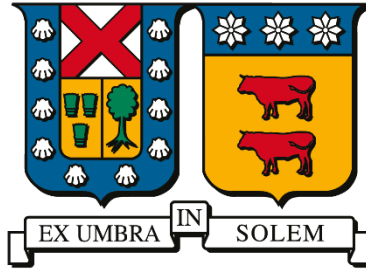


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAISO – CHILE



**PROPUESTA TÉCNICO - ECONÓMICA PARA EL PROCESO DE SOLDADURA
EN EL MONTAJE DE ESTANQUES DE ACERO ATMOSFÉRICOS BAJO API 650
UTILIZANDO SOLDADURAS PRECALIFICADAS DE LA AWS**

Memoria de Título presentada por
FABIÁN ARTURO SEPÚLVEDA SEPÚLVEDA

Como requisito parcial para optar al Título de
CONSTRUCTOR CIVIL

Profesor Guía
Héctor Gonzalo Contreras Olivares

DEDICATORIA

A mi padre: Luis A. Sepúlveda Flores

*Por ser el padre ejemplar que eres, por estar siempre presente, por tu sacrificio y esfuerzo.
Dedicado al mejor soldador del multiuniverso.*

Jacqueline A. Sepúlveda Martínez

*Por ser la persona con el amor más incondicional que existe, por siempre apoyarme en
cada etapa de mi vida, por confiar en mí en cada paso que doy, por aconsejarme y
tenderme tu mano cada vez que lo necesito.*

AGRADECIMIENTOS

A mis padres:

Jacqueline A. Sepúlveda Martínez

Luis A. Sepúlveda Flores

Por ser el motor de mi formación durante todos los días de mi vida, brindándome amor infinito y valores inquebrantables.

Porque gracias a su apoyo incondicional, paciencia y sabias palabras, me han ayudado enfrentar las adversidades y lograr todas mis metas.

A mis hermanos:

Maximiliano A. Sepúlveda Sepúlveda

Vicente L. Sepúlveda Sepúlveda

Por ser los dos pilares de mi vida, por acompañarme aun estando lejos el uno con el otro, por estar ahí siempre que lo necesito, por las risas y los buenos momentos,

Por ser los mejores hermanos y amigos que puedo tener.

Al Profesor Héctor G. Contreras Olivares.

Por sus aportaciones en base a sus estudios y años de experiencia, por confiar en mí y por ser la guía para la realización de este proyecto.

A mis amigos

Por acompañarme en mi etapa de formación profesional y compartir experiencias que nos unirán en el futuro.

RESUMEN

El sector industrial en Chile abarca año a año una gran cantidad de proyectos multidisciplinarios, gran parte de estos incluyen la construcción de estanques de acero para almacenamiento de líquidos utilizados en la minería y la industria agrícola. El principal sistema de almacenamiento son los estanques atmosféricos, los cuales son depósitos metálicos diseñados para conservar líquidos a presión atmosférica. La partida de soldadura es ruta crítica en la etapa de montaje en obra de elementos y componentes de un estanque, tanto por su efecto en los costos como en el plazo del proyecto. La American Welding Society (AWS) establece normas y estándares para la ejecución e inspección de las soldaduras. En este contexto, se presentan los Welding Procedure Specification (WPS), los cuales son procedimientos aprobados en cuanto a diseño de conexión, materiales utilizados, posición de soldadura, ensayos aplicados y calidad de las juntas soldadas.

El desarrollo de esta memoria utiliza información de un proyecto desarrollado en la industria minera de Chile. El proyecto base consiste en la reposición de las áreas equivalentes a la infraestructura existente sobre una cota de mina rajo abierto. Parte del proyecto es la construcción de un estanque de 600 [m³] de acuerdo con lo estipulado en el API STANDARD 650, de diámetro interior 9 [m], fabricado con planchas de acero de 6 [mm] de espesor.

El objetivo principal del presente trabajo es desarrollar una propuesta técnico-económica para el proceso de soldadura durante el montaje de estanques de acero atmosféricos tipo API 650, utilizando soldaduras precalificadas de la AWS. Los objetivos específicos abarcan el procesamiento de la información planimétrica disponible, el cálculo del material depositado, la asignación de soldaduras precalificadas, la programación detallada de la soldadura y la evaluación de los costos asociados.

La propuesta técnica detalla los procedimientos de montaje y soldadura en terreno, mencionando las responsabilidades del personal clave, secuencia de actividades y la estimación de duración de estas. Desde aquí, se determina el plazo de ejecución de la obra, con un total de 95 días corridos para las actividades asociadas al montaje y soldadura de elementos del fondo, manto, techumbre, plataforma, escalera y accesorios del estanque.

La propuesta económica contempla los costos de personal de obra, insumos, equipos y herramientas necesarias para las operaciones de soldadura. Se calculó el costo unitario de las soldaduras precalificadas por cada parte del estanque y se realizó un análisis exhaustivo de los costos, permitiendo estimar el presupuesto total del proyecto con un monto de 7.620 UF + IVA.

Desde el desarrollo de este estudio se obtienen parámetros útiles para posibles estudios de propuestas que contemplen la construcción de estanques de acero en el sector industrial del país.

ABSTRACT

The industrial sector in Chile involves many multidisciplinary projects every year, most of which include the construction of steel tanks for the storage of liquids used in the mining and agricultural industries. The main storage system is the atmospheric tanks, which are metal tanks designed to conserve liquids at atmospheric pressure. The welding item is a critical route in the on-site assembly stage of tank elements and components, both for its effect on costs and on the project schedule. The American Welding Society (AWS) establishes norms and standards for the execution and inspection of welds. In this context, the Welding Procedure Specification (WPS) is presented, which are approved procedures in terms of connection design, materials used, welding position, applied tests and quality of welded joints.

The development of this report is based on information from a project developed in the Chilean mining industry. The basic project consists of the replacement of the areas corresponding to the existing infrastructure of an open pit mine. Part of the project is the construction of a 600 [m³] API STANDARD 650 pond with an internal diameter of 9 [m] made of 6 [mm] thick steel plates.

The main objective of this work is to develop a technical-economic proposal for the welding process during the construction of atmospheric steel tanks of API 650 type, using AWS prequalified welds. The specific objectives include the processing of the available planimetric information, the calculation of the deposited material, the allocation of the prequalified welds, the detailed welding schedule and the evaluation of the associated costs.

The technical proposal details the on-site assembly and welding procedures, indicating the responsibilities of key personnel, the sequence of activities and their estimated duration. From here, the duration of the work is determined, with a total of 95 calendar days for the activities related to the assembly and welding of the elements of the bottom, shell, roof, platform, stairs and accessories of the pond.

The economic proposal includes the cost of labor, materials, equipment and tools required for welding operations. The unit cost of the prequalified welds for each part of the tank was calculated and a detailed cost analysis was performed, which allowed us to estimate the total budget for the project at UF 7.620+ IVA.

The development of this report provides useful parameters for possible studies of proposals that contemplate the construction of steel tanks in the industrial sector of the country.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 INTRODUCCIÓN	11
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	13
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
1.3 METODOLOGÍA.....	14
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	15
2.1 CLASIFICACIÓN DE ESTANQUES.....	15
2.2 PROCESOS DE SOLDADURA AL ARCO.....	17
2.2.1 Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW).....	17
2.2.2 Soldadura por arco eléctrico con alambre de electrodo continuo bajo protección gaseosa (GMAW).....	18
2.2.3 Soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno (GTAW)	19
2.2.4 Soldadura por arco eléctrico con electrodo tubular y fundente en el núcleo (FCAW)	20
2.2.5 Soldadura por arco sumergido (SAW).....	21
2.2.6 Soldadura Automática por baño de escoria (ESW)	22
2.2.7 Soldadura Automática con electrodos y gas (EGW)	23
2.3 SOLDADURAS PRECALIFICAS.....	24
2.3.1 Normativa Aplicable.....	24
2.3.2 Especificaciones de Procedimiento de Soldadura	25
2.4 NORMATIVA API STANDARD 650.....	27
2.4.1 Requerimientos de diseño API STANDARD 650	27
2.4.2 Requerimientos de montaje API STANDARD 650.....	34
2.4.3 Inspección de Soldaduras	37
2.5 COSTOS DE SOLDADURA	40
2.5.1 Costo de Electrodo	41
2.5.2 Costo de Gases	41
2.5.3 Costo del Personal	43
CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	45
3.1 GENERALIDADES.....	45
3.2 INFORMACIÓN PLANIMÉTRICA	45
3.2.1 Planos de Diseño	46
3.2.2 Planos de Montaje	46

3.2.3	Planos de Fabricación y Listado de Elementos y Componentes	46
3.2.4	Modelo 3D.....	47
CAPÍTULO 4: PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN		49
4.1	LISTADO Y CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS.....	49
4.2	CLASIFICACIÓN DE SOLDADURAS	52
4.3	CUBICACIÓN DE SOLDADURAS	54
4.3.1	Caracterización de las soldaduras.....	54
4.3.2	Parámetros para la cubicación de las soldaduras.....	55
4.3.3	Información complementaria.....	56
CAPÍTULO 5: PROPUESTA TÉCNICA		58
5.1	CONSIDERACIONES	58
5.2	PROCEDIMIENTO DE MONTAJE Y SOLDADURA	59
5.2.1	Responsabilidades	59
5.2.2	Soldadura de montaje	61
5.2.3	Elementos misceláneos para utilizar durante el montaje.....	61
5.2.4	Obras previas.....	62
5.2.5	Trazado de ejes y niveles referenciales	62
5.2.6	Montaje de planchas de fondo	62
5.2.7	Montaje de planchas de manto	63
5.2.8	Montaje de techumbre	64
5.2.9	Instalación de boquillas, manhole y accesorios.....	64
5.2.10	Montaje de plataforma y escalera	65
5.2.11	Inspección y ensayos.....	65
5.3	PROGRAMACIÓN DE OBRA.....	66
5.3.1	Definición de Actividades	66
5.3.2	Estimación duración de actividades	69
5.3.3	Programa de obra.....	72
CAPÍTULO 6: PROPUESTA ECONÓMICA		76
6.1	COSTO PERSONAL DE OBRA	76
6.2	COSTO INSUMOS DE SOLDADURA	78
6.3	COSTO EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE SOLDADURA	78
6.4	GASTOS GENERALES.....	79
6.5	COSTO UNITARIO SOLDADURA PRECALIFICADA.....	80
6.5.1	Costo de Electrodo	80
6.5.2	Costo del Personal	81

6.5.3	Costo de Gases	82
6.6	ANALISIS DE COSTOS.....	83
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES.....		86
CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA.....		88
CAPÍTULO 9: ANEXOS.....		89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Tamaño mínimo de filete de acuerdo con espesor nominal de la pancha.....	33
Tabla N° 2	Temperatura de precalentamiento de acuerdo con grupo de materiales y espesor de plancha.	35
Tabla N° 3	Eficiencia de deposición por proceso de soldadura.....	41
Tabla N° 4	Flujo de gas por proceso de soldadura.	42
Tabla N° 5	Factor de operación en porcentaje por proceso de soldadura.	44
Tabla N° 6	Listado de elementos que conforman: Estanque (Fondo, manto y techumbre).	50
Tabla N° 7	Listado de elementos que conforman: Escalera	51
Tabla N° 8	Listado de elementos que conforman: Plataforma.	51
Tabla N° 9	Cantidad de elementos, peso partes del estanque y peso total de la estructura.	52
Tabla N° 10	Ejemplo tabla tipo orden de soldadura de componentes.	53
Tabla N° 11	Componentes soldados por partes del estanque. Desglose Estanque.	53
Tabla N° 12	Resumen de componentes soldados por partes del estanque.	53
Tabla N° 13	Resumen cubicación soldadura clasificadas por tipo de unión y cuerpo del estanque.	57
Tabla N° 14	Resumen detalle cubicación total soldadura de estanque.....	57
Tabla N° 15	Responsabilidades del personal de clave.....	60
Tabla N° 16	Elementos misceláneos utilizados para el montaje y soldadura del estanque.	61
Tabla N° 17	Listado de actividades para el montaje y soldadura del estanque TAG 1920-EST-011	66
Tabla N° 18	Recopilación de información de proyectos con características similares para estimación análogo de duración total.	70
Tabla N° 19	Resumen programación de obra – SOLDADURA ESTANQUE DE ACERO TAG 1920-EST-011.	72
Tabla N° 20	Costo empresa total y unitario de personal de obra.....	77
Tabla N° 21	Costo Personal de Obra.	77
Tabla N° 22	Costo Insumos de Soldadura	78
Tabla N° 23	Costo de Equipos y Herramientas de soldadura.	78
Tabla N° 24	Análisis de Gastos Generales.	79
Tabla N° 25	Datos de entrada para planilla de costos	80
Tabla N° 26	Resumen de costos. Presupuesto final.....	83
Tabla N° 27	Distribución de costos por categoría del estanque.	84
Tabla N° 28	Resumen de costo por categoría del estanque.	84
Tabla N° 29	Costo de soldadura de juntas por categoría de estanque.	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Estanques atmosféricos en Chile	16
Figura N° 2 Sistema Arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW).....	17
Figura N° 3 Sistema Arco eléctrico con electrodo de alambre continuo (GMAW)	18
Figura N° 4 Sistema arco eléctrico con electrodo de tungsteno TIG	19
Figura N° 5 Soldadura por arco con núcleo de fundente protegida con gas.	20
Figura N° 6 Soldadura por arco con núcleo de fundente y autoprotección.....	21
Figura N° 7 Soldadura por arco sumergido (SAW).....	22
Figura N° 8 Extracto tabla de soldadura precalificada AWS.	26
Figura N° 9 Tipos de Juntas.	29
Figura N° 10 Tipos de Juntas verticales para el manto	31
Figura N° 11 Juntas típicas para la base del estanque.	32
Figura N° 12 Método de preparación de juntas entre placas solapadas de la base y placas del manto.	32
Figura N° 13 Detalle de junta entre una placa anular de espesor nominal mayor a 13 mm y una placa del manto.	33
Figura N° 14 Junta de techo con elementos varios.	34
Figura N° 15 Radiografía requerida en manto del estanque.	38
Figura N° 16 Velocidad de deposición vs. Intensidad de corriente	42
Figura N° 17 Emplazamiento Plataforma Cota 3.700.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 18 Layout Plataforma Cota 3.700.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 19 Modelo 3D Estanque TAG 1920-EST-011.	47
Figura N° 20 Esquema de Información Planimétrica disponible TAG 01920-EST-011.	48
Figura N° 21 Extracto Anexo N°. Caracterización de soldadura AWS.	55
Figura N° 22 Diagrama de flujo para estimación de duración de actividades para el montaje y soldadura del estanque TAG 1920-EST-011	71
Figura N° 23 Gráfico de velocidad de deposición. Proceso de soldadura GMAW.	81
Figura N° 24 Gráfico de velocidad de deposición. Proceso de soldadura SMAW.....	81
Figura N° 25 Distribución de costos de soldadura durante el montaje del estanque TAG 1920-EST- 011.	83

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Dentro de los sistemas de almacenamiento de productos o sustancias líquidas se encuentran los estanques atmosféricos, los cuales son depósitos metálicos diseñados y estructurados para conservar líquidos a presión atmosférica, es decir, en un ambiente donde la presión interna del estanque es igual a la presión atmosférica. Estos estanques se caracterizan por su uso y almacenamiento sin sistema de sellado hermético o de presurización, por lo que son ideales para mantener fluidos que no requieren una presión interna en su conservación. Este tipo de estanque es utilizado en la industria agrícola, química, petrolera y minera, adaptando para cada una de ellas una configuración diferente que recoge los parámetros asociados al rubro. Para el presente caso, se estudia los estanques utilizados en el sector industrial minero, en donde debido a la versatilidad de almacenamiento y bajo costo de construcción, son la mejor opción para almacenar líquidos y productos químicos esenciales en los procesos de extracción, conservación y procesamiento de minerales.

Los estanques atmosféricos utilizados en la minería son comercializados y producidos en diversas empresas especializadas en la fabricación y distribución de equipos industriales. Las maestranzas son las instalaciones donde se lleva a cabo el diseño, fabricación y en ciertos casos el montaje de los estanques, esto, según las especificaciones técnicas del proyecto y las normativas vigentes. El montaje de los estanques en la maestranza dependerá de las dimensiones de los elementos que lo compongan, donde normalmente para depósitos mineros de gran envergadura se fabrican las piezas por separado para su posterior transporte a obra, mientras que estanques o depósitos menores son montados en la maestranza misma para su posterior comercialización. Para el traslado de los elementos fabricados en el taller se utilizan camiones de carga con capacidad necesaria para el transporte seguro de equipos pesados, aplicando medidas de seguridad y protocolos de manipulación para evitar riesgos o daños del producto y del personal. Una vez en obra, de acuerdo con los planos correspondientes, se clasifican y seccionan las piezas del estanque y un equipo experto asegura su correcta ubicación y montaje, cumpliendo con la eficiencia y operatividad del estanque en su etapa final.

Durante el montaje de las piezas de un estanque atmosférico intervienen diversas etapas y procedimientos. Debido a la materialidad de las planchas (acero), la soldadura es la actividad principal para lograr la unión de elementos como el fondo, manto, techumbre, escalera, plataformas y los accesorios del estanque. El proceso de soldadura utilizado dependerá de las necesidades y características propias del proyecto, así como de la capacidad operativa y calificación del soldador. Los procesos más comunes incluyen la soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW), la soldadura por arco eléctrico con alambre

MIG/MAG (GMAW) y la soldadura con electrodo de tungsteno TIG (GTAW). Para garantizar la calidad e integridad de la soldadura se utilizan diversos procedimientos de inspección que garantizan el cumplimiento de la normativa vigente y los estándares de seguridad de las juntas.

La AWS (American Welding Society) es una organización técnica – profesional que establece normas y estándares de calidad para la ejecución e inspección de las soldaduras, mediante desarrollo de investigaciones, publicaciones y certificaciones que garantizan la integridad y seguridad de la industria de la soldadura. En este contexto, se presentan los Welding Procedure Specification (WPS), los cuales son procedimientos aprobados en cuanto a diseño de conexión, materiales utilizados, posición de soldadura, ensayos aplicados y calidad de las juntas soldadas.

El enfoque de la presente memoria es realizar una propuesta técnico-económica enfocada en la partida de soldadura durante el montaje en terreno de estanques de acero atmosféricos tipo API 650. Se determinan los costos por proceso de soldadura utilizados en la unión de elementos y el costo total asociado a las actividades de montaje del estanque y soldadura en terreno, obteniendo valores específicos para utilizarlos en estudios de propuestas que contemplen la construcción de estanques de acero en la industria chilena.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar una propuesta técnico-económica de la partida de soldadura durante el montaje de los elementos que conforman un estanque de acero atmosférico tipo API 650, utilizando las soldaduras precalificadas disponibles en la AWS.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar uniones soldadas aplicables en el montaje de estanques atmosféricos según el API Standard 650.
- Determinar la cantidad de material depositado de soldadura durante el montaje de las diferentes partes de un estanque de acero atmosférico.
- Asignar una soldadura precalificada de la AWS a cada junta de elementos presentes en el montaje de un estanque de acero atmosférico.
- Realizar una programación efectiva de la partida de soldadura para el montaje de un estanque de acero atmosférico.
- Estudiar y analizar los costos por proceso de soldadura y por partes del estanque de acuerdo con la cantidad de material depositado.
- Estimar el plazo y costos asociados a la partida de soldadura en terreno de acuerdo con el peso del estanque de acero y los espesores de plancha utilizados.

1.3 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación se llevará a cabo una serie de pasos que permitirán el cumplimiento del objetivo principal del trabajo. El enfoque estará en un proyecto de reposición de infraestructura minera que implica la renovación de áreas equivalentes a infraestructura existente, destinada al soporte de equipos principales y auxiliares utilizados en operaciones mineras. Esto tiene como finalidad liberar espacios que permitan el avance de la explotación de la mina conforme a los planes operativos establecidos.

Parte del proyecto incluye el diseño y construcción de un estanque de almacenamiento con capacidad de 600 [m³], fabricado según el estándar API 650. Este estanque, de diámetro interior 9 [m], se construirá con planchas de acero ASTM A36 de espesores que varían entre 6 y 12 [mm].

El trabajo comienza con la recopilación e identificación de información planimétrica del estanque. Se disponen de planos en formato AutoCAD y un modelo 3D para visualizar la estructura. Una vez identificados los elementos que componen el estanque, se clasificarán las piezas fabricadas y soldadas desde la maestranza y las piezas que deben ser unidas durante el montaje en obra del estanque.

Luego se procede al cálculo de metros lineales de soldadura depositado, en donde se consideran los elementos de fondo, manto, techumbre, escalera helicoidal, plataforma y del estanque, así como los accesorios y piezas menores unidas al revestimiento. Además, se asignará mediante codificación y para cada tipo de unión entre elementos, una soldadura precalificada disponible en la AWS, de esta manera se determina la cantidad de kilos de material depositado durante el montaje del depósito.

Finalmente se realizará la programación del montaje del estanque de acero con enfoque principal a las partidas de soldadura de cada elemento que conforma el estanque, estableciendo la ruta crítica del proyecto. Por otro lado, el trabajo contempla un análisis exhaustivo de la distribución de los costos asociados a soldadura durante el montaje del estanque, considerando los recursos de personal de obra, insumos, materiales, equipos y herramientas requeridos.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 CLASIFICACIÓN DE ESTANQUES

Debido a la versatilidad de almacenamiento y campo de aplicación de los estanques de acero, estos pueden adoptar diseños variados según el sector en el que se trabaje. Sin embargo, la literatura menciona al menos cuatro partes fundamentales; Base o fondo, sistema de apoyo o sujeción, manto y techo. Las partes que conforman el estanque serán unidas mediante soldadura o pernos.(Neira Sancho, 2012)

Adicionalmente, los estanques de acero contienen múltiples accesorios que complementan su función, tales como; anillos basales, válvulas, puertas de acceso, perfiles ángulo para conexiones, escaleras helicoidales, barandas, entre otros.

La variedad de estanques conlleva a distintas clasificaciones; existen según su función, materialidad de construcción, geometría, sistema de apoyo, unión de elementos, etc. (Barros San Miguel, 2007). En el presente trabajo se abordarán las clasificaciones generales y se definirán las enfocadas al estudio.

De acuerdo con la Norma API Standard 650(American Petroleum Institute, 2020), para estanques de acero se define la siguiente clasificación general:

1. Estanque Cilíndrico Horizontal
2. Estanque Cilíndrico Vertical de Fondo Plano

Los estanques cilíndricos horizontales son utilizados en industrias o proyectos que requieran almacenar volúmenes relativamente bajos, debido a que pueden presentar fallas estructurales si se someten a mayores cargas. Por otro lado, los estanques cilíndricos verticales de fondo plano son utilizados para almacenar grandes volúmenes de sustancias a un bajo costo. Estos últimos, serán los de interés de estudio, ya que solo funcionan a la presión atmosférica o a bajas presiones internas.

Luego, los Estanques Cilíndricos Verticales de Fondo Plano se clasifican en:

- a. Estanque Atmosférico de techo Fijo
- b. Estanque Atmosférico de techo Flotante

Los estanques con techo fijo son aquellos donde la estructura que conforma la techumbre sella el estanque. Se emplean para almacenar sustancias no volátiles tales como; agua, asfalto y algunos derivados del petróleo. Aquí se genera una cámara de aire que facilita la evaporación de fluidos necesarios para la conservación del producto. Las configuraciones de techo más utilizadas son el cónico, tipo domo y paragua.(Barros San Miguel, 2007) Para estanques de grandes diámetros, se utiliza el techo tipo cono, donde la estructura del techo es soportada por columnas internas que transmiten las cargas al fondo del estanque. Cuando el

diámetro del estanque es menor, el techo suele estar soportado íntegramente por las planchas del manto. Además, el techo fijo puede ser auto soportado dependiendo del diámetro del estanque.

La otra clasificación abarca los estanques con techo flotante, aquí la cubierta flota sobre el líquido que el estanque contiene. Son utilizados para almacenar productos con alto contenido de sustancias volátiles como el alcohol y combustibles. La estructura de este tipo de techo se diseña como un disco con una masa determinada que asegura y mantiene a flote el techo en todas las condiciones de falla posible, incluyendo las posibles filtraciones que se produzcan durante su vida útil (Barros San Miguel, 2007). De esta manera se reduce la formación de una cámara de aire entre el líquido y el techo, proporcionando un medio aislante para la superficie del líquido, mientras evita la evaporación de gases y contaminantes al ambiente.

Las siguientes imágenes muestran ejemplos de estanques atmosféricos de acero tipo cilíndricos verticales construidos y montados en distintos sectores de Chile.



Estanque techo cónico.



Estanque techo tipo domo.

Figura N° 1 Estanques atmosféricos en Chile

Fuente: <https://www.ogm.cl/2015/estanques/>

2.2 PROCESOS DE SOLDADURA AL ARCO

La soldadura en la industria de la fabricación y montaje de estanques metálicos desempeña un papel fundamental en la ruta crítica del proyecto, esto, debido a que permite unir de manera sólida y segura las piezas que lo conforman. Se reconocen diversos métodos de soldadura que se utilizan en variados campos de aplicación, cada uno con sus características propias y equipos especializados para el proceso

En este capítulo se definirán los métodos de soldadura al arco protegido aprobados por la American Welding Society (AWS), definiendo sus principios de operación y señalando las características principales de cada uno. Además, se identificarán aquellos procesos comúnmente utilizados en el montaje de estanques metálicos atmosféricos en nuestro país, proporcionando una visión generalizada de sus ventajas y equipamiento particular.

2.2.1 Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW)

El sistema de soldadura al arco manual SMAW (Shielded Metal Arc Welding por sus siglas en inglés) es un proceso en que se unen dos metales mediante una fusión localizada, producida por un arco eléctrico entre un electrodo revestido y el material base que se pretende unir. El electrodo consiste en un núcleo metálico rodeado por una capa de revestimiento, donde el núcleo o varilla conduce la corriente eléctrica que se transfiere al metal base y establece el arco eléctrico. Durante la soldadura el calor producido por el arco calienta la punta de la varilla formando pequeñas gotas que forman el cordón de soldadura, mientras que el revestimiento del electrodo produce una pantalla de gases y escorias que protegen el material depositado de la contaminación atmosférica y gases ionizantes, ayudando a moldear y mantener el arco hasta su solidificación(INDURA, 2007).

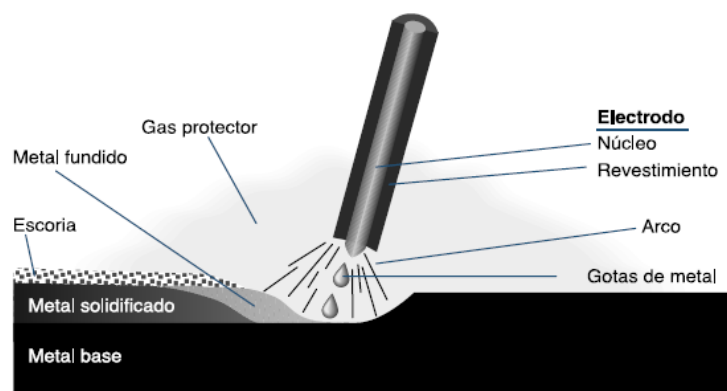


Figura N° 2 Sistema Arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW)

Fuente: Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura INDURA

2.2.2 Soldadura por arco eléctrico con alambre de electrodo continuo bajo protección gaseosa (GMAW)

Este sistema de soldadura GMAW (Gas Metal Arc Welding por sus siglas en inglés) es un proceso de unión de metales que produce una fusión entre un electrodo de metal de aporte continuo y las piezas a unir. Funciona con sistema de alimentación automática y a velocidad predeterminada del alambre o electrodo hacia el baño de fusión. En este proceso la protección del arco eléctrico es a través de un gas suministrado externamente, el cual protege el metal fundido de la contaminación atmosférica y ayuda a estabilizar el arco. El gas protector, generalmente compuesto por dióxido de carbono, argón o una mezcla de ambos, crea un ambiente libre de oxígeno y nitrógeno, reduciendo la formación de escorias para garantizar una mayor calidad del cordón(INDURA, 2007).

Se distinguen dos procesos de soldadura con alambre continuo, donde la elección de ellos es de acuerdo con el material a soldar y los resultados deseados. Sin embargo, ambos se basan en el mismo principio de electrodo continuo con protección gaseosa; MIG (Metal Inert Gas) donde la protección del arco eléctrico es a través de gases inertes como el argón y el helio, los cuales no reaccionan químicamente con los materiales base. MAG (Metal Active Gas), utiliza un gas activo o mezcla de gases, como el dióxido de carbono, que, si interactúan con el metal fundido, generando una mayor penetración y velocidad de la soldadura.(INDURA, 2007)

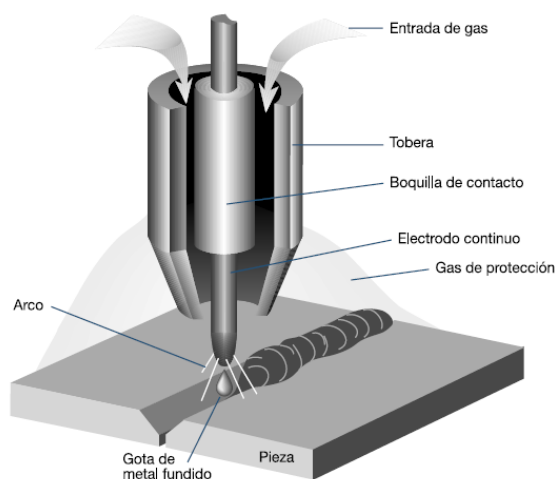


Figura N° 3 Sistema Arco eléctrico con electrodo de alambre continuo (GMAW)

Fuente: Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura INDURA

2.2.3 Soldadura por arco eléctrico con electrodo de tungsteno (GTAW)

La soldadura al arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa TIG (Tungsten Inert Gas) o GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) es un sistema que utiliza el intenso calor de un arco eléctrico generado entre un electrodo no consumible de tungsteno y el metal base a soldar, donde puede o no utilizar un material de aporte. Para la protección del arco eléctrico se utilizan gases como el argón o helio, o una mezcla de ambos, los cuales desplazan el aire para disminuir la contaminación de la soldadura por el oxígeno y nitrógeno presente en el ambiente.(INDURA, 2007)

Este sistema se caracteriza por brindar una soldadura fuerte, más resistente a la corrosión y de alta calidad en todos los metales, incluyendo aquellos metales de espesores delgados y depósitos de cordones de raíz en unión de cañerías o pipping.

La aplicación de la soldadura GTAW presenta ventajas como:

- Sin necesidad de material fundente.
- No hay producción de chispas, escoria, humo o salpicaduras que requerían limpieza final al cordón.
- Crea soldaduras finas y de alta calidad, especial para terminaciones específicas.
- El sistema puede ser automatizado, controlando mecánicamente la pistola y/o metal de aporte.

La siguiente figura representa esquemáticamente una soldadura por sistema TIG.

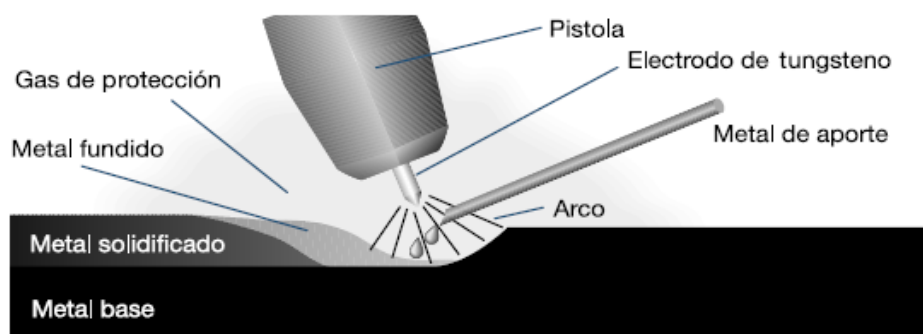


Figura N° 4 Sistema arco eléctrico con electrodo de tungsteno TIG

Fuente: Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura INDURA

2.2.4 Soldadura por arco eléctrico con electrodo tubular y fundente en el núcleo (FCAW)

La soldadura al arco con núcleo de fundente FCAW (Flux Cored Arc Welding) o también conocida como MIG TUBULAR, es un procedimiento que combina aspectos y características de la soldadura por arco manual protegido (SMAW), soldadura MIG (GMAW) y la soldadura por arco sumergido (SAW). Este tipo de soldadura aprovecha el arco eléctrico entre un electrodo metálico de aporte continuo y un metal base. El proceso FCAW utiliza un fundente que va al interior del alambre continuo, conocido como tubular, no obstante, al igual que otros procesos de soldadura, la protección del arco se obtiene del fundente contenido dentro del alambre tubular, pudiendo o no utilizar una protección gaseosa externa.(INDURA, 2007)

El proceso de soldadura FCAW se distingue por la incorporación de componentes químicos en el fundente dentro de un electrodo de alimentación continua. De esta manera, se logra una soldadura de gran rapidez, ya que el aporte se realiza mediante un hilo continuo, sin necesidad de cambiar el electrodo y facilitando la formación del cordón final.

Durante la aplicación de este proceso, el material del núcleo del electrodo brinda una capa abundante de escoria que tiene por función la protección del metal de soldadura durante la solidificación. Sin embargo, existen dos variaciones en la soldadura FCAW, las cuales difieren en el método de protección del arco. Se distingue el método con protección gaseosa externa, en el cual se utiliza una mezcla de gases como el argón y dióxido de carbono o simplemente 100% de dióxido de carbono.

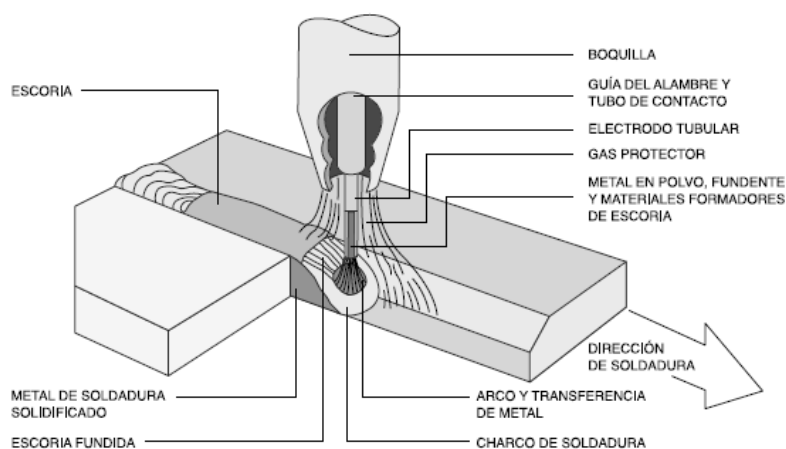


Figura N° 5 Soldadura por arco con núcleo de fundente protegida con gas.

Fuente: Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura INDURA

Por otra parte, existe el proceso tubular autoprotegido, donde la vaporización de los componentes del fundente se desplaza en el aire y junto con la escoria que cubre las gotas de metal fundido protegen el cordón de soldadura.

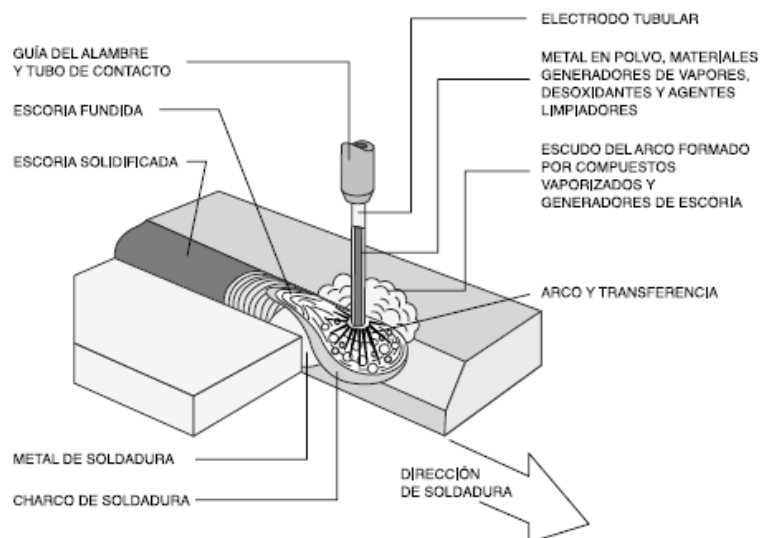


Figura N° 6 Soldadura por arco con núcleo de fundente y autoprotección

Fuente: Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura INDURA

El equipo básico empleado en la soldadura FCAW es similar al equipo utilizado en la soldadura MIG/MAG. Se recomienda una fuente de poder de corriente continua y voltaje constante, al igual que la soldadura MIG. La diferencia radica en el suministro y la regulación del gas para el arco en la variante con protección gaseosa. Además, este procedimiento requiere rodillos impulsores o alimentadores que no deformen el electrodo tubular

2.2.5 Soldadura por arco sumergido (SAW)

La soldadura con arco sumergido SAW (Submerged Arc Welding por sus siglas en inglés) se caracteriza por ser un proceso automático, en el cual, un alambre sin recubrimiento o desnudo es alimentado hacia la pieza a soldar. El arco eléctrico formado se mantiene sumergido en una masa de fundente de material granular provisto desde una tolva o tanque alimentador que se desplaza delante del electrodo. (INDURA, 2007)

En este proceso el arco eléctrico resulta invisible, ya que se cubre por completo con el fundente granular, evitando el uso de algunos elementos de protección contra la radiación infrarroja, ultravioleta, chispas y salpicaduras.

El sistema de soldadura por arco sumergido es ideal para procesos que requieran bajo tiempo de operación, permitiendo una velocidad máxima de deposición del metal. Es ideal para la fabricación de piezas de acero de mediano a alto espesor que puedan ser posicionadas para soldar de manera vertical y horizontal, en elementos como; vigas y perfiles estructurales, estanques, cilindros y bases de máquinas.(INDURA, 2007)

La aplicación de la soldadura SAW presenta ventajas como:

- Alta velocidad de soldadura y rendimiento (depende del tipo de electrodo y amperaje)
- Permite obtener depósitos de propiedades comparables o superiores a las del metal base.
- Soldaduras homogéneas, de penetración uniforme y 100% radiográficas.
- No se requieren protecciones especiales.

La siguiente figura representa esquemáticamente una soldadura por sistema TIG.

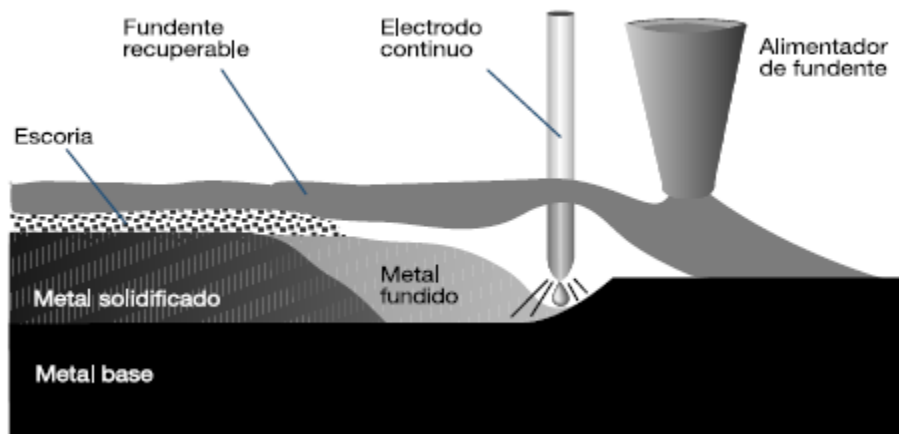


Figura N° 7 Soldadura por arco sumergido (SAW)

Fuente: Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura INDURA

2.2.6 Soldadura Automática por baño de escoria (ESW)

El proceso de soldadura EWS (Electroslag Welding por sus siglas en inglés) utiliza una escoria fundida a temperatura aproximada de 1700°C que permite la unión entre el material de aporte y el metal base. En este proceso solo existe un arco eléctrico durante la primera etapa de la soldadura, para luego agregar un fundente granulado que se derrite por el calor del arco. Una vez formada la capa de escoria la acción del arco se detiene y la corriente de la soldadura a través de la escoria se traspasa del electrodo al metal base.(Villavicencio Pérez, 2015)

El método ESW funciona cuando la resistencia de la escoria fundida junto con la corriente de soldadura genera el calor necesario para fundir el electrodo y unir los elementos deseados (Efecto Joule). El electrodo fundido y el metal base forman la soldadura bajo el baño de escoria producida.

La característica principal de la soldadura mediante electro escoria es su elevada tasa de deposición (entre 22 y 52 kg/hora para banda de 60 y 120 mm, respectivamente) el cual es muy superior a los métodos mencionados anteriormente. Sin embargo, su aplicación es limitada, se utiliza para soldaduras verticales en espesores medios de aceros al carbono, de baja aleación, alta resistencia y algunos aceros inoxidable.(Villavicencio Pérez, 2015)

2.2.7 Soldadura Automática con electrodos y gas (EGW)

El método de soldadura con electrodo y gas EGW (Electrogas Welding) es un procedimiento que utiliza electrodos consumibles que permiten la soldadura de pacas de gran espesor en posición vertical de manera eficiente y con penetración estable. Para la protección del cordón se utiliza CO₂ como gas principal de protección, pero también se utiliza una mezcla de gas argón con dióxido de carbono, oxígeno o helio. Para el electrodo se utiliza un alambre con núcleo de fundente que forma la escoria característica, en algunos casos se utiliza alambre macizo.(Neira Sancho, 2012)

Este proceso se caracteriza por una tasa de deposición rápida y eficiente, esto mediante el uso de alta corriente y un mayor margen para la precisión de la ranura debido a la pequeña distorsión angular. La soldadura EGS se utiliza para soldar juntas verticales y a tope de elementos como placas de revestimiento de estructuras varias.

2.3 SOLDADURAS PRECALIFICADAS

Las soldaduras precalificadas son aquellos procedimientos de soldadura que han sido ejecutados, aprobados y documentados, cumpliendo con todos los requisitos y estándares que establece la American Welding Society (AWS), sin necesidad de pruebas y/o ensayos de calificación adicional y específicas antes de su uso. Las soldaduras precalificadas garantizan uniones soldadas efectivas y de alta calidad, las cuales pueden ser utilizadas directamente en proyectos de montaje industrial sin requerir de Especificaciones de Procedimiento de Soldadura (WPS) adicionales. (American Welding Society, 2020).

Este tipo de soldaduras son guiadas por procedimientos estándar, que han sido desarrollados, validados y codificadas por la AWS. Cumplen con criterios específicos de diseño, materialidad y características de la soldadura, por lo cual, su aplicación es limitada, pudiendo ser usadas exclusivamente en situaciones y aplicaciones que cumplan con las mismas condiciones para las que fueron precalificadas.

Las ventajas de usar soldaduras precalificadas incluyen:

- Ahorro de Costo y plazo: Al no requerir pruebas adicionales (ensayos de tracción o doblado), se reducen los tiempos de preparación y los costos asociados.
- Consistencia y Seguridad: Los procedimientos han sido ampliamente probados y documentados, proporcionando un alto nivel de confianza en su consistencia y fiabilidad a la hora de utilizarlos.
- Facilidad de Uso: Los ingenieros y soldadores pueden aplicar estos procedimientos tanto en la etapa de diseño como en montaje, asegurando que se cumplirán los estándares de calidad y seguridad establecidos.

2.3.1 Normativa Aplicable

La normativa que establece las directrices claras sobre los procedimientos y calificaciones de la soldadura para estructuras de acero se encuentran descritas en AWS D1.1, "Structural Welding Code – Steel". Por otro lado, la norma AWS D1.6, "Structural Welding Code – Stainless Steel", puede ser aplicable dependiendo del material utilizado en la construcción del estanque.

2.3.2 Especificaciones de Procedimiento de Soldadura

Se define los Welding Procedure Specification (WPS) o Especificaciones de Procedimiento de Soldadura como un documento detallado que proporciona las indicaciones para realizar soldaduras que cumplan con la normativa y estándares requeridos según la AWS. Un WPS es esencial para asegurar que las soldaduras sean consistentes, de calidad, seguras y que cumplan con los requisitos de diseño y las normativas aplicables. El documento incluye los siguientes elementos claves:

1. **Identificación del WPS:** Incluye un número o código único para identificar el procedimiento.
2. **Proceso de Soldadura:** Especifica el proceso de soldadura que se va a utilizar, como MIG, TIG, SMAW, etc.
3. **Materiales Base:** Describe el material de los elementos que se van a soldar, incluyendo sus especificaciones y grados.
4. **Material de Aporte:** Detalla los materiales de aporte (electrodos, alambres, etc.) que se usarán en el proceso.
5. **Preparación de la Junta:** Detalles sobre cómo deben prepararse las piezas para la soldadura, incluyendo el diseño de la junta, separación, ángulo de biselado, raíz, talón, etc.
6. **Posición de Soldadura:** Especifica las posiciones en las que se realizará la soldadura, como plana, horizontal, vertical o sobre cabeza.
7. **Parámetros de Soldadura:** Incluye configuraciones propias de la soldadura como el voltaje, la corriente, la velocidad de avance, la velocidad de alimentación del alambre, etc.
8. **Procedimientos de Prevención de Riesgos:** Describe cualquier precaución especial que se debe tomar durante el proceso de soldadura, como el precalentamiento o el post-calentamiento de los materiales.
9. **Control de Calidad:** Detalla los métodos y criterios para asegurar la calidad de las soldaduras, incluyendo pruebas e inspecciones.

La sección 3 de la AWS D1.1:2020 – *Prequalifications of WPS's* aborda en detalle las Especificaciones de Procedimientos de Soldadura. En esta sección se encuentran los procesos de soldadura utilizados en los WSP, las características de la combinación entre el metal base y el material de aporte, las temperaturas mínimas de calentamiento de elementos a soldar, limitaciones de procedimientos y requerimientos generales para WSP de tipo filete, penetración parcial y penetración completa.

La siguiente imagen muestra un ejemplo de las tablas que se encuentran en la sección descrita de la AWS. Se reconoce la simbología y representación de la soldadura, el nombre del tipo de soldadura (*Single V-groove weld*), nombre de la unión soldada (*Butt joint*) y las tolerancias especificadas. Además, para cada tipo de proceso de soldadura, se asigna la codificación de la unión (*B-U2a-GF*, para proceso *GMAW*), se detallan los espesores de trabajo (*Base Metal Thickness*), las dimensiones de la preparación de la junta (*Groove Preparation*) y las posiciones de soldadura permitidas (*Permitted Welding Positions*).

Single-V-groove weld (2)
Butt joint (B)

Tolerances	
As Detailed (see 3.13.1)	As Fit-Up (see 3.13.1)
R = +2, -0	+6, -2
α = +10°, -0°	+10°, -5°

ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation		Permitted Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening	Groove Angle			
SMAW	B-U2a	U	—	R = 6	α = 45°	All	—	D, N
				R = 10	α = 30°	F, V, OH	—	D, N
				R = 12	α = 20°	F, V, OH	—	D, N
GMAW FCAW	B-U2a-GF	U	—	R = 5	α = 30°	F, V, OH	Required	A, N
				R = 10	α = 30°	F, V, OH	Not req.	A, N
				R = 6	α = 45°	F, V, OH	Not req.	A, N
SAW	B-L2a-S	50 max	—	R = 6	α = 30°	F	—	N
SAW	B-U2-S	U	—	R = 16	α = 20°	F	—	N

Figura N° 8 Extracto tabla de soldadura precalificada AWS.
Fuente: AWS D1.1:2020, Sección 3.

2.4 NORMATIVA API STANDARD 650

En esta sección se abordará sobre algunos aspectos del diseño y construcción de estanques atmosféricos según el API Standard 650 Welding Tanks Oil Storage (American Petroleum Institute, 2020), centrando la información en la soldadura de los elementos que componen el estanque durante el montaje de estos. El fin de esta sección es comprender a grandes rasgos el proceso de trabajo que define el manual API e introducir al desarrollo de los métodos de soldadura utilizados, simbología, limitantes y definiciones.

El contenido del manual API Standard 650 se encuentra organizado de acuerdo con los siguientes capítulos:

1. Secciones
2. Referencias Normativas
3. Términos y Definiciones
4. Materiales
5. Diseño
6. Fabricación
7. Izado
8. Métodos de inspección de juntas
9. Procedimientos de soldadura y calificaciones a soldadores
10. Marcado

Para el presente estudio será de interés los conceptos y definiciones mencionado en los capítulos 5. *Diseño*, 6. *Fabricación*, 7. *Izado* y 8. *Métodos de inspección de juntas*

2.4.1 Requerimientos de diseño API STANDARD 650

2.4.1.1 Tamaño de soldadura

De acuerdo con la sección 5.1.2 “*Weld Size*” del API 650, el tamaño de la ranura de una soldadura de penetración completa se basará en la profundidad del biselado más la soldadura del cordón de raíz cuando se especifique.

Luego se distingue un biselado en donde los catetos que conforman la sección son de igual longitud (equal-leg fillet Weld) y un biselado con catetos de longitud diferente (unequal-leg fillet Weld). Para el primer caso, el tamaño de la soldadura se basará en la longitud del cateto del triángulo isósceles de mayor área que pueda inscribirse en la sección, mientras que, para el segundo caso, el tamaño de la soldadura se basará en la longitud del cateto del triángulo rectángulo de mayor área que pueda inscribirse en la sección transversal de la soldadura.

2.4.1.2 Restricciones de juntas

Para el correcto funcionamiento de un estanque de acero se deben seguir las siguientes recomendaciones de restricciones de juntas soldadas.

Las soldaduras por punto o temporales no aportan valor de resistencia estructural en la junta.

La dimensión mínima de la soldadura de filete será la siguiente:

- En planchas de 5 [mm] de espesor, la soldadura ser de filete completo (igual espesor de la plancha)
- En planchas de espesor mayor a 5 [mm], la soldadura no deberá ser inferior a un tercio del espesor de la plancha más delgada y como mínimo de 5 [mm].

La soldadura de elementos traslapados será permitida solo en planchas de la base del estanque y en las planchas de la cubierta.

Los elementos traslapados serán soldados según los siguiente:

- Para soldaduras dobles, el traslapo será al menos cinco veces el espesor nominal de la plancha a unir más delgada o 50 [mm], priorizando la menor dimensión.
- Para soldaduras simples, el traslapo será al menos cinco veces el espesor nominal de la plancha a unir más delgada o 25 [mm], priorizando la menor dimensión.

Las restricciones de las pasadas de soldadura para planchas que conforman la base y la cubierta del estanque son las siguientes:

- Para soldadura con métodos manuales, las pasadas de soldadura de filete o por penetración completa en juntas mayores a 6 [mm] serán en pasadas múltiples, salvo indicación contraria.
- Para soldadura con métodos automáticos y/o semi automáticos, las pasadas de soldadura de filete o por penetración completa en juntas mayores a 10 [mm] serán en pasadas múltiples, salvo indicación contraria.

Por otro lado, para las pasadas de soldadura en las planchas que conforman el manto del estanque utilizando cualquier método de soldadura, deberá ser de mínimo dos pasadas.

La soldadura de los elementos ubicados al exterior del estanque deberán ser soldadas con un cordón continuo para minimizar la aparición de óxido. No se permite soldaduras intermedias.

2.4.1.3 Simbología de soldadura

La simbología en la soldadura es utilizada para representar de forma gráfica los diseños y tipos de uniones soldadas sobre un plano. La American Welding Society (AWS) estableció un conjunto de símbolos para comprender y estandarizar la soldadura, los cuales se aplican hoy en día en la industria de la construcción.

2.4.1.3.1 Tipos de Uniones Soldadas

La AWS reconoce 5 tipos de uniones soldadas, las cuales pueden presentar variantes que dependerán del diseño en particular. La siguiente figura representa los tipos de junta existentes.

- Junta a tope (Butt joint): Unión de dos elementos alineados en el mismo plano.
- Junta en esquina (Corner joint): Unión de dos elementos que conforman un ángulo recto entre ellos.
- Junta en T (T-joint): Unión entre dos elementos ubicados perpendicular o aproximadamente en 90° uno respecto al otro, formando una “T”.
- Junta en traslape o solape (Lap joint): Unión entre dos elementos superpuestos.
- Junta en borde: Unión entre los bordes de dos o más elementos paralelos o cercanos a ellos.

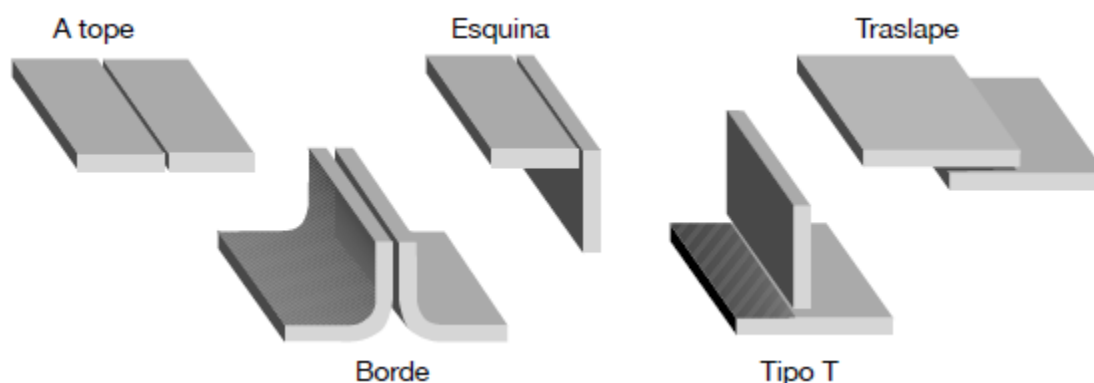


Figura N° 9 Tipos de Juntas.

Fuente: Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura INDURA

2.4.1.3.2 Tipos de Soldaduras

Según la geometría, el tipo de junta y el método de soldadura, la AWS presenta las siguientes alternativas de soldaduras;

- Soldadura de filete (Fillet Weld): Utilizada para unir dos elementos posicionados aproximadamente en 90° o con junta tipo T o de esquina.
- Soldadura de ranura o biseladas (Groove Weld): Utilizada para unir dos elementos alineados en el mismo plano, se presentan formas de bisel en V, en U, en J, unión simple y doble.
- Soldadura de tapón (Plug Weld) o botón ranurado (Slot Weld): Soldadura para unir dos elementos como placas mediante el relleno de agujeros o por soldadura de filete alrededor del agujero.
- Soldadura de reborde (Flange Weld): Utilizada en la unión de elementos en las que el metal de soldadura cubre una parte o la totalidad del ancho del borde.
- Soldadura de recubrimiento (Surfacing Weld): Aplicación de material de soldadura en la superficie de un elemento, con el fin de proporcionar un recubrimiento que aumenta la resistencia al desgaste o a la corrosión.

2.4.1.4 Tipos de juntas en estanques de acero

Luego, refiriéndose a la Norma API 650(American Petroleum Institute, 2020), el capítulo 5 menciona los tipos de juntas y soldaduras que se aplican en el diseño y montaje de los elementos que conforman un estanque atmosférico. El manual separa las juntas según la orientación de soldadura y las piezas a unir, de esta manera se presenta lo siguiente:

2.4.1.4.1 Junta vertical para soldadura del manto

Las juntas verticales para unir las planchas que conforman el manto deben ser soldadas por penetración y fusión completa, obtenida mediante soldadura de ranura doble u otros medios que se obtenga la misma calidad del metal depositado en el interior y exterior de las partes soldadas para cumplir con los requisitos del proyecto.

Las juntas del revestimiento estarán separadas entre si a una distancia mínima de 5 veces el espesor de la placa más gruesa en el punto de desplazamiento.

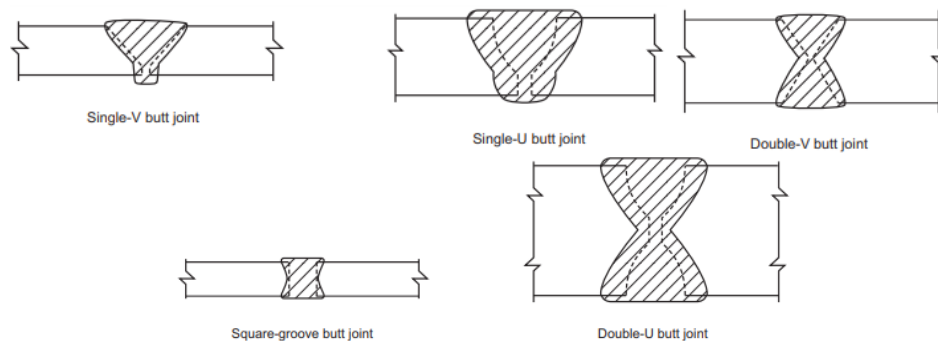


Figura N° 10 Tipos de Juntas verticales para el manto
Fuente: API STANDARD 650,2020.

2.4.1.4.2 Junta horizontal para soldadura del manto

Las juntas horizontales para unir las planchas del manto deben ser soldadas por penetración y fusión completa, sin embargo, se presenta una alternativa, los ángulos superiores podrán ser fijados al manto mediante una doble soldadura de traslape.

A menos que el proyecto indique lo contrario, las planchas del revestimiento del estanque en las juntas horizontales deben tener una línea central vertical en común.

2.4.1.4.3 Juntas traslapadas de planchas de la base

La geometría de las placas de la base deberá ser rectangulares. Además, las planchas podrán tener un corte cuadrado o con bordes fresados. Los bordes fresados deberán estar relativamente lisos y uniformes, libres de defectos, depósitos perjudiciales y tener una forma tal que permita una soldadura de penetración completa.

Salvo indicación contraria del proveedor, las planchas traslapadas en fondos inclinados se solaparán de forma que se reduzca la tendencia de acumulación de líquidos durante el vaciado del estanque.

El traslape de tres planchas en el fondo del estanque deben estar a una distancia mínima de 300 [mm] entre estas, las planchas del manto y las anulares del fondo. El traslape de 3 elementos se conforma solo si dos planchas del fondo son unidas mediante soldadura de traslape y estas son unidas sobre o debajo de una plancha anular.

La siguiente figura muestra las juntas típicas entre las planchas anulares de la base y las planchas inferiores del manto.

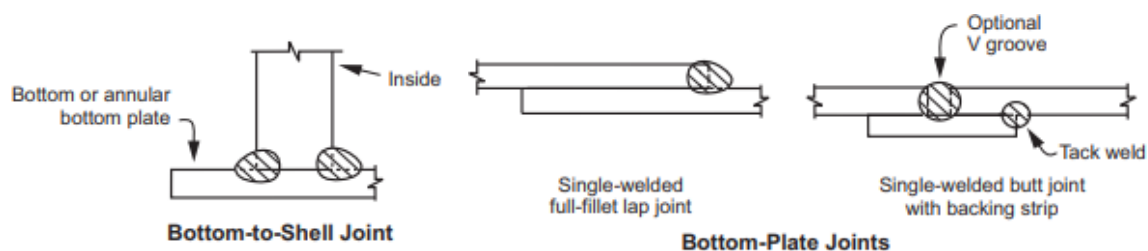


Figura N° 11 Juntas típicas para la base del estanque.

Fuente: API STANDARD 650,2020.

Las planchas de la base deberán ser soldadas solo en la parte superior con una soldadura continua de filete. Además, las placas solapadas de la base deberán ser unidas de tal manera que la superficie de apoyo quede lisa para la posterior unión de las placas del manto, tal como se muestra en la siguiente figura.

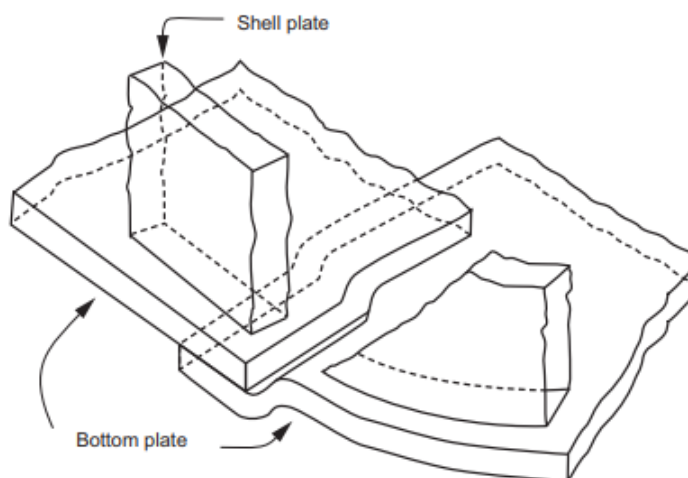


Figura N° 12 Método de preparación de juntas entre placas solapadas de la base y placas del manto.

Fuente: API STANDARD 650, 2020.

2.4.1.4.4 Juntas por penetración completa de planchas de la base

Las placas de la base soldadas a tope deberán tener sus bordes paralelos que permitan una unión a tope con ranura cuadrada o en “V”. Este tipo de unión deberá asegurar una soldadura de penetración completa. Se permite el uso de una placa de refuerzo de 3 [mm] de espesor entre las placas del fondo, soldada por puntos en la parte inferior de la placa, tal como se muestra en la figura 13.

Si se utiliza una junta con ranura cuadrada, la separación entre las placas deberá ser inferior a 6 [mm]. Se utilizará un espaciador metálico para mantener la abertura de las placas, a menos que el proveedor indique lo contrario.

2.4.1.4.5 Soldadura manto – base

Para las placas de la base y placas anulares de espesor nominal menor o igual a 13 [mm], la unión entre el borde inferior de la placa del manto y la placa base deberá ser por soldadura continua de filete en su lado interior y exterior. El tamaño de la soldadura de filete no deberá ser superior a 13 [mm] e inferior al espesor nominal de la placa más delgada a unir, o inferior a los siguientes valores.

Tabla N° 1 Tamaño mínimo de filete de acuerdo con espesor nominal de la pancha.

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

Fuente: API STANDARD 650, 2020.

Para las planchas anulares de espesor superior a 13 [mm], las soldaduras se dimensionarán de tal forma que los tramos de soldadura de filete sean de un tamaño igual al espesor de la placa anular, pero que no supere el espesor de la placa exterior, tal como se muestra en la siguiente figura.

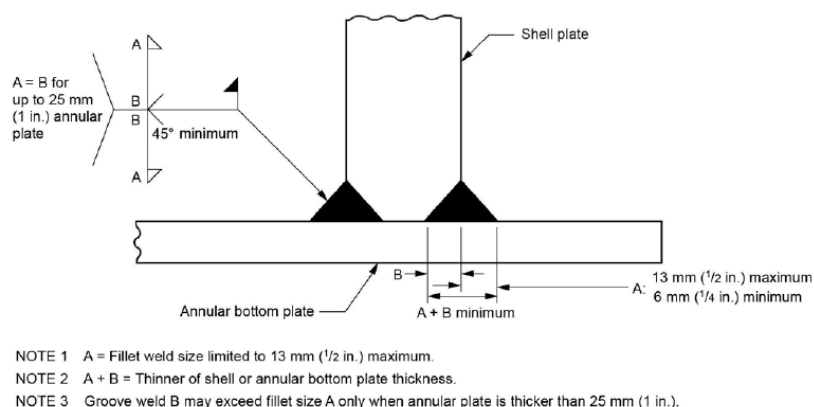


Figura N° 13 Detalle de junta entre una placa anular de espesor nominal mayor a 13 [mm] y una placa del manto.

Fuente: API STANDARD 650, 2020.

2.4.1.4.6 Juntas de techo.

Las placas del techo deberán ser soldadas en su parte superior por una soldadura de filete continua. La soldadura a tope con penetración completa también es permitida.

En el caso de techos frangibles o flotantes, las placas se unirán al ángulo superior del estanque mediante soldadura de filete continuo solo en la parte superior de la placa. Para una estructura de techumbre diferente, se permitirán detalles alternativos.

Las secciones de ángulos superiores, anillos de tracción y compresión se unirán mediante soldadura a tope con penetración y fusión completa.

Para estanques de diámetro menor o igual a 9 [m] y con techo cónico apoyado, el borde superior del manto puede quedar de tal manera que evite el uso de un ángulo superior.

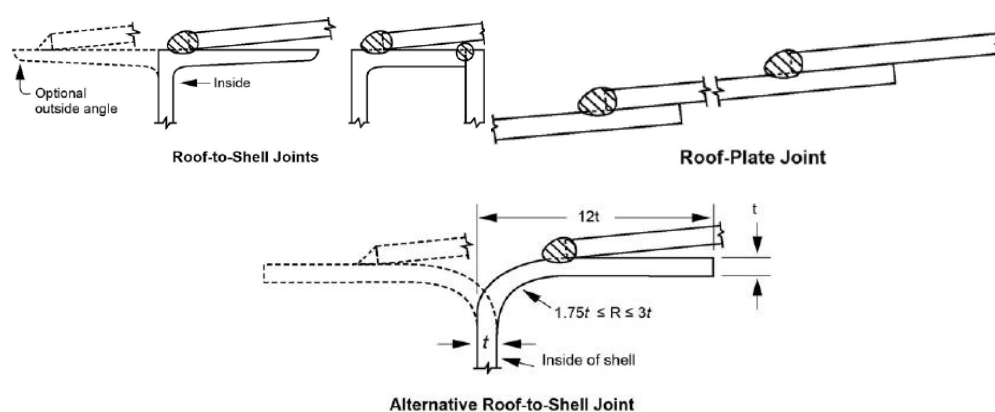


Figura N° 14 Junta de techo con elementos varios.

Fuente: API STANDARD 650, 2020.

2.4.2 Requerimientos de montaje API STANDARD 650

De acuerdo con la sección 7 “Izado” de la Norma API STANDARD 650 (American Petroleum Institute, 2020), se definen los detalles de la soldadura en los elementos que conforman el estanque. En esta sección se mencionará la clasificación de los materiales según el espesor y temperatura de trabajo y las consideraciones de soldadura en las planchas de la base, manto y techumbre del estanque.

2.4.2.1 Disposiciones Generales

Todo tipo de unión de elementos estructurales del estanque deberán ser soldados de acuerdo con los procedimientos descritos en el apartado 2.1 “Procesos de soldadura al arco” del presente trabajo. El uso de soldadura mediante oxicorte, electro escoria o electro gas se hará según lo mencionado por el fabricante y personal de terreno.

Todas las soldaduras deberán realizarse mediante soldadura al arco manual, semiautomática o automática. La soldadura se realizará de tal forma que garantice una fusión con el metal base.

No se deberá realizar ningún tipo de soldadura si la superficie a soldar esta mojada por lluvia, nieve o hielo, cuando caiga lluvia o nieve sobre esa superficie, a menos que el soldador este calificado y protegido para el trabajo. Junto a esto, se aplicará un precalentamiento cuando la temperatura del metal sea inferior a la requerida por la siguiente tabla.

Tabla N° 2 Temperatura de precalentamiento de acuerdo con grupo de materiales y espesor de plancha.

Material Group per Table 4.4a	Thickness (<i>t</i>) of Thicker Plate (mm)	Minimum Preheat Temperature
Groups I, II, III & IIIA	$t \leq 32$	0 °C
	$32 < t \leq 40$	10 °C
	$t > 40$	93 °C
Groups IV, IVA, V & VI	$t \leq 32$	10 °C
	$32 < t \leq 40$	40 °C
	$t > 40$	93 °C

Fuente: API STANDARD 650, 2020.

Cada capa de material depositado por soldadura deberá ser limpiada de la escoria y otros desechos antes de aplicar la siguiente capa.

Toda soldadura deberá estar libre de defectos tales como; ondulaciones gruesas, surcos, solapamientos, crestas y valles abruptos que interfieran con la posterior inspección de soldadura.

Las soldaduras por puntos que se utilizan para fijar los elementos durante el montaje del manto del estanque deberán ser eliminadas de las juntas cuando estas se suelden manualmente. Si se utiliza soldadura por arco sumergido, no será necesario limpiar las soldaduras por punto, mientras estén sanas y completamente fundidas en los cordones de soldadura aplicado.

Se deberá utilizar electrodo de hidrogeno bajo para todas las soldaduras al arco manual soldadas en las placas anulares o del manto, incluyendo la unión entre el primer anillo del manto y la placa base o anular, tal como se indica a continuación:

- Cuando las placas a unir tengan un espesor superior a 12,5 [mm] y estén fabricadas con materiales que se encuentren entre el Grupo I-III.
- Para cualquier espesor de placa y fabricada con materiales de cualquiera de los Grupos IV, IVA, V y VI.

2.4.2.2 Base / fondo

Después de haber ubicado y clavado las planchas del fondo se deberán ir soldando en una secuencia determinada y aprobada por el fabricante para verificar que se produzca la menor distorsión por contracción posible, para mantener una superficie plana y uniforme.

Las placas del manto pueden ser posicionadas con clips metálicos fijados a las placas del fondo. Luego las placas del manto podrán ser soldadas por punto a la base antes de comenzar a unir las placas del manto y la base con una soldadura continua.

2.4.2.3 Manto

Las planchas que se unirán mediante soldadura a tope deberán mantenerse en su posición durante toda la operación de soldadura. Para placas de espesor mayor a 16 [mm], se aceptará una desalineación en las juntas verticales no superior a 10% del espesor de la placa o 3 [mm], el valor que sea menor. Para placas de espesor menor igual a 16 [mm], la desalineación de las placas no excederá los 1,5 [mm].

En las uniones a tope de juntas horizontales, la placa superior no deber sobresalir a la cara posterior de la placa inferior en ningún punto más del 20% del espesor de la placa superior, con un máximo de 3 [mm]. Sin embargo, para las placas superiores de espesor inferior a 8 [mm], se acepta que la placa sobresalga un máximo de 1,5 [mm].

La parte del cordón de soldadura al interior de la placa unida a tope se limpiará cuidadosamente de forma que la superficie quede libre de escorias y defectos para la fusión del material de soldadura que se añadirá. La limpieza puede realizarse por astillado, esmerilado o fundido. Si la parte posterior del cordón inicial esta lisa y no presenta grietas podrá utilizarse otro método de limpieza aprobada por el fabricante.

Los requerimientos de esta sección aplican para materiales de los Grupos IV, IVA, V y VI. La juntas permanentes y temporales deberán ser soldadas con electrodos de hidrogeno bajo. Tanto las juntas permanentes como temporales se soldarán de acuerdo con un

procedimiento que reduzca al mínimo la posibilidad de agrietamiento del cordón. Las soldaduras se examinarán visualmente y mediante métodos de inspección que sean necesarios.

2.4.2.4 Techumbre

Con respecto a la techumbre de un estanque, la norma API no incluye disposiciones especiales para el montaje de los elementos que conforman la techumbre.

2.4.3 Inspección de Soldaduras

Para inspeccionar las juntas soldadas de los elementos que conforman el estanque se aplican los siguientes métodos mencionados en la norma API 650. Estos ensayos son del tipo no destructivos (NDT). Se realizan durante y posterior a la soldadura, garantizando la calidad del cordón, mediante la evaluación de posibles discontinuidades superficiales y/o internas que se generen por el proceso.

De acuerdo con la sección 7.3.2 *Examination of Welds* del API Standard 650 (American Petroleum Institute, 2020), las soldaduras de fusión y penetración completa deben ser inspeccionadas mediante métodos de radiografía o alternativamente, si el proveedor y la obra lo estiman conveniente utilizar método de inspección por ultrasonido. Por otro lado, para soldaduras de filete, basta con limpiar los desechos y escorias del cordón, para luego realizar una inspección por métodos visuales.

2.4.3.1 Método por radiografía

Este método es utilizado para obtener imágenes mediante rayos X o radiografía gamma de las soldaduras para detectar posibles defectos internos o discontinuidades que afecten la integridad de la unión soldada. La figura N°18 muestra una secuencia de aplicación del método para placas de espesores menores o iguales a 10 [mm]. La examinación por radiografía es requerida en las juntas realizadas por soldadura de penetración completa para las placas que conforman el manto y para placas anulares del fondo.

Este método presenta algunas limitaciones como requerir de equipos especiales y personal capacitado para escoger el ángulo de exposición adecuado e interpretar la lectura de resultados. Además, la radiografía solo es aplicable para soldaduras de penetración completa, excluyendo soldaduras de filete (Salazar Diaz, 2012).

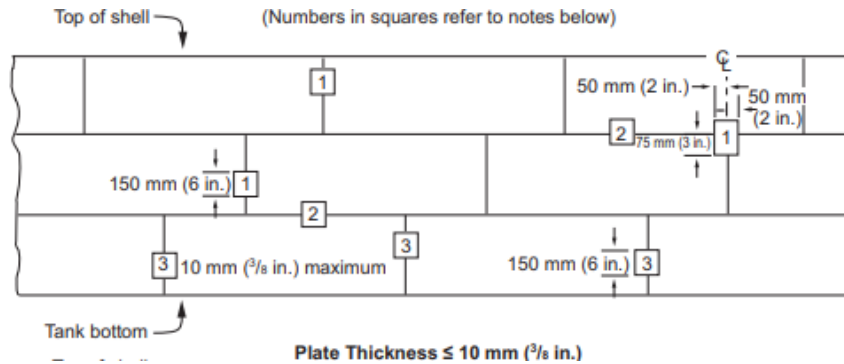


Figura N° 15 Radiografía requerida en manto del estanque.

Fuente: API 650

2.4.3.2 Método por partícula magnética

Cuando se especifique la aplicación de partículas magnéticas como método de inspección se registrará lo establecido en el Artículo 7, sección V del ASME. La examinación por partículas magnéticas es utilizada para detectar defectos superficiales del cordón de soldadura. Mediante la aplicación de un campo magnético a la junta, las partículas magnéticas permiten revelar las grietas y/o discontinuidades cercanas o directamente en la superficie de la soldadura.

Este método es solo aplicable a materiales ferromagnéticos, como el hierro fundido, acero o níquel, y requiere de personal capacitado para interpretar los resultados de la inspección. (Salazar Diaz, 2012)

2.4.3.3 Método por ultrasonido

Cuando se especifique la aplicación de ultrasonido como método de inspección se registrará lo establecido en el Artículo 4, sección V del ASME. Este método de inspección utiliza un transductor ultrasónico de tipo piezoeléctrico o electromagnético que genera una onda ultrasónica que se propaga a través del material, detectando defectos como grietas, inclusiones, porosidades y discontinuidades en la junta soldada.

2.4.3.4 Método por liquido penetrante

La aplicación de este método se realizará de acuerdo con el Artículo 6, sección V del ASME. Esta prueba permite detectar daños superficiales como fisuras, discontinuidades o defectos en las áreas a inspeccionar. Se aplica un líquido sobre la junta limpia y libre de contaminantes que luego de absorberse se limpia el exceso y se añade un líquido revelador

que visibiliza y revela mediante marcas de un color específico, las fallas que podría presentar la soldadura revisada.(Ilufi Pacheco, 2022)

La examinación por líquido penetrante es de fácil aplicación y de bajo costo por metro lineal. Se limita a detectar solo fallas superficiales de juntas de piezas a temperaturas bajas.

2.4.3.5 Métodos visuales

De acuerdo con la norma API Standard 650, una junta soldada será aceptada por inspección visual si se cumple lo siguiente:

- No se presentan grietas de cráter, cualquier otro tipo de grieta superficial o golpes de arco en las juntas soldadas o adyacentes.
- Para juntas a tope verticales, uniones permanentes de elementos orientados verticalmente, soldadura de conexiones o boquillas, manholes, aberturas a ras y soldaduras internas del manto a las placas de fondo, la socavación máxima permitida es de 0,4 [mm]. Para juntas a tope horizontales y soldaduras de las pacas anulares la socavación máxima admisible es de 0,8 [mm].
- La frecuencia de porosidad superficial en la soldadura no debe exceder un cluster (uno o más poros) en cualquier longitud de 100 [mm], y el diámetro de cada cluster no debe exceder los 2,5 [mm].

2.5 COSTOS DE SOLDADURA

En el contexto de un proyecto de fabricación y/o construcción de estructuras que involucren soldaduras, se debe considerar que, el análisis de costos de soldadura contempla múltiples operaciones mecánicas, como; provisión, corte y fabricación de piezas, transporte de material, montaje de estructura, andamiaje, tratamientos térmicos y superficiales, topografía, inspección de soldadura, entre otras. Cabe destacar que, en el presente estudio, el análisis de costos de soldadura solo considerara los procesos que afecten directamente en ella, excluyendo las demás etapas anteriormente mencionadas. Por otro lado, es importante señalar, que, en una situación real, el costo de la operación de soldadura no es analizada en forma aislada, sino más bien, forma parte de un presupuesto general de obra.

La determinación de los factores asociados al costo de la soldadura se basa en el cálculo del Peso del Material Depositado (PMD), el cual es un valor clave que brinda información por cada tipo de unión soldada presente en el proyecto. El PMD se determina en función del volumen del cordón de soldadura, para esto, es necesario calcular el área de la forma geométrica de la sección transversal del cordón y luego multiplicarla por la longitud total del mismo. Por otro lado, se utiliza la densidad del metal de aporte, para el caso de estudio, se utiliza acero al carbono, con una densidad aproximada de 7.850 [kg/m³]. La siguiente formula expresa el cálculo del Peso del Material Depositado:

$$PMD = \text{Área de la sección} * \text{Longitud del cordón} * \text{Densidad metal de aporte}$$

Sin embargo, el costo de soldadura se ve influenciado por el proceso de soldadura seleccionado, el rendimiento del soldador, los costos de gastos generales, la tasa de deposición, eficiencia del metal de aporte, el factor de operación de soldadura, costos de insumos y material de aporte, entre otros. Estos factores influyen directamente en el costo de soldadura, los cuales pueden ser obtenidos mediante metodologías de cálculo de soldadura o con la ayuda de información presentada en los manuales de soldadura que proporcionan proveedores del rubro.

Para el presente estudio se utilizarán las fórmulas, tablas y gráficos presentes en el Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura (INDURA, 2007) el cual brinda información necesaria para calcular el costo de soldadura por metro lineal de material depositado.

2.5.1 Costo de Electrodo

El cálculo de los costos de los electrodos utilizados en la soldadura se realiza en función al Peso del Material Depositado (PMD) por el valor del electrodo utilizado y dividido entre la eficiencia de deposición. La siguiente formula expresa el cálculo de costo del electrodo por metro lineal.

$$C.E = \frac{PMD \left(\frac{kg}{m} \right) * Valor Electrodo \left(\frac{\$}{kg} \right)}{Eficiencia de Deposición (\%)}$$

La eficiencia de deposición se define como la relación entre el metal efectivamente depositado y la cantidad en peso de electrodos requeridos para efectuar el proceso. La tabla N°3 muestra los valores típicos de porcentaje para los diferentes procesos de soldadura.

Tabla N° 3 Eficiencia de deposición por proceso de soldadura.

Proceso	Eficiencia deposición (%)
Electrodo manual	60-70
MIG sólido	90
MIG tubular c/protección	83
MIG tubular s/protección	79
TIG	95
Arco sumergido	98

Fuente: Manual de Soldadura INDURA 2007.

2.5.2 Costo de Gases

Algunos procesos de soldadura utilizan gases como protección al arco eléctrico. Para determinar el costo de gases utilizados en la soldadura se requieren datos como el Peso del Material Depositado (PMD), la tasa de flujo de gas, el valor del gas según mercado y la velocidad de deposición. La siguiente formula expresa el cálculo de costo de gases por metro lineal.

$$C.G = \frac{PMD \left(\frac{kg}{m} \right) * Flujo de Gas \left(\frac{m^3}{hr} \right) * Valor de Gas \left(\frac{\$}{kg} \right)}{Velocidad de Deposición \left(\frac{kg}{hr} \right)}$$

El valor del flujo de gas indica la cantidad de volumen de gas utilizado por unidad de tiempo. Este valor dependerá del proceso de soldadura utilizado. La tabla N°4 muestra el flujo de gas para los diferentes procesos de soldadura que requieren uso de gas durante su operación.

Tabla N° 4 Flujo de gas por proceso de soldadura.

Proceso	Flujo gas (m ³ /hr)
MIG sólido	0,8-1,2
MIG tubular	1,0-1,4
TIG	0,5-1,0

Fuente: Manual de Soldadura INDURA 2007.

Por otro lado, se define la velocidad de deposición como la cantidad de material de aporte por unidad de tiempo. Los factores que influyen en la obtención del valor son los siguientes:

- **Proceso de Soldadura:** Cada proceso de soldadura como TIG, MIG o MAG requieren cantidades diferentes de gas para su correcta operación.
- **Diámetro del Alambre/Electrodo de Soldadura:** Un alambre o electrodo de mayor diámetro puede requerir mayor velocidad de material depositado para cubrir adecuadamente un área de soldadura.
- **Amperaje:** La configuración del equipo de soldadura influye en la velocidad de deposición. En general y tal como se muestra en la figura N°16, la cantidad de material depositado aumenta a medida que la intensidad de corriente se intensifica. Esto se aplica a todos los procesos de soldadura al arco.

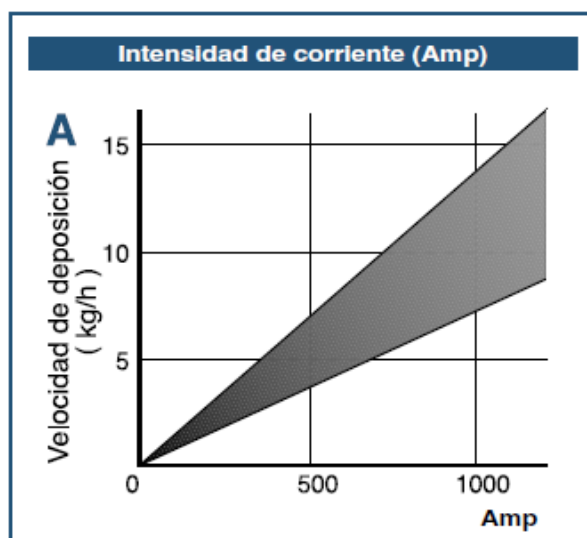


Figura N° 16 Velocidad de deposición vs. Intensidad de corriente

Fuente: Manual de Soldadura INDURA 2007.

Los valores de velocidad de deposición son obtenidos mediante gráficos de curvas que involucran las variables mencionadas y que son proporcionados por proveedores de materiales de aporte.

2.5.3 Costo del Personal

El costo del personal o mano de obra esta referido a los gastos asociados al rendimiento humano necesario para realizar las actividades de soldadura. Este costo incluye el sueldo de los soldadores, leyes sociales, aportes del empleador, gratificaciones, beneficios de la empresa, equipamiento y otros gastos relacionados con el personal.

Con excepción de procesos de soldadura automáticos o semiautomáticos, el costo del personal soldador, en la actualidad, representa la proporción más significativa del costo total de la soldadura.(INDURA, 2007)

El costo de personal y gastos generales para la producción de una estructura soldada depende del Peso del Material Depositado (PMD), la velocidad de deposición, el factor de operación y el valor asignado al personal y gastos generales. Este último, es variable de acuerdo con los valores que manejen las distintas empresas.

$$C.MO = \frac{PMD \left(\frac{kg}{m} \right) * Valor M.O \left(\frac{\$}{hr} \right)}{Velocidad de Deposición \left(\frac{kg}{hr} \right) * Factor de Operación(\%)}$$

La velocidad de deposición requerida en la ecuación fue definida en el punto 2.5.2 de esta sección.

El factor de operación se define como la razón entre el tiempo real de arco y el tiempo total pagado al soldador, expresado en porcentaje. Este factor varía según el proceso de soldadura y su aplicación. Específicamente, el factor de operación es el porcentaje de tiempo en que el arco está encendido comparado con el tiempo total trabajado en soldadura. El tiempo de arco encendido es el periodo del arco activo y durante el cual se está depositando material de aporte. Por otro lado, el tiempo total trabajado incluye tanto el tiempo de arco encendido como los tiempos perdidos producto a las demás actividades del proceso, como el cambio de electrodos o alambre, limpieza y eliminación de la escoria, desplazamientos en faena, preparación del material y pausas del trabajador.

El factor de operación es un valor específico de cada taller o empresa y puede calcularse según las prácticas individuales de cada lugar, tipo de trabajo y proceso de soldadura empleado. Sin embargo, los proveedores entregan rangos del factor de operación de acuerdo con el método de soldadura utilizado.

Tabla N° 5 Factor de operación en porcentaje por proceso de soldadura.

Proceso	Factor de Operación (%)
Electrodo manual	5- 30
MIG sólido	10- 60
MIG tubular	10- 60
TIG	5- 20
Arco sumergido	50-100

Fuente: Manual de Soldadura INDURA 2007.

CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES DEL PROYECTO

3.1 GENERALIDADES

El estudio se enmarca bajo un proyecto de la industria minera chilena. Actualmente se opera un yacimiento minero de cobre y molibdeno mediante una combinación de explotación a rajo abierto y actividades subterráneas. El proyecto de reposición de infraestructura contempla la ingeniería, compra de equipos, construcción, montaje electromecánico y puesta en marcha de instalaciones ubicadas en una cota elevada ubicada en la cordillera de la zona central de Chile, en una región con altitudes entre 3.000 y 4.200 [msnm]. Este proyecto incluye la renovación de áreas equivalentes a la infraestructura existente en la zona del rajo.

El Proyecto considera la reposición de todas las áreas equivalentes a la infraestructura existente de la cota 4.000 del rajo. La obra de reposición incluye las siguientes instalaciones.

- | | |
|---|---|
| 1. Taller de camiones. | 10. Planta de tratamiento de aguas servidas. |
| 2. Bahía cambio de neumáticos. | 11. Planta de tratamiento agua potable. |
| 3. Nave de lavado. | 12. Estanques agua fresca y agua contra incendio. |
| 4. Bodegas y otros. | 13. Bodega de residuos. |
| 5. Patio cambio de cadenas | 14. Patio de cables. |
| 6. Estacionamientos CAEX. | 15. Patio infraestructura. |
| 7. Barrio Cívico. | 16. Sala eléctrica con generador de emergencia. |
| 8. Estacionamiento buses y vehículos menores. | 17. Botadero de nieve. |
| 9. Patio acopio neumáticos nuevos y desuso. | |

3.2 INFORMACIÓN PLANIMÉTRICA

La planimetría obtenida fue seleccionada para fines del presente estudio y está referida al Proyecto de “Ingeniería y Suministro de Estanques de Agua”, en específico al estanque de acero de almacenamiento de agua incendio “TAG 1920- EST-011”. El Proyecto cuenta con una amplia y detallada información planimétrica que abarca las fases de diseño, fabricación y montaje en terreno del estanque. Los formatos disponibles para la visualización de los planos se encuentran en CAD, PDF y un modelo 3D en software Trimble Connect.

A continuación, se detalla la cantidad y contenido de los planos involucrados en el Proyecto, así como los formatos disponibles de los mismos.

3.2.1 Planos de Diseño

Estos planos proporcionan vistas en planta y elevación del estanque, detallando las dimensiones generales y especificaciones estructurales. Además, incluyen secciones transversales que muestran los detalles constructivos de las conexiones y uniones entre las diferentes partes del estanque. Se describen los materiales utilizados, especificaciones sobre la calidad del acero de elementos, componentes, pernos y anclajes. Los planos también detallan las bases y soportes, las ubicaciones de las entradas y salidas de agua, y los accesorios como válvulas, cañerías, refuerzos boquillas y manhole.

Para el estanque TAG 01920- EST-011 se cuenta con dos planos de diseño que detallan la elevación del estanque, planta de anclaje y llaves de corte, planta de boquillas, planta de estructura y plataforma de techumbre, detalles de uniones y diseño de la escalera helicoidal. Estos se encuentran en formato CAD y pdf.

3.2.2 Planos de Montaje

Los planos de montaje del estanque de acero detallan los procedimientos y secuencia de ensamblaje de todos los componentes del estanque. Estos planos incluyen instrucciones para la alineación y fijación de las planchas de acero, instalación de las estructuras de soporte y colocación de refuerzos. Además, deben indicar los tipos y detalles de las soldaduras utilizadas, pernos y otros elementos de fijación.

El estanque TAG 01920- EST-011 cuenta con tres planos de montaje que al igual que en los planos de diseño se detallan la elevación del estanque, planta de anclaje y llaves de corte, planta de boquillas, planta de estructura y plataforma de techumbre, pero esta vez enfocada en el montaje del estanque. Los planos detallan las soldaduras de los elementos como, sillas de anclaje, llaves de corte, placas de fondo y manto, boquillas y techumbre.

3.2.3 Planos de Fabricación y Listado de Elementos y Componentes

Estos planos indican el detalle y cantidad de cada elemento y componente que se utilizara durante el montaje de estanque. Algunas especificaciones que se señalan en los planos de fabricación son las dimensiones de las placas de acero, refuerzos, pletinas, elementos menores, boquillas y válvulas. Además, se indican las soldaduras utilizadas para la unión y conformación de componentes, así como el lugar físico en donde realizarlas (terreno o taller/maestranza)

Para el fondo, manto y techumbre del estanque TAG 01920- EST-011 se cuenta con 48 planos de fabricación de elementos y 75 planos de fabricación de componentes principalmente. Por otro lado, para el montaje de la escalera helicoidal se cuenta con 43 y 105 planos de fabricación de elementos y componentes respectivamente.

La información de fabricación del estanque incluye adjunto a los planos un listado de materiales que indica los elementos y componentes junto a la marca, cantidad, perfil utilizado, material, largo, peso unitario, peso total y notas. Esta información es clave para cuantificar los elementos y componentes del estanque, lo cual se utilizará en los análisis posteriores del presente estudio.

3.2.4 Modelo 3D

El proyecto también incluye un modelo 3D integral en el software Trimble Connect. Este modelo 3D contiene todas las piezas y componentes descritos en los planos y señalados en el listado de elementos, proporcionando una representación visual completa y detallada del estanque de almacenamiento de agua. Este modelo es una herramienta invaluable para la planificación y coordinación en obra, permitiendo a los profesionales visualizar el montaje final, identificar posibles conflictos y realizar los análisis técnicos-económicos para presentar mejores ofertas en procesos de licitación.

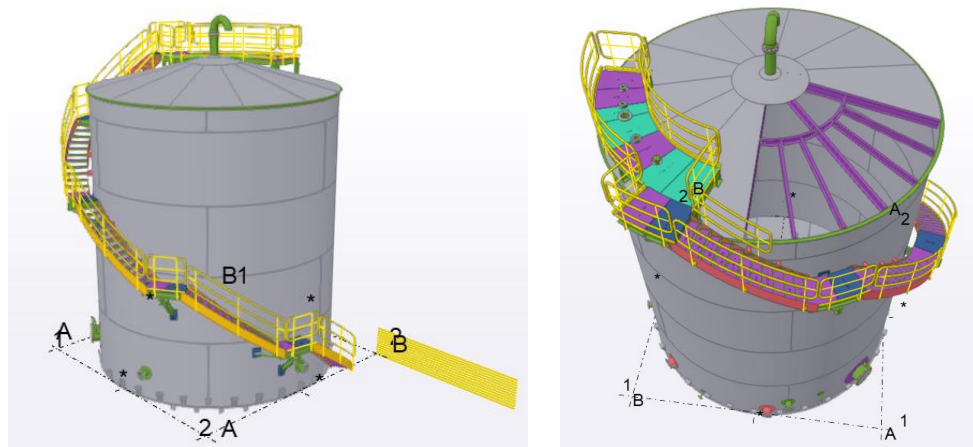


Figura N° 17 Modelo 3D Estanque TAG 1920-EST-011.
Fuente: Antecedentes del Proyecto.

El siguiente esquema presenta la información planimétrica disponible y resumida utilizada para el análisis de los parámetros necesarios en el desarrollo del estudio y que se encuentran detallados en los capítulos siguientes. Cabe señalar que, el documento de memoria de cálculo presenta información sobre el diseño sísmico y estructural del estanque, lo cual es irrelevante para el caso de estudio.

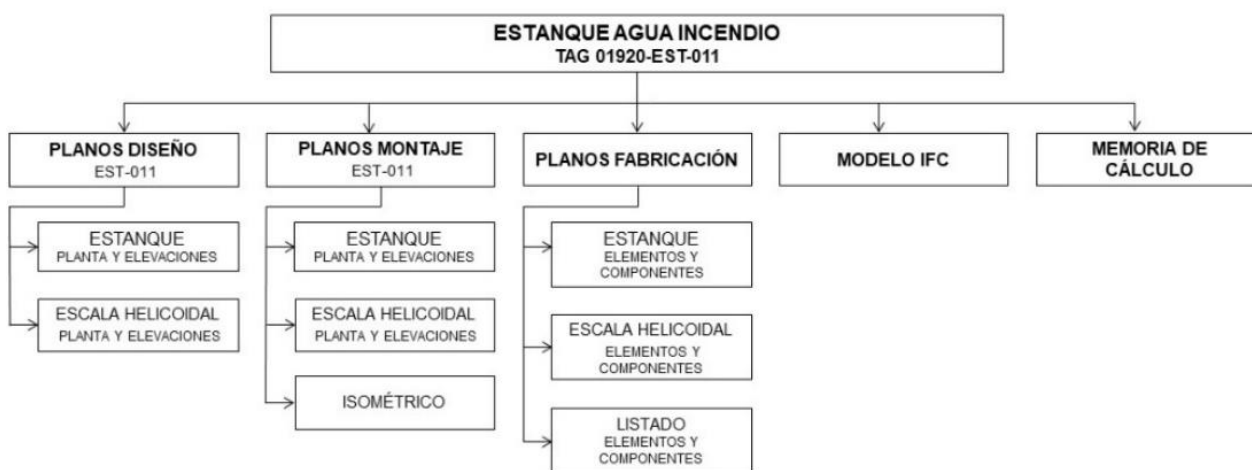


Figura N° 18 Esquema de Información Planimétrica disponible TAG 01920-EST-011.

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO 4: PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

En este capítulo se desarrolla la metodología, que, a través de herramientas informáticas permitirá obtener los datos necesarios para el cálculo de los parámetros que serán considerados en el análisis técnico y económico descrito en los capítulos 5 y 6 respectivamente. Luego de analiza la información planimétrica disponible del Proyecto y se procede con el procesamiento de la información. Aquí se describe como se organizan y clasifican los distintos datos y elementos del estanque, con el fin de obtener valores útiles como; cantidad de elementos y componentes, pesos por partes del estanque, cubicaciones y otras informaciones para posteriores análisis del estudio.

4.1 LISTADO Y CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS

Para el análisis de la información del listado de elementos y componentes, se comienza con la confección de una tabla resumen de todos los elementos que conforman el estanque de acero. Las filas de la tabla presentan la siguiente información:

- **Marca:** Código de identificación único para cada elemento, proporcionado por el listado de elementos y componentes en planos de fabricación del estanque.
- **Cantidad:** Número de elementos de igual marca presente en el estanque.
- **Descripción:** Nombre de cada elemento utilizando vocabulario técnico específico de partes del estanque (ángulo, baranda, conector, diagonal, llave de corte, boquilla etc.)
- **Perfil:** Material constructivo utilizado para formar el elemento, indica el diámetro, espesor de placa o dimensiones según sea el caso.
- **Peso Unitario:** Peso de cada elemento presentado en kilogramos. Aplica para elementos conformados con pieza metálicas.
- **Peso Total:** Peso unitario multiplicado por la cantidad de elementos de igual marca presentado en kilogramos.
- **Clasificación:** Parte del estanque donde se posiciona el elemento. Se presentan 3 partes del estanque; Estanque (fondo, manto y techumbre), Plataforma y Escalera.

A continuación, se presenta el listado de elementos que son necesarios durante el montaje de las distintas partes del estanque.

Tabla N° 6 Listado de elementos que conforman: Estanque (Fondo, manto y techumbre).

ÍTEM	MARCA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PERFIL	PESO UNITARIO [KG]	PESO TOTAL [KG]	CLASIFICACIÓN
1	011AC1	4	ANGULO CORONAMIENTO	L10X12.2	71,21	284,84	Estanque
2	011AC2	1	ANGULO CORONAMIENTO	L10X12.2	58,63	58,63	Estanque
3	011EP1	1	EMPAQUETADURA	PL3X833	0,00	0,00	Estanque
4	011L1	1	BOQUILLA	CANØ3" SCH80	7,87	7,87	Estanque
5	011L2	1	BOQUILLA	CANØ3" SCH80	7,72	7,72	Estanque
6	011L3	1	BOQUILLA	CANØ3" SCH80	7,72	7,72	Estanque
7	011L4	1	BOQUILLA	FLG Ø3" 150	13,15	13,15	Estanque
8	011LC1	32	LLAVE CORTE	PL20X166	11,74	375,68	Estanque
9	011M1	1	MANHOLE	CANØ24" STD	81,67	81,67	Estanque
10	011MA1	3	MANTO	PL8X2420	1433,23	4299,69	Estanque
11	011MA2	9	MANTO	PL6X2420	1074,68	9672,12	Estanque
12	011MA3	3	MANTO	PL6X790	350,83	1052,49	Estanque
13	011N1	1	BOQUILLA	FLG Ø3" 150	13,15	13,15	Estanque
14	011N2	1	BOQUILLA	FLG Ø4" 150	19,03	19,03	Estanque
15	011N3	1	BOQUILLA	CANØ10" SCH80	37,71	37,71	Estanque
16	011N4	1	BOQUILLA	CANØ10" SCH80	39,12	39,12	Estanque
17	011N5	1	BOQUILLA	FLG Ø8" 150	51,01	51,01	Estanque
18	011N6	1	BOQUILLA	CANØ3" SCH80	7,63	7,63	Estanque
19	011N7	1	BOQUILLA	CANØ3" SCH80	7,73	7,73	Estanque
20	011N8	1	BOQUILLA	CANØ10" SCH40	63,09	63,09	Estanque
21	011N9	1	BOQUILLA	FLG Ø3" 150	13,15	13,15	Estanque
22	011NC9	1	FLANGE Ø3" CIEGO	FLG Ø3" 150	5,00	5,00	Estanque
23	011PCT1	8	PLACA CONEXION T	PL12X180	3,99	31,92	Estanque
24	011PCT2	16	PLACA CONEXION T	PL12X180	2,96	47,36	Estanque
25	011PF1	2	PLACA FONDO	PL12X2420	1720,94	3441,88	Estanque
26	011PF2	2	PLACA FONDO	PL12X942	344,95	689,90	Estanque
27	011PF3	1	PLACA FONDO	PL12X2368	2039,88	2039,88	Estanque
28	011RF1	1	REFUERZO BOQUILLA	PL6X265	2,29	2,29	Estanque
29	011RF2	1	REFUERZO BOQUILLA	PL8X585	13,15	13,15	Estanque
30	011RF2	1	REFUERZO BOQUILLA	PL8X585	13,15	13,15	Estanque
31	011RF3	1	REFUERZO BOQUILLA	PL8X265	3,05	3,05	Estanque
32	011RF3	1	REFUERZO BOQUILLA	PL8X265	3,05	3,05	Estanque
33	011RF3	1	REFUERZO BOQUILLA	PL8X265	3,05	3,05	Estanque
34	011RF3	1	REFUERZO BOQUILLA	PL8X265	3,05	3,05	Estanque
35	011RF3	1	REFUERZO BOQUILLA	PL8X265	3,05	3,05	Estanque
36	011RF4	1	REFUERZO BOQUILLA	PL8X485	9,18	9,18	Estanque
37	011RF4	1	REFUERZO BOQUILLA	PL8X485	9,18	9,18	Estanque
38	011RF4	1	REFUERZO BOQUILLA	PL8X485	9,18	9,18	Estanque
39	011RF4	1	REFUERZO BOQUILLA	PL8X485	9,18	9,18	Estanque
40	011RF5	1	REFUERZO	PL8X585	12,51	12,51	Estanque
41	011RF6	1	REFUERZO BOQUILLA	PL8X265	2,99	2,99	Estanque
42	011RF6	1	REFUERZO BOQUILLA	PL8X265	2,99	2,99	Estanque
43	011RF6	1	REFUERZO BOQUILLA	PL8X265	2,99	2,99	Estanque
44	011RF7	1	REFUERZO BOQUILLA	FL8X305	3,82	3,82	Estanque
45	011RF8	1	REFUERZO BOQUILLA	PL8X485	8,95	8,95	Estanque
46	011RMH1	1	REFUERZO MANHOLE	PL10X1256	74,47	74,47	Estanque
47	011S1	32	SILLA ANCLAJE	FL25X152	13,39	428,48	Estanque
48	011SV1	1	SOPORTE VIGA	PL10X247	105,57	105,57	Estanque
49	011T1	1	BOQUILLA	CANØ3" SCH80	7,72	7,72	Estanque
50	011T2	1	BOQUILLA	CANØ8" SCH80	29,37	29,37	Estanque
51	011T3	1	BOQUILLA	CANØ8" SCH80	29,37	29,37	Estanque
52	011T4	1	BOQUILLA	CANØ8" SCH80	29,37	29,37	Estanque
53	011T5	1	BOQUILLA	CANØ8" SCH80	29,37	29,37	Estanque
54	011TC1	12	TECHO	PL8X2280	335,03	4020,36	Estanque
55	011TC2	2	TECHO	PL8X1030	99,62	199,24	Estanque
56	011TM1	1	TAPA MANHOLE	PL16X833	71,07	71,07	Estanque
57	011VN1	1	VENTEO	CANØ10" SCH40	97,02	97,02	Estanque
58	011VT1	8	VIGA TECHO	UPN240	136,10	1088,80	Estanque
59	011VT2	16	VIGA TECHO	UPN180	54,58	873,28	Estanque
60	011VT3	8	VIGA TECHO	UPN180	37,93	303,44	Estanque

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 7 Listado de elementos que conforman: Escalera

ÍTEM	MARCA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PERFIL	PESO UNITARIO [KG]	PESO TOTAL [KG]	CLASIFICACIÓN
1	011BA5	4	BARANDA	CANØ1-1/2"	43,33	173,32	Escalera
2	011CN1	1	CONECTOR	PL8X200	10,66	10,66	Escalera
3	011CN2	4	CONECTOR	PL8X300	9,74	38,96	Escalera
4	011CN3	4	CONECTOR	PL8X300	9,99	39,96	Escalera
5	011CN4	4	CONECTOR	PL8X300	13,17	52,68	Escalera
6	011D1	4	DIAGONAL	L8X9.63	13,32	53,28	Escalera
7	011D4	4	DIAGONAL	UPN160	16,09	64,36	Escalera
8	011D5	4	DIAGONAL	UPN160	18,1	72,4	Escalera
9	011DS1	4	DESCANSO	UPN200	132,39	529,56	Escalera
10	011LM1	1	LIMON	PL10X300	97,88	97,88	Escalera
11	011LM2	1	LIMON	PL10X300	89,23	89,23	Escalera
12	011LM3	1	LIMON	PL10X300	86,16	86,16	Escalera
13	011LM4	2	LIMON	PL10X300	96,34	192,68	Escalera
14	011LM5	1	LIMON	PL10X300	87,28	87,28	Escalera
15	011LM6	2	LIMON	PL10X300	104,29	208,58	Escalera
16	011LM7	2	LIMON	PL10X300	94,57	189,14	Escalera
17	011PB1	15	POSTE BARANDA	CANØ1-1/2"	6,88	103,2	Escalera
18	011PB2	2	POSTE BARANDA	CANØ1-1/2"	6,88	13,76	Escalera
19	011PD1	1	PELDAÑO	PL32X266	12,37	12,37	Escalera
20	011PD2	43	PELDAÑO	PL32X266	12,62	542,66	Escalera
21	011PD3	14	PELDAÑO	PL32X266	13,31	186,34	Escalera
22	011PP10	8	PARRILLA PISO	PL32X738	26,13	209,04	Escalera
23	011TB1	12	TIRA BARANDA	CANØ1-1/2"	24,17	290,04	Escalera
24	011V1	4	VIGA	UPN200	67,68	270,72	Escalera
25	011V2	14	VIGA	PL16X200	7,95	111,3	Escalera

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 8 Listado de elementos que conforman: Plataforma.

ÍTEM	MARCA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PERFIL	PESO UNITARIO [KG]	PESO TOTAL [KG]	CLASIFICACIÓN
1	011BA1	1	BARANDA	CANØ1-1/2"	40,860	40,86	Plataforma
2	011BA2	1	BARANDA	CANØ1-1/2"	47,370	47,37	Plataforma
3	011BA3	1	BARANDA	CANØ1-1/2"	119,510	119,51	Plataforma
4	011BA4	1	BARANDA	CANØ1-1/2"	113,1	113,1	Plataforma
5	011BA6	1	BARANDA	CANØ1-1/2"	37,57	37,57	Plataforma
6	011BA7	1	BARANDA	CANØ1-1/2"	44,52	44,52	Plataforma
7	011D2	1	DIAGONAL	UPN160	21,04	21,04	Plataforma
8	011D3	1	DIAGONAL	UPN160	23,05	23,05	Plataforma
9	011PP1	1	PARRILLA PISO	PL32X768	40,1	40,1	Plataforma
10	011PP2	1	PARRILLA PISO	PL32X773	39,2	39,2	Plataforma
11	011PP3	1	PARRILLA PISO	PL32X895	47,79	47,79	Plataforma
12	011PP4	1	PARRILLA PISO	PL32X816	42,28	42,28	Plataforma
13	011PP5	1	PARRILLA PISO	PL32X1063	54,87	54,87	Plataforma
14	011PP6	1	PARRILLA PISO	PL32X1007	51,87	51,87	Plataforma
15	011PP7	1	PARRILLA PISO	PL32X538	26,56	26,56	Plataforma
16	011PP8	1	PARRILLA PISO	PL32X743	32,97	32,97	Plataforma
17	011PP9	1	PARRILLA PISO	PL32X777	34,75	34,75	Plataforma
18	011PT1	1	PLATAFORMA	UPN200	649,06	649,06	Plataforma

Fuente: Elaboración propia.

La tabulación y clasificación de los elementos del estanque permite obtener datos relevantes como la cantidad total de piezas a utilizar durante las actividades de montaje, el peso unitario y el peso total de los mismos. El siguiente cuadro muestra la información resumida obtenida en este análisis.

Tabla N° 9 Cantidad de elementos, peso partes del estanque y peso total de la estructura.

ÍTEM	CATEGORÍA	ELEMENTOS	PESO POR CATEGORÍA [kg]	% PESO POR CATEGORÍA
1	Estanque	202	29.870,88	85,2%
2	Plataforma	18	1.466,47	4,2%
3	Escalera	156	3.725,56	10,6%
TOTAL		376	35.062,91	100%

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de la información del listado de elementos señala la distribución de peso por parte del estanque. Se determina el peso total del estanque, considerando únicamente las piezas que lo conforman; 35 [Ton]. Los elementos que conforman el fondo, manto y techumbre presentan un 85,2% del peso total del estanque, mientras que el peso correspondiente a los elementos de la plataforma y escalera del estanque presentan un 4,2% y 10,6% respectivamente.

4.2 CLASIFICACIÓN DE SOLDADURAS

Se procede con la clasificación de las soldaduras de los componentes que conforman los elementos del estanque. Aquí se consideran aspectos como el tipo de soldadura, lugar físico donde se realiza la soldadura, cantidad y componentes soldados.

En esta sección y para los componentes de este estanque se distinguen dos tipos de soldaduras. La soldadura de filete, donde el cordón de soldadura es menor que el espesor de los materiales bases y se utiliza en uniones esquinas, de traslape o tipo T. Mientras que, la soldadura de penetración completa CJP extiende el material fundido a través del espesor completo de los elementos unidos y es utilizada en uniones a tope o de borde.

El Anexo N°1 se confecciona con tablas que muestran información clave de la soldadura de los componentes de elementos del estanque. En estas, se señala el nombre del elemento, perfil, cantidad de elementos iguales, componentes por elemento, perfil, lugar físico en donde se realiza la soldadura y el tipo de soldadura utilizado en la unión.

La siguiente tabla muestra un ejemplo de cómo la información fue ordenada para identificar la soldadura según los parámetros anteriormente mencionados.

Tabla N° 10 Ejemplo tabla tipo orden de soldadura de componentes.

NOMBRE:	MANHOLE	PERFIL:	CANØ24"_STD	
ELEMENTO:	011M1	CANTIDAD:	1	
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c12	1	CANØ24"_STD	Terreno	Fillet
011p26	1	PL10X231	Maestranza	CJP
011p31	2	PL4X19	Maestranza	Fillet
011x3	1	CANØ2"_SCH40	No aplica	-
011p24	1	PL12X833	Maestranza	Fillet
011p27	1	PL12X90	Maestranza	Fillet
011p28	1	PL4X52	No aplica	-
011p29	2	PL8X80	Maestranza	Fillet

Fuente: Elaboración propia.

El lugar físico de soldadura señalado en las tablas, esta referido a si los componentes del elemento fueron soldados en maestranza previo al transporte y montaje de las piezas del estanque o si estos son soldados en terreno durante las actividades de montaje de este.

De acuerdo con lo anterior se identificó la cantidad de componentes soldados en maestranza y en terreno por categoría; estanque (fondo, manto, techumbre y boquillas), plataforma y escalera. La cantidad de componentes soldados se presentan en las siguientes tablas resumen.

Tabla N° 11 Componentes soldados por partes del estanque. Desglose estanque.

ÍTEM	SOLDADURA	ESTANQUE				PLATAFORMA	ESCALERA
		FONDO	MANTO	TECHUMBRE	BOQUILLAS		
1	En Terreno	101	130	45	20	11	54
2	Maestranza	4	0	42	25	37	548

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 12 Resumen de componentes soldados por partes del estanque.

ÍTEM	SOLDADURA	ESTANQUE		PLATAFORMA		ESCALERA		TOTAL COMPONENTES SOLDADOS
		Componentes soldados	%Componentes soldados por categoría	Componentes soldados	%Componentes soldados por categoría	Componentes soldados	%Componentes soldados por categoría	
1	En Terreno	296	82,0%	11	3,0%	54	15,0%	361
2	Maestranza	71	10,8%	37	5,6%	548	83,5%	656

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la información obtenida, el cuerpo del estanque conforma la mayor cantidad de soldaduras en terreno, con 296 componentes soldados que representan un 82% del total de piezas soldadas durante el montaje. Por lo anterior, se estima que la mayor cantidad de material depositado durante el montaje de la estructura corresponde a los elementos y componentes que conforman el manto, fondo y techumbre del estanque. Por otro lado, se destaca la cantidad de componentes de la escalera, los cuales presentan un trabajo de 548 soldaduras en maestranza, mientras que, durante el montaje solo son unidos 54 componentes.

4.3 CUBICACIÓN DE SOLDADURAS

La cubicación corresponde a la cuantificación de los materiales utilizados para la ejecución y construcción de una obra. En esta sección se procede con la cubicación de la soldadura en terreno de elementos y componentes del estanque de acero. Para esto, se realiza una planilla base, correspondiente al Anexo N°2. Aquí se consideran parámetros relevantes para la caracterización de cada soldadura. La información de las columnas que conforman la planilla se clasifica en tres secciones, las cuales son diferenciadas por la información que contiene. A continuación, se detalla la información de las columnas por cada sección de la planilla.

4.3.1 Caracterización de las soldaduras

- **Código:** Identificación propia de la soldadura entre los elementos. Se asigna la siguiente codificación por cada soldadura, de acuerdo con:

00X – EST011

Donde la “X” designa la numeración de la soldadura, mientras que la segunda parte de la codificación corresponde a la abreviación del estanque 01920-TAG-EST011 utilizado para el estudio.

- **Elementos:** Aquí se especifican los elementos unidos mediante la soldadura. Los elementos son los nombrados y caracterizados en la sección 4.1 del presente capítulo.
- **Tipo de Soldadura AWS:** Una vez identificada y analizada la simbología de soldadura señalada en los planos de diseño y montaje del estanque, se establece para cada junta de elementos y de acuerdo con el proceso de soldadura utilizado (GMAW), una soldadura precalificada de la AWS que adapte las mismas características de la información del proyecto. En caso de que, la simbología señalada en los planos no se encuentre entre las soldaduras precalificadas de la AWS, se adaptara una soldadura

que cumpla con los mismos parámetros en cuanto a diseño y resistencia de la unión soldada.

Aquí se asigna un nombre de la junta, tipo de unión y designación de la junta según lo especificado en la sección 3 – *Prequalifications of WPSs* de la AWS (2020).

El siguiente cuadro muestra en ejemplo de la distribución de los parámetros para el tipo de soldadura AWS:

Tipo Soldadura AWS		
Nombre de la junta	Union	Designación de la junta
Single-V-Groove weld	CJP	B-U2a-GF

Figura N° 19 Extracto Anexo N°2. Caracterización de soldadura AWS.

Fuente: Anexo Elaboración propia.

- **Espesor de plancha:** Espesor de las planchas soldadas de acuerdo con los antecedentes planimétricos del Proyecto.
- **Preparación de la Ranura:** La AWS establece parámetros y dimensiones para la preparación de la ranura, para lo cual la planilla presenta el tamaño en milímetros del filete para soldaduras tipo *fillet*. Por otro lado, para soldaduras de penetración completa *CJP*, se presentan las dimensiones de la apertura de raíz, talón y ángulo de la ranura.
- **Posición:** Se identifica la posición del soldador para realizar la soldadura entre plano, horizontal, vertical y sobre cabeza. Además, se verifica que la posición elegida para soldar los elementos sea permitida de acuerdo con lo que establece la AWS.

4.3.2 Parámetros para la cubicación de las soldaduras

La siguiente sección presenta columnas correspondientes a parámetros obtenidos utilizando datos desde los planos de diseño, planos de montaje y el modelo 3D.

- **Sección:** Corresponde al área transversal del espacio entre los elementos a soldar. Medida en milímetros cuadrados [mm^2].
- **PMD:** Peso del Material Depositado [kg/m]. Se refiere a la masa del metal de aporte fusionado y colocado durante el proceso de soldadura. Se calcula multiplicando el volumen del cordón de soldadura por la densidad del material utilizado.

- **Longitud del Cordón:** Cantidad de avance de soldadura obtenida en milímetros [mm] y para efectos de cálculo de material depositado transformada en metros [m]. Referida a cada código de soldadura.
- **Cantidad:** Repeticiones de una soldadura de igual características entre elementos.
- **Longitud total del Cordón:** Largo total de avance de soldadura. Calculado mediante la longitud del cordón por la cantidad de soldaduras de igual característica.
- **Peso:** Peso en kilogramos [kg] de la longitud total de la soldadura por cada código. Calculado mediante la multiplicación entre el Peso del Material Depositado [kg/m] y la longitud total del cordón [m].

4.3.3 Información complementaria

- **Plano:** Ubicación de soldadura en donde se encuentra el detalle y simbología de la soldadura. Indica el número de despacho del plano, nombre y revisión.
- **Comentario:** Consideraciones, aclaraciones u observaciones por cada soldadura. Se mencionan los elementos a unir, cambios en las soldaduras, dimensiones no especificadas en planos o cualquier otro comentario relevante a informar.

La información recopilada en la planilla permite cuantificar los metros lineales de soldadura depositado en terreno y la cantidad de kilos que representa tal longitud. Se realiza una tabla resumen que contiene los metros lineales y el peso de la soldadura por partes del estanque; Estanque (fondo, manto, techumbre, boquillas), Plataforma y Escalera.

Para efectos de análisis posteriores, se realiza la diferenciación entre soldadura tipo “fillet” (soldadura de filete) y soldadura “CJP” (soldadura de penetración completa). Cabe destacar la principal diferencia entre estas soldaduras, de acuerdo con la planilla y la información planimétrica, las CJP son utilizadas en la unión de los elementos principales del estanque, además, por dimensiones de abertura, presentan una mayor cantidad de material depositado comparado a la soldadura de filete. Por lo anterior, la diferenciación de soldadura permitirá tomar decisiones en cuanto a aspectos técnicos y económicos, como arriendo o compra equipos de radiografía, inspección de soldadura, rendimiento de soldadores y duración de las actividades asociadas a soldaduras CJP.

La tabla N°13 resume la ubicación de la soldadura por partes principales del estanque y clasificadas por tipo de unión de soldadura. Esta última información permite visualizar la cantidad de metros lineales y kilogramos de material depositados de un manera más precisa y detallada.

Tabla N° 13 Resumen cubicación soldadura clasificadas por tipo de unión y cuerpo del estanque.

ÍTEM	CATEGORÍA	METROS DEPOSITADOS [m]		PESO [kg]	
		FILLET	CJP	FILLET	CJP
1	Estanque	109	560	34	126
2	Plataforma	8	-	2	-
3	Escalera	27	-	4	-
TOTAL		144	560	40	126

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla complementa la información anterior con la estimación de la soldadura de elementos misceláneos que ayudan al posicionamiento y colocación de todas las piezas. Para esta última cubicación se consideró un 10% tanto del total de metros lineales de soldadura como del total de kilogramos de material depositado.

Tabla N° 14 Resumen detalle cubicación total soldadura de estanque.

ÍTEM	PARTE ESTANQUE	METROS DEPOSITADOS [m]	% INCIDENCIA METROS	PESO [kg]	% INCIDENCIA PESO
1	Estanque	669	86,4%	160	88,2%
2	Plataforma	8	1,0%	2	0,6%
3	Escalera	27	3,5%	4	2,1%
4	Misceláneos	70	9,1%	17	9,1%
TOTAL		774	100%	183	100%

Fuente: Elaboración propia.

La longitud total de cordón de soldadura colocado para la unión de todos los elementos del estanque es de 774 [m], los cuales representan un total de 183 [kg] de material depositado.

CAPÍTULO 5: PROPUESTA TÉCNICA

Este capítulo aborda los aspectos técnicos necesarios para determinar la duración total del proyecto y establecer un cronograma ajustado a las consideraciones para su ejecución en terreno. Para esto, se desarrolla un procedimiento de trabajo operacional para las actividades de montaje y soldadura, en el cual se detallan y desglosan las actividades involucradas en el proyecto, desde la planificación inicial hasta la entrega final de la obra.

Para abordar lo anterior, este capítulo cubre los aspectos claves del proceso de programación y control de tiempo en el proyecto. Aquí se abordarán temáticas como programación de obra, asignación de recursos, estimación de rendimiento y duración de actividades, todo con el fin de establecer una propuesta de plan de acción que garantice la finalización del proyecto dentro del margen de plazo estipulado.

5.1 CONSIDERACIONES

En esta sección se mencionarán las consideraciones previas para facilitar el análisis del presente capítulo y que están referidas a la programación del montaje y soldadura del estanque atmosférico “TAG 01920- EST-011”.

- **Planificación, preparación y revisión de antecedentes:**
 - Revisión y verificación de los planos de fabricación, montaje, diseño y las especificaciones técnicas del Proyecto para asegurar que todas las dimensiones y requerimientos estén completos.
 - Obtención y gestión de todos los permisos necesarios, cumplimiento de las normativas vigentes, reglamentos internos de seguridad e higiene, revisión de contratación de personal, etc.
- **Preparación del área de trabajo:**
 - Limpieza inicial y permanente del área de construcción, retiro de escombros y preparación de la superficie.
 - Determinación e instalación de puntos de control y referencia para la posterior alineación y ubicación del estanque.
- **Construcción de fundaciones e Instalación de pernos de anclaje:**
 - Excavación del terreno, perfilado de excavación, verificación topográfica, colocación de emplantillado y preparación del área para el vertido de hormigón de fundación, incluyendo instalación de armadura de refuerzo según planos y especificaciones de diseño.
 - Instalación de pernos de anclaje de acuerdo con planos de diseño.

- **Provisión, recepción y almacenamiento de materiales:**
 - Recepción de materiales necesarios, almacenamiento y acopio adecuado para evitar daños y deterioro. Se debe considerar la revisión de suministro de acuerdo con especificaciones técnicas y estándares de calidad.
- **Preparación de elementos y componentes:**
 - Corte de las placas de acero según dimensiones establecidas en planos y preparación de la ranura para la posterior soldadura.
 - Curvado, calentamiento y formado de las placas de acero según el diseño y dimensiones del estanque.
- **Aportes de la empresa contratista:**
 - Para efectos del estudio, se considera que la empresa contratista provee el uso de grúa para izaje de elementos del estanque (30 y 60 [Ton]). Esto contempla maquinarias, operador, rigger, permisos y todo lo necesario para el correcto funcionamiento de la grúa.
 - La empresa contratista proporciona conexiones eléctricas, sanitarias y de alcantarillado.
 - Transporte de materiales, equipos y herramientas en fecha prevista, por parte de la empresa contratista.
- **Otros:**
 - Programación no considera efectos producidos por fenómenos climáticos adversos o catástrofes naturales.
 - Los precios establecidos en la propuesta económica estar fijos a reajustes por IPC.

5.2 PROCEDIMIENTO DE MONTAJE Y SOLDADURA

En esta sección se describe un procedimiento de trabajo que establece la metodología para la realización de todas las actividades asociadas al montaje y soldadura en terreno del estanque de acero TAG-1920-EST-011. La definición de un procedimiento de trabajo permitirá la coordinación y control de las actividades, definición de las directrices generales del personal clave, ejecución y control de la obra de acuerdo con la planificación realizada para el presente estudio.

5.2.1 Responsabilidades

En esta sección se describen los participantes claves del proyecto. La siguiente tabla detalla las funciones y responsabilidades de cada participante para llevar a cabo la ejecución del proyecto.

Tabla N° 15 Responsabilidades del personal de clave.

RESPONSABLE	FUNCIÓN
Administrador de Obra	- Será el responsable de proporcionar los recursos necesarios para ejecutar los trabajos con la aplicación del presente procedimiento, y mantener la vigencia, distribución y capacitación a todo el personal involucrado en la actividad
Jefe de Calidad	- Velar por el aseguramiento de la calidad en las etapas de construcción. - Diseñar procedimientos, metodologías e instrucciones de trabajo que permitan mejorar el sistema de gestión de calidad de la obra, controlar el uso de estos procedimientos en terreno. - Emitir, controlar, revisar y auditar los procedimientos específicos - Emitir y archivar los registros de calidad - Verificar que se encuentren en terreno, planos, procedimientos, PIE, etc. en última revisión y correctamente difundidos.
Jefe de Terreno	- Asesorar a la línea de Supervisión en la identificación, confección, evaluación y verificación del control de los riesgos de cada una de las etapas del trabajo. - Chequear el cumplimiento de los sistemas de gestión, manteniendo registros de esta y podrá determinar la detención de los trabajos, si estos no cumplen con la evaluación de riesgos, o considera que no existen las condiciones necesarias para la realización de este. - Coordinar, dirigir y controlar la ejecución de los trabajos con todas las áreas involucradas. - Instruir a supervisores y capataces respecto las responsabilidades de este procedimiento. - Verificar en terreno la correcta aplicación de procedimientos y la elaboración de los registros de calidad. - Proveer a Supervisores y Capataz de toda la documentación requerida en su última revisión.
Prevencionista de Riesgo	- Responsable de la Implementación permanente de las herramientas de seguridad definidas para el proyecto. - Asesorar, controlar y verificar el cumplimiento de procedimientos se y mantener registro de capacitación. - Asesorar a la línea de mando frente a los trabajos encomendados, deteniendo en cualquier momento los trabajos si existen riesgos en la integridad física de los trabajadores.
Asistente Profesional	- Mantener y organizar la documentación del proyecto, incluyendo planos, contratos, permisos y reportes. - Llevar registros detallados de las actividades diarias, avances y cualquier incidente ocurrido en la obra - Actuar como enlace entre los diferentes equipos de trabajo y la administración del proyecto. - Asistir en la verificación de que los procesos de construcción se realizan conforme a los estándares de calidad establecidos. - Asistir en la revisión y comprensión de planos y especificaciones técnicas.
Supervisor	- Responsable de la planificación y distribución de tareas para la ejecución de todos los trabajos en terreno y dar cumplimiento a este procedimiento. - Controlar en terreno los puntos críticos de la tarea.
Soldador	- Personal con calificación de soldador y autorizado para operar equipos de soldar. - Responsable de cumplir con todo lo establecido en este procedimiento y comunicar las anomalías y desviaciones que pudiesen generarse en el desarrollo de las actividades asociadas al proyecto. - Verificar el estado físico y de funcionamiento de la maquina soldadora a utilizar y equipos de apoyo. - Utilizar correctamente los EPP, asegurándose de contar con traje de cuero completo (chaqueta, guantes puno largo tipo mosquetero, pantalón, polainas y colete) y mascara de soldar.
Trabajadores	- Es obligación de cada uno de los trabajadores respetar y cumplir todas las reglas establecidas en este procedimiento de trabajo haciendo uso de EPP en todo momento. - Informar inmediatamente a su superior los nuevos posibles peligros encontrados en las actividades.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Soldadura de montaje

- Proceso de soldadura al arco MIG Solido G.M.A.W (Gas Metal Arc Welding). Equipo KATTO MIG 500 – 380V con pistola MIG Binzel MB-24.
- Tipo de aporte utilizado; Alambre MIG Solido ER70S-6 de 1,2[mm] de diámetro, utilizado para todas operaciones de soldadura de juntas de elementos principales del estanque. Uso apto para toda posición y aceros en general.
- Las soldaduras se realizan de acuerdo con lo estipulado en el capítulo 2, sección 2.4 - Normativa API 650 del presente estudio.
- Los procedimientos de soldadura (WPS) utilizados se encuentran calificados bajo la *sección 3* de la *AWS D1.1:200 – Precualifications of WPS*.
- Para soldaduras complementarias como emplastillado de planchas y/o posicionamiento de elementos misceláneos se utiliza el proceso S.M.A.W (Shielded Metal Arc Welding) con electrodo E-7018-RH de 1/8” de diámetro.

5.2.3 Elementos misceláneos para utilizar durante el montaje.

Los elementos misceláneos utilizados durante el montaje y soldadura del estanque son los mencionados en la siguiente tabla.

Tabla N° 16 Elementos misceláneos utilizados para el montaje y soldadura del estanque.

ÍTEM	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	Cuñas	Se utilizan para acercamientos y separaciones
2	Costillas	Utilizado para dar forma a la unión de dos paños en horizontal
3	Clips	Se utilizan para alinear y separar mantos en unión vertical
4	Puntales	Elementos para posicionar y afirmar planchas
5	Escuadras	Se utilizan en andamios perimetrales interiores
7	Guías	Se emplean para centrar y montar anillos de manto
8	Canastillos	Facilitan la ejecución de soldaduras exteriores

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 Obras previas

Previo al inicio de cualquier actividad propia de montaje, se deberá verificar que las obras civiles habilitantes estén finalizadas conforme con las especificaciones del Proyecto. Las obras previas son referidas principalmente a la construcción de las fundaciones y a la posterior verificación de los niveles y pendientes que garanticen el correcto montaje de acuerdo con los planos y documentos técnicos del proyecto.

La construcción de la base del estanque incluirá, además de las fundaciones, el suministro e instalación de un geotextil y geomembrana en toda el área de la excavación interior de la fundación del estanque, según lo indicado por el profesional de topografía.

5.2.5 Trazado de ejes y niveles referenciales

Se deberá verificar y realizar los trazados de ejes y elevaciones del proyecto. Se trazarán ejes referenciales a 0° , 90° , 180° , 270° y cualquier otro requerido para el correcto armado y montaje de los elementos que conforman el estanque. Se deberá verificar la distribución y proyección para la posterior instalación de pernos de anclaje.

Todos los trazados deberán ser fijos y deben permanecer en un lugar visible durante todo el periodo de ejecución y montaje del estanque.

5.2.6 Montaje de planchas de fondo

Se procede al posicionamiento de las planchas de fondo del estanque, mediante emplantillado inicial que fija las planchas para continuar con la soldadura definitiva. El montaje e izado de las planchas se realizará con ayuda de grúa o camión pluma.

El proceso de soldadura se realizará luego de tener la posición definitiva de las planchas junto a sus respectivos elementos de fijación listos.

Se comenzará con soldadura en 2 puntos simultáneamente, siempre en cuadrantes contrarios y efectuando tramos de soldaduras que comienzan y terminan en puntos específicos del trazado. A continuación, se avanza 90° en sentido de las agujas del reloj, realizando el mismo procedimiento de soldadura explicado anteriormente, y así sucesivamente, hasta completar la circunferencia del fondo.

5.2.7 Montaje de planchas de manto

Se procede con la soldadura siguiente una vez terminada e inspeccionada las soldaduras de las planchas de fondo. Para el montaje se procede con la instalación de elementos misceláneos que ayuden en la curvatura y verticalidad de las planchas, los cuales se colocaran en la parte superior e inferior del estanque. Durante la actividad de montaje de planchas de primer anillo se utilizarán guías provisionales soldadas al fondo del estanque, junto a elementos como costillas, clips, cuñas y separadores, que servirán de apoyo para conservar la correcta posición de las planchas. Estos elementos deberán ser retirados a medida que inicien los trabajos de soldadura.

Una vez posicionado las planchas del primer anillo, se deberá solicitar chequeo topográfico que verifique la correcta ubicación de las planchas sobre la base. Se revisarán deformidades que pudiesen haber surgido durante la maniobra de montaje, se corregirá y se continuara con el proceso.

El montaje del segundo anillo se realizará de manera similar al anterior, con la diferencia en la utilización de algunos elementos misceláneos, en este caso las guías se reemplazan por candados soldados a las planchas. Las planchas de los anillos se posicionarán mediante una soldadura provisoria llamada emplantillado. Los siguientes dos anillos serán posicionados con la misma metodología descrita anteriormente.

La soldadura de los anillos se realizará mediante el equipo descrito en este informe. Las soldaduras verticales y horizontales comenzaran con una soldadura de raíz por el exterior del estanque, que aportara la mayor cantidad del PMD en la ranura de la junta, luego se continuara con el cordón de relleno y cordón de remate exterior, para finalizar con la soldadura interior de las planchas del estanque denominada Backgouge.

Para evitar deformaciones locales, fallas o soldaduras con terminaciones fuera de norma, se utilizarán costillas metálicas con el radio del estanque en las uniones verticales, mientras que para uniones horizontales se hará uso de plantillas rectas.

Una vez finalizado el montaje y soldadura de las planchas del manto, se procede con la verificación topográfica de los ejes respecto a los puntos de control y referencia previamente determinados. De existir diferencias respecto a los ejes, se deberá realizar las maniobras pertinentes para llevar las posiciones a valores dentro de tolerancias permitidas. Luego de la verificación de ejes, comenzara el remate y terminación de las soldaduras de las sillas de anclaje que permitirán la nivelación final del estanque.

5.2.8 Montaje de techumbre

Previo al inicio del montaje de las planchas de techo se deberá instalar el perfil de coronamiento, el cual une las planchas del anillo superior del manto con la estructura de techumbre.

A continuación, o en paralelo a la actividad anterior, continuara las partidas correspondientes al montaje e instalación de la estructura de techumbre, incluyendo emplantillado y posterior soldadura de las planchas de techo. La soldadura de techo se realizará con su cordón de raíz, relleno y terminaciones, tal como se indica en el punto anterior del armado de fondo y manto del estanque.

Luego de completar la soldadura, se procede con las aberturas para la instalación de venteos y boquillas en techumbres, las cuales se realizan en las ubicaciones y orientaciones que indican los planos de ingeniería.

Se realizará un prearmado parcial de la estructura de techumbre a nivel de piso, esto con el fin de facilitar las tareas de conexiones y soldaduras de vigas. Una vez terminado el prearmado, se procede con el levante de la estructura para su montaje y posicionamiento definitivo en el estanque. Se utilizará grúa y elementos complementarios disponibles en la obra.

5.2.9 Instalación de boquillas, manhole y accesorios

El montaje de boquillas, manhole y otros accesorios se realizarán de acuerdo con lo señalado en los planos de ingeniería y estipulado en la sección 5.7 – *Shell Opennings* de la norma API Standard 650 (2020).

Terminada la soldadura del segundo anillo del manto, se procede al trazado de la posición, grados y elevación de cada boquilla y elemento a instalar en el cuerpo del estanque. El corte se realiza posterior a la verificación topográfica, mediante equipo oxicorte y taladros de perforaciones. Las terminaciones de las perforaciones se realizan con esmeril.

Se procede con la soldadura de las planchas de refuerzo previo al montaje de las boquillas. Luego se instalan las boquillas con sus flanges, tapas, válvulas, pernos, empaquetaduras y todo accesorio del estanque indicado en planos.

5.2.10 Montaje de plataforma y escalera

Se procede con la instalación de la escalera de acceso a techumbre del estanque, la cual se ejecuta desde el punto de trabajo indicado en planimetría.

El montaje de la escalera helicoidal se realizará mediante soldadura y armado a medida que se asciende en altura. Se montan barandas, rejillas y elementos protectores para garantizar la seguridad de los trabajadores.

Se procede con la colocación y fijación de soporte y anclaje designadas según topografía, luego se monta la plataforma según instrucciones de los planos de ingeniería y se aseguran las conexiones mediante pernos y soldadura, según corresponda.

5.2.11 Inspección y ensayos.

La inspección y ensayos aplicados en el montaje del estanque de acero de estudio se realizarán conforme a la sección 7.3.2 – *Examination of Weld* del API STANDARD 650 (2020).

Se procede con la inspección una vez finalizado el cordón de soldadura de cada unión de elemento. La inspección visual verificará los posibles defectos existentes en las uniones, como socavaciones, porosidad, sobre monta, grietas o uniformidad de cordones. Luego y de acuerdo con la programación de la obra, se procede con examen de líquidos penetrantes, el cual se realizará al 100% de la unión entre el manto, fondo, techumbre, boquillas, manhole y cualquier otra unión entre elementos del estanque. Finalmente, y para soldaduras de penetración completa, se procederá con ensayos radiográficos, en el cual se posicionarán placas radiográficas en los puntos establecidos por la norma en referencia.

Los ensayos y metodología de inspección se encuentran descritos en el capítulo 2, sección 2.4.3 – *Inspección de Soldaduras* del presente estudio.

5.3 PROGRAMACIÓN DE OBRA

5.3.1 Definición de Actividades

En esta sección se listan las actividades y partidas involucradas en el montaje y soldadura del estanque de acero atmosférico “TAG 01920- EST-011”. Esta sección es clave para conformar la programación de obra y lograr una planificación y posterior ejecución eficiente del Proyecto, ya que permite comprender detalladamente el plan de trabajo, las interdependencias de las tareas y las posibles restricciones que se presenten durante la obra. El beneficio clave de este proceso es que descompone los paquetes de trabajo en actividades del cronograma que proporcionan una base para la estimación, programación, ejecución, monitoreo y control del trabajo del proyecto (Burgos Abanto et al., 2019).

Cabe destacar que la programación de la obra está enfocada en la partida de soldadura de los elementos del estanque, por lo cual, se listan actividades propias de soldadura específica, separando para cada unión, la colocación de elementos misceláneos, emplantillado, soldadura de cordón de raíz, soldadura de remate, soldadura backgouge y terminaciones. Además, la programación indica partidas relacionadas al montaje del estanque e indicadas en el procedimiento de montaje y soldadura descrito en la sección anterior del presente estudio.

A continuación, se presenta la tabla N°17 la cual muestra el listado de las actividades asociadas al proyecto de estudio.

Tabla N° 17 Listado de actividades para el montaje y soldadura del estanque TAG 1920-EST-011

ÍTEM	NOMBRE DE LA ACTIVIDAD
0	SOLDADURA ESTANQUE DE ACERO 1920-EST-011
1	INICIO DE SOLDADURA
1.1	MONTAJE DE PLANCHAS DE FONDO
1.1.1	INICIO MONTAJE DE PLANCHAS DE FONDO
1.1.2	Verificación de niveles y pendientes de fundaciones
1.1.3	Soldadura de muelas de levante
1.1.4	Colocación planchas de fondo
1.1.5	Inspección de Posicionamiento
1.1.6	Soldaduras planchas de fondo PF
1.1.6.1	Limpieza de partículas y humedad de la superficie
1.1.6.2	Soldadura llave de corte
1.1.6.3	Soldaduras planchas de fondo
1.1.7	Revisión y verificación de cotas y niveles de plancha
1.1.8	Control de soldadura
1.1.9	FIN MONTAJE DE PLANCHAS DE PISO
1.2	MONTAJE DE PLANCHAS DE MANTO
1.2.1	INICIO MONTAJE DE PLANCHAS DE MANTO
1.2.2	MONTAJE DE PLANCHAS DE MANTO A1
1.2.2.1	Replanteo geométrico de centro, diámetro y radio del estanque
1.2.2.2	Trazado de diámetro interior del estanque
1.2.2.3	Instalación de grapas metálicas por perímetro exterior e interior en planchas de fondo
1.2.2.4	Fijación de planchas en unión vertical

1.2.2.4.1	Soldadura dado a nivel de plancha adyacente
1.2.2.4.2	Colocación elementos misceláneos
1.2.2.4.2.1	Colocación candado con pasador cónico y cuñas
1.2.2.4.2.2	Soldadura de cuñas
1.2.2.4.2.3	Colocación de costillas para curvatura de plancha
1.2.2.4.2.4	Soldadura de costillas
1.2.2.5	Verificación de perímetro, diámetro, circularidad y verticalidad del anillo
1.2.2.6	Soldadura de planchas en unión vertical A1
1.2.2.6.1	Emplantillado vertical A1
1.2.2.6.2	Soldadura 1er anillo vertical
1.2.2.7	Soldadura de planchas manto y fondo A1-PF
1.2.2.7.1	Emplantillado A1-PF
1.2.2.7.2	Soldadura 1er anillo horizontal
1.2.2.7.3	Soldadura silla de anclaje
1.2.2.8	Control de soldadura
1.2.3	MONTAJE DE PLANCHAS DE MANTO A2
1.2.3.1	Instalación y armado de andamios
1.2.3.2	Alineamiento vertical de planchas entre anillos
1.2.3.3	Colocación de elementos misceláneos
1.2.3.3.1	Colocación de candados en uniones horizontales
1.2.3.3.2	Soldadura de candados
1.2.3.4	Verificación de perímetro, diámetro, circularidad y verticalidad del anillo
1.2.3.5	Soldadura de planchas en unión vertical A2
1.2.3.5.1	Emplantillado vertical A2
1.2.3.5.2	Soldadura 2do anillo vertical
1.2.3.6	Soldadura de planchas en unión horizontal A2
1.2.3.6.1	Emplantillado horizontal A2
1.2.3.6.2	Soldadura 2do anillo horizontal
1.2.3.7	Control de soldadura
1.2.4	MONTAJE DE PLANCHAS DE MANTO A3
1.2.4.1	Instalación y armado de andamios
1.2.4.2	Alineamiento vertical de planchas entre anillos
1.2.4.3	Colocación de elementos misceláneos
1.2.4.3.1	Colocación de candados en uniones horizontales
1.2.4.3.2	Soldadura de candados
1.2.4.4	Verificación de perímetro, diámetro, circularidad y verticalidad del anillo
1.2.4.5	Soldadura de planchas en unión vertical A3
1.2.4.5.1	Emplantillado vertical A3
1.2.4.5.2	Soldadura 3er anillo vertical
1.2.4.6	Soldadura de planchas en unión horizontal A3
1.2.4.6.1	Emplantillado horizontal A3
1.2.4.6.2	Soldadura 3er anillo horizontal
1.2.4.7	Control de soldadura
1.2.5	MONTAJE DE PLANCHAS DE MANTO A4
1.2.5.1	Instalación y armado de andamios
1.2.5.2	Alineamiento vertical de planchas entre anillos
1.2.5.3	Colocación de elementos misceláneos
1.2.5.3.1	Colocación de candados en uniones horizontales
1.2.5.3.2	Soldadura de candados
1.2.5.3.3	Verificación de perímetro, diámetro, circularidad y verticalidad del anillo
1.2.5.4	Soldadura de planchas en unión vertical A4
1.2.5.4.1	Emplantillado vertical A4
1.2.5.4.2	Soldadura 4to anillo vertical
1.2.5.5	Soldadura de planchas en unión horizontal A4
1.2.5.5.1	Emplantillado horizontal A4
1.2.5.5.2	Soldadura 4to anillo horizontal
1.2.5.6	Control de soldadura
1.2.6	MONTAJE DE PLANCHAS DE MANTO A5
1.2.6.1	Instalación y armado de andamios
1.2.6.2	Alineamiento vertical de planchas entre anillos
1.2.6.3	Colocación de elementos misceláneos
1.2.6.3.1	Colocación de candados en uniones horizontales

1.2.6.3.2	Soldadura de candados
1.2.6.3.3	Verificación de perímetro, diámetro, circularidad y verticalidad del anillo
1.2.6.4	Soldadura de planchas en unión vertical A5
1.2.6.4.1	Emplantillado vertical A5
1.2.6.4.2	Soldadura 5to anillo vertical
1.2.6.5	Soldadura de planchas en unión horizontal A5
1.2.6.5.1	Emplantillado horizontal A5
1.2.6.5.2	Soldadura 5to anillo horizontal
1.2.6.6	Control de soldadura
1.2.6.7	FIN MONTAJE DE PLANCHAS DE MANTO
1.3	MONTAJE DE ANGULO DE CORONAMIENTO AC
1.3.1	INICIO MONTAJE DE ANGULO DE CORONAMIENTO
1.3.2	Soldadura de ángulo de coronamiento
1.3.3	Control de soldadura
1.3.4	FIN MONTAJE DE ANGULO DE CORONAMIENTO
1.4	MONTAJE DE TECHUMBRE
1.4.1	INICIO MONTAJE DE TECHUMBRE
1.4.2	Instalación y armado de andamios
1.4.3	Replanteo topográfico de placa de conexión viga
1.4.4	Soldadura de placas de vigas de techumbre
1.4.5	Montaje y apernado de vigas de techo
1.4.6	Soldadura de planchas de techo PT
1.4.6.1	Emplantillado PT
1.4.6.2	Soldaduras planchas de techo
1.4.7	Control de soldadura
1.4.8	FIN MONTAJE DE TECHUMBRE
1.5	MONTAJE DE BOQUILLAS, MANHOLE Y ACCESORIOS
1.5.1	INICIO MONTAJE DE BOQUILLAS, MANHOLE Y ACCESORIOS
1.5.2	Trazado de Boquillas y Manhole
1.5.3	Perforaciones y Aberturas para boquillas y Manhole
1.5.4	Colocación y emplantillado boquillas de techumbre
1.5.5	Soldadura boquillas de techumbre
1.5.6	Soldadura refuerzo boquillas de techumbre
1.5.7	Colocación y emplantillado boquillas de manto
1.5.8	Soldadura boquillas de manto
1.5.9	Soldadura refuerzo boquillas de manto
1.5.10	Montaje Brazo Pescante y Colocación de tapas
1.5.11	FIN MONTAJE DE BOQUILLAS, MANHOLE Y ACCESORIOS
1.6	MONTAJE DE ESCALERA Y PLATAFORMA
1.6.1	INICIO MONTAJE DE ESCALERA Y PLATAFORMA
1.6.2	Montaje Andamios Escalera Helicoidal
1.6.3	Trazado de elementos de escalera
1.6.4	Soldadura de conectores y vigas
1.6.5	Montaje de peldaños
1.6.6	Soldadura plataforma y elementos de escalera
1.6.7	Control de soldadura
1.6.8	Desmontaje de andamios de estanque
1.7	FIN MONTAJE DE ESCALERA
2	FIN SOLDADURA

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Estimación duración de actividades

La estimación de las duraciones de las actividades de una obra de construcción es una etapa clave y crítica del proyecto. En el caso de una propuesta, la estimación de rendimiento es una aproximación del tiempo en que un trabajador realiza una actividad en específico, y si bien es determinante en la programación de una obra, puede variar a causa de la naturaleza del proyecto, edad del trabajador, ubicación de la obra, entre otros factores. El beneficio clave de este proceso es que establece la cantidad de tiempo necesario para finalizar cada una de las actividades. (Burgos Abanto et al., 2019)

En esta sección se describen las técnicas de estimación de duración aplicadas en el estudio, las cuales se describen a continuación:

- **Juicio de expertos:** Se estima la duración de las actividades sin realizar un cálculo previo y sólo recurriendo a la opinión de otros profesionales expertos y con conocimiento en el rubro. Es una buena práctica considerar también a los ejecutores de las actividades en terreno. Ha sido considerado particularmente útil en áreas con reducida información empírica disponible, cuando las estimaciones son complejas o en problemas poco conocidos. (Rodríguez Vásquez, 2016)

El Anexo N°3 muestra el listado de personal experto con experiencia en administración, supervisión y ejecución de proyectos de montaje de estanques de acero tipo API 650.

- **Estimación análoga:** Esta metodología consiste en estimar la duración de las actividades utilizando como base de información datos históricos de proyectos con características similares, tales como duración real, presupuesto, tamaño y complejidad. Aquí la estimación debe ajustarse según las características propias del proyecto, para dar cuenta de las diferencias conocidas. (Rodríguez Vásquez, 2016)

La recolección de información para la estimación de la duración del proyecto contempla los siguientes aspectos:

- Tipo de proyecto
- Ubicación geográfica del proyecto
- Año de construcción
- Duración del proyecto
- Materialidad del estanque
- Proceso de soldadura utilizado
- Especificaciones y características del estanque construido

La siguiente tabla muestra los proyectos utilizados como base a la estimación de la duración total del proyecto. La validación de la estimación de la duración total del proyecto se basará en los valores más cercanos entre la información recopilada.

Tabla N° 18 Recopilación de información de proyectos con características similares para estimación análoga de duración total.

PROYECTO	UBICACIÓN	AÑO	DURACIÓN PROYECTO	MATERIALIDAD	PROCESO SOLDADURA	CAPACIDAD
Ampliación Terminal de Combustible, Concón	Concón - R. Valparaíso	2017	10 meses	Acero al carbono ASTM A36	MIG - TIG	5.000 m ³
Planta Almacenamiento Productos Químicos, Quintero	Quintero - R. Valparaíso	2019	12 meses	Acero inoxidable ASTM A240	MIG/MAG - TIG	8.000 m ³
Terminal Ácido Sulfúrico	Calama - R. Antofagasta	2015	9 meses	Acero al carbono ASTM A38	MIG - Arco Manual	5000 m ³
Proyecto Sulfolix - Montaje Estanque PLS Acero Dúplex 2205	Calama - R. Antofagasta	2010	6 meses	Acero al carbono ASTM A39	MIG-TIG	2500 m ³
Proyecto Transformaciones Estanques C1 Y C2	Tocopilla - R. Antofagasta	2014	4 meses	Acero al carbono ASTM A40	MIG	600 m ³
Suministro y fabricación de tanque TK-200 m3	Los Andes - R. Valparaíso	2019	3 meses	Acero al carbono ASTM A42	MIG	200 m ³

Fuente: Elaboración propia.

Con la información recopilada se procede a la realización de un diagrama de flujo que permita facilitar la toma de decisiones para la estimación de duración de las actividades. La figura N°22 presenta el diagrama realizado.

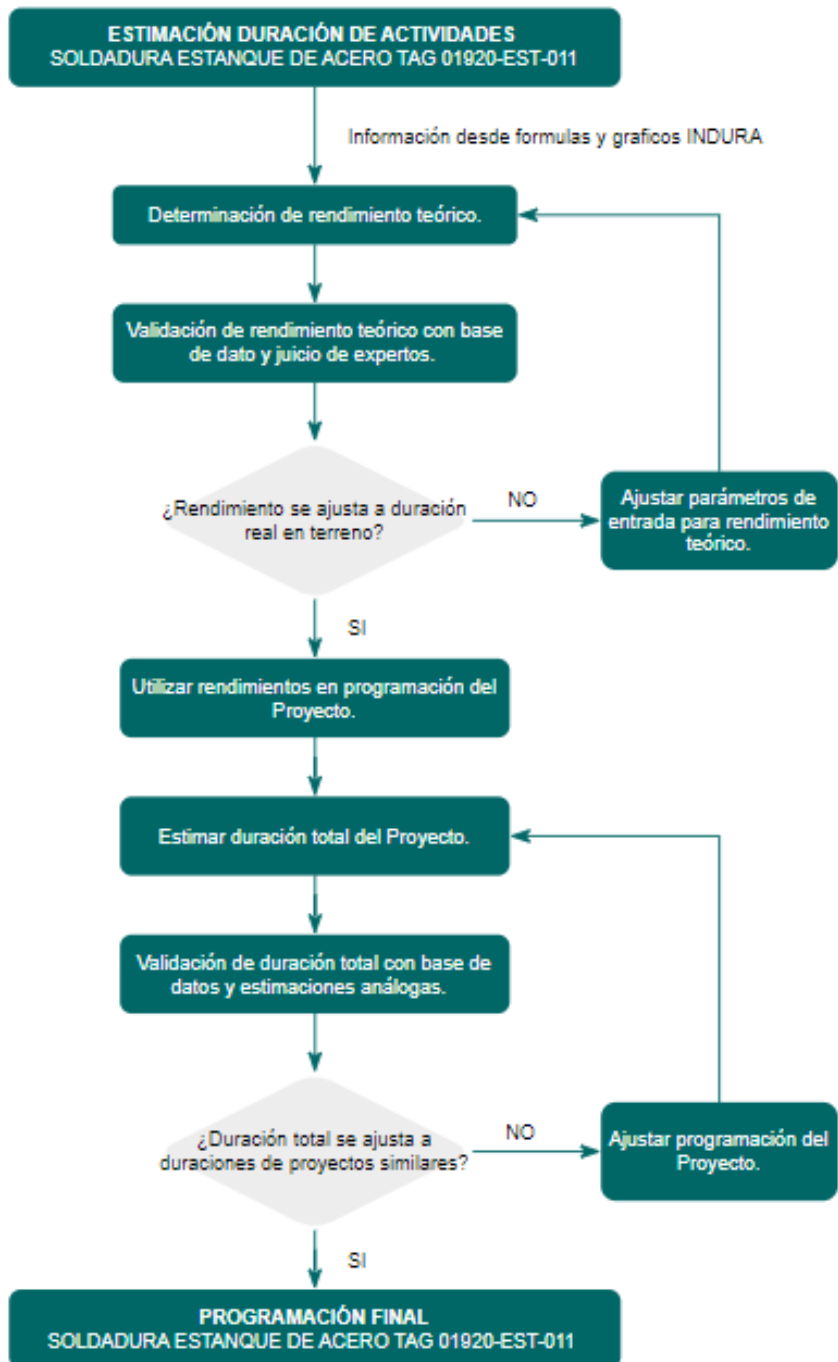


Figura N° 20 Diagrama de flujo para estimación de duración de actividades para el montaje y soldadura del estanque TAG 1920-EST-011

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 Programa de obra.

De acuerdo con los datos analizados en la sección anterior, se procede con la confección del programa de obra denominado *SOLDADURA ESTANQUE DE ACERO TAG 1920-EST-011*. La carta Gantt presentada a continuación muestra el listado de las actividades de la tabla N°16 junto a sus respectivas duraciones estimadas. El programa muestra la ruta crítica del Proyecto, la cual permite el posible control de la obra y el manejo de holgura en las actividades no críticas. Además, se asignaron los recursos asociados al personal en obra que participa directamente en las actividades listadas.

Desde el programa de obra se obtiene la duración total estimada del proyecto, la cual se presenta y desglosa en la siguiente tabla.

Tabla N° 19 Resumen programación de obra – *SOLDADURA ESTANQUE DE ACERO TAG 1920-EST-011*.

INFORMACIÓN DEL PROYECTO			
NOMBRE	SOLDADURA ESTANQUE DE ACERO TAG 1920-EST-011		
ESTANQUE	TAG 1920-EST-011	MATERIALIDAD	Acero Estructural ASTM A 36
CAPACIDAD	600 m ³	DIAMETRO	9 m
ACTIVIDAD PRINCIPAL	TRABAJO		DURACIÓN
Montaje de fondo	384 horas		16,5 días
Montaje de manto	916 horas		49,5 días
Montaje de techumbre	140 horas		8,5 días
Montaje de boquillas, manhole y refuerzos	224 horas		10 días
Montaje de escalera y plataforma	168 horas		10,5 días
TOTAL	1832 horas		95 días

Fuente: Elaboración propia.

Programación de obra

SOLDADURA ESTANQUE DE ACERO TAG 1920-EST-011

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Gantt chart timeline from 04 mar '24 to 27 may '24																											
					Calendar grid (S, D, L, M, X, J, V, S, D, L, M, X																											

[illegible]

CAPÍTULO 6: PROPUESTA ECONÓMICA

El análisis de costos se realiza en conforme al programa *SOLDADURA ESTANQUE DE ACERO 1920-EST-011* y a las especificaciones técnicas presentadas en la sección anterior.

Para la estimación del costo asociado a la soldadura del estanque se determinarán los costos directos e indirectos de la obra. El costo directo esta referido directamente al personal en obra, materiales y equipos comprometidos en la ejecución de las actividades del programa. Para determinar el costo directo se deben considerar todas las actividades involucradas y necesarias en la soldadura, por lo cual y para el presente estudio, se incluirán los recursos asociados al montaje y posicionamiento de elementos previos a la soldadura. Por lo anterior, este costo se compondrá de 3 subcostos; Costo de Personal de Obra (CPO), Costo de Insumos de Soldadura (CIS), Costo de Equipos y Herramientas involucradas en la soldadura (CEH).

Por otro lado, los costos indirectos son identificados como los Gastos Generales (GG) de la obra, los cuales son esenciales para la ejecución de las partidas pero que no participan directamente en su ejecución. Queda excluido el porcentaje de utilidades en la propuesta económica de este estudio.

Además, en este capítulo, se realiza un análisis detallado para cada tipo de soldadura precalificada asignado a las juntas de elementos principales, en donde se determina el costo por metro lineal y costo total para cada soldadura.

Las siguientes secciones desarrollan cada uno de los costos con sus respectivos recursos involucrados.

6.1 COSTO PERSONAL DE OBRA

La estimación del costo del personal de obra se realiza en función de las horas de trabajo “HH” del personal que participa directamente en las obras y el precio unitario de cada categoría.

Para determinar el valor de las HH del personal involucrado en el Proyecto se realiza el Anexo N°4, el cual corresponde a una planilla de remuneraciones por categoría o cargo en la obra. Luego, de este anexo se desprende la siguiente tabla que presenta el costo empresa total y por HH del personal involucrado.

Tabla N° 20 Extracto Anexo N°4. Costo empresa total y unitario de personal de obra.

ÍTEM	CATEGORÍA	COSTO EMPRESA TOTAL	COSTO EMPRESA / HH
1	Administrador de Contrato	\$4.940.869	\$28.073
2	Jefe de Calidad	\$3.760.397	\$21.366
3	Jefe Oficina Técnica	\$4.339.060	\$24.654
4	Jefe de Terreno	\$4.512.659	\$25.640
5	Prevencionista de Riesgo	\$3.552.079	\$20.182
6	Asistente Oficina Técnica	\$3.181.735	\$18.078
7	Topógrafo	\$3.552.079	\$20.182
8	Alarife	\$2.487.339	\$14.133
9	Supervisor	\$3.760.397	\$21.366
10	Soldador	\$3.181.735	\$18.078
11	Ayudante	\$2.660.938	\$15.119
12	Maestro mayor	\$3.181.735	\$18.078
13	Maestro andamista	\$3.181.735	\$18.078

Fuente: Elaboración Propia.

Luego se presenta la siguiente tabla, la cual corresponde al Costo del Personal de Obra (CPO) y muestra los recursos que fueron asignados en la programación y que conforman al costo directo del Proyecto en estudio.

Tabla N° 21 Costo Personal de Obra.

TIPO DE COSTO		COSTO PERSONAL DE OBRA			CÓDIGO:	CPO
ÍTEM	CATEGORÍA	HH TRABAJO	CANTIDAD	MES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Soldador 1	202	4,0	3,2	\$ 3.181.735	\$ 40.726.202
2	Soldador 2	106	2,0	3,2	\$ 3.181.735	\$ 20.363.101
3	Topógrafo	140	1,0	3,2	\$ 3.552.079	\$ 11.366.652
4	Alarife	124	1,0	3,2	\$ 2.487.339	\$ 7.959.485
5	Inspector	80	1,0	3,2	\$ 3.760.397	\$ 12.033.271
6	Maestro primera	80	2,0	3,2	\$ 3.181.735	\$ 20.363.101
7	Maestro andamista	68	2,0	3,2	\$ 3.181.735	\$ 20.363.101
8	Ayudante	172	1,0	3,2	\$ 2.660.938	\$ 8.515.002
TOTAL COSTO PERSONAL DE OBRA						\$ 141.689.915

Fuente: Elaboración Propia.

6.2 COSTO INSUMOS DE SOLDADURA

En esta sección se determina el costo de los consumibles que son utilizados exclusivamente durante la operación de soldadura. Los precios fueron obtenidos a través de una cotización de mercado (Anexo N°5).

Tabla N° 22 Costo Insumos de Soldadura

TIPO DE COSTO:		COSTO INSUMOS DE SOLDADURA		CÓDIGO:	CIS
ÍTEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Alambre MIG ER70S-6 1,2 mm	kg	218	\$ 2.969	\$ 646.533
2	Electrodo 7018-RH 1/8"	kg	50	\$ 7.309	\$ 365.462
3	Galón Mezcla MIG 80% Ar - 20% C02	m³	80	\$ 39.888	\$ 3.191.032
TOTAL COSTO INSUMOS DE SOLDADURA					\$ 4.203.027

Fuente: Elaboración Propia.

6.3 COSTO EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE SOLDADURA

En esta sección se determina el costo asociado a los equipos y herramientas que son utilizados para realizar la totalidad de las actividades de montaje y soldadura de elementos del estanque. Cabe destacar que se considera la compra de equipos nuevos y la utilización del 100% de estos durante el desarrollo de la obra. Los precios fueron obtenidos a través de una cotización de mercado (Anexo N°5).

Tabla N° 23 Costo de Equipos y Herramientas de soldadura.

TIPO DE COSTO:		COSTO EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE SOLDADURA		CÓDIGO:	CEH
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Máquina de Soldar Katto MIG 500	uni	4,0	\$ 2.640.000	\$ 10.560.000
2	Máquina de Soldar ESAB Arco	uni	2,0	\$ 296.133	\$ 592.266
3	Taladro Magnético	uni	2,0	\$ 571.417	\$ 1.142.834
4	Equipo Oxícorte	uni	2,0	\$ 589.000	\$ 1.178.000
5	Esmeril Angular	uni	4,0	\$ 82.492	\$ 329.970
6	Insumos equipos auxiliares	uni	1,0	\$ 267.200	\$ 267.200
7	Equipo Radiografía	uni	560,0	\$ 40.000	\$ 22.400.000
8	KIT Tintas Penetrantes	uni	20,0	\$ 74.895	\$ 1.497.899
9	Generadores	uni	4,0	\$ 750.000	\$ 3.000.000
10	Andamios	mes	1,8	\$ 1.200.000	\$ 2.160.000
TOTAL COSTO PERSONAL DE OBRA					\$ 43.128.168

Fuente: Elaboración Propia.

6.4 GASTOS GENERALES

En esta sección se realiza el análisis de los gastos generales de la obra. Este proceso es crítico y fundamental en la presentación de una propuesta económica, ya que implica la identificación y evaluación de todos los costos indirectos asociados al Proyecto. Los gastos generales (GG) incluyen todos los aspectos fundamentales para llevar a cabo las actividades de montaje y soldadura en terreno del estanque, tales como, costos de personal profesional, logística, equipos y otros servicios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la obra.

Cabe destacar que, los ítems presentados están asociados exclusivamente a las actividades descritas en la sección 5.3 *PROGRAMACIÓN DE OBRA* y dentro de los alcances y limitaciones del presente estudio.

Tabla N° 24 Análisis de Gastos Generales.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Personal de obra				
1.1	Administrador de Contrato	mes	3,2	\$ 4.940.869	\$ 15.646.086
1.2	Jefe de Calidad	mes	3,2	\$ 3.760.397	\$ 11.907.925
1.3	Jefe de Oficina Técnica	mes	3,2	\$ 4.339.060	\$ 13.740.357
1.4	Jefe de Terreno	mes	3,2	\$ 4.512.659	\$ 14.290.087
1.5	Prevencionista de Riesgo	mes	3,2	\$ 3.552.079	\$ 11.248.249
1.6	Asistente Profesional	mes	3,2	\$ 3.181.735	\$ 10.075.493
3	Movilización				
3.1	Furgón para personal interno	mes	3,2	\$ 1.353.000	\$ 4.284.500
3.2	Camioneta de obra (3)	mes	3,2	\$ 4.440.000	\$ 14.060.000
3.4	Consumos de combustible + mantención	mes	3,2	\$ 540.000	\$ 1.710.000
4	Consumos y otros				
4.1	Fletes varios	gl	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
4.2	Plan telefonía / internet	mes	3,2	\$ 96.218	\$ 304.692
4.3	Materiales de escritorios	mes	3,2	\$ 1.000.000	\$ 3.166.667
4.4	Útiles de aseos	uni	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
TOTAL GASTOS GENERALES					\$ 103.434.055

Fuente: Elaboración Propia.

6.5 COSTO UNITARIO SOLDADURA PRECALIFICADA

En esta sección se presenta el Anexo N°6, el cual desglosa el costo unitario por cada tipo de soldadura precalificada seleccionada para las juntas del estanque. Cabe destacar, que, esta planilla considera el costo de aquellas soldaduras que unen los elementos principales del estanque y la soldadura de elementos misceláneos complementarios, estas soldaduras presentan codificación según lo señalado en el Anexo N°2.

El procedimiento de cálculo de los componentes del costo de las soldaduras, datos y ecuaciones utilizadas fueron de acuerdo con lo señalado en la sección 2.5 *COSTO DE SOLDADURA* del presente estudio. El peso del material depositado PMD utilizado en las ecuaciones es el obtenido de acuerdo con las cubicaciones del Anexo N°2.

La siguiente tabla muestra un resumen de los parámetros claves por proceso de soldadura que se utilizan en el desarrollo de esta sección.

Tabla N° 25 Datos de entrada para planilla de costos

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PROCESO DE SOLDADURA	VALOR	UNIDAD
1	Valor Electrodo GMAW	GMAW	\$ 2.969	\$/kg
		SMAW	\$ 7.309	\$/kg
2	Valor Personal	GMAW / SMAW	\$ 18.078	\$/HH
3	Valor Gases	GMAW	\$ 39.888	\$/m3
4	Velocidad de Deposición	GMAW	2,5	kg/h
		SMAW	1,1	kg/h
5	Eficiencia de Deposición	GMAW	90	%
		SMAW	60	%
6	Factor de Operación	GMAW	10	%
		SMAW	5	%
7	Flujo de gas	GMAW	1,2	m3/h

Fuente: Elaboración propia.

6.5.1 Costo de Electrodo

Para el cálculo del costo del material de aporte utilizado en las soldaduras se requiere del PMD, costo por kilo de electrodo o alambre y la eficiencia de deposición del proceso de soldadura según sea el caso.

Se realiza la cotización del alambre MIG Solido ER70S-6 de diámetro 1,2 [mm] de 15 [kg] y de electrodo 7918-RH de 1/8" de 5 [kg]. Los valores unitarios corresponden al ítem 1 de la tabla N°25, mientras que los valores de mercado se detallan en el Anexo N°5 (Valores sin IVA). Por otro lado, la eficiencia de deposición para los procesos de soldadura MIG sólido y arco manual son de un 90% y 60% respectivamente.

6.5.2 Costo del Personal

Para el análisis del costo del personal asociado las actividades propias de la soldadura se determina la tasa de pago por HH del soldador, la velocidad de deposición y el factor de operación correspondiente al proceso de soldadura que corresponda. Acá se requiere únicamente al personal competente y que realiza la soldadura. Por tanto, el valor por HH del soldador corresponde 18.078 \$/HH, el cual se indica en la tabla N°20.

Por otro lado, la velocidad de deposición se obtiene a partir de los siguientes gráficos, se utilizan los datos del diámetro de los electrodos y la corriente del arco eléctrico considerado por cada proceso de soldadura. Para soldadura con MIG solido se utiliza alambre de 1,2 [mm] con 200 [A], mientras que para el proceso de arco manual está considerado varilla de 1/8" con 140 [A].

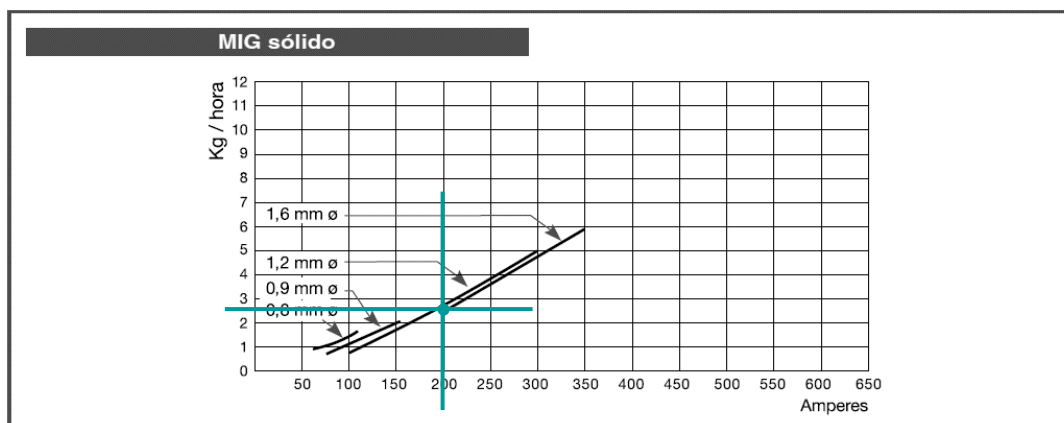


Figura N° 21 Gráfico de velocidad de deposición. Proceso de soldadura GMAW.
Fuente: Manual de Soldadura INDURA 2007.

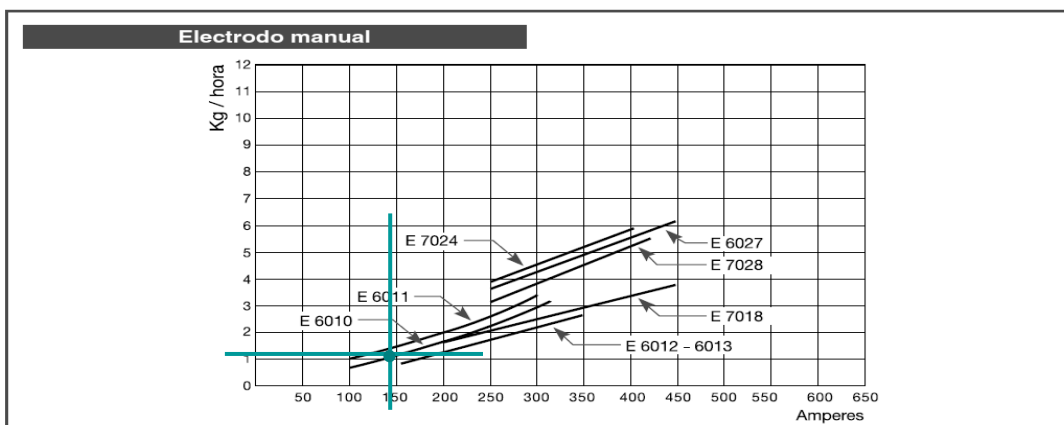


Figura N° 22 Gráfico de velocidad de deposición. Proceso de soldadura SMAW.
Fuente: Manual de Soldadura INDURA 2007.

Luego se obtiene la velocidad de deposición correspondiente a las características de cada soldadura, para MIG sólido se obtiene 2,5 [kg/h], mientras que para arco manual 1,1 [kg/h], valores que se mencionan en la tabla N°25 del presente capítulo.

Por último, se determina el factor de operación, el cual para el proceso de soldadura MIG Sólido y de acuerdo con la tabla N°5 oscila entre un 10 a 60%, mientras que para soldadura con arco manual el rango está entre 5 a 30%. En el caso de estudio, se considera el valor más desfavorable para ambos casos, esto debido a que no se conoce con certeza el tiempo de arco empleado versus el tiempo “libre” del soldador. Además, utilizando el límite inferior del rango, aseguramos una mayor holgura en la ruta crítica del proyecto. Con esto, se utiliza un F.O de 10% para soldadura MIG sólido y 5% para arco manual.

6.5.3 Costo de Gases

Para el cálculo de los gases utilizados en el proceso MIG sólido se requiere del PMD, costo por metro cúbico de los gases y la velocidad de deposición.

Para este estudio se consideran galones de 10 [m³] de mezcla de gases MIG con 80% de Argón y 20% de Dióxido de Carbono. El valor unitario corresponde al ítem 3 de la tabla N°25, mientras que el valor de mercado se detalla en el Anexo N°5.

El flujo de gas utilizado para determinar el costo de gases es de 1,2 [m³/h], obtenido de la tabla N°4. Por otro lado, la velocidad de deposición es la obtenida en el punto anterior para soldadura MIG sólido de 2,5[kg/h].

6.6 ANALISIS DE COSTOS

En esta sección se analizan y resumen los costos obtenidos en los puntos anteriores del presente capítulo. A continuación, se presenta el presupuesto estimado considerando los costos directos e indirectos involucrados en la obra.

Tabla N° 26 Resumen de costos. Presupuesto final.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	SUB TOTAL (CPL)	SUB TOTAL (UF)
CPO	Costo Personal de Obra (CPO)	\$ 141.689.915	3.692
CIS	Costo Insumos de Soldadura (CIS)	\$ 4.203.027	110
CEH	Costo Equipos y Herramientas de Soldadura	\$ 43.128.168	1124
TOTALES			
CD	Costo Directo	\$ 189.021.110	4.925
GG	Gastos Generales	\$ 103.434.055	2.695
CT	COSTO TOTAL + IVA	\$ 292.455.165	7.620 UF

Fuente: Elaboración propia.

El presupuesto final de la obra alcanza un total de **7.620 UF + IVA** el cual incluye todos los costos asociados a la programación presentada en el estudio. La figura N°25 muestra la distribución de los costos del proyecto, evidenciando la importancia del personal de obra (49%) y los equipos utilizados durante el montaje y soldadura del estanque (15%). Por otro lado, los GG absorben una gran parte del presupuesto total (35%), esto debido a la naturaleza de un proyecto minero y a las necesidades en cuanto a profesionales, movilización y logística que se requiere para la correcta ejecución de una obra.

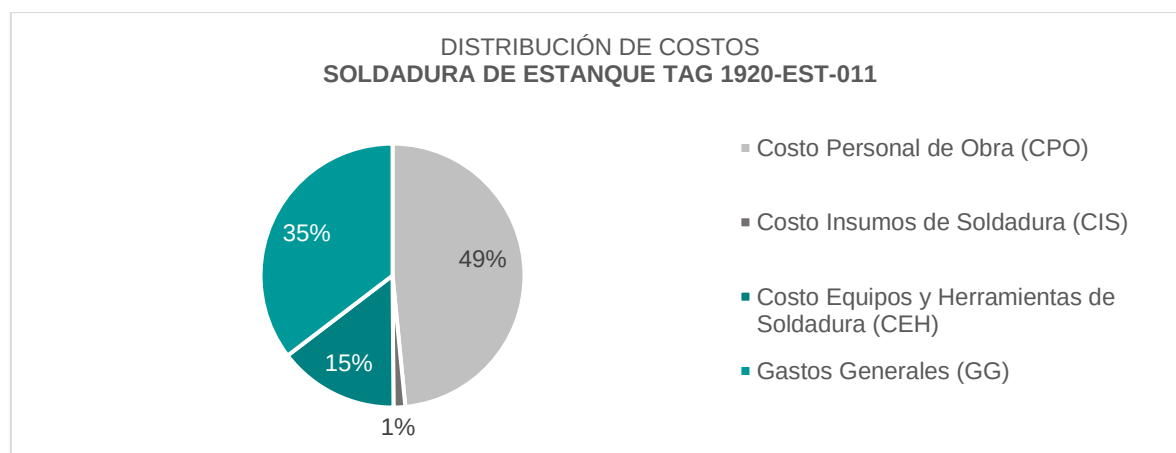


Figura N° 23 Distribución de costos de soldadura durante el montaje del estanque *TAG 1920-EST- 011*.

Fuente: Elaboración propia.

Luego se determina el porcentaje de incidencia que aplica para cada parte del estanque y se calcula los costos asociados a estos. De esta manera se visualiza la distribución de los costos para una posterior toma de decisiones en cuanto a control financiero del proyecto, programación de la obra y asignación de recursos.

Tabla N° 27 Distribución de costos por categoría del estanque.

CATEGORIA ESTANQUE	%INCIDENCIA EN COSTO TOTAL	COSTO PERSONAL (CPO)	COSTO INSUMOS (CIS)	COSTO EQUIPOS (CEH)	GASTOS GENERALES (GG)	COSTO TOTAL
FONDO	42%	\$ 59.063.619	\$ 1.752.037	\$ 17.978.031	\$ 43.116.616	\$ 121.910.303
MANTO	43%	\$ 61.400.196	\$ 1.821.348	\$ 18.689.248	\$ 44.822.323	\$ 126.733.115
TECHUMBRE	12%	\$ 17.002.999	\$ 504.369	\$ 5.175.444	\$ 12.412.239	\$ 35.095.052
ESCALERA	2,3%	\$ 3.300.709	\$ 97.911	\$ 1.004.683	\$ 2.409.527	\$ 6.812.830
PLATAFORMA	0,7%	\$ 922.392	\$ 27.361	\$ 280.762	\$ 673.349	\$ 1.903.865

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla muestra el resumen de los costos por categoría o parte del estanque, destacando la importancia del cuerpo de este (fondo, manto y techumbre), el cual absorbe un total de 7.620 UF + IVA correspondiente al 97% de los costos asociados la soldadura durante el montaje en terreno del estanque.

Tabla N° 28 Resumen de costo por categoría del estanque.

ÍTEM	CATEGORÍA ESTANQUE	COSTO TOTAL (CLP)	COSTO TOTAL (UF)
1	FONDO	\$ 121.910.303	3.176
2	MANTO	\$ 126.733.115	3.355
3	TECHUMBRE	\$ 35.095.052	914
4	ESCALERA	\$ 6.812.830	176
5	PLATAFORMA	\$ 1.903.865	50
COSTO TOTAL + IVA		\$ 292.455.165	7.620 UF

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se realiza el análisis del costo por cada tipo de soldadura precalificada y seleccionada desde la AWS para las juntas principales del estanque. Acá, se presenta el resumen del Anexo N°6, del cual se desprende la siguiente tabla.

Tabla N° 29 Costo de soldadura de juntas por categoría de estanque.

CATEGORÍA ESTANQUE	SUBTOTAL COSTO SOLDADURA	%INCIDENCIA EN COSTO TOTAL	COSTO SOLDADURA COMPLEMENTARIA	TOTAL COSTO SOLDAURA (CLP)	TOTAL COSTO SOLDAURA (UF)
FONDO	\$ 6.515.884	42%	\$ 2.716.155	\$ 9.232.039	244
MANTO	\$ 6.773.655	43%	\$ 2.935.309	\$ 9.708.964	257
TECHUMBRE	\$ 1.875.767	12%	\$ 225.095	\$ 2.100.862	56
ESCALERA	\$ 364.133	2,3%	\$ 8.483	\$ 372.616	10
PLATAFORMA	\$ 101.758	0,7%	\$ 662	\$ 102.421	3
COSTO TOTAL DE SOLDADURA				\$ 21.516.901	570 UF

Fuente: Elaboración propia.

Desde la tabla se evidencia que el manto y fondo inciden en mayor proporción al costo total de la soldadura, con 42% y 43% respectivamente, esto debido a que ambas categorías presentan mayor cantidad de elementos y, por lo tanto, se requieren una mayor cantidad de material depositado para las juntas de estos. Por otro lado, la soldadura requerida para la escalera y la plataforma no presenta un costo significativo, ya que esta estructura comúnmente viene prefabricada y unida mediante pernos, por lo que la soldadura aplicaría únicamente para las placas de unión entre la plataforma y el manto del estanque.

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES

A modo de cierre del presente estudio, es posible concluir que se logró el objetivo principal de realizar una propuesta técnico-económica de la partida de soldadura durante el montaje de los elementos que conforman un estanque de acero tipo API 650, utilizando las soldaduras precalificadas disponibles en la AWS. Cada objetivo se alcanzó a través del levantamiento de información disponible, el procesamiento y clasificación de las soldaduras, la aplicación de las normativas, utilización de parámetros de los manuales utilizados y la evaluación técnica - económica realizada para obtener los resultados.

Para la selección de las uniones soldadas aplicables durante el montaje del estanque de acero se determinó, a través de lo estipulado en la normativa API Standard 650 y de acuerdo con la información planimétrica disponible, dos tipos de uniones para los elementos principales del estanque. La clasificación e identificación de las soldaduras desarrollado en el Anexo N°1 indica el tipo de unión soldada para cada componente que conforma un elemento del estanque, señalando la utilización de soldadura tipo filete (fillet) o por penetración completa (CJP). Desde lo anterior, se identificaron 144 [m] para soldadura de filete, lo cual equivale a 34 [kg] de material depositado. Para soldadura de penetración completa se calculó 560 [m], equivalentes a 126 [kg] de material depositado.

Respecto al material depositado, se realizó una planilla de cubicación (Anexo N°2) para cada tipo de junta y por categoría del estanque. Los resultados obtenidos fueron; 160 [kg] de soldadura en el cuerpo del estanque (fondo, manto y techumbre), 4[kg] en escalera helicoidal y 2 [kg] de material en la plataforma. Además, el estudio consideró un 10% del total del peso del material depositado para la soldadura de colocación, posicionamiento y elementos misceláneos, el peso estimado obtenido es de 17 [kg]. Por lo anterior, se requieren **774 [m]** de cordón de soldadura, los cuales aportan **183 [kg]** de material depositado.

En cuanto a las soldaduras precalificadas, se designó a través de lo estipulado en las tablas de la AWS, una soldadura precalificada a cada unión soldada de los elementos que conforman el estanque. Se asignó un nombre de la junta, tipo de unión, designación AWS y se identificaron las características complementarias como; posición de soldadura, espesor del elemento y preparación de la junta (dimensiones de filete, raíz, talón y/o ángulo de ranura, según sea el caso).

Con respecto al programa *SOLDADURA ESTANQUE DE ACERO 1920-EST-011*, la carta gantt reveló que gran parte de las partidas de la obra forman parte de la ruta crítica del proyecto. Esta alta proporción se debe a la naturaleza secuencial y altamente interdependiente de las actividades involucradas en el proceso de montaje y soldadura del estanque. Dado que cada etapa de soldadura, desde la nivelación y preparación de la superficie hasta la instalación de la plataforma, depende críticamente de la finalización exitosa de la etapa anterior, cualquier retraso en una partida puede tener un efecto en cadena, retrasando significativamente el cronograma del proyecto. Por tanto, garantizar que estas partidas se

ejecuten sin demoras es fundamental para cumplir con el plazo establecido y asegurar la integridad estructural del estanque.

Luego se realizó el análisis del costo unitario por tipo de soldadura precalificada y se clasificó según categoría del estanque (Anexo N°6). El análisis determinó que, los costos asociados únicamente a insumos y al personal requerido para las actividades de soldadura se distribuyen en un 97% para el cuerpo del estanque, 2,3% para la escalera helicoidal y un 0,7% para la plataforma.

Por otro lado, los costos totales referidos a las actividades de montaje y soldadura, que se mencionan en el programa de la obra fueron calculados considerando el costo del personal de obra, costo de insumos, costo de equipos y herramientas y los gastos generales para la ejecución de la obra. Los montos asociados por categoría del estanque se distribuyen en igual proporción al punto anterior, pero los valores ascienden a 7.445 UF para el cuerpo del estanque, 176 UF para el montaje de la escalera helicoidal y 50 UF para la plataforma.

En referencia a la estimación del plazo y costo total del proyecto, se determinó lo siguiente; La propuesta técnica para el montaje y soldadura del estanque de acero al carbono *TAG 1920-EST-011* de 9[m] de diámetro, construido con planchas de 6 a 12 [mm] de espesor, de 35 [Ton] de peso, con capacidad de almacenamiento 600 [m³], indica un plazo de ejecución de montaje de **95 días corridos**. Para esto se consideró el proceso de soldadura MIG Solido (GMAW) con alambre continuo ER70S-6 de 1,2[mm] para las juntas principales y soldadura con arco manual (SMAW) con electrodo 7018-RH 1/8" 5[kg] para soldaduras de posicionamiento de planchas y elementos misceláneos.

Por otro lado, la propuesta económica señala que el monto para la ejecución del programa de obra es de **7.620 UF + IVA**. Cabe destacar que este valor incluye todas las actividades asociadas al montaje y soldadura de un estanque de acero tipo API 650, excluyendo cualquier otra partida fuera del alcance del presente estudio.

El análisis económico realizado evidencia que la adopción de soldaduras precalificadas de la AWS puede reducir significativamente los costos asociados al montaje de estanques tipo API 650. Esto se debe principalmente a la disminución de tiempos de preparación, ensayos y ejecución de las soldaduras, y al menor consumo de insumos requeridos para esto.

La metodología y procedimiento de desarrollo de este estudio puede ser ampliado a otros proyectos de montaje y soldadura de estanques de acero atmosféricos de dimensiones mayores o menores al estudiado, donde la aplicación de herramientas tecnológicas, como el uso de modelos 3D y la organización, clasificación y procesamiento de la información planimétrica disponible, junto a un análisis técnico-económico detallado, proporciona una guía con fundamentos suficientes para el estudio de una propuesta de un proyecto de similares características.

CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA

- American Petroleum Institute. (2020). *API STANDARD 650 - Welded Steel Tanks Storage, 13th Edition*.
- American Welding Society. (2020). *Structural Welding Code - Steel*.
- Barros San Miguel, D. I. (2007). *ESTANQUES DE ACERO INOXIDABLE DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA: REVISIÓN DEL DISEÑO*, Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil.
- Burgos Abanto, V. R., Cigueñas Ramírez, R. B., Ito Cervantes, L. J., & Riquelme Condor, A. M. (2019). *Dirección de proyecto para el montaje de tanque de almacenamiento WS2-T-001A, de la empresa el Sol S.A.C., bajo el estándar de la guía del PMBOK® Sexta edición*. <http://hdl.handle.net/10757/629074>
- Ilufi Pacheco, R. A. (2022). *Procedimiento de inspección de tanques almacenamiento de la industria petroquímica, según API 653, Proyecto de Titulación para optar al Título de Ingeniero de Ejecución Mecánica de Procesos y Mantenimiento Industrial*. <https://hdl.handle.net/11673/54221>
- INDURA. (2007). *Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura*.
- Neira Sancho, F. A. (2012). *DISEÑO Y COMPARACIÓN DE ESTANQUES DE ACERO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA, SEGÚN NORMAS DEL AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, FABRICADOS Y MONTADOS EN CHILE*, Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil.
- Rodríguez Vásquez, E. E. (2016). *Análisis de metodologías de estimación de duración de actividades en proyectos de Ingeniería Civil*.
- Salazar Diaz, Y. M. (2012). *MONTAJE DE ESTANQUES DE ACERO CARBONO POR METODO JACK UP*, Memoria para optar al Título de Ingeniero Constructor.
- Villavicencio Pérez, G. A. (2015). *ESTUDIO DE LOS MÉTODOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS BAJO LA NORMA API 650 Y SU INCIDENCIA EN LA EVALUACIÓN DE JUNTAS SOLDADAS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO*, Trabajo de Graduación para optar al Título de Ingeniero Mecánico.

CAPÍTULO 9: ANEXOS

ANEXO N° 1: CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SOLDADURAS.

ANEXO N° 2: PLANILLA CUBICACIÓN DE SOLDADURAS.

ANEXO N° 3: LISTADO PERSONAL EXPERTO Y BASE DE RENDIMIENTOS.

ANEXO N°4: PLANILLA DE CÁLCULO DE REMUNERACIONES PERSONAL EN OBRA.

ANEXO N°5: COTIZACIÓN INSUMOS, MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.

ANEXO N°6: COSTO UNITARIO DE SOLDADURA DE JUNTAS PRECALIFICADAS AWS.

NOMBRE ANEXO:	CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SOLDADURA.	N° ANEXO:	1
DESCRIPCIÓN:	Se determina la cantidad total de componentes soldadas en terreno y maestranza. Cantidad de componentes y tipo de soldadura según parte del estanque.		

CATEGORÍA:	1. ESTANQUE	SUB CATEGORÍA:	1.1 FONDO
-------------------	--------------------	-----------------------	------------------

NOMBRE:	PLACA_FONDO	PERFIL:	PL12X2420
ELEMENTO:	011PF1	CANTIDAD ELEMENTOS:	2

COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p2	1	PL12X2420	Terreno	CJP

NOMBRE:	PLACA_FONDO	PERFIL:	PL12X942
ELEMENTO:	011PF2	CANTIDAD ELEMENTOS:	2

COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p1	1	PL12X942	Terreno	CJP
011p4	2	FL5X51	Maestranza	CJP

NOMBRE:	PLACA_FONDO	PERFIL:	PL12X2368
ELEMENTO:	011PF3	CANTIDAD ELEMENTOS:	1

COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p3	1	PL12X2368	Terreno	CJP
011p5	2	FL5X51	Maestranza	CJP

NOMBRE:	LLAVE_CORTE	PERFIL:	PL20X166
ELEMENTO:	011LC1	CANTIDAD ELEMENTOS:	32

COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p11	1	PL20X166	Terreno	CJP
011p12	2	PL20X73	Terreno	CJP

NOMBRE:	SILLA ANCLAJE	PERFIL:	FL25X152
ELEMENTO:	011S1	CANTIDAD ELEMENTOS:	32

COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p9	1	FL25X152	Terreno	CJP
011p10	2	PL12X152	Terreno	CJP

CATEGORÍA:	1. ESTANQUE	SUB CATEGORÍA:	1.2 MANTO
-------------------	--------------------	-----------------------	------------------

NOMBRE:	MANTO	PERFIL:	PL8X2420
ELEMENTO:	011MA1	CANTIDAD ELEMENTOS:	3

COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p6	1	PL8X2420	Terreno	CJP

NOMBRE:	MANTO	PERFIL:	PL6X2420
ELEMENTO:	011MA2	CANTIDAD ELEMENTOS:	9

COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p7	1	PL6X2420	Terreno	CJP

NOMBRE:	MANTO	PERFIL:	PL6X790
ELEMENTO:	011MA3	CANTIDAD ELEMENTOS:	3

COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p8	1	PL6X790	Terreno	CJP

NOMBRE:	REFUERZO_BOQUILLA		PERFIL:	PL6X265
ELEMENTO:	011RF1		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p16	1	PL6X265	Terreno	Fillet

NOMBRE:	REFUERZO_BOQUILLA		PERFIL:	PL8X585
ELEMENTO:	011RF2		CANTIDAD ELEMENTOS:	2
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p17	1	PL8X585	Terreno	Fillet

NOMBRE:	REFUERZO_BOQUILLA		PERFIL:	PL8X265
ELEMENTO:	011RF3		CANTIDAD ELEMENTOS:	5
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p18	1	PL8X265	Terreno	Fillet

NOMBRE:	REFUERZO_BOQUILLA		PERFIL:	PL8X485
ELEMENTO:	011RF4		CANTIDAD ELEMENTOS:	5
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p19	1	PL8X485	Terreno	Fillet

NOMBRE:	REFUERZO_BOQUILLA		PERFIL:	PL8X585
ELEMENTO:	011RF5		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p42	1	PL8X585	Terreno	Fillet

NOMBRE:	REFUERZO_BOQUILLA		PERFIL:	PL8X265
ELEMENTO:	011RF6		CANTIDAD ELEMENTOS:	3
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p43	1	PL8X265	Terreno	Fillet

NOMBRE:	REFUERZO_BOQUILLA		PERFIL:	PL8X305
ELEMENTO:	011RF7		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p44	1	PL8X305	Terreno	Fillet

NOMBRE:	REFUERZO_BOQUILLA		PERFIL:	PL8X485
ELEMENTO:	011RF8		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p45	1	PL8X485	Terreno	Fillet

NOMBRE:	REFUERZO_MANHOLE		PERFIL:	PL10X1256
ELEMENTO:	011RMH1		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p30	1	PL10X1256	Terreno	Fillet

CATEGORÍA:	1. ESTANQUE			SUB CATEGORÍA:	1.3 TECHUMBRE
NOMBRE:	ANGULO_CORONAMIENTO			PERFIL:	L10X12,2
ELEMENTO:	011AC1			CANTIDAD ELEMENTOS:	4
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo	
011a7	1	L10X12,2	Terreno	Fillet	
NOMBRE:	ANGULO_CORONAMIENTO			PERFIL:	L10X12,2
ELEMENTO:	011AC2			CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo	
011a7	1	L10X12,2	Terreno	Fillet	
NOMBRE:	TECHO			PERFIL:	PL8X2280
ELEMENTO:	011TC1			CANTIDAD ELEMENTOS:	12
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo	
011p13	1	PL8X2280	Terreno	Fillet	
NOMBRE:	TECHO			PERFIL:	PL8X1030
ELEMENTO:	011TC2			CANTIDAD ELEMENTOS:	2
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo	
011p22	1	PL8X1030	Terreno	Fillet	
NOMBRE:	VIGA_TECHO			PERFIL:	UPN240
ELEMENTO:	011VT1			CANTIDAD ELEMENTOS:	8
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo	
011m2	1	UPN240	No aplica	-	
011p32	1	PL12X165	Maestranza	Fillet	
011p33	1	PL12X229	Maestranza	Fillet	
NOMBRE:	VIGA_TECHO			PERFIL:	UPN180
ELEMENTO:	011VT2			CANTIDAD ELEMENTOS:	16
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo	
011m3	1	UPN180	No aplica	-	
NOMBRE:	VIGA_TECHO			PERFIL:	UPN180
ELEMENTO:	011VT3			CANTIDAD ELEMENTOS:	8
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo	
011m4	1	UPN180	No aplica	-	
011p21	2	PL12X218	Maestranza	Fillet	
NOMBRE:	SOPORTE_VIGA			PERFIL:	PL10X247
ELEMENTO:	011SV1			CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo	
011p14	1	PL10X247	No aplica	-	
011p15	2	PL12X180	Maestranza	Fillet	

NOMBRE:	PLACA_CONEXIÓN_T		PERFIL:	PL12X180
ELEMENTO:	011PCT2		CANTIDAD ELEMENTOS:	16
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p20	1	PL12X180	Terreno	Fillet

NOMBRE:	PLACA_CONEXIÓN_T		PERFIL:	PL12X180
ELEMENTO:	011PCT1		CANTIDAD ELEMENTOS:	8
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p15	1	PL12X180	Terreno	Fillet

NOMBRE:	REFUERZO_BOQUILLA		PERFIL:	PL6X265
ELEMENTO:	011RF1		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011p16	1	PL6X265	Terreno	Fillet

NOMBRE:	BOQUILLA		PERFIL:	CANØ10" _SCH40
ELEMENTO:	011N8		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011c8	1	CANØ10" _SCH40	Terreno	Fillet
011w4	1	FLGØ10" _150_RF_S0	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	VENTEO		PERFIL:	CANØ10" _SCH40
ELEMENTO:	011VN1		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	Tipo
011c11	1	CANØ10" _SCH40	No aplica	-
011c12	2	CODO_90°RL_Ø10" _SCH40	No aplica	-
011w4	1	FLGØ10" _150_RF_S0	Maestranza	Fillet

CATEGORÍA:	1. ESTANQUE	SUB CATEGORÍA:	1.4 BOQUILLAS
------------	-------------	----------------	---------------

NOMBRE:	MANHOLE		PERFIL:	CANØ24" _STD
ELEMENTO:	011M1		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c12	1	CANØ24" _STD	Terreno	Fillet
011p26	1	PL10X231	Maestranza	CJP
011p31	2	PL4X19	Maestranza	Fillet
011x3	1	CANØ2" _SCH40	No aplica	-
011p24	1	PL12X833	Maestranza	Fillet
011p27	1	PL12X90	Maestranza	Fillet
011p28	1	PL4X52	No aplica	-
011p29	2	PL8X80	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	REFUERZO_MANHOLE		PERFIL:	PL10X1256
ELEMENTO:	011RMH1		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011p30	1	PL10X1256	Terreno	Fillet

NOMBRE:	BOQUILLA		PERFIL:	CANØ3" _SCH80
ELEMENTO:	011L1		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c4	1	CANØ3" _SCH80	Terreno	Fillet
011w3	2	FLG_Ø3" _150_RF_S0	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	BOQUILLA		PERFIL:	CANØ3" _SCH80
ELEMENTO	011L2		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c6	1	CANØ3" _SCH80	Terreno	Fillet
011w3	1	FLG_Ø3" _150_RF_S0	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	BOQUILLA	PERFIL:	CANØ3" _SCH80	
ELEMENTO	011L3	CANTIDAD ELEMENTOS:	1	
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c7	1	CANØ3" _SCH80	Terreno	Fillet
011w2	1	FLG_Ø3" _150_RF_S0	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	BOQUILLA	PERFIL:	FLG_Ø3" _150	
ELEMENTO	011L4	CANTIDAD ELEMENTOS:	1	
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c9	1	CANØ3" _SCH80	Terreno	Fillet
011w2	1	FLG_Ø3" _150_RF_S0	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	BOQUILLA		PERFIL:	CANØ3" _SCH80
ELEMENTO	011N1		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c32	1	CANØ3" _SCH80	Terreno	Fillet
011w7	1	FLG_Ø3" _150 RF_S0	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	BOQUILLA	PERFIL:	CANØ4" _SCH80	
ELEMENTO	011N2	CANTIDAD ELEMENTOS:	1	
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c15	1	CANØ3" _SCH80	Terreno	Fillet
011w5	1	FLG_Ø4" _150 RF_S0	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	BOQUILLA		PERFIL:	CANØ10" _SCH80
ELEMENTO	011N3		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c2	1	CANØ3" _SCH80	Terreno	Fillet
011w4	1	FLG Ø10" 150 RF S0	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	BOQUILLA	PERFIL:	CANØ10" _SCH80	
ELEMENTO	011N4	CANTIDAD ELEMENTOS:	1	
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c16	1	CANØ3" _SCH80	Terreno	Fillet
011w4	1	FLG Ø10" 150 RF S0	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	BOQUILLA		PERFIL:	CANØ8" _SCH80
ELEMENTO	011N5		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c17	1	CANØ8" _SCH80	Terreno	Fillet
011w6	1	FLG Ø8" 150 RF S0	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	BOQUILLA	PERFIL:	CANØ3" _SCH80	
ELEMENTO	011N6	CANTIDAD ELEMENTOS:	1	
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c1	1	CANØ3" _SCH80	Terreno	Fillet
011w2	1	FLG Ø3" 150 RF S0	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	BOQUILLA		PERFIL:	CANØ3" _SCH80
ELEMENTO	011N7		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c3	1	CANØ3" _SCH80	Terreno	Fillet
011w2	1	FLG_Ø3" _150_RF_S0	Maestranza	Fillet
NOMBRE:	BOQUILLA		PERFIL:	CANØ10" _SCH80
ELEMENTO	011N8		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c8	1	CANØ10" _SCH80	Terreno	Fillet
011w4	1	FLG_Ø10" _150_RF_S0	Maestranza	Fillet
NOMBRE:	BOQUILLA		PERFIL:	CANØ10" _SCH80
ELEMENTO	011N8		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c8	1	CANØ10" _SCH80	Terreno	Fillet
011w4	1	FLG_Ø10" _150_RF_S0	Maestranza	Fillet
NOMBRE:	BOQUILLA		PERFIL:	CANØ3" _SCH80
ELEMENTO	011N9		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c14	1	CANØ3" _SCH80	Terreno	Fillet
011w8	1	FLG_Ø3" _150_RF_S0	Maestranza	Fillet
NOMBRE:	BOQUILLA		PERFIL:	CANØ3" _SCH80
ELEMENTO	011T1		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c10	1	CANØ3" _SCH80	Terreno	Fillet
011w2	1	FLG_Ø3" _150_RF_S0	Maestranza	Fillet
NOMBRE:	BOQUILLA		PERFIL:	CANØ8" _SCH80
ELEMENTO	011T2		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c4	1	CANØ8" _SCH80	Terreno	Fillet
011w1	1	FLG_Ø8" _150_RF_S0	Maestranza	Fillet
NOMBRE:	BOQUILLA		PERFIL:	CANØ8" _SCH80
ELEMENTO	011T3		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c4	1	CANØ8" _SCH80	Terreno	Fillet
011w1	1	FLG_Ø8" _150_RF_S0	Maestranza	Fillet
NOMBRE:	BOQUILLA		PERFIL:	CANØ8" _SCH80
ELEMENTO	011T4		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c4	1	CANØ8" _SCH80	Terreno	Fillet
011w1	1	FLG_Ø8" _150_RF_S0	Maestranza	Fillet
NOMBRE:	BOQUILLA		PERFIL:	CANØ8" _SCH80
ELEMENTO	011T5		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c4	1	CANØ8" _SCH80	Terreno	Fillet
011w1	1	FLG_Ø8" _150_RF_S0	Maestranza	Fillet
CATEGORÍA:	2. PLATAFORMA		SUB CATEGORÍA:	-

NOMBRE:	PLATAFORMA		PERFIL:	-
ELEMENTO	011PT1		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011a1	2	L8X9.63	Maestranza	Fillet
011m5	1	UPN200	Maestranza	Fillet
011m7	1	UPN200	Maestranza	Fillet
011m8	3	UPN200	Maestranza	Fillet
011m9	5	UPN200	Maestranza	Fillet
011m10	5	UPN200	Maestranza	Fillet
011m11	1	UPN200	Maestranza	Fillet
011m12	1	UPN200	Maestranza	Fillet
011m13	1	UPN200	Maestranza	Fillet
011m14	1	UPN200	Maestranza	Fillet
011m15	1	UPN200	Maestranza	Fillet
011p34	10	PL10X155	Terreno	Fillet
011p39	6	PL6X66	Maestranza	Fillet
011p48	1	PL10X201	Maestranza	Fillet
011p49	1	PL10X181	Maestranza	Fillet
011p50	1	PL10X177	Maestranza	Fillet
011p54	1	PL10X255	Maestranza	Fillet
011p55	1	PL6X67	Maestranza	Fillet
011p56	1	PL10X100	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	DIAGONAL	PERFIL:	UPN160	
ELEMENTO	011D3	CANTIDAD ELEMENTOS:	1	
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011m6	1	UPN160	-	-
011p51	2	PL10X80	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	CONECTOR		PERFIL:	-
ELEMENTO	011CN1		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011p52	1	PL8X200	Terreno	Fillet
011p53	1	PL10X246	Maestranza	Fillet

CATEGORÍA:	3. ESCALERA	SUB CATEGORÍA:	-
------------	-------------	----------------	---

NOMBRE:	VIGA	PERFIL:	IPE180	
ELEMENTO	011CN1	CANTIDAD ELEMENTOS:	14	
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011m21	1	IPE180	Terreno	Fillet
011p68	1	PL16X200	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	CONECTOR		PERFIL:	PL8X300
ELEMENTO	011CN2		CANTIDAD ELEMENTOS:	4
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011p59	1	PL8X300	Terreno	Fillet
011p71	1	PL10X160	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	CONECTOR		PERFIL:	PL8X300
ELEMENTO	011CN3		CANTIDAD ELEMENTOS:	4
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011p59	1	PL8X300	Terreno	Fillet
011p77	1	PL10X221	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	CONECTOR		PERFIL:	PL8X300
ELEMENTO	011CN4		CANTIDAD ELEMENTOS:	4
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011p60	1	PL8X300	Terreno	Fillet
011p72	1	PL10X246	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	PELDANO		PERFIL:	-
ELEMENTO	011PD1		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011a3	1	L3X1,30	Maestranza	CJP
011g10	1	PL32X266	Maestranza	CJP
011P69	1	PL32X267	Maestranza	CJP
011P70	1	PL32X268	Maestranza	CJP

NOMBRE:	PELDANO		PERFIL:	-
ELEMENTO	011PD2		CANTIDAD ELEMENTOS:	43
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011a3	1	L3X1,30	Maestranza	CJP
011g12	1	PL32X266	Maestranza	CJP
011P69	1	PL6X80	Maestranza	CJP
011P82	1	PL6X81	Maestranza	CJP

NOMBRE:	PELDANO		PERFIL:	-	
ELEMENTO	011PD3		CANTIDAD ELEMENTOS:	14	
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO	
011a3	1	L3X1,30	Maestranza	CJP	
011g12	1	PL32X266	Maestranza	CJP	
011a3	1	L3X1,30	Terreno	CJP	
011g12	1	PL32X266	Terreno	CJP	
011p69	2	PL6X80	Maestranza	CJP	
011p83	3	FL6X140	Maestranza	CJP	

NOMBRE:	DESCANSO		PERFIL:	-
ELEMENTO	011DS1		CANTIDAD ELEMENTOS:	4
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011a4	2	L8X9.63	Maestranza	Fillet
011m16	2	UPN200	Maestranza	CJP
011m19	1	UPN200	Maestranza	Fillet
011m20	1	UPN200	Maestranza	CJP
011p39	2	PL6X67	Maestranza	Fillet
011p56	1	PL10X100	-	-
011p78	2	PL10X192	Maestranza	Fillet
011p79	1	PL10X193	Maestranza	Fillet
011p81	1	PL10X187	Maestranza	CJP

NOMBRE:	VIGA		PERFIL:	UPN200
ELEMENTO	011V1		CANTIDAD ELEMENTOS:	4
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011m17	2	UPN200	Maestranza	Fillet
011p73	1	PL10X446	Maestranza	Fillet
011p75	1	PL10X239	Maestranza	Fillet
011p76	2	PL6X67	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	DIAGONAL	PERFIL:	UPN160	
ELEMENTO	011D5	CANTIDAD ELEMENTOS:	4	
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011m18	1	UPN200	-	-
011p51	2	PL 10X80	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	LIMON	PERFIL:	-	
ELEMENTO	011LM2	CANTIDAD ELEMENTOS:	1	
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011a6	1	L8X9,63	Maestranza	Fillet
011p67	2	PL10X300	-	-

NOMBRE:	LIMON	PERFIL:	-	
ELEMENTO	011M1	CANTIDAD ELEMENTOS:	1	
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011a6	1	L8X9,63	Maestranza	Fillet
011p66	1	PL10X300	-	-

NOMBRE:	BARANDA		PERFIL:	-
ELEMENTO	011BA1		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c18	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c19	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c20	1	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c21	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011p35	1	FL6X140	Maestranza	CJP
011p36	2	PL6X155	Maestranza	CJP
011p37	2	PL6X41	Maestranza	Fillet

NOMBRE:	BARANDA		PERFIL:	-
ELEMENTO	011BA2		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c19	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c21	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c26	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c35	3	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011p37	2	PL6X41	Maestranza	Fillet
011p46	2	PL6X125	Maestranza	CJP
011p47	1	FL6X140	Maestranza	CJP

NOMBRE:	BARANDA		PERFIL:	-
ELEMENTO	011BA3		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c19	5	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c22	1	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c23	6	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c24	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c25	1	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c26	1	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011p37	4	PL6X41	Maestranza	Fillet
011p38	4	PL6X125	Maestranza	CJP
011p85	1	FL6X140	Maestranza	CJP

NOMBRE:	BARANDA		PERFIL:	-
ELEMENTO	011BA4		CANTIDAD ELEMENTOS:	1
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c19	4	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c26	1	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c27	1	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c28	6	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c29	1	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c30	1	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c31	1	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011p36	4	PL6X155	Maestranza	CJP
011p37	4	PL6X41	Maestranza	Fillet
011p40	1	FL6X140	Maestranza	CJP

NOMBRE:	BARANDA		PERFIL:	-
ELEMENTO	011BA5		CANTIDAD ELEMENTOS:	4
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c19	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c21	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c26	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c48	3	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011p37	2	PL6X41	Maestranza	Fillet
011p38	2	PL6X125	Maestranza	CJP
011p80	1	FL6X140	Maestranza	CJP

NOMBRE:	BARANDA	PERFIL:	-	
ELEMENTO	011BA6	CANTIDAD ELEMENTOS:	1	
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c19	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c21	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c33	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c34	1	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011p36	2	PL6X155	Maestranza	CJP
011p37	2	PL6X41	Maestranza	Fillet
011p41	1	FL6X140	Maestranza	CJP

NOMBRE:	BARANDA	PERFIL:	-	
ELEMENTO	011BA7	CANTIDAD ELEMENTOS:	1	
COMPONENTES	CANTIDAD	PERFIL	SOLDADURA	TIPO
011c19	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c21	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c36	2	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011c37	1	CANØ1-1/2" SCH40	Maestranza	Fillet
011p37	2	PL6X42	Maestranza	Fillet
011p57	1	FL6x140	Maestranza	CJP
011p58	2	PL6X155	Maestranza	CJP

NOMBRE ANEXO:	LISTADO PERSONAL EXPERTO	N° ANEXO:	3.1
DESCRIPCIÓN:	Listado del personal con experiencia en proyectos de construcción y montaje de estanques de acero.		

ÍTEM	NOMBRE	APELLIDO	PROFESIÓN / OFICIO	CARGO	AÑOS DE EXPERIENCIA
1	Héctor	Contretas O.	Constructor Civil	Ingeniero de Proyectos Senior	33 años
2	Claudio	Alvear T.	Ingeniero Geomensor	Administrador de Contratos / I.T.O	35 años
3	Fernando	Urzua E.	T.U. Electromecánico	Supervisor de Obra	30 años
4	Luis	Sepúlveda F.	Soldador Calificado	Soldador	34 años
5	Fredy	Quintul C.	Soldador Calificado	Soldador	37 años

NOMBRE ANEXO:	BASE DE RENDIMIENTOS	N° ANEXO:	3.2
DESCRIPCIÓN:	Base de datos de rendimientos aproximados de soldadores para montaje de estanques.		

C.2.3. MONTAJE DE ESTANQUES (CORRIENTES)

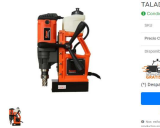
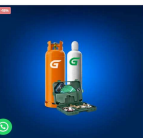
1. Montaje completo (mont., sold., prb.):	125 kg/HD	64,00 III/T
2. Montaje completo fondo:	180 kg/HD	44,44 III/T
3. Montaje completo manto:	120 kg/HD	66,67 III/T
4. Montaje completo techo:	110 kg/HD	72,73 III/T
5. Montaje y emplant. gral.:	250 kg/HD	32,00 III/T
6. Soldadura piso:	22 ml-cord./HD	0,36 III/m
7. Soldadura horizontal :	18 ml-cord./HD	0,44 III/m
8. Soldadura vertical:	10 ml-cord./HD	0,80 III/m

C.5.- SOLDADURA

1. Depósito de soldadura: por kilos:		III/kg
1.1 Estanques:	18 kg/HD-sold.	0,90 III/kg
1.2 Estructura:	8 kg/HD-sold.	2,00 III/kg
1.3 Calderería (estruct. plancha) :	12 kg/HD-sold.	1,33 III/kg
1.4 Esferas:	8 kg/HD-soldador	2,00 III/kg
2. Depósito de soldadura: por cordón-lineal		
2.1 Piso o plana :	60 m/HD-sold.	0,27 III/m
2.2 Horizontal :	35 m/HD-sold.	0,46 III/m
2.3 Vertical :	20 m/HD-sold.	0,80 III/m
2.4 Sobrecabeza :	25 m/HD-sold.	0,64 III/m
3. Soldadura de cañería:		
3.1 Rendimiento promedio :	18" Ø/HD-sold.	0,90 III/m
3.2 Cañería de 2" Ø :	5 uniones/HD-sold.	1,60 III/m
3.3 Cañería de 6" Ø :	4 uniones/HD-sold.	0,67 III/m
3.4 Cañería de 12" Ø :	3 uniones/HD-sold.	0,44 III/m

NOMBRE ANEXO:		PLANILLA DE CÁLCULO DE REMUNERACIONES PERSONAL EN OBRA										N° ANEXO:				4	
DESCRIPCIÓN:		Se determina el costo empresa mensual y el costo por HH de cada trabajador involucrado en el Proyecto SOLDADURA ESTANQUE DE ACERO TAG 1920-EST-011.															
ITEM	COMPONENTES COSTO MENSUAL	ADMINISTRADOR DE CONTRATO	JEFE DE CALIDAD	JEFE OFICINA TÉCNICA	JEFE DE TERRENO	PREVENIONISTA DE RIESGO	ASISTENTE OFICINA TÉCNICA	TOPOGRAFO	ALARIFE	SUPERVISOR	SOLDADOR	AYUDANTE	MAESTRO PRIMERA	MAESTRO ANDAMISTA			
1	Sueldo Base	\$ 2.820.000	\$ 1.800.000	\$ 2.300.000	\$ 2.450.000	\$ 1.620.000	\$ 1.300.000	\$ 1.620.000	\$ 700.000	\$ 1.800.000	\$ 1.300.000	\$ 850.000	\$ 1.300.000	\$ 1.300.000			
2	Gratificación Legal	\$ 125.000	\$ 125.000	\$ 125.000	\$ 125.000	\$ 125.000	\$ 125.000	\$ 125.000	\$ 125.000	\$ 125.000	\$ 125.000	\$ 125.000	\$ 125.000	\$ 125.000			
3	Festivo Compensado	\$ 305.765	\$ 199.863	\$ 251.776	\$ 267.350	\$ 181.175	\$ 147.951	\$ 181.175	\$ 85.656	\$ 199.863	\$ 147.951	\$ 101.230	\$ 147.951	\$ 147.951			
4	Horas extraordinarias	\$ 22.432	\$ 14.318	\$ 18.295	\$ 19.489	\$ 12.886	\$ 10.341	\$ 12.886	\$ 5.568	\$ 14.318	\$ 10.341	\$ 6.761	\$ 10.341	\$ 10.341			
5	Sueldo Imponible	\$ 3.273.197	\$ 2.139.181	\$ 2.695.071	\$ 2.861.838	\$ 1.939.061	\$ 1.583.292	\$ 1.939.061	\$ 916.224	\$ 2.139.181	\$ 1.583.292	\$ 1.082.991	\$ 1.583.292	\$ 1.583.292			
6	A.F.P	\$ 376.418	\$ 246.006	\$ 309.933	\$ 329.111	\$ 222.992	\$ 182.079	\$ 222.992	\$ 105.366	\$ 246.006	\$ 182.079	\$ 124.544	\$ 182.079	\$ 182.079			
7	Salud	\$ 229.124	\$ 149.743	\$ 188.655	\$ 200.329	\$ 135.734	\$ 110.830	\$ 135.734	\$ 64.136	\$ 149.743	\$ 110.830	\$ 75.809	\$ 110.830	\$ 110.830			
8	Total Haberes	\$ 3.273.197	\$ 2.139.181	\$ 2.695.071	\$ 2.861.838	\$ 1.939.061	\$ 1.583.292	\$ 1.939.061	\$ 916.224	\$ 2.139.181	\$ 1.583.292	\$ 1.082.991	\$ 1.583.292	\$ 1.583.292			
9	Sueldo Líquido	\$ 2.667.655	\$ 1.743.433	\$ 2.196.483	\$ 2.332.398	\$ 1.580.335	\$ 1.290.383	\$ 1.580.335	\$ 746.722	\$ 1.743.433	\$ 1.290.383	\$ 882.638	\$ 1.290.383	\$ 1.290.383			
10	Provisión feriado legal	\$ 190.936	\$ 124.786	\$ 157.212	\$ 166.941	\$ 113.112	\$ 92.359	\$ 113.112	\$ 53.446	\$ 124.786	\$ 92.359	\$ 63.174	\$ 92.359	\$ 92.359			
11	Feriado	\$ 272.766	\$ 178.265	\$ 224.569	\$ 238.487	\$ 161.588	\$ 131.941	\$ 161.588	\$ 76.352	\$ 178.265	\$ 131.941	\$ 90.249	\$ 131.941	\$ 131.941			
12	Seguro Cesantía Aporte Empleador	\$ 98.196	\$ 64.175	\$ 80.852	\$ 85.855	\$ 58.172	\$ 47.499	\$ 58.172	\$ 27.487	\$ 64.175	\$ 47.499	\$ 32.490	\$ 47.499	\$ 47.499			
13	Mutual de Seguridad	\$ 65.464	\$ 42.784	\$ 53.901	\$ 57.237	\$ 38.781	\$ 31.666	\$ 38.781	\$ 18.324	\$ 42.784	\$ 31.666	\$ 21.660	\$ 31.666	\$ 31.666			
14	Seguro Accidentes del Trabajo y enfermedades profesionales	\$ 29.459	\$ 19.253	\$ 24.256	\$ 25.757	\$ 17.452	\$ 14.250	\$ 17.452	\$ 8.246	\$ 19.253	\$ 14.250	\$ 9.747	\$ 14.250	\$ 14.250			
15	Seguro de Invalidez y Sobrevida (SIS)	\$ 82.812	\$ 54.121	\$ 68.185	\$ 72.405	\$ 49.058	\$ 40.057	\$ 49.058	\$ 23.180	\$ 54.121	\$ 40.057	\$ 27.400	\$ 40.057	\$ 40.057			
16	EPP	\$ 153.581	\$ 153.581	\$ 153.581	\$ 153.581	\$ 153.581	\$ 153.581	\$ 153.581	\$ 153.581	\$ 153.581	\$ 153.581	\$ 153.581	\$ 153.581	\$ 153.581			
17	Alimentación	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 600.000	\$ 600.000			
18	Alojamiento	\$ 540.000	\$ 540.000	\$ 540.000	\$ 540.000	\$ 540.000	\$ 540.000	\$ 540.000	\$ 540.000	\$ 540.000	\$ 540.000	\$ 540.000	\$ 540.000	\$ 540.000			
19	Movilización	\$ 240.000	\$ 240.000	\$ 240.000	\$ 240.000	\$ 240.000	\$ 240.000	\$ 240.000	\$ 240.000	\$ 240.000	\$ 240.000	\$ 240.000	\$ 240.000	\$ 240.000			
20	Total Costo Empresa	\$ 4.940.869	\$ 3.760.397	\$ 4.339.060	\$ 4.512.659	\$ 3.562.079	\$ 3.181.735	\$ 3.562.079	\$ 2.487.339	\$ 3.760.397	\$ 3.181.735	\$ 2.660.938	\$ 3.181.735	\$ 3.181.735			
21	Costo Empresa HH	\$ 28.073	\$ 21.366	\$ 24.654	\$ 25.640	\$ 20.182	\$ 18.078	\$ 20.182	\$ 14.133	\$ 21.366	\$ 18.078	\$ 15.119	\$ 18.078	\$ 18.078			

NOMBRE ANEXO:	COTIZACIÓN INSUMOS, MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	N° ANEXO:	5
DESCRIPCIÓN:	Se realiza una cotización a proveedores disponibles en el mercado para determinar el precio de los insumos, materiales, equipos y herramientas necesarios para el cálculo de costos		

APOYO GRÁFICO	DESCRIPCIÓN	PRECIO (CLP)	PRECIO (UF) SEPTIEMBRE 2024	LINK PROVEEDOR / WEB
 ALAMBRE MIG SOLIDO ER70S-6 X 15 KILOS (SOLDADURA MIG SOLIDO ER70S-6) \$50.000 DIAMETRO 1,2 mm 15 kg 15 kg Categoría: Alambres MIG/ER70S-6	Alambre MIG ER70S-6 1,2 mm 15kg	\$ 44.538	1,18	https://soldadurashyp.cl/producto/mig-solido-er70s-6-x-15-kilos-x-1-0mm-2/
 Cilindro Mezcla MIG 10M3 \$474.664 Descripción: Cilindro Mezcla MIG 10M3 para soldadura MIG. Capacidad: 10M3. Gas: Argón 80% y Dioxido de Carbono 20%.	Galón Mezcla MIG 80% Argon - 20% Dioxido de Carbono 10m3	\$ 398.879	10,54	https://codinsa.cl/tienda/cilindros/mezcla-mig/cilindro-mezcla-mig-10-m3/
 MAQUINA DE SOLDAR KATTO MIG 500 \$3.141.600 Precio Internet \$3.492.376	Maquina de Soldar Katto MIG 500	\$ 2.640.000	69,78	https://www.kupfer.cl/maquina-de-soldar-katto-mig-500.html
 Combo Traje Cuero Soldador XL \$149.769 Descripción: Traje completo para soldador que incluye: mascarilla fotosensible, pantalón cuero, chaqueta cuero, colete cuero, gorro, polainas y guantes soldador.	EPP Soldador: Mascara fotosensible, pantalón cuero, chaqueta cuero, colete cuero, gorro, polainas y guantes soldador	\$ 125.856	3,33	https://codinsa.cl/tienda/equipos-para-soldar-cortar/combo-para-soldar/combo-traje-cuero-soldador-xl/
 Botín de Seguridad Metatarsal Maxwork \$22.992 \$43.999	Botín de seguridad Metatarsal Maxwork	\$ 27.724	0,73	https://www.maxservice.cl/botin-metatarsal-maxwork/p?idsku=1006002&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign={pmaxoncalzado}&utm_content=&utm_term=&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw7Z00BhDYARIsAFtkCjF2CfQgm8nHuIoKzTm6YN221vrfFikN-I7mGUcRjx3_QQz13RIQwaAkc_EALw_wcB
 TALADRO BASE MAGNETICA (IND-5040) \$571.417	Taladro Magnetico 1700W	\$ 571.417	15,10	https://www.climatizacion.cl/tienda/producto-details.asp?category=274&prdl=28092&gad_source=1&gclid=Ea1aQobChMI_87GtMHwHwMVFWBIAB0gJhbDEAQYAIBEGKbe_D_BwE
 Combo Equipo Oxicorte 6m3 \$589.000 + IVA	Equipo Oxicorte 6m3	\$ 589.000	15,57	https://gasex.cl/combo/en-venta/combo-equipos-oxicorte-6m3/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw7Z00BhDYARIsAFtkCjFgY_U0iKiikwGm1X8oP_ApU0nVsso5Z3WNEvkvRm46iG6g8CYlilaAkWEOALw_wcB
 Generador Gasolina CL-7000 Partida Eléctrica \$750.000 + IVA	Generador Gasolina CL-7000 Partida Eléctrica	\$ 750.000	19,83	https://gasex.cl/equipos/generadores-de-corriente/generador-gasolina-cl-7000-partida-electrica/
 ESMERIL ANGULAR 4 1/2" 1100W W 1100-125 METABO \$98.166	Esmeril Angular	\$ 82.492	2,18	https://oteroindustrial.cl/esmeril-angular-4-1-2-1100w-w1100-125-metabo.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw7Z00BhDYARIsAFtkCjCCA-vEKyNzslh193c6rkP4P8QVqsZjkFw4jKAAhvHRjko8eDAJOAaAsMfEALw_wcB

 KIT Tintas Penetrantes \$89.125 Descripción: KIT para la inspección de corrosión y grietas en estructuras de acero en ambientes corrosivos o agresivos. Este kit incluye: 1 litro de penetrante, 1 litro de revelador, 1 litro de limpiador y 1 litro de sellador. Cada litro cubre una superficie de 10 m². Este kit es ideal para la inspección de corrosión y grietas en estructuras de acero en ambientes corrosivos o agresivos. Este kit es ideal para la inspección de corrosión y grietas en estructuras de acero en ambientes corrosivos o agresivos.	KIT Tintas Penetrantes	\$ 74.895	1,98	https://codinsa.cl/tienda/repuestos-y-accesorios/otros/kit-tintas-penetrantes/
 HYUNDAI H1 \$41.520 + IVA (desde 30 días o más de entrega) Características: - Motor 2.0L 16V 150 CV - Transmisión 6 velocidades manual - Consumo: 10,5 km/l - Capacidad de carga: 1.000 kg - Año 2018 - 2019 (según configuración)	Furgon transporte	\$ 1.353.000	35,76	https://furgorent.cl
 Camioneta Minera \$14.800.000 Características: - Motor 3.0L 180 CV - Transmisión 6 velocidades manual - Consumo: 15,5 km/l - Capacidad de carga: 1.500 kg - Año 2018 - 2019 (según configuración)	Camioneta Minera	\$ 1.480.000	39,12	https://camionetasalianza.cl
 Disco de corte 4" \$1.084 Características: - Material: Acero - Diámetro: 100 mm - Grosor: 1,5 mm - Marca: BOSCH	Disco de corte 4"	\$ 1.084	0,03	https://www.sodimac.cl/articulo/110038880/Disco-de-corte-4-acer/110038887?kid=goosho_373424&shop=googleShopping&gad_source=1&gclid=EAlaQobChMlyJmp8LWhwMV_WFIAB1RaAmJEAQYASABEgK6JfD_BwE
 Disco de desbaste oxido de aluminio \$1.588 Características: - Material: Aluminio - Diámetro: 100 mm - Grosor: 1,5 mm - Marca: DEWALT	Disco de desbaste oxido de aluminio	\$ 1.588	0,04	https://www.sodimac.cl/articulo/110053993/Disco-de-desbaste-4,5-oxido-de-aluminio/110053995?kid=goosho_373424&shop=googleShopping&gad_source=1&gclid=EAlaQobChMI4tS34sLWhwMVx0NIAB1eSg0_EAQYAiABEgLRdvD_BwE
 Plan Internet Movil Entel \$22.900/mes Características: - 10 GB de datos - 100 minutos de llamadas - 100 SMS - 100 minutos de video	Plan Internet Movil Entel	\$ 19.244	0,51	https://www.entel.cl/planes/internet-movil/
 MAQUINA ESAB LHN 240i PLUS 220V (Unid) \$352.398 Características: - Motor 2.0L 16V 150 CV - Transmisión 6 velocidades manual - Consumo: 10,5 km/l - Capacidad de carga: 1.000 kg - Año 2018 - 2019 (según configuración)	Maquina de Soldar ESAB Arco	\$ 296.133	7,83	https://oxicom.cl/tienda/maquinas-y-equipos/maquinas-de-soldar/maquina-esab-lhn-240i-plus-220v-unid/
 ELECTRODO 7018-RH 1/8\" 140 A-SIG \$42.000 Características: - Material: Acero - Diámetro: 100 mm - Grosor: 1,5 mm - Marca: EPOXY	Electrodo 7018-RH 1/8" 5kg	\$ 36.546	0,97	https://www.construmart.cl/electrodo-7018-indura-1-8-5-kg/p?idsku=8869&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw2ou2BhCCARIsANAwM2GwH_kR9TtpbmG28SRtqjp dLjEjsGchIH-ZT1JIC-KmGoUk20dQsgaAtSuEALw_wcB

