figura 12

Instalación de soportes para izaje



3.2.2.3 Distribución de trípode de izaje / secuencia 01

Una vez concluido el ultimo anillo (5to anillo) se verificara sus dimensiones, así como su verticalidad y la soldadura realizada, se levantará con el sistema instalado con el apoyo de una ménsula ubicada en la parte inferior del anillo a fin de subirlo a una altura suficiente para el ingreso de las planchas que conforman el siguiente anillo, concluidas las soldadura verticales del anillo se procederá con el asentamiento del anillo predecesor a fin de realizar la soldadura horizontal entre anillo.

Esta secuencia se repetirá tantas veces como anillos tenga el tanque (5 anillos).

El primer anillo a ensamblar deberá tener el anillo de refuerzo o coronación que recibirá las vigas radiales del techo y la soldadura se realizará mediante equipos móviles tipo MOGGY las cuales cuentan con un riel magnético asegurando la continuidad de la misma. Esta será supervisada por el operador soldador y el supervisor de campo.

Una vez culminada la soldadura, se procederá a retirar los elementos de izaje, durante el retiro de estos elementos de izaje se hará la verificación topográfica de la circunferencia y de la verticalidad del cuerpo a cuerpo.

Figura 13

Distribución de trípode de izaje



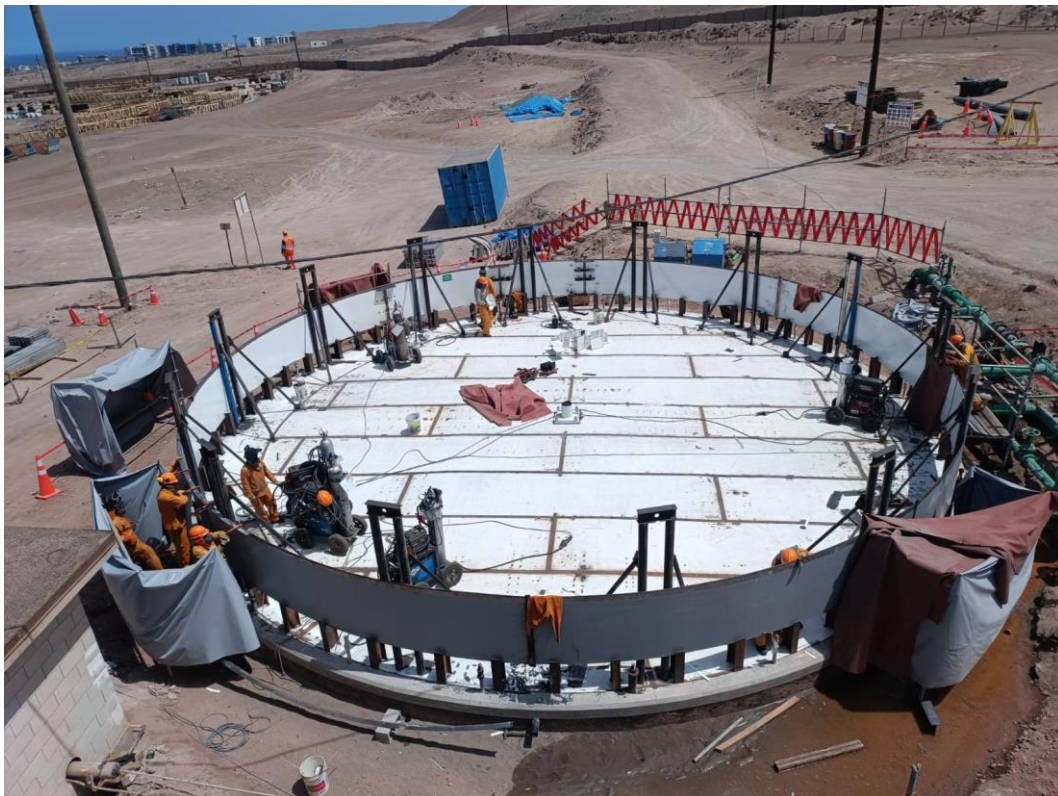
3.2.2.4 Armado e izaje del 5to anillo

El tanque consta de 05 anillos y se empezara a armar desde el anillo superior (quinto) sobre unos soportes horquillas de 400 mm de altura que previamente han sido colocadas y soldadas a lo largo del perímetro circunferencial de la base del tanque y están separadas uno a uno a 900mm aproximadamente.

Luego se realizará el izaje del anillo soldado hasta una altura de 1.95m sobre el nivel de la base del tanque, para permitir el montaje y armado del siguiente anillo, así sucesivamente hasta conformar el tanque.

Figura 14

Montaje del quinto anillo



3.2.2.5 Armado e izaje del 4to anillo

- Izaje y montaje de plancha sobre los soportes horquilla de la base del tanque y que a la vez sirven de plantilla circunferencial.
- Armado y apuntalado de juntas verticales del anillo.
- Armado y apuntalado de puentes atiesadores que refuerzan las juntas, las emplantillan y contrarrestan los efectos del soldeo exterior.
- Soldero exterior de juntas verticales del anillo.
- Retiro de los puentes atiesadores para preparar el bisel y proceder al soldeo interior de las estructuras.
- Limpieza y resane del anillo y preparación para su posterior izaje.
- Izaje del anillo con el sistema de levante los cuales elevarán el anillo lentamente hasta una altura de 1.95m sobre el nivel de la base del tanque que permitirá el montaje del siguiente anillo.

Figura 15

Montaje del cuarto anillo



3.2.2.6 Armado e izaje del 3er anillo

Para el montaje de este anillo procederemos de acuerdo a lo detallado anteriormente. Al tener 2 anillos superpuestos, tenemos una primera junta longitudinal horizontal para armar, así tenemos:

- Armado y apuntalado de junta longitudinal horizontal, para permitir el soldeo de la raíz.
- Armado y apuntalado de puentes - atiesadores que cumplen la misma función que sus similares de la junta vertical.
- Soldeo exterior de la junta horizontal.
- Retiro de puentes atiesadores y preparación del bisel.
- Limpieza y resane del anillo y su preparación para su posterior izaje.

Figura 16

Montaje del tercer anillo



3.2.2.7 Montaje y armado del primer anillo (final)

El montaje y armado de los anillos 2° y 1° es una combinación y repetición de lo ya realizado en los anillos 3°, 4°, 5°, cuyas actividades a realizar son:

- Izaje de cuerpo armado hasta que el 2° anillo quede esta vez hasta una altura de 1.55 m sobre el nivel de la base, para permitir el montaje del siguiente anillo (1°) cuya altura es de 1.50m
- Se eleva el cilindro de 5 anillos hasta separarlo 100 mm de los soportes horquilla, para que estos puedan ser tirados uno a uno. Como medida de seguridad se apuntalarán con E-7018 planchas en las columnas que sirvan de “asiento” o apoyo al cilindro para menguar los efectos de la carga suspendida.

- Izaje y montaje de planchas del 1er anillo, esta vez asentándolos sobre la plancha base del tanque, cuyos topes apuntalados a una distancia cuerda de 500mm sirven como guía circunferencial.
- Armado de juntas verticales del anillo.
- Armado y apuntalado de puentes atiesadores.
- Soldeo exterior de las juntas verticales.
- Retiro de puentes atiesadores y preparación del bisel interior de la costura.
- Soldeo y emplantillado en caliente de las costuras verticales.
- Retiro manual de columnas de izaje y asentado del tanque sobre su base.
- Armado y apuntalado del casco del tanque, para el cual los puntos han de ponerse por dentro, para permitir el soldeo exterior.
- Soldeo del anillo al fondo del tanque.
- Limpieza, resane y esmerilado, al total de anillos y planchado del fondo.

Figura 17

Montaje del segundo anillo



Figura 18

Montaje del primer anillo



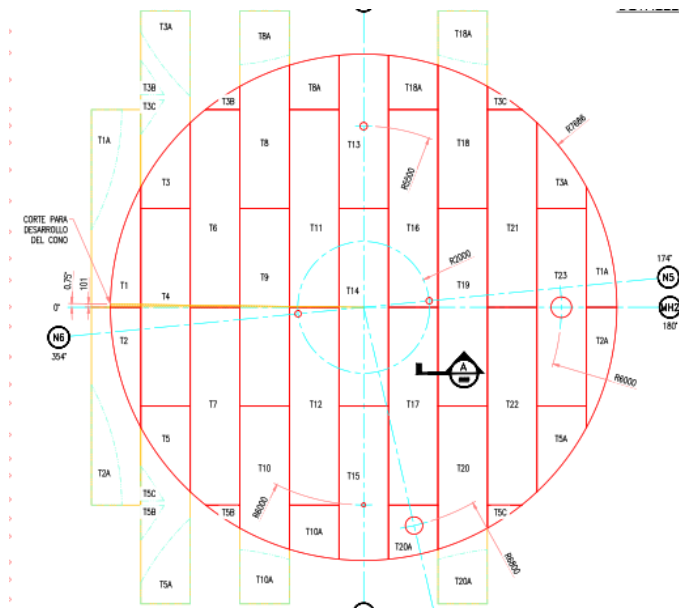
3.2.2.8 Ensamblaje del techo cónico

Las planchas habilitadas para el techo cónico estarán debidamente conservadas y libre de daños por la maniobra.

Se realizará el montaje de cada plancha hacia la parte superior del tanque, luego descansarán en los arriostres de la estructura del tanque con el soporte del rigger y personal operativo.

Figura 19

Techo cónico soportado



Este traslado de planchas se realizará una por una mediante una grúa con la capacidad para cargar 423 kg (peso máximo de 1 plancha) a una altura superior de 7.1 metros y un radio de giro máximo de 13m. Se realizará el montaje con planos de ensamblaje, cada plancha tendrá un TAG único de identificación para facilidad de instalación y una vez distribuida las planchas en la parte superior del tanque se procederá a unir plancha por plancha mediante soldadura.

El acceso hacia la parte superior de tanque se realizará mediante andamios modulados en la parte exterior del tanque la misma servirá para descender.

3.2.2.9 Instalación de silletas de anclaje

Las silletas se fabricarán en taller AID y enviados a proyecto. Las cuáles serán unidas con soldadura en la parte exterior del casco distribuidas en su diámetro (24 unidades), se deberá tener los pernos embebidos en el anillo de concreto.

3.2.2.10 Instalación de boquillas y manholes

Las boquillas y manholes se fabricarán en taller AID y enviados a proyecto y la instalación se realizará de la siguiente manera:

- Se realizará el trazo en el casco y techo del tanque, luego se validará su ubicación final con topografía.
- Se soldarán en la parte exterior del casco y techo de acuerdo a planos aprobados.

3.2.2.11 Instalación de la estructura interior del tanque

Una vez trasladados los perfiles al punto (fondo del tanque) se instalará la columna en la parte superior con sus arriostre conectados con el quinto anillo del tanque. El cierre de esta columna se realizará una vez se terminen los 5 anillos del tanque.

3.2.2.12 Instalación de la escalera y barandas del tanque

Una vez el tanque se encuentre liberado (pruebas y pintado) se procederá a instalar las barandas y escaleras con ayuda de una grúa para traslado de materiales.

Se usarán como accesos y descensos hacia el tanque andamios modularizados a fin de acceder hasta el quinto anillo.

3.2.3 Ensayos a realizar en el tanque

Antes del inicio del soldeo de cada anillo previamente montado, se verificará según norma de construcción (API 650), las tolerancias y desniveles entre las planchas de cada anillo (anillo 1, anillo 2, anillo 3, anillo 4 y 5) así como también la preparación de las juntas según el WPS preparado para el proyecto.

Una vez se haya dado pase a la inspección previa se controlará el soldeo y refuerzo de los cordones realizados y se generarán los registros de control correspondientes.

Una vez se culminen los trabajos de soldeo de anillos (casco), se dará pase a las pruebas de radiografía, como se describe a continuación:

3.2.3.1 Radiografía industrial

La radiografía industrial se ha determinado según especificaciones técnicas del tanque. para lo cual se elaborará un welding map donde se detallará la cantidad y puntos que se intervendrán con el ensayo (RT). Las pruebas de RT, se realizarán en obra.

Los ensayos serán realizados por una empresa externa, con procedimientos avalados por un inspector nivel III en RT e inspectores nivel II.

De las pruebas realizadas se generará un informe, registros, placas radiográficas, que serán revisados por los Ingenieros QA/QC de AID Ingenieros y de SPCC.

Las pruebas de radiografía se realizarán secuencialmente o etapas a fin detectar tempranamente observaciones en las juntas de soldadura.

3.2.3.2 Tintes penetrantes

Las pruebas de PT se realizarán en obra. Previo a la inspección el Ing. QC/QA deberá haber liberado el armado y el soldeo según procedimiento, parámetros e inspección visual de soldadura.

El ensayo de PT será realizado por una empresa externa o por AiD Ingenieros y deberá garantizar el trabajo realizado mediante un procedimiento y ensayos por inspectores niveles II en PT.

Las pruebas deberán ser atestiguadas por el Ingeniero QA/QC de AID Ingenieros, así como el QA/QC o Supervisor de SPCC.

Las pruebas de PT se llevarán a cabo en su totalidad al fondo del tanque.

Una vez culminado el servicio se emitirá un informe y registros validados por el inspector de la prueba.

3.2.3.3 Prueba de vacío en el fondo del tanque

Una vez que se haya concluido con las pruebas de PT, luego de la fabricación del fondo del tanque por separado, se procederá a realizar las pruebas de vacío en obra.

Para este trabajo se podrá contar con una empresa externa que brinde el servicio o podrá ser realizado por AID Ingenieros.

Las pruebas deberán ser atestiguadas por el QA/QC de AID Ingenieros, así como el QA/QC o el supervisor de SPCC.

Las pruebas se realizarán a todas las juntas a tope del fondo del tanque.

Una vez culminado el servicio se emitirá un informe y registros validados por el inspector de la prueba.

3.2.3.4 Pruebas de estanqueidad

Cuando se haya culminado el trabajo de unión entre el casco del tanque y el fondo, se procederá a realizar dos pruebas adicionales una de ellas de estanqueidad que consiste en verificar la sanidad e integridad del tanque. Para esta prueba se

considerará las especificaciones entregadas del cliente las cuales se relacionan con mencionadas en la norma API 650.

Primero, llena el tanque hasta la mitad con agua y déjalo reposar durante 24 horas hasta que se estabilice.

Durante el relleno t estabilización se registra cada 2 horas el asentamiento de los dos puntos previamente marcados.

La prueba continúa llenando el tanque hasta $\frac{3}{4}$ de su altura y dejándolo a este nivel durante 5 días hasta que se estabilice. Los registros de liquidación se toman cada dos horas durante el llenado y diariamente durante la estabilización.

Finalmente, llene el tanque siguiendo los mismos pasos. La altura de llenado de los tanques de techo fijo es de 5 cm por encima del nivel de la esquina superior del tanque de almacenamiento, como se recomienda en la norma API 650.

3.2.3.5 Pruebas neumáticas

En el tanque antes de dar por finalizadas las fabricaciones en el casco, que son las boquillas en el tanque, se realizará una prueba neumática en todas las planchas según las especificaciones contractuales.

Las pruebas se realizarán en obra, para ello cada plancha contará con un orificio roscado, al cual se unirán los niples, mangueras y accesorios necesarios para la prueba los cuales se detallan en el procedimiento de calidad.

3.2.4 Pintado de tanque

Las planchas (fondo, casco y techo) vendrán pintadas en 1ra. Capa (interior y exterior) desde taller AID. (se aplicará cinta 1” en el borde da cada plancha para la soldadura en site).

El tanque se ensamblará solamente con pintura base o primer y luego de culminados los trabajos de soldadura y pruebas de esta se procederá a aplicar la capa de base o primer para resane de lo quemado y cordones de soldadura probados o reparados (previamente arenados) y se aplicará la capa de pintura de acabado.

Durante la aplicación de pintura se irá midiendo el espesor de la película húmeda conforme a las recomendaciones del fabricante de la pintura. Una vez que la pintura haya secado, según las mismas recomendaciones, se medirá el espesor de película seca asegurando que se cumpla con el espesor especificado.

Una vez que la pintura haya curado, se procederá a realizar pruebas de tracción y adherencia en la superficie pintada, para estas pruebas se contará con el apoyo del inspector del proveedor de pintura, el cual contará con sus equipos debidamente calibrados y realizará las pruebas de tracción en puntos distintos de la superficie, garantizando así la adherencia y consistencia de los recubrimientos utilizados.

Para asegurar una adecuada aplicación de pintura en la zona de obra, se cubrirán los tanques con estructuras de andamios y mallas o mantas plásticas para evitar la contaminación. Estas mantas se apoyarán sobre los andamios que se armarán alrededor de todo el tanque.

Figura 20

Tanque pintado



CONCLUSIONES

- Primera.** El dossier de construcción del proyecto, titulado “CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE AGUA 3460 – TK – 001”, fue entregado con éxito al cliente por el área de construcción, siguiendo los lineamientos y especificaciones proporcionados por el cliente.
- Segunda.** Se logró la orientación al personal obrero referente a la seguridad, calidad y producción.
- Tercera.** Durante el desarrollo del proyecto “CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DE AGUA 3460 – TK- 001”, se lograron con éxito los reportes diarios de las actividades.

RECOMENDACIONES

- Primera.** Cumplir los tiempos de entrega del proyecto y que las actividades sean de acuerdo a los procedimientos aprobados.

- Segunda.** Seguir mejorando continuamente en cuanto a adquisición de equipos y accesorios de construcción puesto que serán importantes para futuros proyectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Welding Society. (1 de julio de 2009). *Guia para el ensayo no destructivo de soldaduras* . <https://pdfcoffee.com/aws-b110m-b110-2009-guia-para-end-de-soldaduras-3-pdf-free.html>

American Institute of Steel Construction. (2016). *Especificación Para Construcción de Acero*. https://www.canacero.org.mx/aceroenmexico/descargas/especificacion_para_construcciones_de_acero-aisc_360-16.pdf

American Institute of Steel Construction. (2016). *Especificaciones para Construcciones de Acero*. https://issuu.com/pedroantoniojimenezsanchez/docs/aisc_360-16_0_espa_ol

American Institute of steel Construction. (9 de Mayo de 2022). *Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges*. <https://www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/standards/a303-22w.pdf>

American National Standards Institute. (2020). *Terminos y definniciones estandar usados en soldadura* . <https://es.scribd.com/document/564876230/AWS-A3-0MA3-0-2020-spanish-Terminos-y-definiciones-estandar-usados>

American Petroleum Institute. (2021). *Api 650 2021 UT Español*.
<https://es.scribd.com/document/654999215/api-650-2021-UT-espanol>

American Welding Society. (Agosto de 2016). *AWS D1.1*.
<https://es.scribd.com/document/707722100/AWS-D1-1-2015-Espanol>

American Welding Society. (2020). *AWS D1.1*.
<https://www.normadoc.com/spanish/aws-d1-1-d1-1m-2020-2097590.html>

American Welding Society. (2020). *Manual de soldadura*.
<https://fullseguridad.net/wp-content/uploads/2017/04/Descarga-manual-soldadura.pdf>

ASTM International. (Abril de 2022). *Guía para las especificaciones técnicas del acero estructural*.
https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/comodin/recursos/guia_para_las_especificaciones_tecnicas_del_acero_estructural.pdf

Comité de Obstáculos Técnicos al Comercio. (2021). *Astm A6*.
<https://es.scribd.com/document/346557261/Astm-a6-Espanol>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). *Oxicorte*.
<https://www.studocu.com/pe/document/servicio-nacional-de-adiestramiento-en-trabajo-industrial/operaciones-industriales/oxicorte-hhjh/69434836>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020). *NORMA E.090*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366673/58%20E.090%20ESTRUCTURAS%20METALICAS.pdf>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020). *Sencico*.
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-del-peru/ingenieria/norma-e020-cargas-2022/36828966>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (Diciembre de 2020).
Sencico. <https://es.slideshare.net/slideshow/e0302020-diseo-sismorresistenteperu/257009958>


OXGASA. (s.f.). *Manual del soldador*.
<https://www.infrasal.com/industria/phocadownloadpap/manual%20del%20soldador.pdf>

Pythonx. (2019). *Guia para corte con plasma*. https://pythonx.com/wp-content/uploads/2019/06/PythonX-Guide-to-Plasma-Cutting_Spanish.pdf

ANEXOS

Anexo A

Caratula del procedimiento de construcción del tanque de agua

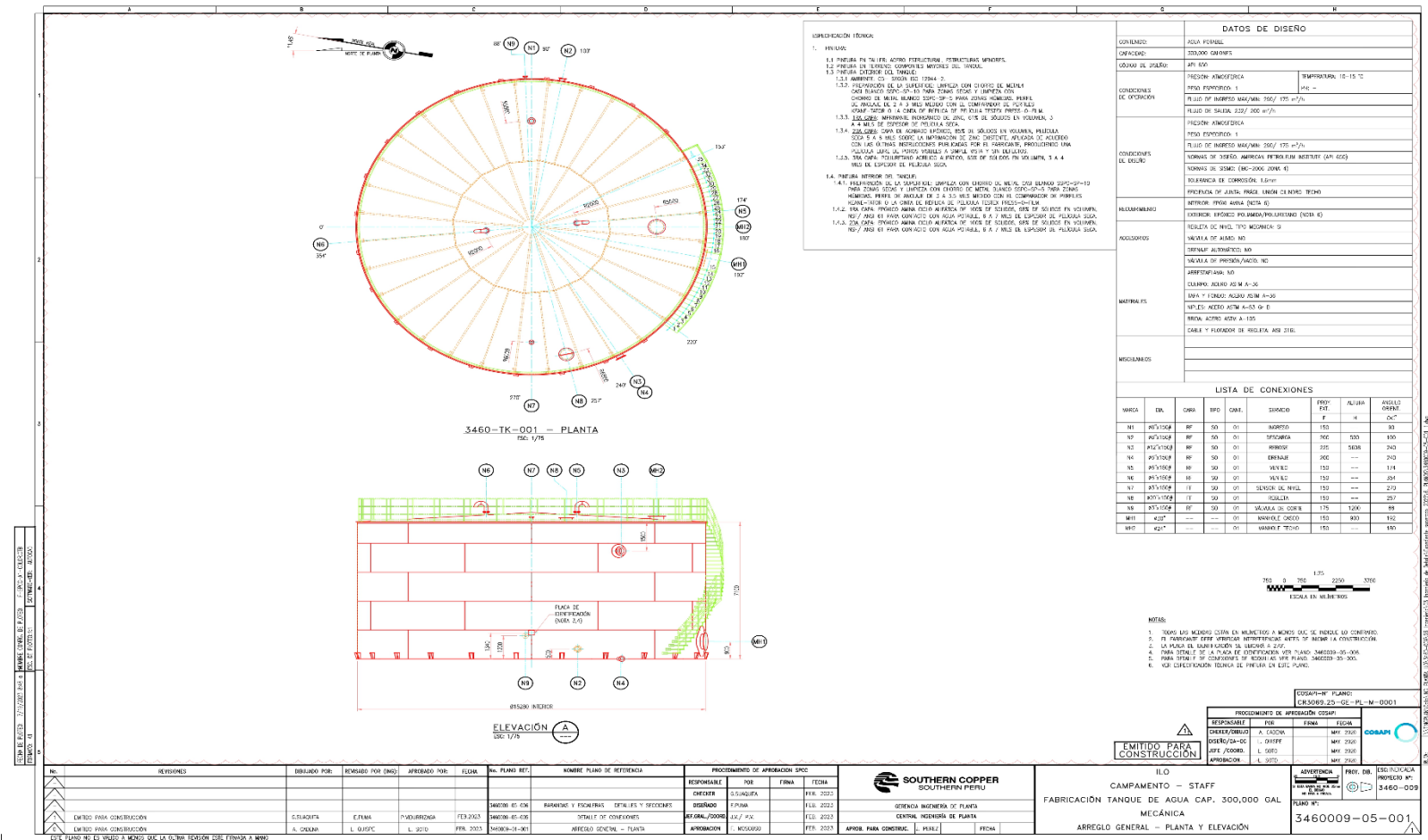
	PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO (PETS) PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION DEL TANQUE DE AGUA 3460-TK-001 EN TERRENO		UNIDAD ILO
	Área: Campamento Staff	Versión: B	
	Código: AID-3460-009-PETS17-007	Página: 1 de 29	

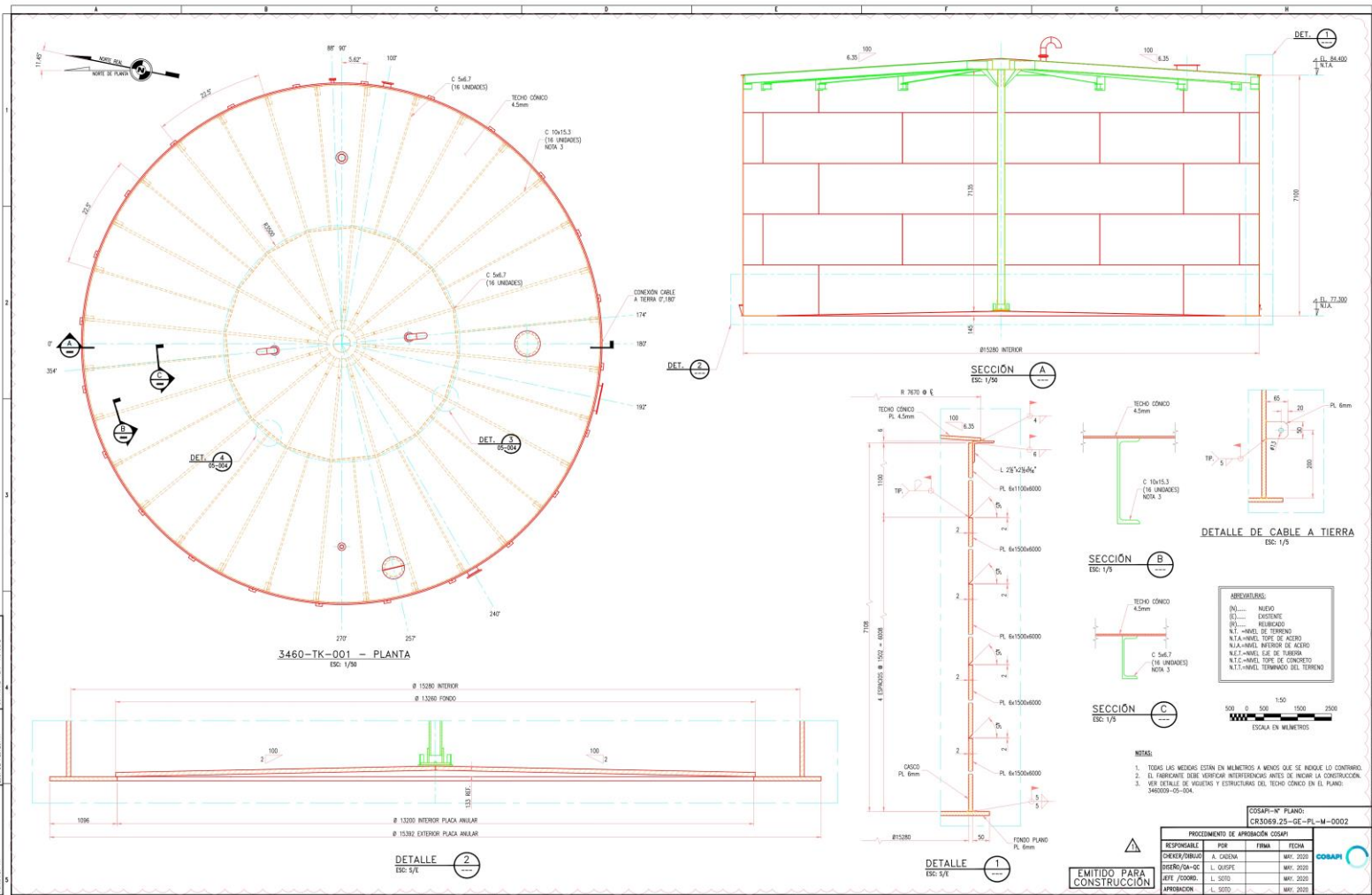
PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO (PETS)

“PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION DEL TANQUE DE AGUA 3460-TK-001 EN TERRENO”

Anexo B

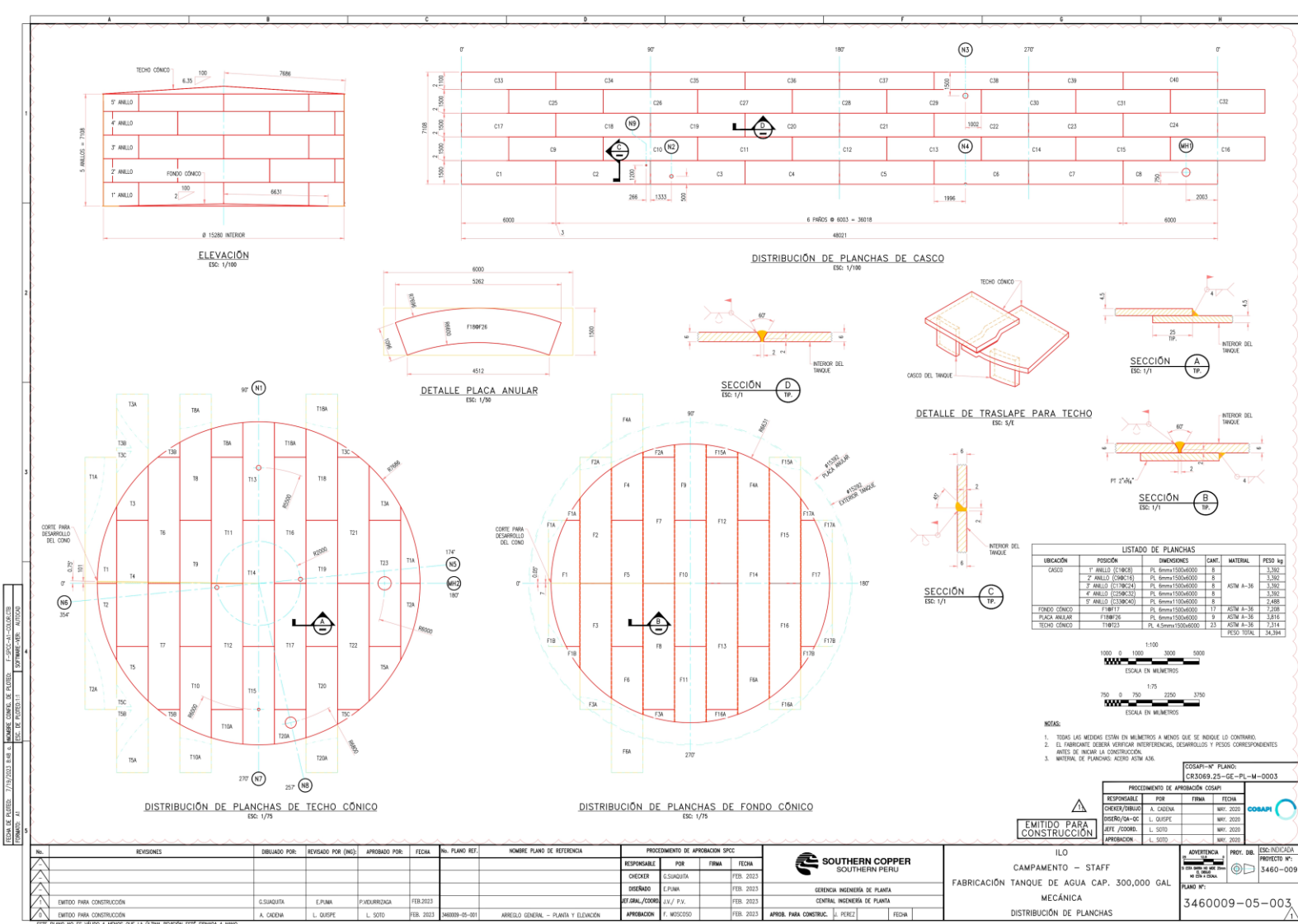
Planos de fabricación y montaje de tanque de agua





No. REVISIONES 1. ENTIDO PARA CONSTRUCCIÓN 2. ENTIDO PARA CONSTRUCCIÓN		DIBUJADO POR: G. SAGUETA REVISADO POR (ING): E. PANA A. CAENA APROBADO POR: P. VILLARAZA L. SOTO	FECHA: FEB. 2023 FEB. 2023 FEB. 2023	No. PLANO REF.: 346009-05-004 346009-05-001	NOMBRE PLANO DE REFERENCIA: ESTRUCTURAS DEL TECHO CÓNICO ARBOL GENERAL - PLANTA Y SECCIÓN	PROCEDIMIENTO DE APROBACION SRPC RESPONSABLE POR: CHECKER, DISEÑADO, DETALLADO, APROBACION G. SAGUETA, E. PANA, L. V. / P.V., F. MOSCOSO	FECHA: FEB. 2023, FEB. 2023, FEB. 2023, FEB. 2023	ILO CAMPAMENTO - STAFF FABRICACIÓN TANQUE DE AGUA CAP. 300,000 GAL MECÁNICA SECCIONES Y DETALLES	PROCESO DE APROBACION COSAPI RESPONSABLE: CHECKER/DIBUJO, DISEÑO/CA-OC, REVIS./COMPRO, APROBACION A. CAENA, L. QUISEP, L. SOTO, L. SOTO	FECHA: MAR. 2023, MAR. 2023, MAR. 2023, MAR. 2023	COSAPI APROBADO POR: A. CAENA, L. QUISEP, L. SOTO, L. SOTO	ESC:INDICIA/CA PROYECTO N°: 3460-009 PLANO N°: 3460009-05-002
--	--	--	--	--	--	--	---	---	---	---	---	--

ESTE PLANO NO ES VÁLIDO A MENOS QUE LA ÚLTIMA REVISIÓN ESTE FIRMADA A MANO



REVISIÓN N° FECHA DESCRIPCIÓN DE CAMBIOS
 1 07/2023 1188 1188
 2 07/2023 1188 1188
 3 07/2023 1188 1188
 4 07/2023 1188 1188
 5 07/2023 1188 1188

No.	REVISIONES	DIBUJADO POR:	REVISADO POR (ING):	APROBADO POR:	FECHA:	No. PLANO REF.	NOMBRE PLANO DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION SRCS		
								RESPONSABLE	FOR	FECHA
								CHEKER	GSUNAGITA	FEB. 2023
								DISEÑADO	E.PANA	FEB. 2023
	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	G.SUNAGITA	E.PANA	P.VEDRIZAGA	FEB. 2023			DEFINICIÓN/COORD.	L.V./P.V.	FEB. 2023
	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	A. CADENA	L. QUISEP	L. SOTO	FEB. 2023	346009-05-001	ARREGLO GENERAL - PLANTA Y ELEVACION	APROBACION	F. MOSCOSO	FEB. 2023
								APROB. PARA CONSTRUC.	J. PERZ	FECHA

SOUTHERN COPPER
SOUTHERN PERU

GERENCIA INGENIERIA DE PLANTA
CENTRAL INGENIERIA DE PLANTA

EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN

ILO
CAMPAMENTO - STAFF
FABRICACION TANQUE DE AGUA CAP. 300,000 GAL.
MECÁNICA
DISTRIBUCIÓN DE PLANCHAS

COSAPI-N° PLANO:
CR3069.25-GE-PL-M-0003

PROCEDIMIENTO DE APROBACION COSAPI

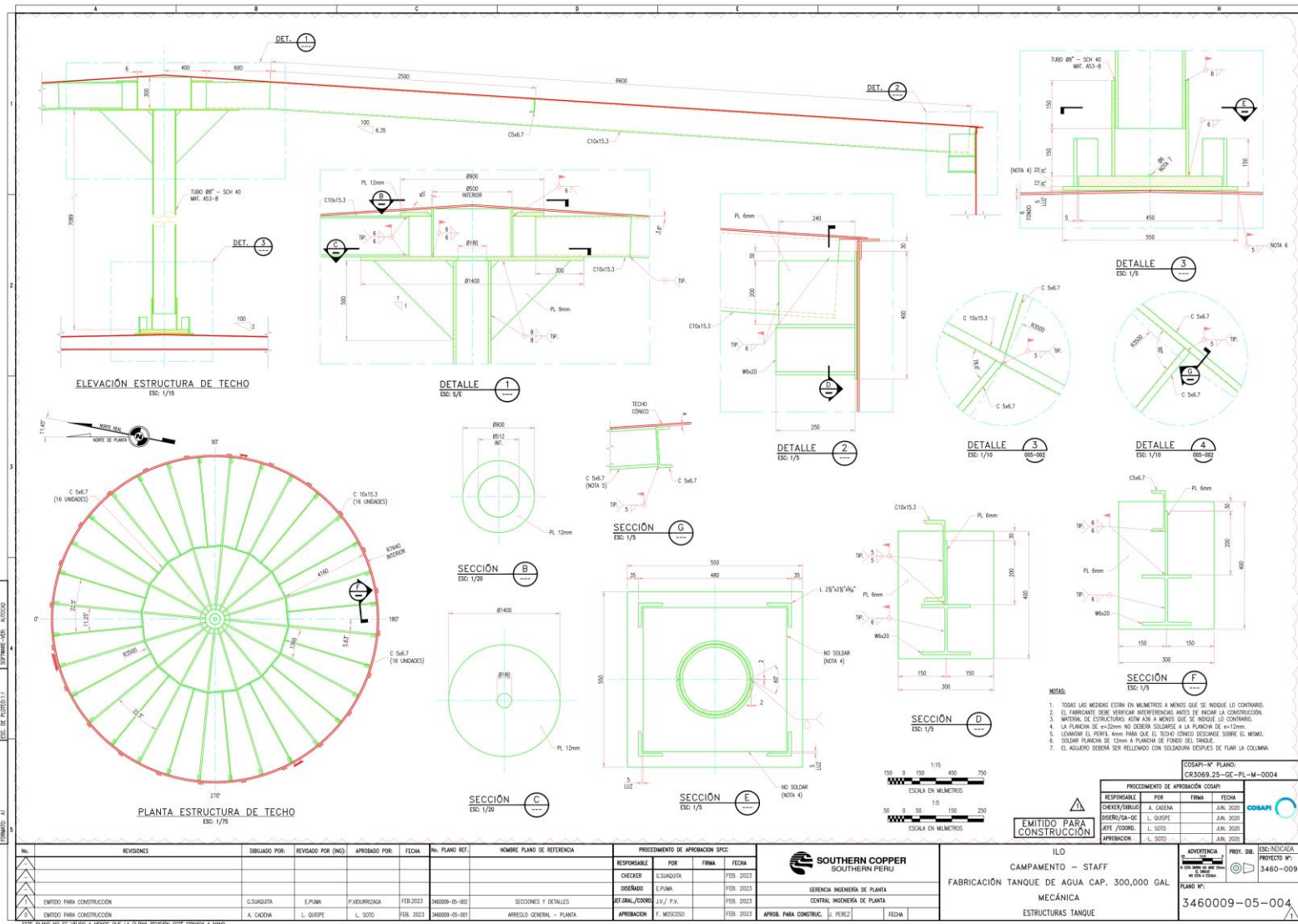
RESPONSABLE	FOR	FECHA
CHEKER/DIBUJO	A. CADENA	MAY. 2023
DISEÑO/CA-DC	L. QUISEP	MAY. 2023
REVIS./COORD.	L. SOTO	MAY. 2023
APROBACION	L. SOTO	MAY. 2023

ADVERTENCIA

PROY. DB

ESPECIFICACION PROYECTO N° 3460-009

PLANO N° 3460009-05-003



- NOTAS:
1. TODOS LOS MEDIDAS ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 2. EL FABRICANTE DEBE VERIFICAR REFERENCIAS ANTES DE INICIAR LA CONSTRUCCIÓN.
 3. MATERIAL DE ESTRUCTURA: ADEMÁS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.
 4. LA PLANCHAS DE $\pm 12mm$ NO DEBERÁN SOLDARSE A LA PLANCHAS DE $\pm 12mm$.
 5. LUBRIFIAR EL PUNTO $\pm 4mm$ PARA QUE EL TEJIDO CONJUNTO DESCANSE SOBRE EL MISMO.
 6. SOLDAR PLANCHAS DE $32mm$ A PLANCHAS DE FONDO DEL TRIÁNGULO.
 7. EL AGUERO DEBERÁ SER RELLENADO CON SOLDADURA DESPUÉS DE FUMAR LA COLUMNA.

REVISIÓN DE ESTADOS: 7/19/2023 (18) S. GARCIA / INGENIERO EN PLANTA
 REVISIÓN DE ESTADOS: 7/19/2023 (18) S. GARCIA / INGENIERO EN PLANTA
 REVISIÓN DE ESTADOS: 7/19/2023 (18) S. GARCIA / INGENIERO EN PLANTA

No.	REVISIONES	DIBUJADO POR:	REVISADO POR (ING):	APROBADO POR:	FECHA:	No. PLANO REF.	NOMBRE PLANO DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION SPRC		
								RESPONSABLE	FOR	FECHA
								CHECKER	G.SIANGATIK	FEB. 2023
								DISEÑADOR	E.PIÑA	FEB. 2023
	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	G.SIANGATIK	E.PIÑA	P.VENURIZAGA	FEB. 2023	346009-05-002	SECCIONES Y DETALLES	DEFINICIÓN/COORD.	L.V. / P.V.	FEB. 2023
	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	A. CADENA	L. QUISEP	L. SOTO	FEB. 2023	346009-05-001	ARREGLO GENERAL - PLANTA	APROBACION	F. MOSCOSO	FEB. 2023

SOUTHERN COPPER
 SOUTHERN PERU
 GERENCIA INGENIERIA DE PLANTA
 CENTRAL INGENIERIA DE PLANTA

ILO
 CAMPAMENTO - STAFF
 FABRICACIÓN TANQUE DE AGUA CAP. 300,000 GAL.
 MECÁNICA
 ESTRUCTURAS TANQUE

COSAPI-NO. PLANO: CR3069.25-GE-PL-M-0004	
PROCEDIMIENTO DE APROBACION COSAPI	
RESPONSABLE	FECHA
DISEÑO/DIBUJO	A. CADENA
DISEÑO/IA-OC	L. QUISEP
REVISIÓN/COORD.	L. SOTO
APROBACION	L. SOTO
APROBACION	L. SOTO
PROY. DB	PROY. DB
PROYECTO N°:	3460-009
PLANO N°:	346009-05-004

ESTE PLANO NO ES VALIDO A MENOS QUE LA ULTIMA REVISION ESTE FIRMADA A MANO

Anexo J

Imágenes del seguimiento al proceso constructivo



Preparación del terreno para la instalación del tanque de agua.



Instalación de la base del tanque.



Instalación del cuerpo del tanque.



Instalación de las estructuras de soporte del techo.



Proyecto concluido.