

FACULTAD DE **INGENIERÍA**

Carrera de Ingeniería Civil

**PLANIFICACION Y PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA
LA FABRICACION Y MONTAJE DE UN TANQUE DE 5000 M3
PARA ALMACENAMIENTO DE ETANOL BASADO EN LA
NORMA API 650 – 2017 EN EL TERMINAL DE LIQUIDOS
TRAMARSA – PAITA 2021**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil



Autor:

Darwin Vladimir Villar Sandoval

Asesor:

Mg. Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz, MBA

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

A la memoria de mi abuela Victoria, fallecida a sus 88 años; por ser el pilar fundamental de la familia Sandoval, fruto de nobles virtudes, enseñanzas y valores que

los mantendré conmigo el resto de mi vida.

A mis padres y hermanos porque han estado conmigo en cada paso que doy.

A mi esposa Margareth, por motivarme en cada meta que me propongo.

Darwin Villar Sandoval

AGRADECIMIENTO

A Dios,

Y a la empresa Trabajos Marítimos Portuarios S.A.

INDICE

Dedicatoria.....	2
Agradecimiento.....	3
Indice.....	4
Índice de Tablas.....	6
Índice de Figuras.....	7
Resumen.....	10
Abstract.....	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Realidad Problemática.....	12
1.2 Antecedentes.....	16
1.3 Bases Teóricas.....	20
1.4 Formulación del Problema.....	56
1.5 Objetivos.....	56
1.5.1 Objetivo General.....	56
1.5.2 Objetivos Específicos.....	56
1.6 Hipótesis.....	56
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	57
2.1 Tipo de Investigación.....	57
2.1.1 Por el propósito.....	57
2.1.2 Según el diseño de investigación.....	57
2.2 Diseño de Investigación.....	57
2.3 Variable.....	59
2.3.1 Variables.....	59
2.3.2 Clasificación de Variables.....	59
2.3.3 Operacionalización de Variables.....	59
2.4 Población y Muestra (Materiales, instrumento y métodos).....	62
2.4.1 Población.....	62
2.4.2 Muestra.....	62
2.4.2.1 Tamaño de la Muestra.....	62
2.4.3 Materiales.....	62
2.5 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	63

2.5.1 Técnica de recolección de datos.....	63
2.5.2 Instrumento de recolección de datos.....	63
2.5.3 Análisis de Datos.....	64
2.6 Procedimientos.....	65
2.7 Desarrollo.....	98
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	103
CAPITULO IV: DISCUSION DE RESULTADOS.....	119
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	124
REFERENCIAS.....	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales para la Fabricación de Tanques de Almacenamiento	29
Tabla 2. Tipos de electrodos	39
Tabla 3: Tabla de diseño de investigación.	57
Tabla 4: Clasificación de Variables	58
Tabla 5: Operacionalización de Variables.	60
Tabla 6: Recolección de datos	63
Tabla 7: Dimensiones del tanque	65
Tabla 8: Peso (kg) anillos del tanque.	65
Tabla 9: Estudio Mecánica de suelos.	67
Tabla 10: Especificaciones de pintura.	96
Tabla 11: Matriz de Consistencia	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tanque empernado	26
Figura 2. Tanque soldado	27
Figura 3. Tanque cilíndrico	27
Figura 4. Tanque esférico.	28
Figura 5. Tanque remachado.	29
Figura 6. Cimentación de tierra	33
Figura 7. Anillo de concreto	34
Figura 8. Losa de cimentación	35
Figura 9. Símbolo de soldadura.	41
Figura 10. Soldadura horizontal	42
Figura 11. Soldadura a tope	42
Figura 12. Soldadura de filete.	43
Figura 13. Cuadro sinóptico	65
Figura 14. Diseño en Software	69
Figura 15. Excavación	70
Figura 16. Compactación	70
Figura 17. Armado de acero	71
Figura 18. Enconfrado	72
Figura 19. Colocación de perno de anclaje	73
Figura 20. Vaciado de concreto	74
Figura 21. Probetas de concreto	75
Figura 22. Desencofrado	75
Figura 23. Colocación de geomembrana	76
Figura 24. Caja sumidero	77
Figura 25. Colocación de relleno	77
Figura 26. Colocación de asfalto	78
Figura 27. Planchas de fondo	79

Figura 28. Colocación de tecles mecánicos	80
Figura 29. Montaje del sexto anillo	81
Figura 30. Montaje del quinto anillo	82
Figura 31. Montaje del cuarto anillo	83
Figura 32. Montaje del tercer anillo	84
Figura 33. Montaje del segundo anillo	85
Figura 34. Montaje del primer anillo	86
Figura 35. Montaje de techo	87
Figura 36. Soldeo de fondo	88
Figura 37. Olla sumidero	89
Figura 38. Colocación de manhole	90
Figura 39. Soldeo de escaleras	91
Figura 40. Colocación de barandas	92
Figura 41. Soldeo de silletas	93
Figura 42. Inspección visual de soldadura	93
Figura 43. Inspección por tintes penetrantes	94
Figura 44. Prueba de hermeticidad	94
Figura 45. Prueba de diésel en caliente	95
Figura 46. Ultrasonido	95
Figura 47. Prueba hidrostática	96
Figura 48. Pintado	98
Figura 49. Cronograma de Obras Civiles	103
Figura 50. Cronograma de Obras Metalmeccanica	104
Figura 51. Curva S Obras Civiles – Semana 1	107
Figura 52. Curva S Obras Civiles – Semana 2	107
Figura 53. Curva S Obras Civiles – Semana 3	108
Figura 54. Curva S Obras Civiles – Semana 4	108
Figura 55. Curva S Obras Civiles – Semana 5	109

Figura 56. Curva S Obras Civiles – Semana 6	109
Figura 57. Curva S Obras Civiles – Semana 7	110
Figura 58. Curva S Obras Civiles – Semana 8	110
Figura 59. Curva S Obras Civiles – Semana 9	111
Figura 60. Curva S Obras Civiles – Semana 10	111
Figura 61. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 1	112
Figura 62. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 2	112
Figura 63. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 3	113
Figura 64. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 4	113
Figura 65. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 5	114
Figura 66. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 6	114
Figura 67. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 7	115
Figura 68. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 8	115
Figura 69. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 9	116
Figura 70. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 10	116
Figura 71. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 11	117
Figura 72. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 12	117

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la ciudad de Paita – Piura específicamente en el Terminal de Líquidos Terrestre de la empresa Tramarsa, en donde se realizó la planificación y procedimiento constructivo para la fabricación y montaje de un Tanque de 5000m³ basado en la Norma API 650. Para la realización de la tesis se utilizó un diseño no experimental, transversal y descriptivo, la recolección de datos se realizó con la técnica de la observación y la revisión documental, el instrumento utilizado fueron los registros de calidad, control de avance, y para analizar los datos se empleó el software MsProject. El terminal de Líquidos de Tramarsa en busca de mejorar sus volúmenes de almacenamiento de etanol optó por la construcción de un tercer tanque de misma capacidad que los existentes.

La planificación y procedimiento constructivo del tanque de 5000m³ con el uso de nuevas tecnologías, equipos, herramientas y maniobras de calidad no permitió la reducción en el tiempo de construcción debido a los retrasos que fueron ocasionados por las paralizaciones dadas durante la declaratoria de emergencia sanitaria por el Covid 19.

Finalmente, se realizó la planificación y procedimiento constructivo para la fabricación y montaje de 01 Tanque de 5000m³ en un total de 225 días calendario según el cronograma cumpliendo los estándares de calidad.

Palabras Clave: Planificación, Proceso constructivo, Tanque, Norma API 650.

ABSTRACT

This present work was carried out in the city of Paita - Piura specifically in the Terminal de Liquidos Terrestre of the Tramarsa company, where the planning and construction procedure for the manufacture and assembly of a 5000m³ Tank based on the API 650 standard was carried out. To carry out the thesis, a non-experimental, cross-sectional and descriptive design was used, data collection was carried out with the technique of observation and documentary review, the instrument used was quality records, progress control, and to analyze the data was used using the MsProject software.

In seeking to improve its ethanol storage volumes, the Terminal de Liquidos Terrestre of Tramarsa opted for the construction of a third tank with the same capacity as the existing ones.

The planning and construction procedure of the 5000m³ tank with the use of new technologies, equipment, tools and quality maneuvers did not allow the reduction in construction time due to the delays that were caused by the stoppages given during the declaration of sanitary emergency by Covid 19.

Finally, the planning and construction procedure was carried out for the manufacture and assembly of 01 Tank of 5000m³ in a total of 225 calendar days according to the schedule, complying with quality standards.

Keywords: Planning, Construction process, Tank, API 650 Standard.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El desplome sin precedentes en la demanda de petróleo y sus derivados está generando situaciones singulares que, probablemente, pasarán a formar parte de la historia de este mercado. Más allá del colapso de los precios, parece que en la industria existe un miedo muy justificado a que los tanques que almacenan el crudo se llenen hasta los topes. Esto obligaría a muchas empresas estimar en cuánto espacio hay en el mundo para almacenar petróleo y sus derivados, cuánto está en estos momentos ya ocupado y cuándo se llegará al límite. (Fuente: Agencia Internacional de Energía y Citigroup).

En Ecuador, Jibaja (2006) pretende dar a conocer la importancia de la construcción de tanques para el almacenamiento de petróleo y sus derivados, recordemos que las necesidades de los tanques se justifican por qué:

- Actúan como un pulmón entre producción y transporte para controlar las variaciones de consumo.
- Es un elemento básico para la exportación de petróleo que genera espacios temporales.
- Brindan flexibilidad operativa a las refinerías.

En Guatemala, Filippi (2012) sostiene que en la industria petroquímica se requiere construir cimentaciones que sustenten grandes tanques de almacenamiento los cuales contienen diferentes tipos de líquidos. Estos tanques son de forma cilíndrica y pueden ser de diferentes tamaños y capacidades. Siendo una de las estructuras más importantes que se construyen en el sector industrial. Los recipientes son destinados al almacenamiento de agua, petróleo, combustible y derivados.

En Ecuador, Enriquez y Salvador (2014) indican que el continuo desarrollo en la economía del país, el crecimiento de la industria petrolera estatal, así como la privada, aumenta la necesidad de expandir el parque automotor a diésel y gasolina dentro de dichas industrias para diversas necesidades. Para realizar el planteamiento del problema se ha tomado en cuenta la necesidad de almacenar y transportar líquidos como el crudo, diésel o gasolina, los cuales son transportados diariamente por las industrias petroleras, para lo cual se plantea diseñar tanques de almacenamiento y transporte para crudo.

En México, Martínez (2016) sostiene que, debido al crecimiento de las empresas, sustentabilidad de las mismas y falta de espacio en alguna de ellas, donde una cisterna de concreto armado no es una solución viable para el almacenaje de agua, se propone el diseño y construcción de un tanque de almacenamiento para agua tratada, siendo una opción por su versatilidad en el ahorro de espacio y consideración de otros tanques.

A pesar que su costo es mayor que el de tanques cilíndricos verticales, su costo de fabricación es menor ya que muchas de sus partes pueden ser desarrolladas y armadas en planta reduciendo así problemas de armado de campo y tiempo de entrega del proyecto, así como mayor aprovechamiento de espacio.

En Huancayo, Angel (2018) indica que, al emplear el procedimiento actual de construcción de tanques, se presenta un inconveniente con los tiempos de entrega, que se van desfasando mientras se desarrolla las actividades de construcción, esto debido a que se viene empleando un procedimiento antiguo, en el cual se emplean procesos, maniobras y equipos, y esto a su vez genera un incremento de gastos dentro del proceso de la construcción. Dentro de estas pérdidas también consideramos el número de trabajadores empleados para cada trabajo de construcción de tanques que

varía de acuerdo a las dimensiones y complejidad del tanque, consideramos también el tipo de maniobra y elementos de izaje que se va a emplear todo ello en función a las dimensiones del tanque que se va a trabajar, es por ello que se realiza las mejoras basadas en la Norma API 650.

Nuevamente en Huancayo, Orihuela (2017) sostiene que en los últimos años la escasez del agua viene siendo un tema de suma importancia para la población mundial, y muchas partes de nuestro país no son ajenos a dicho problema. Es así que como respuesta a ello surgen diferentes necesidades como almacenamiento, abastecimiento, tratamiento y conducción del agua. Entonces surge la necesidad de almacenamiento y abastecimiento de agua potable hace que se prioricen obras civiles como tanques elevados, tanques superficiales o reservorios apoyados y tanques enterrados o cisterna, que son estructuras indispensables para dotar de agua a una población determinada con el fin de satisfacer sus necesidades domésticas, comerciales, industriales, etc.

En el Callo, Rios (2018) comenta que en la refinería la PAMPILLA, REPSOL PERÚ, se tienen al menos 106 tanques de almacenamiento incluidos dentro de las líneas de procesos, recepción o almacenamiento de crudo, material refinado o gas. El área dedicada al movimiento de producto dentro de la refinería es la de MODEPRO (MOVIMIENTO DE PRODUCTO) y son quienes solicitan el mantenimiento preventivo o correctivo, así mismo construcción de nuevos tanques para almacenamiento.

El problema radica en la falta de un plan de gestión e ingeniería, recursos y ejecución de actividades para el mantenimiento o construcción de tanques.

En Trujillo, Saldaña (2020) indica que, en La Libertad, las empresas como Casa Grande S.A.A, Cartavio S.A.A, Trupal S.A, Laredo S.A.A, etc. requieren tanques de

almacenamiento de agua con techo cónico auto-soportado y soportados por estructuras; para lo cual se necesitan programas aplicativos que puedan calcular y diseñar estos tanques, de modo que el cliente pueda tener diferentes opciones para diseñar según su necesidad.

Las empresas que brindan servicios de diseño y fabricación en el rubro metalmecánico encuentran la necesidad de contar con herramientas computacionales que puedan dotarles de capacidad tecnológica para analizar problemas y dar soluciones óptimas con rapidez de modo que puedan satisfacer las exigencias de calidad y tiempo de entrega de los clientes.

En Piura, Fajardo (2015) indica que La modernización de la Refinería Talara necesita elevar su capacidad de refinación de 65,000 a 95,000 barriles diarios. Este incremento estará sustentado por la construcción de nuevas plantas de proceso y almacenamiento, unidades de procesos que producirán combustibles más limpios y con mayor valor agregado. Cabe anotar que la nueva Refinería Talara seguirá la tendencia que siguen las refinerías modernas de elaborar combustibles con mayor valor agregado y mayores precios de venta en el mercado internacional.

Y finalmente (Tramarsa, 2020), El Terminal de Líquidos Terrestre de TRAMARSA ubicado en Paita - Piura necesita aumentar su capacidad de almacenamiento de etanol, actualmente cuenta con 02 tanques de almacenamiento de 5000m³ c/u.

En las instalaciones del TLT, el área del cubeto esta dimensionado para 4 tanques en total, por lo cual se construirá un 3er tanque de la misma capacidad basado en la norma API 650 y así poder aumentar el volumen de almacenamiento global.

1.2. Antecedentes

“Estudio para el diseño y construcción de tanques de almacenamiento”

(Jibaja, 2006), indica que la aplicación correcta de los cálculos que la norma API 650 establece en la sección 2 de su adendum, son esenciales para garantizar una larga vida útil al tanque ya que determinan el espesor de las láminas de cada parte del tanque: fondo, cuerpo, techo ciñéndose al sobre dimensionamiento estándar de los materiales. (p.127).

Es importante exigir a cualquier fabricante el Dossier de fabricación que incluye además de los materiales utilizados en la obra, los planos definitivos al término del montaje. (p.3)

Es importante un trabajo de planificación de contingencias inicial que garantice un procedimiento adecuado en caso de presentarse riesgos en la elaboración del tanque. (p.127).

El presente trabajo pretende generar una guía, que permita entender el procedimiento correcto para la construcción de tanques de almacenamiento a presiones atmosféricas o bajas presiones y de tamaños relativamente grandes, utilizando reglas de construcción y diseño que están basadas en la norma API 650.

“Diseño y construcción de un tanque para almacenar 2000 toneladas de aceite de palma basado en la norma API-650-2007”

(Jiménez, 2009). Indica que si se siguen las recomendaciones de un estándar se tiene que tener en cuenta su fecha de edición, ya que, todas las normas que son referenciadas cuya fecha de edición sea posterior a la fecha de edición del estándar guía puede producir errores y desorientar al usuario del estándar (p.218)

Para los cálculos de los elementos estructurales del tanque existen muchos mecanismos y programas muy útiles, sin embargo, el uso de una hoja electrónica permite también un

diseño fiable siempre y cuando se sigan las recomendaciones de un estándar, en este caso, API-650. (p.217)

El desarrollo de un procedimiento de soldadura requiere estar familiarizado con el estándar ASME IX para poder establecer el verdadero alcance del ensayo realizado para calificar los procedimientos y personal (p.217).

El resultado de esta tesis es establecer una metodología de construcción de elementos y piezas constitutivas, determinada en cálculos basados en la norma API-650, incluyendo costos relativos de equipos, materiales y mano de obra concernientes al proyecto para facilitar la realización de presupuesto en esta obra y obras similares.

“Proceso constructivo del anillo de cimentación, para tanques de almacenamiento de hidrocarburos”

(Filippi, 2012), determinó que el cimiento debe estar asentado en terreno firme, esto quiere decir que no se debe cimentar sobre suelos con excesiva materia orgánica (residuos de plantas o animales), desmonte o relleno, ya que a su vez no soportará el peso del muro de contención o el empuje del terreno, por lo tanto, eso implicaría que, si no está el suelo adecuadamente compactado, la falla sería directamente en la estructura causando grietas y hundimientos descontrolados. (p.63)

La presente tesis de aporta una guía práctica para el proceso constructivo de una cimentación para tanques de almacenamiento de hidrocarburos, basados en las normas API 650, así como también una breve descripción de los diferentes tipos de tanques utilizados y los análisis previos a realizar en el tipo de suelo en donde se efectuará la construcción de un elemento de este tipo.

“Diseño y construcción de un tanque para crudo de 13000 litros, con chasis”

(Enríquez y Salvador, 2014) indican que la alternativa seleccionada para la construcción del tanque cumple satisfactoriamente con los requerimientos del mercado y se ha obtenido un tanque que se rige a las normas y estándares tanto nacionales como internacionales, de construcción, manejo y seguridad, existentes en la actualidad. (p.147)

Se realizó un esquema ordenado y comprensivo para la construcción de tanques de este tipo, en el cual se detalla un análisis completo de los materiales, herramientas y procesos que se utilizaron en el desarrollo del proyecto, mediante el cual se optimizó el tiempo de construcción del mismo. (p.148)

Se obtuvo resultados favorables mediante la simulación en SOLIDWORKS, la cual permitió un análisis completo de los materiales y las fuerzas a las que estos iban a ser sometidos cuando se encuentren en servicio (p.149)

Este estudio elabora el diseño del auto-tanque regido por normas nacionales y extranjeras las cuales aportan una importante información al momento de elegir la opción del material que mejor soporte el trabajo al cual va a ser sometido la estructura.

“Planificación y programación para la construcción de tres tanques metálicos para almacenamiento de hidrocarburos en la refinería de Petroperú - Talara”

(Fajardo, 2015), determinó que la planificación y programación del proyecto “Fabricación, montaje e interconexión de tres tanques de 120 MB c/u” no se ajusta a la realidad de su desarrollo, por ello se estudió una nueva planificación y programación referida a la construcción de 01 Tanque, la que se puede tomar como base el desarrollo de obras similares dado que el proceso constructivo es el mismo.

Se hizo el seguimiento del proceso constructivo de la parte civil del proyecto “Fabricación Montaje e Interconexión de 03 Tanques de 120MB c/u”, basándonos en el cumplimiento

de los sistemas de gestión de calidad, tras el empleo de herramientas tales como procedimientos, protocolos, ensayos, normas técnicas, entre otros, con la finalidad de mejorar progresivamente la experiencia para el desarrollo de un mejor producto de obras similares (p.88)

En esta tesis se analizó el proceso constructivo para 01 tanque para obtener ratios de productividad base para mejorar los principios de constructibilidad necesarios para un nuevo planteamiento de un diagrama de Gantt, el que se espera servirá como base para el desarrollo de la planificación y programación de obras similares.

“Mejoramiento del procedimiento de construcción de tanques de acero para reducir los costos de construcción en la empresa S. Lagos”

(Ángel, 2018) Se ha determinado que no se requiere de una inversión muy grande para mejorar los procesos constructivos y de fabricación, sino solo un análisis de cada proceso, ver las deficiencias que se tiene en cada etapa, adaptarlo a las necesidades y combinarlo con el uso de herramientas y equipos optimizando el tiempo de producción. (p.92)

Y finalmente, que la utilización de un proceso de soldadura MIG-MAG, GMAW es más eficiente frente al proceso SMAW, debido al aporte de material continuo que deposita, a comparación del SMAW. Realizando un cordón más limpio, que no representa necesidad de limpieza mecánica, frente a una soldadura con proceso (p.94)

El presente trabajo de tesis aporta una guía para mejorar y elaborar un proceso constructivo moderno de bajo costo y rendimiento en cada etapa desarrollando eficientemente cada proceso en base a las normas constructivas indicadas en las normas API 650.

1.3.Bases Teóricas

1.3.1 PLANIFICACION DE PROYECTOS

- La construcción de proyectos de infraestructura tiene la singular particularidad de involucrar distintas empresas subcontratadas, con las cuales se tiene que manejar una buena comunicación. En las dos vías se sincroniza de la mejor manera, ya que cada persona tiene diferentes perspectivas, formas y gustos de ver las cosas. Es también importante que los tiempos se manejen bien entre todos los involucrados en el proyecto de construcción, ya que muchos subcontratistas dependen de que se termine el trabajo de otros para empezar a trabajar. Por ello debe existir un incumplimiento con las fechas de entrega se pueda provocar un atraso en la entrega del proyecto.
- Por esta y otras razones se debe tener una persona que se encargue de sincronizar a todos los subcontratistas y de especificarle a cada uno lo requerido y lo esperado de ellos. Así de cómo deben hacer los trabajos para no tener problemas en la ejecución del proyecto. Los materiales que se usan en la construcción son insumos que se tienen que tomar en cuenta en la planificación, ya que estos son esenciales para trabajar. Se debe programar para que estén en obra cuando se necesiten en las cantidades necesarias. Para esto se deben de medir los tiempos de pedidos, fabricación y traslado de los materiales e insumos a la obra para saber en qué fecha se deben solicitar al proveedor. Además, se debe mantener un inventario completo de los materiales que existen en obra y compararlo con las cantidades pendientes de pedir.
- Estos controles son importantes llevarlos al día para no acumular trabajos e información que posteriormente detenga la ejecución. Se tiene que tener en cuenta que hay materiales que se fabrican cuando se realiza el pedido o que pueden ser

- importados. Esto puede perjudicar a la obra si no se compran con anticipación, ya que no estarían cuando se necesitan instalar. Es importante estar enterado de todas las variaciones en los precios de los materiales, para saber cuándo se debe comprar algún material, que esté en riesgo de sufrir un alza significativa de precio en el mercado, ya que esto perjudicaría directamente el presupuesto del proyecto.
- Los planes deberán ser expresados de forma que sean entendidos por todo el personal de la empresa en términos nominales, cuantitativos y gráficos. La planificación es el sistema más eficaz para comparar la realidad alcanzada, con la estimada anteriormente. Si es necesario, se emiten acciones para corregir, según las expectativas de la empresa.
 - Dentro del proceso de planificación existen tres tipos diferenciados de acciones:
 - Planificación estratégica
 - Fija la misión, visión, valores, estrategia y políticas de la organización en general.
 - Planificación táctica
 - Incluye la ejecución del plan estratégico, la fijación de objetivos específicos para cada área, para cada unidad y cada empleado. Los pasos necesarios para cumplir o exceder los objetivos, la creación de un calendario de control, el desarrollo de un presupuesto y la evaluación del rendimiento.
 - Planificación operativa
 - Implica decidir sobre cómo se utilizarán los recursos financieros, humanos y materiales. Esto para garantizar la entrega de los servicios con la mayor eficiencia posible. Es importante por tres motivos:

- Traduce el futuro a presente, al ofrecer un mapa detallado de cómo llegar de un punto a otro del proceso.
- Permite clarificar que es lo que hay que hacer y en algunos casos como debe hacerse.
- Permite clarificar las prioridades organizativas de la unidad de trabajo, por medio del establecimiento de calendarios y puntos de referencia.

1.3.2 EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE OBRA

- Se define Proceso Constructivo al conjunto de fases, sucesivas o solapadas en el tiempo, necesarias para la materialización de un edificio o de una infraestructura. Si bien el proceso constructivo es singular para cada una de las obras que se pueda concebir, si existen algunos pasos comunes que siempre se deben realizar.
- El paso previo al proceso constructivo consiste en asignar la obra a un constructor o a un grupo de personas, una comunidad, por ejemplo, estableciendo todos los documentos necesarios para que durante el proceso constructivo no surjan dudas respecto a las calidades, los plazos o las condiciones administrativas. Es preciso destacar que la actividad de la construcción es, con frecuencia, una fuente de conflictos entre los diferentes agentes que intervienen y que, por tanto, es necesario plasmar por escrito cualquier relación contractual que tenga lugar durante este proceso. Este hecho se refleja en el que, en uno de los primeros códigos de leyes escritas de la historia de la humanidad, el código de Hammurabi creado en el 1692 a.C., ya se contemplaban una serie de castigos muy severos aplicables al constructor de una casa, que, por sus vicios de construcción, se derrumbara o tuviera otro tipo de problemas.

- Los Procedimientos de construcción constituyen los distintos procesos, sistemas y métodos disponibles para hacer realidad una obra siguiendo para ello un conjunto ordenado de reglas o prácticas constructivas basadas en la experiencia y en los conocimientos técnicos y científicos disponibles en ese momento, todo ello para conseguir construcciones útiles, seguras, económicas, estéticas, medioambientalmente aceptables y, a ser posible, perdurables en el tiempo.
- Si la obra es de pequeña entidad y va a ser realizada directamente por los beneficiarios o por la ONG, puede iniciarse la construcción una vez que el proyecto constructivo está acabado. Sin embargo, en caso de que la obra vaya a ser adjudicada a una empresa constructora, es habitual lanzar un concurso, o petición de ofertas, abierto a empresas constructoras o restringido a un grupo previamente seleccionado. Generalmente, la legislación nacional de cada país establecerá cuando la petición debe ser privada o pública ya sea a nivel local, regional o nacional, en función de la naturaleza de la obra y de su montante económico. Una vez estudiadas las diferentes ofertas realizadas por las empresas constructoras, la obra se adjudica a la oferta que presenta una mejor combinación de características técnicas y económicas.

1.3.3 TANQUES

- Los tanques de almacenamiento son la principal manera de almacenar cantidades grandes de productos líquidos, fluidos y gaseosos. Algunos de estos productos pueden ser inestables, corrosivos e inflamables haciendo necesario que se tomen precauciones especiales para su almacenamiento y uso.
- Los tanques de almacenamiento atmosféricos usados para almacenar líquidos son ampliamente utilizados en la industria, principalmente en las refinerías por requerimiento de proceso de almacenamiento temporal de los productos.

- Debido a su tamaño usualmente son diseñados para contener el líquido a una presión ligeramente mayor que la atmosférica. Las normas empleadas por la industria petrolera son originadas en el American Petroleum Institute A.P.I., utilizándose principalmente el código API
- Se definen como objetos generalmente metálicos capaces de almacenar fluidos eficientemente. Dependiendo del diseño y la construcción de estos, sus características físicas y químicas de los hidrocarburos por almacenar se clasifican de la siguiente manera:
 - o Por su construcción: empernados y soldados
 - o Por su forma: cilíndricos y esféricos
- El objetivo de un almacenamiento satisfactorio es asegurarse que los productos se puedan conservar de una manera práctica, económica y ambientalmente segura.
- El diseño y fabricación de tanques de almacenamiento para el petróleo, algunos derivados de petróleo y otros líquidos están normados bajo el estándar API 650. En él se establecen los requisitos mínimos de diseño, fabricación, materiales y montaje.
- El API 650 cubre también con la seguridad adecuada y económicamente razonable para la construcción de este tipo de tanques de almacenamiento, así como las pruebas para tanques cilíndricos verticales situados por encima del suelo, techados o abiertos para los diferentes tamaños y capacidades.
- Este estándar se basa en la experiencia adquirida por fabricantes y compradores de tanques de almacenamiento. Esta norma no se basa en los tamaños, tampoco cubre los tanques que se rigen en zonas sujetas a regulaciones más estrictas que las que se incluyen en la norma API 650.

- Esta norma está destinada a ayudar a los compradores y fabricantes que basan sus pedidos en el tamaño del tanque para suplir sus necesidades. El estándar API 650 se enfoca en tanques que son sometidos a una presión atmosférica. (Paja, 2018).

1.3.3.1 Historia de los Tanques de almacenamiento

- Durante el nacimiento de la Industria Petrolera, se presenta una primera etapa en la que el crudo extraído de los yacimientos era almacenado en depósitos tipo piscina, que presentaron problemas como: evaporación de productos livianos, contaminación del crudo por agua y elementos sólidos, y los eminentes peligros de incendios.
- Esto llevó a la modernización de los sistemas de almacenamiento, que en una segunda etapa, fue dominada por la utilización de la madera como elemento base para la construcción de recipientes almacenadores (tanques).
- La construcción de este tipo de tanques no presentó problemas mayores por la facilidad de manipulación de este elemento con herramientas simples.
- Pero al igual que la primera etapa del almacenamiento, tuvo problemas, en menor intensidad pero que se reflejaban en las ventas del producto, este problema se originó porque la madera no daba una hermeticidad total al tanque y se producían fugas por las uniones de las placas de madera, así como la evaporación de productos más volátiles y esto a su vez generaba la posibilidad de incendios.
- Mientras la Industria Petrolera buscaba la solución a estos problemas en el almacenamiento, paralelamente la Industria Metalúrgica comenzó sus pasos con la industrialización del acero creando las láminas de este material en diferentes formas y tamaños, naciendo así una tercera etapa, que controla la construcción de tanques de almacenamiento para la Industria del Petróleo, estas láminas fueron utilizadas para la construcción de tanques de almacenamiento de petróleo.

- En un inicio estas láminas eran unidas con pernos lo que no solucionaba el problema de las fugas, ya que por las propiedades que presenta el petróleo con el pasar del tiempo se vencía la hermeticidad impuesta por la unión con pernos entre lámina y lámina lo que llevo a la utilización de los sistemas de soldadura como una solución técnica, que si daba la hermeticidad total a los tanques. (Becerra, 2019)

1.3.3.2 Tipos de Tanques

1. Tanques Empernados

- Son construidos para patios de tanques de pequeña capacidad o plantas de producción cuya operación se estima sea temporal, siendo su erección o desmantelamiento fácil al no requerir personal especializado.



Figura 1. Tanque empernado

2. Tanques soldados

- Son tanques construidos generalmente para capacidades mayores a los 3000 barriles. Para su construcción en el campo es necesario contar con personal especializado para los trabajos de soldadura. Tienen la ventaja respecto a los empernados que las juntas de unión de las planchas son permanentes evitando así

las fugas que regularmente se presentan después de un tiempo de servicio en los tanques empernados.



Figura 2. Tanque soldado

3. Tanques cilíndricos

- Básicamente son tanques utilizados para el almacenaje de productos como el petróleo que se recolecta a presiones cercanas a la presión atmosférica (1atm = 14,69 PSI).



Figura 3. Tanque cilíndrico

4. Tanques esféricos

- Este tipo de tanques en forma de una esfera gigante se usan para almacenar productos ligeros como la gasolina, el gas propano, el gas butano etc. Su forma facilita el soporte de presiones mayores a los 25 psi.



Figura 4. Tanque esférico.

5. Tanques Remachados

- Son tanques de acero muy grandes que se utilizan para el almacenamiento de petróleo en las concesiones y patios de tanques, usualmente están contruidos con placas de acero montadas en el campo.
- Los anillos horizontales están remachados unos con otros es decir uno arriba del otro, las placas de techo y fondo también son remachadas.
- Su capacidad de almacenamiento varía de 240 a 134000 Bls. Siguiendo las normas API.
- Los techos cónicos bajos usados en estos tanques tienen un declive de 19 milímetros en cada 30 centímetros y están soportados por columnas de acero

estructural. Este tipo de tanques en el país solo se los encuentra en las instalaciones antiguas. (Lopez & Quispe, 2019).



Figura 5. Tanque remachado.

1.3.3.3 Materiales de Fabricación

- Los materiales usados en la construcción de tanques deberán estar conformes según las especificaciones indicadas en la norma API-650. Se debe usar los materiales indicados en el código API-650; se puede usar materiales que no estén listados o identificados, siempre y cuando pasen las pruebas establecidas en el APÉNDICE N
- Cuando las condiciones justifiquen el uso de mejores materiales se utilizará cualquier material, indicados en la tabla N° 01, quedando sujeto a modificaciones indicadas en la norma de referencia. (Ticona, 2016).

ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL	GRADO	MÁXIMO ESPESOR DE PLACA	
		mm	pulg.
ASTM A36 / A-36M	-----	40	1 1/2
ASTM A131 / A 131M	A	12.5	01-feb
	B	25	1
	CS	40	1 1/2
	EH	45	1 3/4
ASTM A283 / A 283M	C	25	1

ASTM A285 / A 285M	C	25	1
ASTM A516 / A 516M	55 (380) 60 (415) 65 (450) 70 (485)	40	1 1/2
ASTM A537 / A 537M	1 2	45	1 3/4
ASTM A573 / A 573M	58 (400) 65(450) 70(485)	40	1 1/2
ASTM A633 / A 633M	C D	45	1 3/4
ASTM A662 / A 662M	B C	40	1 1/2
ASTM A678 / A 678M	A	40	1 1/2
	B	45	1 3/4
ASTM A737 / A 737M	B	40	1 1/2
ASTM A841 / A 841M	A CLASE 1	40	1 1/2
	B CLASE 2		

Tabla 01 - Materiales para la Fabricación de Tanques de Almacenamiento
Fuente: Referencia Norma API-650

1.3.4 CIMENTACIÓN

- Cuando se habla de cimientos para tanques existen muchos diseños satisfactorios, pero son posibles cuando se utiliza un juicio de ingeniería de sonido utilizada en su desarrollo. Se hace mención de tres diseños en base a su satisfactorio rendimiento a largo plazo.

1.3.4.1 Diseño

- El diseño de la cimentación debe de ser la más adecuada de acuerdo al tipo de tanque, capacidad económica y ubicación en donde que se vaya a construir.
- Para un tanque pequeño la cimentación puede consistir de piedra machacada, compactada, proyecciones de grava fina.

1.3.4.2 Cargas

1) Cargas Muertas

- Es la carga propia de la estructura de sus materiales, equipos y otros elementos pertenecientes a la estructura se determina mediante el análisis o el uso de datos

proporcionados en los diseños o en los catálogos de los fabricantes. Concluyen los especialistas del Reglamento Nacional de Edificaciones en su Norma E020.

2) Cargas Vivas

- Es la carga proveniente de las personas, objetos, materiales o equipos que estén en movimiento o estén en funcionamiento. Concluyen los especialistas del Reglamento Nacional de Edificaciones en su Norma E020,

3) Cargas Hidrostáticas

- Los fluidos transmiten cargas de compresión pura la cual ejerce una fuerza a la cual se le denomina presión y como es un fluido se le llama presión hidrostática. Estas presiones o cargas varían con altura y el peso específico de los fluidos. (Contreras & Guadaña, 2018).

1.3.4.3 Cimentación de tierra

- Cuando una evaluación técnica realizada al subsuelo certifica que el suelo es capaz de soportar las cargas que se le aplicaran, entonces es aceptable una cimentación de tierra. Una cimentación de tierra debe cumplir el rendimiento al igual que lo haría una cimentación en concreto.
- La cimentación de tierra debe cumplir con lo siguiente:
 - o Proporcionar un plano estable de apoyo para el tanque
 - o Proveer un drenaje adecuado
 - o No asentarse excesivamente en el perímetro debido al peso de la pared del deposito

1.3.4.4 Anillo de concreto

- Cuando se habla de grandes depósitos, o cuando no se tiene la certeza de que el subsuelo sea capaz de soportar el tanque se puede realizar una cimentación de anillo de concreto, o una similar utilizando piedra triturada.
- Ventajas de un anillo de concreto:

- Proporciona una mejor distribución de la carga concentrada.
 - Conserva su contorno durante la construcción del tanque.
 - Evita la pérdida del material de fondo reteniéndolo y evitando la erosión.
 - Es capaz de retener la humedad si se sella adecuadamente.
- Una desventaja de la cimentación de concreto es que esta no se puede ajustar al asentamiento que se dará en el fondo del tanque, esto generara esfuerzos mayores de flexión en las placas que están adyacentes al anillo. Para evitar este tipo de situaciones es necesario instalar el relleno interior y compactarlo correctamente para que el asentamiento no sea excesivo y se corra el riesgo de una falla local.

1.3.4.5 Losa de cimentación

- Cuando se utilizan tanques pequeños q no sobre pasen los 30 pies de diámetro, también es posible colocar una losa de cimentación que a menudo será más económica que construir un anillo de cimentación; Quizá sea necesario utilizar pilotes debajo de la losa como soporte adecuado para el tanque.
- Las especificaciones adecuadas y requisitos de refuerzo de construcción para una losa están descritos en el ACI 318.

1.3.4.6 Forma

- De acuerdo al tipo de diseño que se haya establecido para realizarse, así será la forma que la cimentación tenga, se ejemplifica el esquema de los diseños previamente presentados:

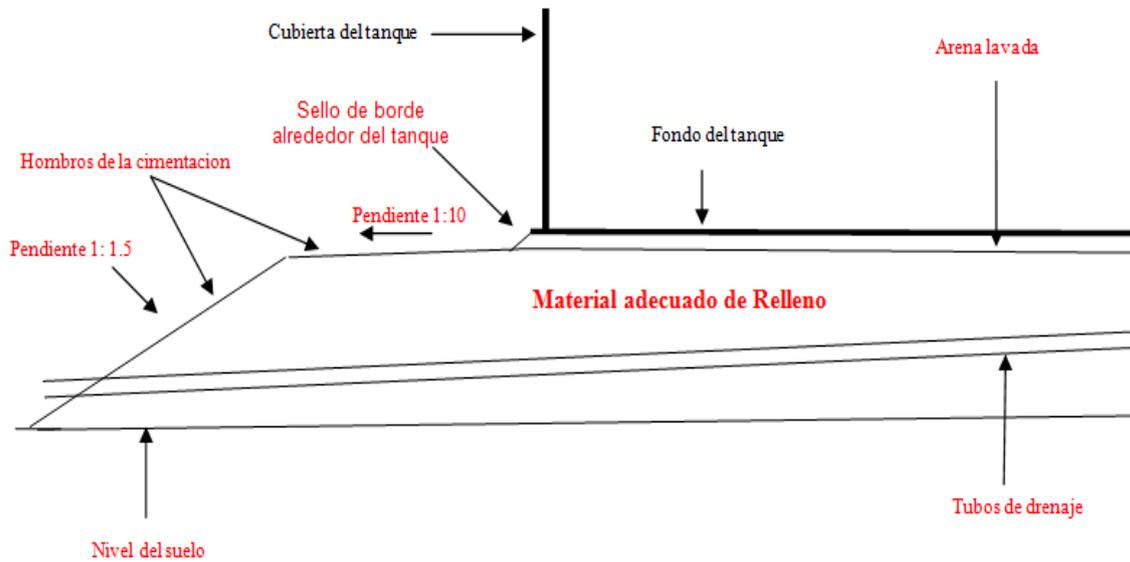


Figura 6. Cimentación de tierra

- En la figura 6 se puede observar las partes en las que se conforma la cimentación hecha a base de tierra, así como su forma geométrica. Se ve claramente como el drenaje pasa a través del relleno de base y como no hay ningún elemento que contenga material, dejando que actúe solo la fuerza de cohesión entre sus partículas para que mantenga su forma.
- A diferencia de esta cimentación, en un anillo de concreto, el cual es una especie de muro en el cual descansa el perímetro del tanque, el relleno para el fondo del mismo tiene una mejor retención. Este muro descansa sobre una zapata también de concreto como se observa en la figura 7.

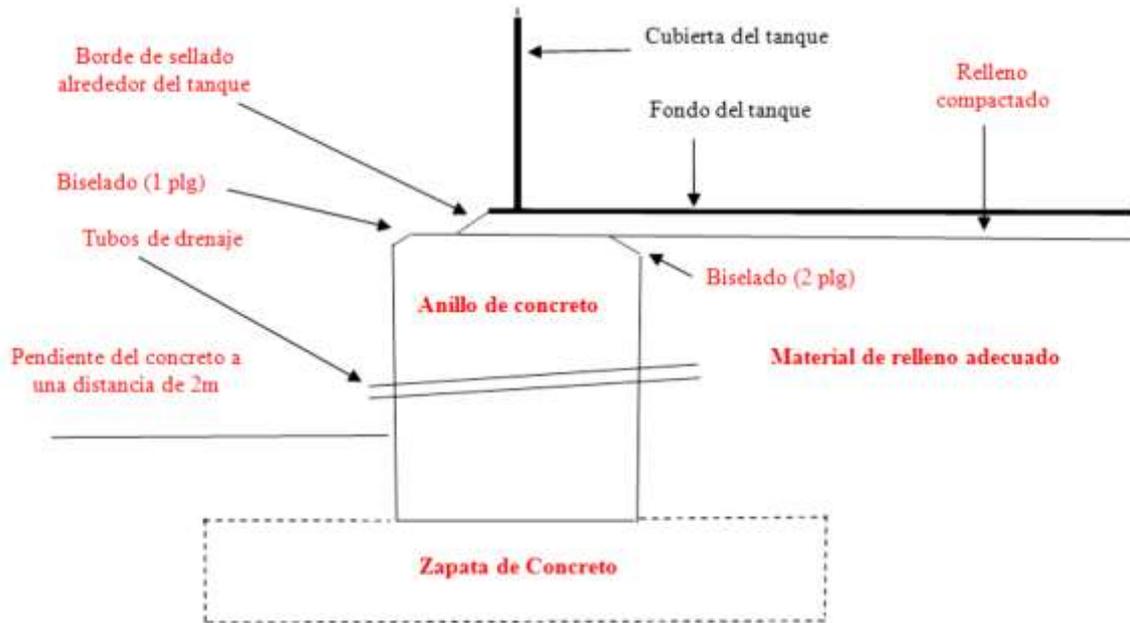


Figura 7. Anillo de concreto

- El diseño del anillo lo realizará un experto en el área de cimentaciones, la parte superior de este debe de ser lisa y nivelada la resistencia del concreto será de al menos 20Mpa (3 000 PSI) después de 28 días; el anillo no debe exceder las 12 pulgadas de ancho, si es mayor se refuerza con acero en ambas caras.
- Por último, se tiene el esquema en la figura 8, de una losa de cimentación utilizada por economía o cuando el tanque es pequeño. La losa tiene que estar completamente lisa y nivelada en la parte superior. La losa debe de cumplir con los requisitos de una cimentación de anillo de concreto los primeros 30 cm de la base (anchura del anillo anular), medida desde el exterior del tanque radialmente hacia el centro. El resto de la base debe estar dentro del nivel de tolerancia en API 650. (Filippi, 2012)

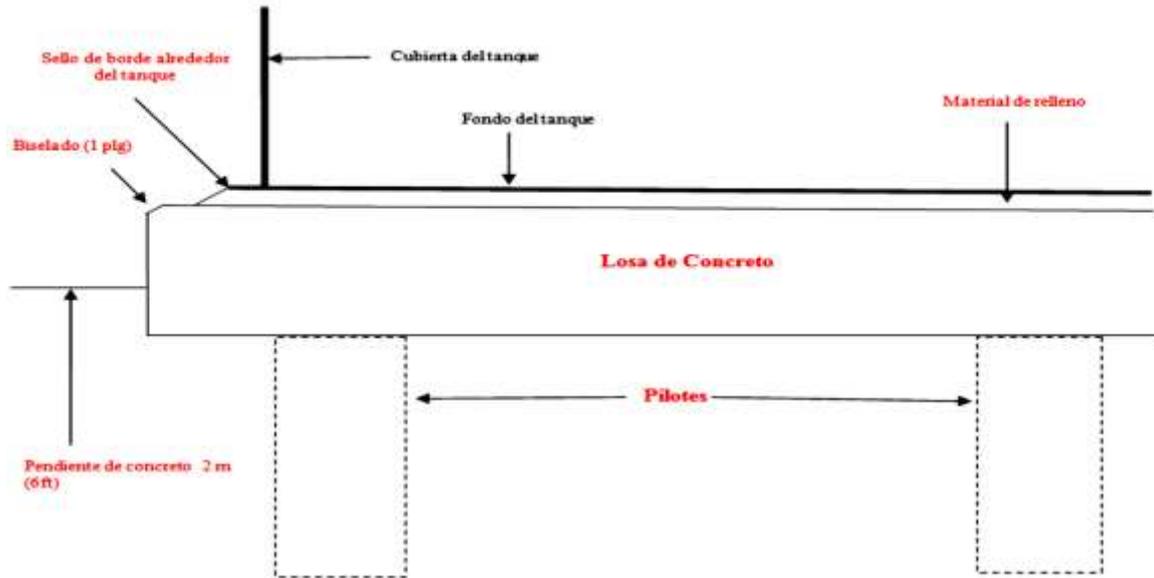


Figura 8. Losa de cimentación

1.3.5 ESTRUCTURAS METALICAS

1.3.5.1 Materiales para la fabricación de un tanque de acero bajo la norma API 650.

- Para el mejor diseño, cálculo y manufactura de tanques de almacenamiento, es importante seleccionar el material más idóneo, seguro y económico. En la actualidad existe una variedad de materiales con la cual se construyen tanques de almacenamiento, dentro de los más importantes materiales usados en la fabricación se encuentra la soldadura, y el acero, debido a todas las ventajas que tienen con respecto a otros materiales.
- La supuesta perfección del acero, tal vez el más versátil de todos los materiales estructurales, parece más razonable utilizarlo, cuando se considera su poco peso, facilidad de fabricación, precios relativamente bajo, así como la facilidad de ser trabajado, lo que se presta para fabricaciones mediante muchos métodos y permitir una construcción rápida por las propiedades de ser soldable. La soldabilidad depende mucho del grado de contenido de carbono que se presente en la aleación, a mayor cantidad se dificulta la soldadura, pero entre menos carbono contenga mayor será la facilidad de soldado de las estructuras.

1.3.5.2 Propiedades químicas del acero.

- Las propiedades del acero pueden cambiarse en gran medida variando las cantidades presentes de carbono y añadiendo otros elementos como silicio, níquel, manganeso y cobre. Un acero que tenga cantidades considerables de estos últimos elementos se denomina acero aleado. Aunque esos elementos tienen un gran efecto en las propiedades del acero, las cantidades de carbono y otros elementos de aleación son muy pequeños.
- Por ejemplo; el contenido de carbono en el acero es casi siempre menor que el 0.5% en peso y es muy frecuente que sea de 0.2 a 0.3%.
- La composición química del acero es de suma importancia en sus propiedades tales como la soldabilidad, la resistencia a la corrosión, la resistencia a la fractura, etc. La ASTM (American Society for Testing and Materials (sociedad americana de pruebas y materiales) especifica los porcentajes exactos máximos de carbono, manganeso, silicio, etcétera, que se permiten en los aceros estructurales. Aunque las propiedades físicas y mecánicas de los perfiles de acero las determinan principalmente su composición química, también influye en ellas, hasta cierto punto, en el proceso de laminado, la historia de sus esfuerzos y el tratamiento térmico aplicado.
- En la actualidad el acero es el material más utilizado en la industria y en diferentes construcciones, por eso debido a la demanda del metal es necesario fabricar aceros más fuertes, aceros con mayor resistencia a la corrosión, con mejores propiedades de soldabilidad y diversas características. Las investigaciones realizadas por la industria acerera durante estos periodos de demanda han proporcionado varios grupos de nuevos aceros que satisfacen muchas de las necesidades de la industria, de manera tal que actualmente existe una gran cantidad de aceros clasificados por

la ASTM e incluidos en las especificaciones LRFD (Manual de diseño de acero según el método de factores de cargas y resistencias).

1.3.5.3 Tipos de aceros estructurales respecto a las propiedades químicas

- Los aceros estructurales se agrupan generalmente según varias clasificaciones principales de la ASTM de acuerdo a sus propiedades químicas:

A) Aceros al carbón (A529, A-36, A-283).

- Estos aceros tienen como principales elementos de resistencia al carbono y al manganeso en cantidades cuidadosamente dosificadas. Los aceros al carbono son aquellos que tienen los siguientes elementos con cantidades máximas de 1.7% de carbono, 1.65% de manganeso, 0.60% de silicio y 0.60% de cobre. Estos aceros se dividen en cuatro categorías dependiendo del porcentaje de carbono, como sigue:

- Acero de bajo contenido de carbono entre 0.05% y 0.30%
- Acero dulce al carbono 0.30 a 0.45%.
- Acero de medio carbono, estos oscilan entre 0.30 a 0.59%.
- Acero con alto contenido de carbono 0.60 a 1.70%.

B) Aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación (A572).

- Existe un gran número de aceros de este tipo clasificados por la ASTM. Estos aceros obtienen sus altas resistencias y otras propiedades por la adición, aparte del carbono y manganeso, de uno o más agentes aleantes como el Columbio, vanadio, cromo, silicio, cobre níquel y otros. Se incluyen aceros con esfuerzos de fluencia comprendidos entre 40 ksi y 70 ksi. Estos aceros generalmente tienen mucha mayor resistencia a la corrosión.
- El termino baja aleación se usa para describir arbitrariamente aceros en los que el total de elementos aleantes no excede el 5% de la composición total.

C) Aceros estructurales de alta resistencia, baja aleación y resistentes a la corrosión atmosférica. (A242 Y A588).

- Cuando los aceros se alean con pequeños porcentajes de cobre, se vuelven más resistentes a la corrosión”.
- Cuando se exponen a la atmosfera, las superficies de esos aceros se oxidan y se les forma una película adhesiva muy comprimida, que impide una mayor oxidación y se elimina así la necesidad de pintarlos. Estos aceros tienen gran aplicación en estructuras con miembros expuestos y difíciles de pintar como puentes, torres de transmisión, etcétera, sin embargo, no son apropiados para usarse en lugares donde quedan expuestos a brisas marinas, niebla o a humos industriales corrosivos; tampoco son adecuados para usarse en condición sumergida (agua dulce o salada) o en áreas muy secas.

1.3.5.4 Perfiles y placas comerciales para la fabricación de tanques

- Dentro de la división de placas comerciales, existen una variedad y características de los principales aceros que utilizan para las construcciones del tanque de almacenamiento se presentan a continuación.

1.3.5.5 Acero estructural A-36.

- Este acero al carbón calidad estructural es usado en todo tipo de construcciones estructurales. Producto de la más avanzada ingeniería, es fabricado con un punto mínimo de cadencia de 36,000 psi. Es ampliamente recomendable para diseñar y construir estructuras y equipo menos pesado. Según la **API 650** en la fabricación de tanques de almacenamientos sólo se usan espesores iguales o menores de 38 mm. (1 1/2 pulg.). Este material es aceptable y usado en los perfiles, ya sean comerciales o Ensamblados de los elementos estructurales del

tanque. Con un costo relativamente caro, pero excelente material para fabricación.

1.3.6 Soldadura en tanques de acero

- La soldadura es un proceso en el que se unen partes metálicas mediante el calentamiento de sus superficies a un estado plástico, permitiendo que las partes fluyan con o sin la adición de otro metal fundido. Esta propiedad de la soldadura se debe a la constitución atómica de un metal. Ya que dicha constitución atómica se encuentra dividida por diferentes tamaños de granos que, a su vez, tiene un arreglo de átomos, por todo su alrededor. Entonces cuando la soldadura es aplicada en las partes a unir de las piezas, estas tienden a acelerar sus átomos y dispersarse por todo el parte soldado, originando enlaces entre átomos, para que se tenga como resultado la formación de una pieza.

1.3.6.1 Electrodo para soldadura de arco protegido (SMAW)

- En los materiales de soldadura con un esfuerzo mínimo a la tensión menor de 550 MPa. (79771 lb/pulg²), los electrodos para soldadura por arco manual deben estar de acuerdo a la clasificación AWS serie E60XX y E70XX o equivalente, convenientes para las características eléctricas, la posición de la soldadura y otras condiciones de uso. Su selección debe ser de acuerdo con el diseño del tanque.
- En las posiciones verticales y sobre-cabeza sólo se puedan emplear electrodos de 5 mm (3/16 pulg) y menores, excepto en el caso de los electrodos E7014, E7015, E7016 y E7018 donde únicamente se pueden usar electrodos de 4 mm (5/32 pulg). Se debe tomar que la tabla 6 da a conocer el tipo de cubierta que tiene el electrodo y la posición de soldadura la cual se puede aplicar cada una de ellas, dependiendo de la serie del electrodo, todas estas características se

ubican en la tabla 1, lo cual indica también el tipo de corriente que se debe utilizar.

Electrodos para soldar acero al carbono

Clasificación AWS	Tipo de Revestimiento	Corriente y Polaridad	Posición a soldar
E-6010	Celulósico Sódico	CC.EP.	P.V.SC.H.
E-6011	Celulósico Potásico	CA.CC.EP.	P.V.SC.H.
E-6012	Rutilico Sódico	CA.CC.EN.	P.V.SC.H.
E-6013	Rutilico Potásico	CA.CC.AP.	P.V.SC.H.
E-7014	Rutilico H.P.	CA.CC.AP.	P.V.SC.H.
E-7015	Rutilico Sódico B.H.	CC.EP.	P.V.SC.H.
E-7016	Rutilico Potásico B.H.	CA.CC.EP.	P.V.SC.H.
E-7018	Rutilico Potásico B.H.-H.P.	CA.CC.EP.	P.V.SC.H.
E-6020	Oxido de Hierro	CA.CC.AP.	P.H. Filete
E-7024	Rutilico H.P.	CA.CC.AP.	P.H. Filete
E-7027	Oxido de Hierro H.P.	CA.CC.AP.	P.H. Filete
Nomenclatura	CC: Corriente Continua	EP: Electrodo Positivo	P: Plana
HP: Hierro en Polvo	CA: Corriente Alterna	EN: Electrodo Negativo	V: Vertical
BH: Bajo Hidrógeno	AP: Ambas Polaridades	SC: Sobrecabeza	H: Horizontal

Tabla 2. Tipos de electrodos.

1.3.6.2 Soldadura de tope

- Una soldadura colocada en un surco entre dos miembros contiguos. Los surcos pueden ser cuadrados, formados en V (simple o doble), o formados en U, el puede ser biselado simple o doble. La empresa contratista asumirá el mejor diseño de junta para el desarrollo de los tanques.

1.3.6.3 Soldadura de filete

- Una soldadura de sección transversal aproximadamente triangular, que une dos superficies de ángulos aproximadamente rectos, como una junta de solapa, junta en T junta en ángulo. La empresa contratista asumirá el mejor diseño de junta para el desarrollo del tanque.

1.3.6.4 Símbolo de soldadura

- Se aplicará la última edición de AWS 3.0 y AWS 2.4 en el cual la simbología en el dibujo determinará los diseños de junta y la aplicación de soldadura.

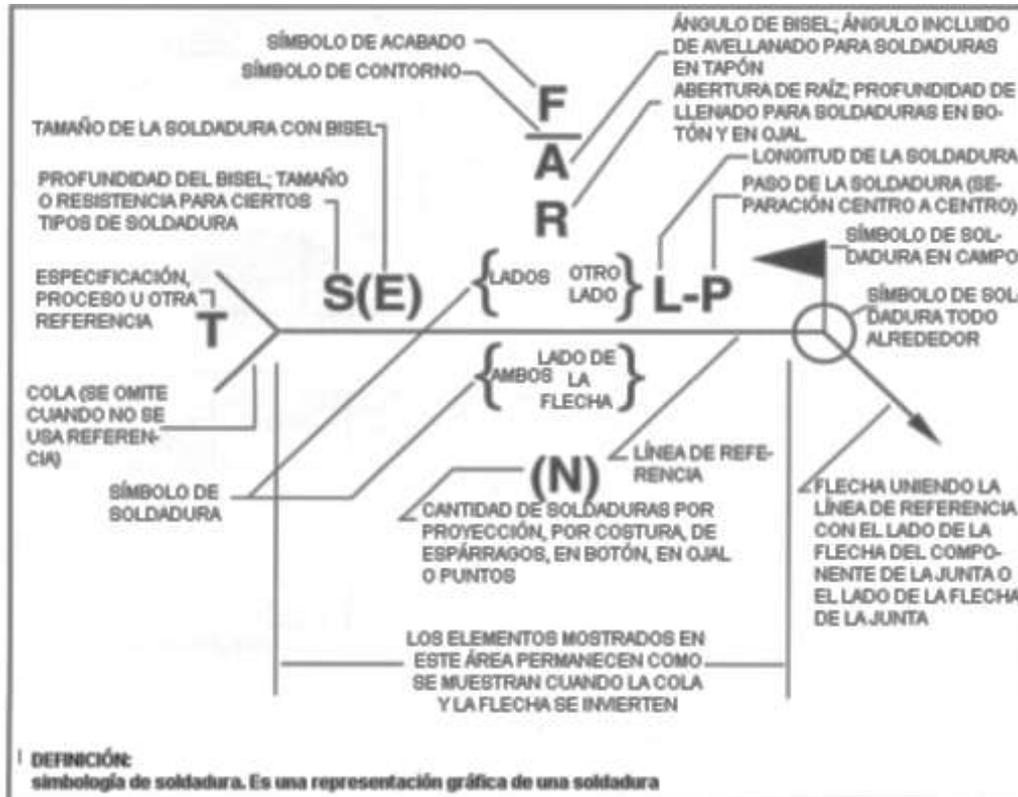


Figura 9. Símbolo de soldadura.

1.3.6.5 Juntas verticales de los mantos

- Las juntas verticales de los mantos deben ser juntas a tope con penetración completa, y fusión completa obtenida por soldadura doble u otros medios que obtendrán la misma calidad del material de aporte depositado en el interior y exterior de la superficie soldada.

1.3.6.6 Juntas horizontales del manto

- Las juntas horizontales de los mantos deben ser juntas a tope con penetración completa, y fusión completa, no obstante, como una alternativa, los ángulos superiores pueden estar unidos al manto por una junta de solapa con soldadura

doble. Salvo indicaciones contrarias, las planchas contiguas de juntas horizontales del manto deben tener una línea de centro vertical común.

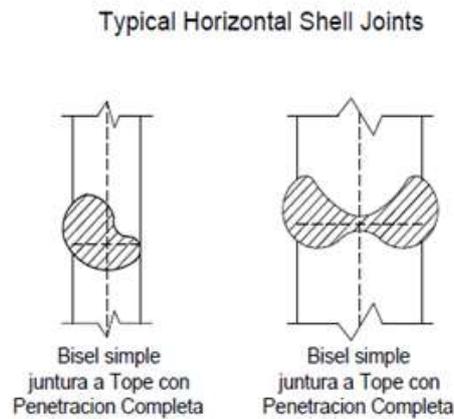


Figura 10. Soldadura horizontal

1.3.6.7 Soldadura de tope en juntas de fondo

- Las planchas de fondo soldadas a tope, deben tener sus bordes paralelos preparados para soldadura de tope con biseles cuadrados o en V.
- Las soldaduras a tope deben ser hechas usando una apropiada configuración de junta soldada y que produzca una soldadura de penetración completa. Las típicas soldaduras a tope permisibles del fondo que contengan sin una tira de respaldo deben ser ensayadas.

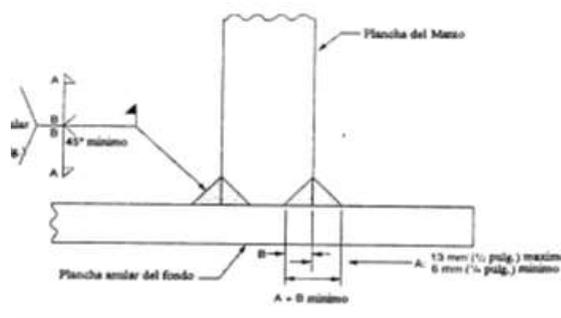


Figura 11. Soldadura a tope

1.3.6.8 Soldadura de filete con manto

- A continuación, se especifica cómo se debe soldar el primer anillo con el manto de soldadura:

- Debe ser soldado con un filete continuo colocando en cada lado de la plancha del anillo.
- El tamaño de cateto no debe ser mayor a 12.5 mm y no debe ser menor que el espesor nominal de la más delgada de las dos planchas unidas esto se refiere tanto al manto y anillo.
- Se requiere que el cateto mínimo no sea menor de $\frac{1}{4}$ en cualquier longitud de soldadura. (Ángel, 2018)

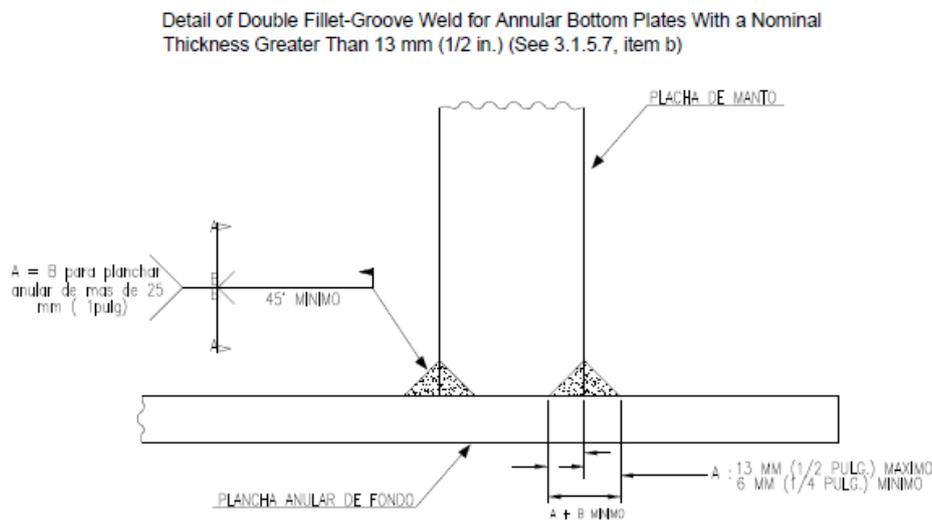


Figura 12. Soldadura de filete.

1.3.6.9 Ensayos no destructivos para soldadura

- Existen varios ensayos que permiten determinar la calidad de la soldadura obtenida. A continuación, se describirán las pruebas que son más usuales:
 - a) Inspección visual
 - Es el método de inspección utilizado con mayor frecuencia, ya que permite observar salpicaduras, existencia de cenizas y grietas superficiales; con este método se tiene la limitante de que únicamente se puede aplicar para detectar discontinuidades abiertas a la superficie.
 - b) Tintes penetrantes

- Este método consiste en aplicar líquidos sobre la superficie a inspeccionar el cual, después de un tiempo determinado reaccionara detectando las discontinuidades superficiales.
 - Los tintes penetrantes nos permiten determinar discontinuidades tales como grietas, rechupes, poros, traslapes, laminaciones, etc.
 - Este método es uno de los más utilizados por su bajo costo y por su resultado bajo inspección visual, además no destruye el material y los resultados se obtienen en corto tiempo, sin embargo, únicamente se detectan fallas superficiales.
- c) Partículas magnéticas
- Se utiliza para determinar discontinuidades en materiales ferromagnéticos y es mayormente utilizada cuando se desee una inspección más rápida que con tintes penetrantes.
 - El método consiste en la inducción de partículas en el material ferromagnético generando distorsiones de campo magnético. Las distorsiones presentes determinaran la existencia de discontinuidades perpendiculares a las líneas de campo magnético.
- d) Ultrasonido
- La inspección por ultrasonido se define como un procedimiento de inspección no destructivo de tipo mecánico, y su funcionamiento se basa en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido y la densidad del material.
 - Los equipos de ultrasonido que se utilizan actualmente permiten detectar discontinuidades superficiales, sub-superficiales e internas, dependiendo del tipo de palpador utilizado y de las frecuencias seleccionadas que están dentro de un rango que va desde 0.2 MHz hasta 25 MHz.

e) Radiografía

- Se define como un procedimiento de inspección no destructivo de tipo físico, diseñado para detectar discontinuidades o variaciones en la estructura interna de un material; implica la utilización de radiación gamma o rayos X, los cuales son capaz de penetrar materiales sólidos con el propósito de obtener registros para el estudio y la evaluación de las discontinuidades presentes en dicho material. (Marín, 2018).

1.3.6.10 Contenido de la documentación del plan de control de calidad

- Se deben incluir todos los procedimientos, certificados, etc. que demuestre cómo se han desarrollado las actividades de acuerdo a los requisitos establecidos.
- Los documentos que se deben incluir son:
 - Portada e índice.
 - Plan de Calidad.
 - Documentos del contrato.
 - Especificaciones técnicas y planos del equipo.
 - Responsabilidades de cada personal.
 - Criterios de aceptación.
 - Auditorias de calidad.
 - Procedimientos aplicables.
 - Cronograma del proyecto.
 - Certificados de los materiales utilizados. (Mateos & Concepción, 2019).

1.3.7 EL CÓDIGO API 650 PARA LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

- La American Petroleum Institute es la principal asociación comercial de los Estados Unidos que representa a unas 400 corporaciones implicadas en la producción, refinamiento, distribución, construcción y muchos otros aspectos que abarca la industria del petróleo y gas natural.
- Este instituto se encarga, entre otras cosas, de regular las políticas referentes al ámbito petrolífero, y también de generar una serie de estándares a utilizar en la industria metalmecánica para la construcción de equipos de uso petrolero, entre ellos están los estándares, códigos o normas utilizados en la construcción de tanques de almacenamiento de petróleo que son objeto de este estudio.
- Los códigos API son establecidos para tratar problemas de naturaleza general. Lo habitual es que estos códigos sean revisados y modificados, reafirmados o eliminados al menos cada cinco años.
- API (American Petroleum Institute) Instituto americano del petróleo es una norma americana sobre la fabricación de tanque cuyo alcance de aplicación es el siguiente:
- Esta norma cubre especificaciones de material, diseño, fabricación, montaje y requerimiento de prueba para tanques verticales instalados sobre tierra, cerrados y de tapa superior abierta, tanques de acero soldado para almacenamiento en varios tamaños y capacidades para presiones internas aproximadamente igual a la presión atmosférica (las presiones interiores no exceden el peso de las planchas del techo), pero una presión interna alta puede ser permitida cuando se reúnen ciertos requisitos adicionales. Este estándar se aplica sólo para tanques, cuyo fondo total está uniformemente apoyado y a los

tanques en servicio sin refrigeración que tiene una temperatura máxima de operación de 90°C (200°F).

- Estas especificaciones, han sido elaboradas para proveer a la industria petrolera con tanques de adecuada seguridad y razonable economía, para usarlos en el almacenamiento de petróleo y sus derivados, y también para otros productos líquidos comúnmente manipulados en las distintas ramas de la industria. (Oviedo, 2019).

1.3.7.1 Normas del Instituto Americano del Petróleo

- Para el cálculo, diseño y construcción de tanque de almacenamiento de combustible existen varias Normas y Códigos que regulan y establecen los parámetros que se deben seguir para que dichos equipos cumplan con las especificaciones establecidas, pero las más difundidas y empleadas en las industrias de procesos son las del American Petroleum Institute (API).

API Standard 620: Es aplicable a grandes tanques horizontales o verticales soldados en el campo, aéreos que operan a presiones en el espacio vapor menores a 2.5 psi y a temperaturas no superiores a 93°C.

API Standard 650: Es aplicable a grandes tanques horizontales o verticales soldados en el campo, aéreos que operan a presiones en el espacio vapor menores a 1.5 psi y a temperaturas no superiores a 121°C.

API Specification 5L: Es aplicable para el uso adecuado de las tuberías de gas, agua y petróleo tanto en la industria del petróleo como en la de gas natural. Cubre especificaciones sobre tuberías de acero soldado y sin costura, incluyendo las de peso normal, regular y especial y las tuberías de línea roscadas extra resistentes y sin rosca, ha igual que las de línea de enchufe y esponja.

API Specification 12D: Es aplicable a tanques horizontales o verticales soldados en el campo para almacenaje de líquidos de producción y con capacidades estandarizadas entre 75 y 1500 m³.

API Specification 12F: Es aplicable a tanques horizontales o verticales soldados en taller para almacenaje de líquidos de producción y con capacidades estandarizadas entre 13.5 y 75 m³.

API Standard 653: Es aplicable a la inspección, reparación, alteración desmontaje y reconstrucción de tanques horizontales o verticales, basándose en las recomendaciones del STD API 650. Recomienda también la aplicación de las técnicas de ensayos no destructivos aplicables. (Concha, 2018)

1.3.7.2 Fundamentos del Código

- Las Normas API son publicadas con la finalidad de facilitar una amplia aplicación de buenas prácticas comprobadas de ingeniería y operación, y están basadas en el conocimiento y la experiencia acumulada de los compradores y los fabricantes de los tanques de almacenamiento de petróleo. Estas normativas no tienen la intención de obviar la necesidad de la aplicación de buenos criterios de ingeniería.
- Cualquier fabricante de equipos o materiales que utiliza los códigos API es el único responsable de su producto final, pues API no representa ni garantiza dichos productos.
- El código API 650 se utiliza en la elaboración de tanques nuevos, estos tanques deben ser cilíndricos y verticales, construidos sobre superficie y pueden tener techo cerrado o abierto. Además, cubre el material, diseño, fabricación, montaje y pruebas.

- Además, dicha norma tiene por objeto, dar especificaciones que faciliten la fabricación y adquisición de los tanques de almacenamiento para la industria del petróleo.
- Si los tanques son adquiridos de conformidad con el presente código, el Comprador está obligado a especificar ciertos requisitos básicos de cumplimiento.
- Si el Comprador lo desea, puede modificar, eliminar o ampliar secciones de este Código, pero en este caso la referencia a este código no se hará en las placas de identificación o de la certificación del Fabricante de los tanques que no cumplen con los requisitos mínimos del código o que superen sus limitaciones. Se recomienda que cualquier tipo de modificación, supresión o ampliación se realice en el sentido de complementar este Código.
- Las normativas de diseño dadas en el presente Código son los requisitos mínimos a aplicarse en la fabricación de los tanques, sin embargo, se puede aplicar un diseño más riguroso siempre y cuando exista un acuerdo mutuo entre el Fabricante y el Comprador. Pero cabe aclarar que este Código no se ha de interpretar como la aprobación, recomendación o para apoyar cualquier diseño específico o como una limitación del método de diseño o construcción.
- Este Código no propone cubrir los tanques de almacenamiento que se montarán en áreas sujetas a regulaciones más estrictas a las especificaciones de este Código. Cuando este Código es señalado para dichos tanques, debe seguirse en la medida en la cual no entre en conflicto con los requisitos estipulados por las autoridades locales. En todo caso, el Comprador es responsable de especificar los requisitos jurisdiccionales aplicables al diseño y la construcción del tanque.

- En la placa de identificación del tanque deberá figurar la fecha de la edición del Código y cualquier revisión a la edición a la que el tanque ha sido sometido.
- Las publicaciones de API pueden ser utilizadas por cualquier persona que lo desee. Todos los esfuerzos han sido realizados por el Instituto para asegurar la exactitud y fiabilidad de los datos contenidos en ellos, sin embargo, el Instituto no da ninguna garantía y se exime de cualquier obligación o responsabilidad por pérdidas o daños que resulten de su uso o por la violación de cualquier regulación gubernamental, estatal o municipal con lo que estas publicaciones pueden entrar en conflicto. (Becerra, 2019).

1.3.7.3 Alcance del Código

- El código API 650 establece los requisitos mínimos para los materiales, diseño, fabricación, montaje, requerimientos de medición y pruebas, para tanques de almacenamiento soldados, con diferentes capacidades con techo abierto o cerrado, para presión interna aproximada a la atmosférica (presiones internas que no excedan el peso de las láminas del techo), pero se permiten presiones internas más altas cuando se cumplen requerimientos adicionales. Esta norma es aplicable solamente a los tanques cuyo fondo este uniformemente apoyado, de servicio no refrigerado que tengan una temperatura máxima de diseño de 93 °C (200 °F).
- Este Código está diseñado para construir tanques con una seguridad adecuada y con costos razonables, para el almacenamiento de petróleo. El código no establece tamaños específicos de tanques y por el contrario se puede escoger cualquier tamaño que sea necesario. Su intención es ayudar a los clientes y a los fabricantes a comprar, fabricar y montar los tanques y no pretende prohibir la compra o fabricación de tanques que cumplan con otras especificaciones.

1.3.7.4 Apéndices del Código

- El código contiene 22 apéndices, los cuales cubren diferentes aspectos del diseño y construcción de los tanques. Excepto para el Apéndice L, un apéndice se convierte en un requisito sólo cuando el Comprador especifica una opción que se cubra en ese apéndice o especifica el apéndice entero.
- Apéndice A: proporciona alternativas simplificadas, requisitos de diseño de los tanques donde los componentes bajo esfuerzo, están limitados a un máximo espesor nominal de 12,5 mm (0,5 pulg), incluyendo una tolerancia por corrosión, y cuya temperatura para el metal en el diseño sea superior a los mínimos establecidos en el anexo.
- Apéndice B: proporciona recomendaciones para el diseño y construcción de bases de fondo plano de los tanques de almacenamiento.
- Apéndice C: proporciona los requisitos mínimos para la construcción de techos flotantes externos.
- Apéndice D: proporciona los requisitos para la presentación de consultas técnicas con respecto a este código.
- Apéndice E: proporciona los requisitos mínimos para los depósitos sujetos a cargas sísmicas. Un diseño alternativo o complementario puede ser de mutuo acuerdo entre el Fabricante y el Comprador.
- Apéndice F: proporciona los requisitos para el diseño de tanques sujetos a pequeñas presiones internas.
- Apéndice G: proporciona los requisitos para techos de domo de aluminio.
- Apéndice H: proporciona los requisitos mínimos que se aplican a un techo flotante interno en un tanque con un techo fijo en la parte superior.

- Apéndice I: proporciona detalles de construcción aceptables, los cuales pueden ser especificados por el Comprador para el diseño y construcción de sistemas de tanques y sus cimientos, en los que se proporcionan datos de detección de fugas en el fondo del tanque y protección del subsuelo, y prevé tanques apoyados sobre rejillas.
- Apéndice J: Tanques fabricados en taller que no excedan los 6m (20 pies) de diámetro.
- Apéndice K: Proporciona una aplicación de ejemplo del método de diseño del punto variable para determinar espesores de la plancha del cuerpo.
- Apéndice L: Proporciona hojas de datos y las instrucciones de las hojas de datos, para la inserción de información requerida que será utilizada por el Comprador y el Fabricante. El uso de la hoja de datos es obligatorio, salvo su exoneración indicada por el Comprador.
- Apéndice M: Establece requisitos para tanques con una temperatura de diseño de construcción superior a 93 °C (200 °F), pero inferior o igual a 260 °C (500 °F).
- Apéndice N: Proporciona requisitos para el uso de nuevos materiales que no están especificados.
- Apéndice O: Ofrece recomendaciones para el diseño y la construcción de conexiones debajo del fondo del tanque de almacenamiento.
- Apéndice P: Proporciona dos procedimientos diferentes para tratar con las cargas en conexiones del cuerpo del tanque.
- Apéndice R: Proporciona una descripción de las combinaciones de carga utilizados para las ecuaciones de diseño que aparecen en este código.
- Apéndice S: Proporciona los requisitos para depósitos de acero inoxidable.

- Apéndice SC: Proporciona los requisitos para los tanques de material mezclado con acero inoxidable (incluyendo austeníticos y dúplex) acero al carbono y en el mismo tanque para los anillos de cuerpo, planchas de fondo, la estructura de techo, y otras partes de un tanque que requieren alta resistencia a la corrosión.
- Apéndice T: Resumen de los requerimientos de ensayos no destructivos (NDT): Los estándares de aceptación, las calificaciones del inspector, y los requisitos del procedimiento.
- Apéndice U: Indica los requisitos que cubren la sustitución de examen por ultrasonidos en lugar de un examen radiográfico.
- Apéndice V: Proporciona los requisitos adicionales para los tanques que están diseñados para operar bajo presión externa (vacío) como condición normal de operación. Se deberá usar para tanques para los que la presión externa normal de operación sea mayor de 0.25 kPa (0.036 psi) pero que no exceda de 6.9 kPa (psi).
- Apéndice W: Proporciona recomendaciones sobre cuestiones comerciales y su documentación.

1.3.7.5 Limitaciones

- Las reglas del código están limitadas para las conexiones de las tuberías interna o externa en techo, cuerpo o fondo del tanque, hasta:
 - a) La cara de la primera brida en conexiones bridadas, excepto cuando se suministren tapas o bridas ciegas.
 - b) La primera superficie de sello en accesorios o instrumentos.
 - c) La primera junta roscada en conexiones roscadas.
 - d) La primera junta circunferencial en conexiones soldadas, si no están soldadas a una brida.

1.3.7.6 Responsabilidades

- El Fabricante es el responsable de cumplir con todas las disposiciones del presente Código. La inspección que se realiza por parte del inspector del Comprador no invalida la obligación del Fabricante para proporcionar un control de calidad e inspección necesarias para garantizar dicho cumplimiento. El Fabricante deberá comunicar los requerimientos especificados a los subcontratistas o proveedores, que estén trabajando por petición del Fabricante.
- El Comprador deberá especificar en la Hoja de Datos, la jurisdicción bajo la cual se someterá el Fabricante, y las implicaciones sobre el código que esto conlleve, de acuerdo al tipo de producto, su operación y capacidad del tanque.
- El Comprador deberá proporcionar los permisos jurisdiccionales que sean necesarios para levantar el tanque, incluyendo los permisos para la eliminación del agua de las pruebas hidrostáticas. El Fabricante en cambio, proporcionará todos los demás permisos que se requieran para completar o transportar el tanque.
- El Comprador se reserva el derecho de disponer de personal para observar todo el proceso de fabricación de su contratación y el sitio de trabajo (incluidas las pruebas y la inspección). Estas personas deberán gozar de un acceso pleno y libre a estos efectos, sin perjuicio de la seguridad y las restricciones de horario.
- Para el presente código, el hecho de que el Comprador acepte, esté de acuerdo o apruebe el diseño de un Fabricante, el proceso de trabajo, las medidas de fabricación, etc., no eximirá la responsabilidad del Fabricante para cumplir con los códigos de diseño específicos, las especificaciones del proyecto y los dibujos, y mano de obra profesional.

- El Fabricante informará al Comprador de cualquier conflicto que surja entre este código y cualquier documento referido por parte del Comprador y deberá pedir aclaraciones.
- Para el presente código, cualquier asunto en particular en la cual el Comprador y el Fabricante se hayan puesto de acuerdo deberá estar debidamente documentado por escrito. (Jibaja, 2006)

1.4 Formulación del problema

¿Cuál es la planificación y procedimiento constructivo para la fabricación y montaje de un tanque de 5000 m³ para almacenamiento de Etanol basado en la Norma API 650 – 2017 en el Terminal de Líquidos TRAMARSA – PAITA, 2021?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Realizar una planificación y procedimiento constructivo para la fabricación y montaje de 01 Tanque de 5000m³ basado en la norma API 650 en el Terminal de Líquidos TRAMARSA – PAITA, 2021.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Realizar la programación total de la obra.
- Verificar el cumplimiento de normas técnicas y óptimos estándares de calidad mediante un control de calidad basado en la parte civil y metalmecánica del proyecto.
- Realizar la Curva S para el control del avance real de la parte civil y metalmecánica del proyecto.
- Realizar el reporte semanal de obra de acuerdo al control y monitoreo del proyecto.

1.6 Hipótesis

- La planificación y procedimiento constructivo del tanque de 5000m³ basado en la Norma API 650 – 2017 con el uso de nuevas tecnologías, equipos, herramientas y maniobras de calidad, reduciremos el tiempo de construcción en un 10% e incrementaremos los estándares de calidad de entrega en el Terminal de Líquidos TRAMARSA – PAITA, 2021.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

2.1.1 Por el propósito:

- El tipo de investigación es aplicada, debido a que es un proceso constructivo que busca convertir el conocimiento puro, es decir teórico, en conocimiento práctico y útil para la sociedad, en nuestro caso para la empresa en estudio.

2.1.2 Según el diseño de investigación:

- El presente estudio es una investigación de tipo no experimental. La investigación no experimental permitió la realización del presente sin manipular las variables en estudio; es decir, no se hizo variar intencionalmente la variable independiente. Lo que se hizo es observar el fenómeno tal y como se dio en su contexto natural. Además, se utilizó el enfoque transversal, descriptivo.

2.2. Diseño de investigación

- La presente investigación es de diseño:
 - No experimental
- Esta investigación según su diseño es de tipo no experimental ya que no se manipula deliberadamente la variable que se está investigando. Además, solo se contemplará los fenómenos en su estado natural para luego poder analizarlos.
- Transversal
- El diseño es de tendencia transversal, pues a través de ello las variables permiten ser medidas en una sola oportunidad, cuyo propósito es describir las variables, y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

▪ Descriptivo

- El estudio es descriptivo, porque permitió conocer el nivel de cumplimiento de las normas de calidad y seguridad en obras civiles y metalmecánicas dentro de las instalaciones de la empresa Tramarsa; a través de la descripción exacta de las actividades, procesos, personas y objetos; luego procesarlos en gabinete y verificar si la hipótesis planteada es la correcta.

Muestra	Observación
M1: Tanque de 5000m3 para almacenamiento de Etanol.	<p>O: Planificación de un tanque de 5000m3 para almacenamiento de Etanol basado en la Norma API 650 – 2017.</p> <p>O: Procedimiento constructivo de un tanque de 5000m3 para almacenamiento de Etanol basado en la Norma API 650 – 2017.</p>

Tabla 3: Tabla de diseño de investigación.

Fuente: Universidad Privada del Norte, 2021.

Donde:

- M: Muestra
- O: Observación y descripción de la variable tal como se muestra en su entorno natural

2.3. Variables

2.3.1 Variables

Planificación

- Está compuesta por aquellos procesos realizados para establecer el alcance total del esfuerzo, definir y refinar los objetivos trazados y a desarrollar la línea de acción requerida para alcanzar dichos objetivos. (Durand y Salas 2020, pag 15).
- Es una actividad racional que tiene por objeto decidir sobre la asignación de recursos escasos en el logro de objetivos múltiples, a través de medios adecuados para su obtención. (Espinoza 2006, pag 17).

Procedimiento constructivo

- Conjunto de fases, sucesivas o solapadas en el tiempo, necesarias para la materialización de un edificio o de una infraestructura. Si bien el proceso constructivo es singular para cada una de las obras que se pueda concebir, si existen algunos pasos comunes que siempre se deben realizar. (Construmatica, pag 1).

2.3.2 Clasificación de Variables (matriz de clasificación de variables)

VARIABLES	CLASIFICACION				
	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Planificación	Independiente	Cuantitativa Continua	Razón	Multidimensional	Indirecta
Proceso constructivo	Independiente	Cuantitativa Continua	Razón	Multidimensional	Indirecta

Tabla 4: Clasificación de Variables.

Fuente: Propia

2.3.3 Operacionalización de variable / Matriz

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
Planificación	Está compuesta por aquellos procesos realizados para establecer el alcance total del esfuerzo, definir y refinar los objetivos trazados y a desarrollar la línea de acción requerida para alcanzar dichos objetivos. (Durand y Salas 2020, pag 15).	Para la planificación del desarrollo de proyectos complejos (superiores a 25 actividades) se requiere el uso de diagramas Gantt (cronograma de actividades). Esta herramienta relaciona las actividades de manera que se pueda visualizar el camino crítico del proyecto (es decir, la actividad más compleja o la que demandará más tiempo) y permiten reflejar una escala de tiempos para facilitar la asignación de recursos y la determinación del presupuesto.	Programación	Cronograma	Diagrama de Gantt	Razón
Procedimiento Constructivo	Conjunto de fases, sucesivas o solapadas en el tiempo, necesarias para la materialización de un edificio o de una infraestructura. (Construmatica, pag 1).	El código API 650 establece los requisitos mínimos para los materiales, diseño, fabricación, montaje, requerimientos de medición y pruebas, para tanques de almacenamiento	Control de Calidad Obras Civiles	Protocolos	Registros de calidad	Razón
				Dosificación y Resistencia a la compresión	Registros de calidad	Razón
				Inspección visual de soldadura	Registros de calidad	Razón

	soldados, con diferentes capacidades con techo abierto o cerrado. Este Código está diseñado para construir tanques con una seguridad adecuada y con costos razonables, para el almacenamiento de petróleo y sus derivados.	Control de Calidad Obras Metalmecánicas	Inspección Tintes Penetrantes	Registros de calidad	Razón
			Prueba Diésel en Caliente	Registros de calidad	Razón
			Prueba Neumática	Registros de calidad	Razón
			Ultrasonido	Registros de calidad	Razón
			Prueba Hidrostática	Registros de calidad	Razón
			Inspección de limpieza y pintado	Registros de calidad	Razón
		Avance de obra	Curva S	Tabla dinámica	Razón
					Razón
			Reporte Semanal de obra	Documento	Razón

Tabla 5: Operacionalización de Variables.

Fuente: Propia

2.4.Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.4.1. Población

- Tanque de 5000m³ para almacenamiento de Etanol basado en la Norma API 650-2017 en el Terminal de Líquidos TRAMARSA – PAITA, 2021.

2.4.2. Muestra

2.4.2.1. Tamaño de la muestra

La presente investigación tiene como muestra:

- Tanque de 5000m³ para almacenamiento de Etanol basado en la norma API 650 – 2017 cuyas dimensiones son: 22 metros de diámetro y 12 metros de altura fabricado con acero estructural A-36.

2.4.3. Materiales

En este proyecto se utilizará los siguientes materiales:

- Computadora: Equipo Electrónico de 16GB RAM y 512 GB de disco duro con procesador Core I5 7 th generación.
- Memoria USB: Dispositivo de almacenamiento de información de 16 GB.
- Escritorio: Apoyo para anotaciones y soporte de objetos para la investigación.
- Sitios Web: Sitios de información de apoyo para la investigación.
- Cuaderno: Espacio de anotación para análisis de datos.
- Internet: Espacio libre a nivel social como base de información, además de ser uno de los principales medios de comunicación a nivel mundial.
- Impresora: Equipo para proyectar documentos en hojas para el análisis de documentación.

- Cinta métrica: Instrumento de medición de distancias para levantamiento de medidas en el terreno.
- Folder: Elemento de ordenamiento para documentos del proyecto que permitirán el análisis de los sistemas constructivos

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.5.1. Técnica de recolección de datos

- Revisión documental.
 - Para esta investigación, se utilizó la técnica de análisis de documentos, expedientes, planos e ingeniería.
- La observación
 - Se considera en emplear esta técnica porque un grado de certeza y seguridad, además es la más correcta y apropiada para la investigación, obteniendo información y datos precisos para su posterior análisis.

2.5.2. Instrumento de recolección de datos

Los instrumentos de control de datos son los siguientes:

- Formato de Reporte semanal de obra (Ver Anexo 2)
- Formato de Registros de calidad de obras civiles (Ver Anexo 3)
- Formato de Registros de calidad de obras metalmecánicas (Ver Anexo 4)
- Cronogramas (Ver Anexo 5)
- Curva S

Tabla 6: Recolección de datos.

RECOLECCIÓN DE DATOS				
	Fuente	Técnica	Herramienta	Instrumento
Tanque de 5000 m3 para almacenamiento de Etanol Basado en la Norma API 650-2017.	Expediente Técnico de Obra			Curva S
	Estudio de mecánica de suelos.			Reporte diario / semanal de obra
	Norma API 650 - 2017.	Revisión documental	Microsoft Excel.	
	TRAMARSA	La observación	Microsoft Word MS Project	Cronograma de obra Registros QC/QA

2.5.3. Análisis de Datos

- **Microsoft Project (o MSP)** es un software de administración de proyectos diseñado, desarrollado y comercializado por Microsoft para asistir a administradores de proyectos en el desarrollo de planes, asignación de recursos a tareas, dar seguimiento al progreso, administrar presupuesto y analizar cargas de trabajo.
- El procesamiento y el análisis de datos es desarrollado por método inductivo – deductivo, con ayuda de un diagrama de Gantt y el cronograma de Obra.
- Se presenta paralelamente el avance real y el proceso constructivo de la obra, junto con un diagrama de Gantt que muestra la programación para la ejecución de cada partida (Curva S).

2.6 Procedimiento

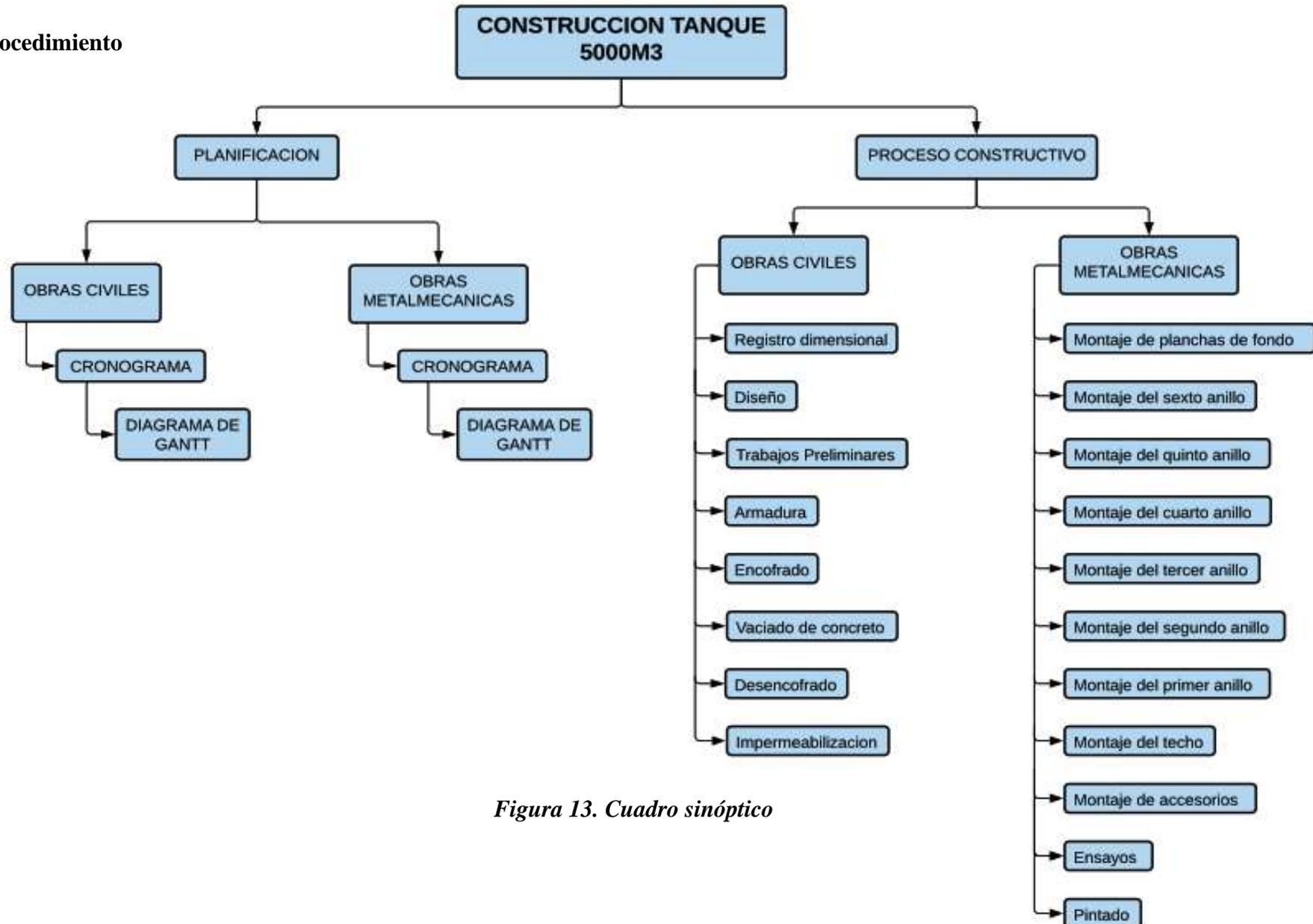


Figura 13. Cuadro sinóptico

2.6.1 Obras Civiles

1. Registro dimensional:

- El diámetro y la altura del tanque se modulan de acuerdo a la plancha estructural que este poseerá, también tenemos que tener en cuenta que el nivel de operación del líquido que en este caso será ETANOL, calcular la presión que ejerce sobre el suelo y que esta presión sea inferior al valor soporte del suelo.

DIMENSIONES	
DIAMETRO	22.88 metros
ALTURA	12.60 metros

Tabla 7: Dimensiones del tanque

- Los cálculos para el dimensionamiento del tanque tanto de la altura del tanque, los espesores de las paredes, el fondo, los niveles de operación el diámetro, se pueden calcular de acuerdo a la norma API 650.
- Una vez determinadas las dimensiones del tanque, se procede con el cálculo del peso total del tanque, esto incluye las paredes, el fondo y el techo, según las especificaciones previas del fabricante el peso viene distribuido de la siguiente manera:

N° ANILLO	PESO
1	16 259.07 KG
2	12 192.71 KG
3	10 837.49 KG
4	8 127.41 KG
5	8 127.41 KG
6	2 031.85 KG
TOTAL	57 575.93 KG

Tabla 8: Peso (kg) anillos del tanque.

2. Diseño del anillo de cimentación:

- El tanque de almacenamiento estará ubicado en Terminal de Líquidos Terrestre - Tramarsa, el cual está situada en la provincia de Paita, los parámetros y los datos para el diseño del tanque son:
 - Volumen del Tanque: (5000 m³)
 - Temperatura de Diseño: Temperatura en la Provincia Paita (12°C a 38°C)
 - Se considerará una fuerza de presión de trabajo de 0.056 psig. La cual es muy recomendable ya que se pierde menos producto por evaporación y se protege el medio ambiente.
 - Para la corrosión se considerará un sobre espesor de 9mm (primer anillo) ASTM-a-36.
- Una vez analizado los requerimientos y haber dispuesto el área en donde se cimentará dicho tanque estableció ciertas dimensiones del tanque.
 - Altura total: 12.60 metros
 - Diámetro 22.88 metros
 - Área 411.15 m²
 - Con la altura y el diámetro definido y siguiendo los parámetros de la norma API-650 en los parámetros de esbeltez se concluye que este tanque es esbelto por la siguiente relación: $D/H=22.88/12.60=1.81$
- Se ejecutó un estudio de mecánica de suelos en la misma planta TRAMARSA – LIQUIDOS (ver anexo) el cual nos arrojó los siguientes datos:

Cohesión	C	=	0.03	0.03	0.03	0.03	Kg/cm ²
Cohesión por falla local	C _f	=	0.02	0.02	0.02	0.02	Kg/cm ²
Ángulo de fricción	φ	=	29.00	30.00	29.00	30.00	°
Ángulo de fricción por falla local	φ _f	=	20.28	21.05	20.28	21.05	°
Ángulo de inclinación de la carga	β	=	0.00	0.00	0.00	0.00	°
Peso unitario del suelo sobre el nivel de fundación	γ _m	=	1.60	1.60	1.60	1.60	g/cm ³
Peso unitario del suelo bajo el nivel de fundación	γ	=	1.60	1.60	1.60	1.60	g/cm ³
Diámetro de la cimentación	B	=	22.88	22.80	23.00	23.00	m
			22.88	22.80	23.00	23.00	m
Profundidad de la cimentación	D _f	=	3.00	3.00	3.00	3.00	m
Factor de seguridad	FS	=	3.00	3.00	3.00	3.00	

Tabla 9: Estudio Mecánica de suelos.

- Realizando el estudio de suelos y calculando las cargas típicas transmitidas y teniendo una prueba hidrostática para cuando el tanque sea llenado hasta su totalidad con el fluido se ingresan los datos al SAP 2000 por lo cual se debe considerar hacer una excavación a una profundidad de 3 metros y un ancho de 1.4 metros adicionales con el respecto del diámetro del tanque para luego rellenarlo con material de préstamo de buena calidad, la cual deberá ser compactada a una capa de 20 cm para poder lograr una buena capacidad de $\sigma_t = 1.54 \text{ kg/cm}^2$.
- Teniendo en cuenta que un relleno afirmado bien compactado logra la misma capacidad portante. Por consiguiente, reafirmamos que las cargas impuestas por el tanque puedan ser tomados por el suelo sin ningún inconveniente y sin ninguna deformación importante.

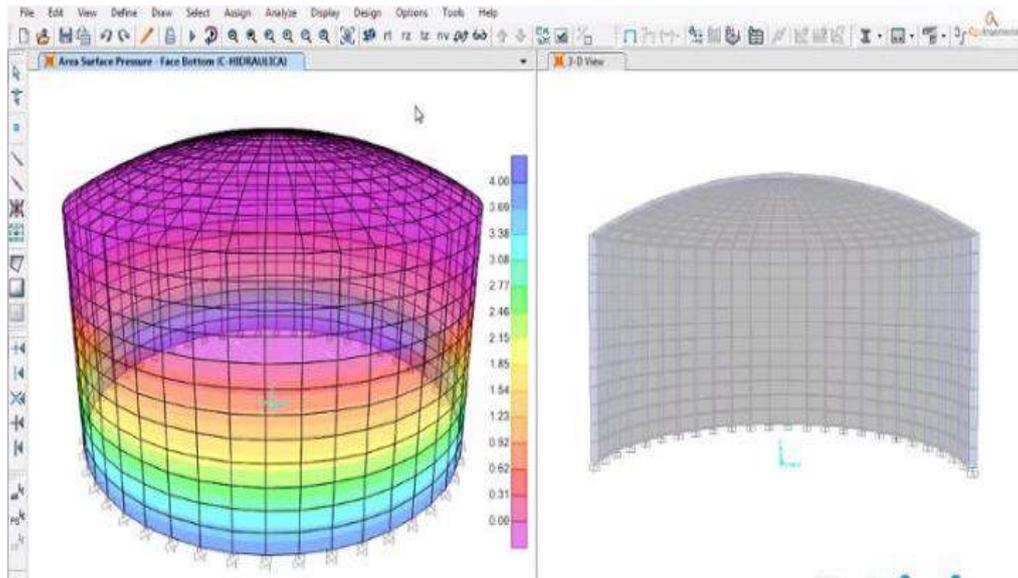


Figura 14. Diseño en Software

- Revisar plano civil N°1 (ANEXOS N°6)

3. Trabajos preliminares

- Son las actividades como, por ejemplo, limpieza del terreno, nivelación, trazo y estaqueado, y obra falsa.
- Los trabajos preliminares son el inicio de una construcción, aunque se ve que son de mínima importancia, un error en los mismos puede traer, grandes consecuencias.
- Los trabajos de cimentación y tratamiento en interior del anillo de concreto constarán básicamente de:
 - Excavación de zanjas para cimentaciones,
 - Cimentación de concreto armado,
 - Rellenos de arena y afirmado en interior del anillo,
 - Impermeabilización y colector de fugas en fondo de tanques.
- Los trabajos de limpieza a realizarse, deberán cubrir toda el área que acaparará el anillo de cimentación, debiendo asegurarse de no dejar restos, de árboles o

raíces por debajo de la estructura, ya que estos al desintegrarse o podrirse debilitaran el suelo, lo cual puede provocar hundimientos los cuales causarían fallas no deseadas.



Figura 15. Excavación

- Se excavarán zanjas de acuerdo a la profundidad necesaria de cimentación, dicha profundidad es variable, la máxima profundidad estimada de excavación desde la superficie es de 1.80 m sobre terraplén de acuerdo al Estudio de Mecánica de Suelos. La excavación deberá realizarse con equipo (Excavadora o retroexcavadora) y los refines serán manuales.



Figura 16. Compactación

4. Armadura

- Terminada la realización de los trabajos preliminares, se preparará la armadura de acero que hará resistente y sólido el muro de cimentación. Esta armadura debe ser colocada antes del vaciado del concreto. Las varillas de acero no deben presentar fisuras. Las que ya se han doblado no deben enderezarse, por este motivo no es recomendable el uso de fierro obtenido de demoliciones.
- Las varillas de refuerzo deben estar libres de óxido, de tierra, de aceites, de pintura, de grasa y de cualquier sustancia que pueda disminuir su adherencia al concreto.
- Luego del corte de las varillas, se procede al doblado y colocación de los refuerzos transversales. Las longitudes de anclaje, así como las de empalme de las varillas, se especifican en los planos del anillo de cimentación.
- El acero de refuerzo debe colocarse en su posición final y para impedir su movimiento al momento del vaciado del concreto, se utilizan listones de madera de 2" x 2", así como templadores hechos con alambre N° 16, que van a ambos lados y se fijan a estacas. La armadura debe quedar bien fija, de manera que no se mueva al momento de vaciar la mezcla.



Figura 17. Armado de acero

5. Encofrado

- El encofrado del muro debe estar siempre vertical, lo que se puede verificar con el uso de una plomada. Además, debe ser lo suficientemente resistente para soportar la presión lateral del concreto durante el vaciado. Para un muro de hasta 1,0 m de altura, los encofrados se armarán con tablas de 1 1/2" de espesor por 8 a 10" de ancho, las que llevarán refuerzos de madera (montantes) de 2" x 3" cada 1.5 m como máximo.
- Las puntales pueden ser de 2" x 3". Las estacas que resistirán las cargas del encofrado serán de madera de 3" x 3" x 50 cm y estarán enterrados 30 cm en el suelo. Los espaciadores de 2" x 3" servirán para mantener las dimensiones especificadas en los planos.
- La altura del encofrado debe hacerse por paños completos, para poder vaciar el concreto de una sola vez y no debilitar el comportamiento del muro. Es decir, si el muro tiene 2 m de altura, no debe hacerse primero 1 m y el resto después, al ser un muro de 1 m aproximadamente, no se presentará este problema.



Figura 18. Encofrado

6. Vaciado del concreto

- Para la cimentación de concreto ciclópeo se vaciará concreto aproximadamente a una tercera parte de la altura de la zanja y a lo largo de toda la circunferencia del anillo de cimentación, luego se procederá a colocar de forma manual piedra con un tamaño entre 8” a 12” dentro de la zanja y con un espaciamiento considerable entre cada piedra (aproximadamente 15 cm.), luego vaciar concreto a 2/3 de la altura total de la zanja y volver a colocar la piedra para el concreto ciclópeo.
- La cimentación constara del tipo T invertido con una zapata y un anillo de concreto armado de 280 kg/cm² con relación A/C según especificaciones de concreto el para proyecto.
- Antes del vaciado se instalará 40 pernos de anclaje de acero ASTM A-36 de 1 ¼”, el cual será colocado de acuerdo al plano civil N° 1.



Figura 19. Colocación de perno de anclaje

- Para la preparación del concreto, se deberá utilizar de preferencia una mezcladora o mixer. El concreto a usarse deberá ser de calidad. La resistencia debe ser $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, por lo que la mezcla se preparará usando arena gruesa y grava.

- La proporción recomendable es de una bolsa de cemento, con 1 carreta de arena gruesa y 1 carreta de grava, además de una cantidad de agua que fluctúa entre 20 y 40 litros, de acuerdo a la humedad de los agregados. Antes de vaciar el concreto al interior del encofrado, debemos revisar que este espacio se encuentre limpio de desperdicios y proceder luego a humedecer el cimiento para evitar que absorba el agua de la mezcla.
- Mientras se coloca el concreto, será necesario compactarlo con la ayuda de una vibradora. Si no se tuviese este equipo, se puede hacer con un pedazo de varilla de acero de tamaño manejable, introduciéndolo verticalmente a la mezcla y sacándolo repetidamente.



Figura 20. Vaciado de concreto

- Se realiza la toma de probetas para ensayo de resistencia a la compresión.



Figura 21. Probetas de concreto

7. Retiro de encofrado

- A los tres días siguientes del vaciado del concreto, el encofrado puede ser totalmente retirado. En ese momento, se debe inspeccionar que no exista ninguna ratonera de consideración. Si existiese alguna, habrá que proceder a repararla lo antes posible, pudiendo usar una mezcla de 1 volumen de cemento por 4 de arena de río.
- Una vez que se haya desencofrado, se debe mojar constantemente el anillo de cimentación o durante los primeros 7 días. Esto asegurará que el concreto alcance la resistencia que especifica el plano y ayudará a disminuir las grietas y rajaduras en la superficie.



Figura 22. Desencofrado

8. Impermeabilización del anillo con geomembrana

- En esta etapa se instalará las capas de impermeabilización, la cual consta de una capa de geomembrana HDPE de 1.5mm. La Geomembrana será anclada por extrusión a la canaleta HDPE Deltalock o Polylock tipo C colocado en el anillo de concreto. Sobre la geomembrana se colocará una capa de arena para el sistema de protección catódica. Durante el relleno de arena se instalará los equipos y materiales para el sistema de protección catódica, con lo cual quedaría listo para recibir las planchas del fondo de los tanques.



Figura 23. Colocación de geomembrana

9. Colocación de buzones para detección de fugas

- Se construirá 04 buzones colectores de concreto armado adyacente y exterior a la canaleta del tanque ubicados cada 90° de la circunferencia del anillo. A este buzón llegará una tubería HDPE de 2” el cual iniciará su recorrido en el centro del tanque con una pendiente de 1% en forma radial hacia el exterior, dicha tubería pasará por debajo de la geomembrana, excepto en el centro que saldrá hacia un sumidero conformado con geomembrana, en este tramo la tubería será perforada con agujeros de 3/8” de manera que pueda detectar futuras fugas. El sumidero central deberá ser relleno con piedra chancada de 1/2”.



Figura 24. Caja sumidero

10. Colocación de relleno tipo afirmado y asfalto dentro del anillo de cimentación

- La compactación del suelo debe hacerse por capas, con un espesor máximo de 15 cm. Lo ideal es usar una plancha compactadora o pison.
- La última capa a compactar debe quedar nivelada a la altura necesaria para recibir el asfalto. Es importante realizar una buena compactación, ya que esto evitará futuros asentamientos de los pisos del tanque a construir.



Figura 25. Colocación de relleno

- La corrosividad de los suelos depende principalmente de su conductividad eléctrica, contenido de humedad, pH, aireación, y la presencia de

microorganismos, sin embargo, la excavación y relleno complica la situación ya que altera el contacto entre el metal y el terreno

- Es por ello que se procede a colocar una capa de 3” aproximadamente de carpeta asfáltica en toda el área interna del anillo de cimentación, dicha carpeta asfáltica debe quedar al ras de la superficie de concreto en donde se asentara las planchas metálicas de piso para el tanque.



Figura 26. Colocación de asfalto

2.6.2 Obras Metalmecánicas

- 1) Tendido de planchas del fondo del tanque
 - Se debe de considerar que las primeras planchas en tender, serán las que ocupen (según plano), la parte central; cuadrándole y compartiendo sus medidas tomando como referencia el punto central.
 - El tendido de las planchas será del centro hacia fuera, teniendo en cuenta que las próximas planchas vayan quedando traslapadas por debajo del anterior 25 mm. Siempre en el sentido de la pendiente de la base.
 - Para el encuadrado de las planchas durante el armado se usarán barretillas, barrenos y/o combas de mango de fibra cuando se requieran levantar o mover considerando que son distancias mínimas (menores a 4”).

- Antes de iniciar el montaje de los anillos, se procederá a instalar la columna central y posterior a ellos se armará el quinto y sexto anillo, juntamente con la estructura del techo. Posterior a ello se elevará para ir armando los anillos inferiores incluyendo soportes, escaleras y barandas.
- Se procederá a montar el sumidero, para lo cual se cortará la plancha de fondo con equipos de oxicorte, verificando el plano para y luego fijar y soldar en su ubicación final.



Figura 27. Planchas de fondo

- 2) Montaje del tanque empleando el sistema de tecele de cadena
 - Liberado el fondo del tanque, se procede a ubicar las columnas del sistema de Tecele de cadena de 5 Ton.
 - Ubicado las 20 columnas del sistema de tecles, y sus arriostres correspondientes a cada columna.
 - Ubicación y montaje de los soportes guía (Burritos), se coloca entre columnas, evitando que coincidan con las soldaduras verticales.
 - Se verificará que el andamio tenga la tarjeta verde de OPERATIVIDAD



Figura 28. Colocación de teclas mecánicas

3) Montaje del sexto anillo.

- Las planchas roladas serán clasificadas y chequeadas con la plantilla que se usó en el rolado de las mismas en fábrica
- Las planchas se colocarán sobre soportes guía de 46 cm. De altura en cuyo extremo superior hay una muesca de 4 cm, de profundidad y de un ancho variable según el espesor. del anillo que se va a armar. Se colocan las planchas mediante un Camión Grúa HIAB.
- A continuación, se siguen montando las otras planchas conservando siempre la tolerancia que indican los planos para soldaduras verticales
- La tolerancia para soldar se mantiene con espaciadores de 3.0 mm espesor asegurados con cuñas, chicagos.
- Al terminar de colocar todas las planchas del sexto anillo, se procede a nivelar las planchas, ajustar la luz entre bordes de la unión vertical primero y luego la horizontal.
- Para mantener el alineamiento y el ajuste de las juntas se utilizará las cartelas o chicagos. Los primeros pases de la soldadura se hacen por el lado exterior del cilindro, y luego se retiran para soldar por dentro.

- Terminado el proceso de soldeo, se retiran las cartelas y restos de soldadura con el uso de la amoladora.
- Se procede con el sistema de izaje.
- Se coloca la oreja de izaje sujeta a la cadena del tecele, en la parte inferior de la plancha. Así sucesivamente todas las orejas de izaje. Todos los tecles aseguran las cadenas en posición de izaje.
- Se colocará un operador en cada tecele de izaje.
- Se inicia el izaje, cuidando de que el izaje sea lo más uniforme posible en todas las columnas.
- Al llegar a la máxima altura del izaje con tecles de cadena, se procede a una nivelación general para alistar el armado del siguiente anillo.



Figura 29. Montaje del sexto anillo

4) Montaje del quinto anillo

- Para iniciar el montaje del quinto anillo, se debe tener en cuenta el desarrollo del cuerpo como aparece en los planos; luego, como debe quedar la orientación de las juntas verticales del quinto anillo con respecto al sexto anillo.
- Se monta la primera plancha y se soporta con vientos tanto interior como exterior y se aploma.

- La plancha descansa en los soportes guía (Burritos).
- Se repite el proceso de montaje del sexto anillo.
- Cuando se termina el montaje del quinto anillo, se verifica el diámetro, perímetro y la verticalidad.
- Se procede a bajar el Sexto anillo sobre el Quinto anillo y para mantener la unión horizontal alineada se utilizan los octavos con los punzones.
- Se colocará las cartelas en la junta horizontal para el proceso de soldeo.
- Terminado el soldeo de las juntas verticales y horizontales, se procede con el retiro de las cartelas y la limpieza de restos de soldadura.
- El quinto anillo queda listo para el izaje. Se repite el proceso de izaje del sexto anillo.



Figura 30. Montaje del quinto anillo

5) Montaje del cuarto anillo

- Para iniciar el montaje del cuarto anillo, se debe tener en cuenta el desarrollo del cuerpo como aparece en los planos; luego, como debe quedar la orientación de las juntas verticales del cuarto anillo con respecto al quinto anillo.
- Se monta la plancha y se soporta con vientos tanto interior como exterior y se aploma.

- La plancha descansa en los soportes guías (Burrítos)
- Se repite el proceso de montaje del quinto anillo.
- Cuando se termina el montaje del cuarto anillo, se verifica el diámetro, perímetro y la verticalidad.
- Se procede a bajar el quinto anillo sobre el cuarto anillo y para mantener la unión horizontal alineada se utilizan los octavos con los punzones.
- Se colocará las cartelas en la junta horizontal para el proceso de soldeo.
- Terminado el soldeo de las juntas verticales y horizontales, se procede con el retiro de las cartelas y la limpieza de restos de soldadura.
- El cuarto anillo queda listo para el izaje. Se repite el proceso de izaje del quinto anillo.



Figura 31. Montaje del cuarto anillo

6) Montaje del tercer anillo

- Para iniciar el montaje del tercer anillo, se debe tener en cuenta el desarrollo del cuerpo como aparece en los planos; luego, como debe quedar la orientación de las juntas verticales del tercer anillo con respecto al cuarto anillo.
- Se monta la plancha y se soporta con vientos tanto interior como exterior y se aploma.

- La plancha descansa en los soportes guías (Burritos)
- Se repite el proceso de montaje del cuarto anillo.
- Cuando se termina el montaje del tercer anillo, se verifica el diámetro, perímetro y la verticalidad.
- Se procede a bajar el cuarto anillo sobre el tercer anillo y para mantener la unión horizontal alineada se utilizan los octavos con los punzones.
- Se colocará las cartelas en la junta horizontal para el proceso de soldeo.
- Terminado el soldeo de las juntas verticales y horizontales, se procede con el retiro de las cartelas y la limpieza de restos de soldadura.
- El tercer anillo queda listo para el izaje. Se repite el proceso de izaje del cuarto anillo.



Figura 32. Montaje del tercer anillo

7) Montaje del segundo anillo

- Para iniciar el montaje del segundo anillo, se debe tener en cuenta el desarrollo del cuerpo como aparece en los planos; luego, como debe quedar la orientación de las juntas verticales del segundo anillo con respecto al tercer anillo.
- Se monta la plancha y se soporta con vientos tanto interior como exterior y se aploma.

- La plancha descansa en los soportes guías (Burritos)
- Se repite el proceso de montaje del tercer anillo.
- Cuando se termina el montaje del segundo anillo, se verifica el diámetro, perímetro y la verticalidad.
- Se procede a bajar el tercer anillo sobre el segundo anillo y para mantener la unión horizontal alineada se utilizan los octavos con los punzones.
- Se colocará las cartelas en la junta horizontal para el proceso de soldeo.
- Terminado el soldeo de las juntas verticales y horizontales, se procede con el retiro de las cartelas y la limpieza de restos de soldadura.
- El segundo anillo queda listo para el izaje. Se repite el proceso de izaje del tercer anillo.



Figura 33. Montaje del segundo anillo

8) Montaje del primer anillo

- Para iniciar el montaje del primer anillo, se debe tener en cuenta el desarrollo del cuerpo como aparece en los planos; luego, como debe quedar la orientación de las juntas verticales del primer anillo con respecto al segundo anillo.
- Se retiran los soportes guías (Burritos), y se colocan los topes de platina en el interior del perímetro del fondo del tanque.

- Las planchas descansan en el fondo del tanque pegados a los topes formando el diámetro interior del tanque.
- Cuando se termina el montaje del primer anillo, se verifica el diámetro, perímetro y la verticalidad.
- Se procede a bajar el segundo anillo sobre el primer anillo y para mantener la unión horizontal alineada se utilizan los octavos con los punzones.
- Se colocará las cartelas en la junta horizontal para el proceso de soldeo.
- Terminado el soldeo de las juntas verticales y horizontales, se procede con el retiro de las cartelas y la limpieza de restos de soldadura.
- De esta manera queda montado todo el cuerpo del tanque.
- Finalmente, se retira el sistema de Tecles de cadena con sus arriostres y restos de soldadura con la amoladora.



Figura 34. Montaje del primer anillo

9) Montaje del techo

- Una vez terminada el montaje de los SEIS (06) anillos y el soldado de las mismas se realiza una inspección de verticalidad.

- Para realizar estos trabajos en altura se tendrá que armar andamios homologados hasta la altura del techo del tanque, para que el personal pueda realizar las maniobras respectivas, con el uso de sus EPP correspondientes.
- Con el Camión Grúa HIAB, se procede con el montaje de la columna y su base. Esta se asegura con arriostres al fondo del tanque. Además, se dejará colocado el anillo superior que recibirá a la viga radial, para ser fijado con pernos.
- Luego, con el Camión Grúa HIAB, se procede a subir las vigas radiales 14”x22#.
Estas se fijan en sus cartelas respectivas con sus pernos.
- Terminado de asegurar las vigas radiales, se procede a colocar las vigas transversales y ángulos. Estos elementos se apuntalarán a la viga radial, terminado el montaje de los elementos transversales se procederá a soldar.
- Terminado de asegurar las vigas y sus arriostres, se procederá a levantar las planchas del techo con el Camion Grúa HIAB. Estas se ubicarán de acuerdo a las marcas y traslapadas.
- Terminado de colocar todas las planchas del techo, se procederá a soldar por el exterior e interior.



Figura 35. Montaje de techo

10) Soldeo de fondo

- Una vez armado y soldado el anillo del taque y ubicado los elementos complementarios se procede a soldar el fondo de tanque.
- Se debe hacer las soldaduras conservando la secuencia de extremos cruzados, para evitar distorsiones, en caso de presentarse se colocarán arriostres necesarias para eliminarlas.
- La segunda fila se tenderá paralela a la primera, formando siempre una junta de soldeo con traslape respetando las cotas de posición de las planchas según plano.
- No se procederá el soldeo de planchas si el soldador no cuenta con el procedimiento de soldadura, la calificación respectiva, y el permiso de trabajo en caliente, la cual esta deberá estar en un lugar visible en la zona de soldeo, para la revisión del supervisor.
- El soldador deberá contar con un área cerrada con biombos para la buena ejecución de soldeo evitando el viento y otros factores.
- El soldador y vigía contarán con los implementos de protección personal adecuada para el soldeo.



Figura 36. Soldeo de fondo

11) Instalación de accesorios

- A continuación, se describen los procedimientos para el montaje de accesorios instalados en los fondos, cascos y techo de los tanques de almacenamiento tales como sumideros, boquillas, anillo de rebalse, manholes, etc.

i) Sumideros en fondos de tanques

- Previo a la colocación del sumidero, en la parte superior de la pestaña del sumidero se realizará unas marcas de ejes perpendiculares de manera que permita alinear con el cordel de referencia. Luego se procederá a instalar el sumidero y se deberá compactar alrededor de este para evitar desplazamientos, así queda listo para recibir las planchas de fondo de tanque.
- Luego de instaladas las planchas de fondo, se realizará el soldeo de la junta filete entre la pestaña superior del sumidero y las planchas de fondo, según el procedimiento específico de soldadura (WPS) mostrado en los planos de montaje aprobados en última revisión y ejecutado por soldadores homologados.



Figura 37. Olla sumidero

ii) Instalación de boquillas y manholes

- Los accesorios deberán estar claramente identificados y se montarán en la ubicación correspondiente de acuerdo a lo indicado en los planos de montaje aprobados en última revisión. La orientación y ubicación se realizará con una estación total calibrado antes de realizar los cortes y en coordinación con el cliente.
- Una vez culminada la instalación de las planchas de casco, se iniciará con el corte de los agujeros en el primer anillo para los manholes y posteriormente para las boquillas de recepción, despacho y drenajes.
- Previo a la colocación de los manholes y boquillas se soldarán al casco sus respectivas planchas de refuerzo, el cual tendrá las dimensiones indicadas en los planos de montaje aprobados en última revisión. De similar forma se instalarán los accesorios en los techos.
- Finalmente, previo a la aprobación por la supervisión del cliente, para la culminación de los trabajos metalmecánicos de los accesorios, se realizarán las actividades de control de calidad, correspondientes al programa de puntos de inspección (ITP).



Figura 38. Colocación de manhole

iii) Montaje y soldeo de escaleras

- En el montaje de escalera se realizarán las siguientes actividades:
- Traslado de estructuras de escalera a la ubicación final del tanque este proceso se realizará mediante camión grúa Hiab.
- Traslado y posicionamiento de camión grúa (portando la escalera) junto al punto de inicio de montaje.
- Izaje y montaje de escalera sobre los puntos ubicados en el tanque.
- Una vez izada La escalera en su totalidad esto se fijará mediante soldadura para luego asegurar la consistencia.
- Para este proceso de izaje y fijación de escalera se contará con los permisos respectivos que son; trabajos en caliente y izaje.
- Así mismo de delimitara toda el área en que realice el montaje, para evitar el tránsito de personas durante el izaje y carga suspendida.

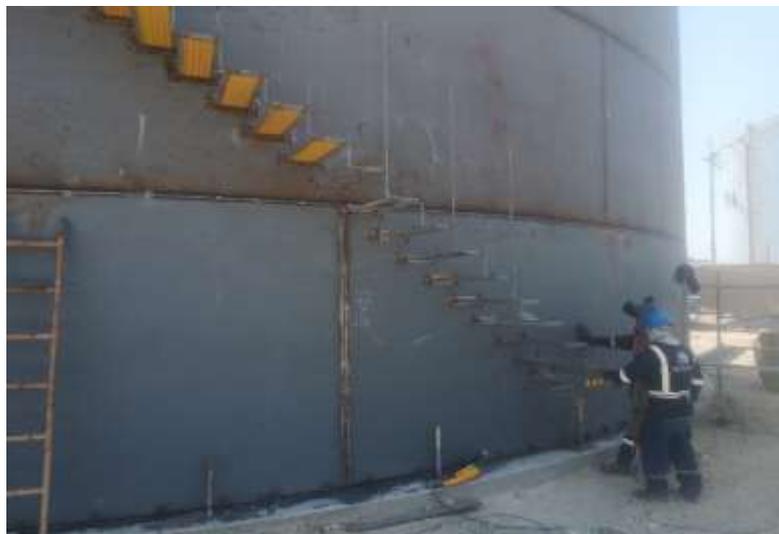


Figura 39. Soldeo de escaleras

iv) Montaje y soldeo de barandas

- En el montaje de Barandas se realizarán las siguientes actividades:
- Traslado de estructuras de barandas a la ubicación final del tanque este proceso se realizará con el personal ya que es un elemento liviano.

- Traslado y posicionamiento de grúa (portando las barandas) junto al punto de inicio de montaje.
- Izaje y montaje de baranda sobre los puntos ubicados en el tanque esto se realizará mediante grúa.
- Una vez izada todas las barandas en su totalidad esto se fijará mediante soldadura para luego asegurar la consistencia. Se utilizarán Andamios para llegar a los puntos de soldadura en todo el recorrido en el tanque.
- Una vez montada se realizarán los respectivos parámetros de control como verticalidad y otros
- Para este proceso de izaje y fijación de Baranda, se contará con los permisos respectivos que son; trabajos en caliente, izaje y trabajo en altura.
- Así mismo se delimitará toda el área en que realice el montaje, para evitar el tránsito de personas durante el izaje y carga suspendida.



Figura 40. Colocación de barandas

- v) Montaje y soldeo de silletas de anclajes
 - Distribución de las silletas en el perímetro exterior del tanque a la altura de los pernos de anclajes.

- Montaje de las silletas, y soldeo de acuerdo con los procedimientos para esta aplicación



Figura 41. Soldeo de silletas

12) Ensayos

i) Inspección Visual (VT)

- Se realizará inspección visual al 100% de las juntas soldadas del fondo, casco y techo. La supervisión se hará por personal calificado en Ensayos no destructivos (END).



Figura 42. Inspección visual de soldadura

ii) Inspección por Tintes Penetrantes (PT)

- Se realizará inspección por el método de Tintes Penetrantes al 100% de las juntas soldadas en el fondo y casco. Los ensayos serán hechos por un personal calificado en NDT-PT-Level II.



Figura 43. Inspección por tintes penetrantes

iii) Prueba Neumática

- No se utiliza como un método de detección de fugas mensual de rutina, sino que se usa bajo circunstancias especiales. Las pruebas de hermeticidad en tanques se hacen necesarias cuando se detecta una fuga mensual o recurrente.



Figura 44. Prueba de hermeticidad

iv) Prueba de Diésel en caliente

- Es un medio eficaz para la detección de discontinuidades que están en la soldadura, como agujeros pasantes los cuales no hacen hermético el recipiente fabricado.



Figura 45. Prueba de diésel en caliente

v) Inspección por Ultrasonido (UT)

- Se realizará inspección por el método ultrasonido 20% de las juntas soldadas (100 juntas), en el casco. Los ensayos serán hechos por un personal calificado en pruebas no destructivas NDT-UT-Level III.

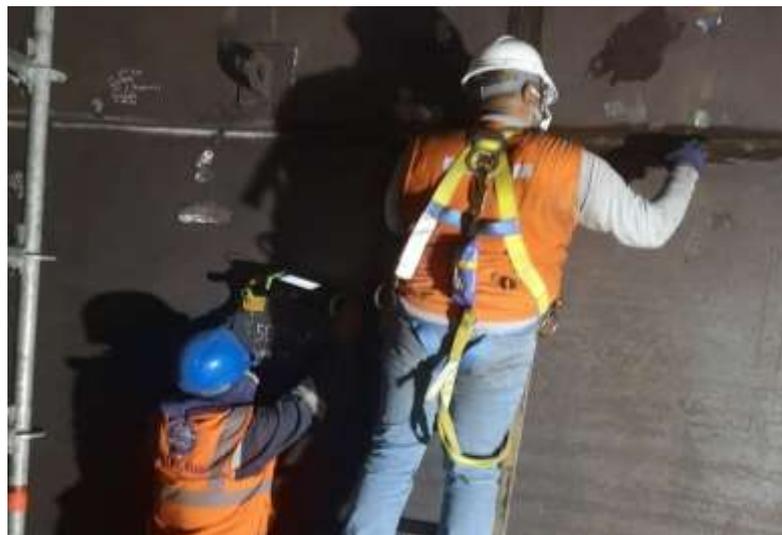


Figura 46. Ultrasonido

vi) Prueba de Estanqueidad

- El tanque será llenado al 100% de su capacidad de trabajo, por un periodo mínimo de 24 horas. El tanque lleno debe ser mantenido por lo menos 24 horas antes de desocuparlo. Durante este tiempo debe ser revisado para verificar su estanqueidad.
- Terminada la prueba, se baja el nivel de agua durante el tiempo que el inspector requiera para confirmar la estanqueidad.
- Terminada la inspección se llena el registro de prueba hidrostática.
- El agua drenada se dispone de acuerdo a las indicaciones dadas por el Residente de Obra.



Figura 47. Prueba hidrostática

13) Proceso de limpieza y pintura

**1RA ETAPA – APLICACIÓN DE LA PRIMERA CAPA GENERAL DE
JET ZINC IR600 A 3.0 MILS SECO.**

- Sobre la superficie preparada y si las condiciones ambientales son favorables, aplique con equipo airless una capa uniforme de Jet Zinc IR600.
- A las 6 horas (21°C), considerando que la ventilación sea el adecuado mida los espesores de película seca según la norma SSPC-PA2, el espesor seco deberá estar

entre 2.4 mils mínimo a 3.6 mils máximo con 3.0 mils promedio. Si no se alcanza el espesor especificado aplique una capa adicional; previa limpieza y dentro del tiempo de repintado.

2DA ETAPA – APLICACIÓN DE JET 70MP A 5.0 MILS SECO.

- Si las condiciones ambientales son favorables aplique con equipo airless una capa uniforme de Jet 70MP a 5 mils seco (7 mils húmedo).
- A las 8 horas de secado a 21 °C, considerando que la ventilación sea el adecuado mida los espesores de película seca según la norma SSPC-PA2, el espesor seco deberá estar de 6.4 mils mínimo a 9.6 mils máximo con 8.0 mils promedio. Si no se alcanza el espesor mínimo promedio aplique una capa adicional, dentro del tiempo de repintado.

3RA ETAPA – APLICACIÓN DE LA ULTIMA CAPA GENERAL DE JETHANE 650HS A 2 MILS SECO.

- Sobre la superficie preparada y si las condiciones ambientales son favorables, aplique una capa uniforme de Jethane 650HS a 2 mils seco (3 mils húmedo).
- A las 6 horas de secado (21°C), considerando que la ventilación sea el adecuado mida los espesores de película seca según la norma SSPC-PA2, el espesor seco deberá estar entre 8.0 mils mínimo a 12.0 mils máximo con 10.0 mils promedio. Si no se alcanza el espesor especificado aplique una capa adicional; previa limpieza y dentro del tiempo de repintado.

Capa	Producto y Color	Espesor (mils)		REPINTADO @ 21°C		Diámetro boquilla	% diluyente	Tiempo de vida útil
		Húmedo	Seco	Mínimo	Máximo			
1ra	Jet Zinc IR600J	5.0	3.0	1.5 horas	90 días	0.021" 0.023"	Max 1/8 x galón	8 horas a 21°C
2da	Jet 70MP	7.0	5.0	8 horas	30 días	0.019" 0.023"	Max 1/8 x galón	3 horas a 25°C
3ra	Jethane 650HS	3.0	2.0	6 horas	7 días	0.011" 0.017"	Max 1/4 x galón	2 horas a 25°C.

Tabla N°10: Especificaciones de pintura.



Figura 48. Pintado

2.7 Desarrollo

2.7.1 Elaboración del informe semanal de obra

- Es el informe que debe presentar el supervisor de obra designado por la empresa para realizar el control sobre la ejecución del proyecto.
- Dicho informe debe contener:
 - 1) Información general de la obra
 - Se describirán los datos básicos del contrato de obra.
 - 2) Descripción de actividades ejecutadas durante la semana
 - Se hará un resumen de las actividades ejecutadas, resaltando las modificaciones presentadas a las obras inicialmente programadas. Se hace un análisis sobre las actividades críticas y comentarios generales del proyecto.
 - 3) Control de calidad
 - Se reportarán los ensayos realizados para el cumplimiento del control y aseguramiento de la calidad.
 - 4) Registro fotográfico de actividades.

- Se deben incluir las fotografías más representativas de las actividades ejecutadas en la semana.

5) Curva S

- Determinar el avance de la obra según el avance real.

2.7.2 Elaboración y programación del cronograma de Obra

- El diagrama Gantt que representará el cronograma de actividades se tendrá en cuenta el desarrollo del procedimiento constructivo de tanques de acero con la interpretación y aplicación adecuada del estándar API 650 que determina los requisitos para materiales, diseño y ejecución del proyecto, fabricación, montaje y pruebas.
- Para la elaboración del cronograma debemos seguir los siguientes pasos:
 - 1) Crear una lista de actividades de obra
 - A partir de esta deben definirse las actividades necesarias para completar cada uno de paquetes, lo cual suele hacerse junto con expertos o el equipo del proyecto.
 - 2) Definir relaciones entre las actividades de obra
 - Una vez definidas el conjunto de actividades que componen el proyecto, estas deben ordenarse en función de las relaciones de precedencia y antecendencia oportunas
 - 3) Estimar los plazos de las actividades
 - Este paso consiste en estimar el número de horas, días, semanas, etc. que se requieren para completar cada una de las actividades del proyecto.

2.7.3 Obtención de información para el control de Calidad de obra.

- Se usará los dispositivos y elementos necesarios para proporcionar la medida de conformidad.

1) Inspección visual de soldadura

- Debe incluir:
 - La fecha de prueba
 - procedimiento de inspección usado y
 - los resultados deben ser certificados por el fabricante.
 - La iluminación, instrumentos, equipos, herramientas, etc., deben ser identificados en el reporte de inspección.
 - Toda inspección debe ser evaluada en términos de los criterios de aceptación de la sección del código de referencia.

2) Prueba de tintes penetrantes

- La prueba se realizará en todas las juntas soldadas.
- Debe elaborarse un reporte de cada inspección efectuada. Este reporte debe incluir al menos la siguiente información:
 - a) Identificación del procedimiento (código) y número de revisión.
 - b) Tipo de penetrante (II) y método de remoción del material (método C, removible con solvente).
 - c) Nombre y nivel de calificación del técnico que realizó la inspección.
 - d) Un bosquejo, croquis o dibujo de la(s) pieza(s) examinada(s) indicando la localización de las indicaciones obtenidas.
 - e) La descripción e identificación de la(s) pieza(s), material, espesor e identificación de la soldadura cuando aplica.

f) Acabado superficial.

g) Fecha de inspección.

3) Prueba de ultrasonido a juntas soldadas

- La prueba se realizará el 20% de las juntas soldadas.

4) Aplicación de pintura

- Se verifica entre los siguientes aspectos relacionando con la calidad de los procesos, siguiendo indicaciones de los procedimientos:

- Pruebas de Patrón de Anclaje
- Verificación del tipo de limpieza
- Verificación del sistema de Pintura
- Medición de espesores
- Verificación de las condiciones ambientales
- Pruebas de adherencia, conforme a la Norma ASTM A- 3359

5) Prueba hidrostática

- Registro de liberación para prueba hidrostática en tanques de almacenamiento
 - Reporte de prueba hidrostática en tanques
 - Prueba hidrostática
 - Captación de Agua.

2.7.4 Elaboración Curva S

- La gráfica con la curva de avance, debe incluir entre sus elementos, al menos, los siguientes:
 - Fecha inicial del proyecto
 - Fecha final del proyecto
 - Valor del trabajo planificado
 - Valor de trabajo planificado acumulado.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

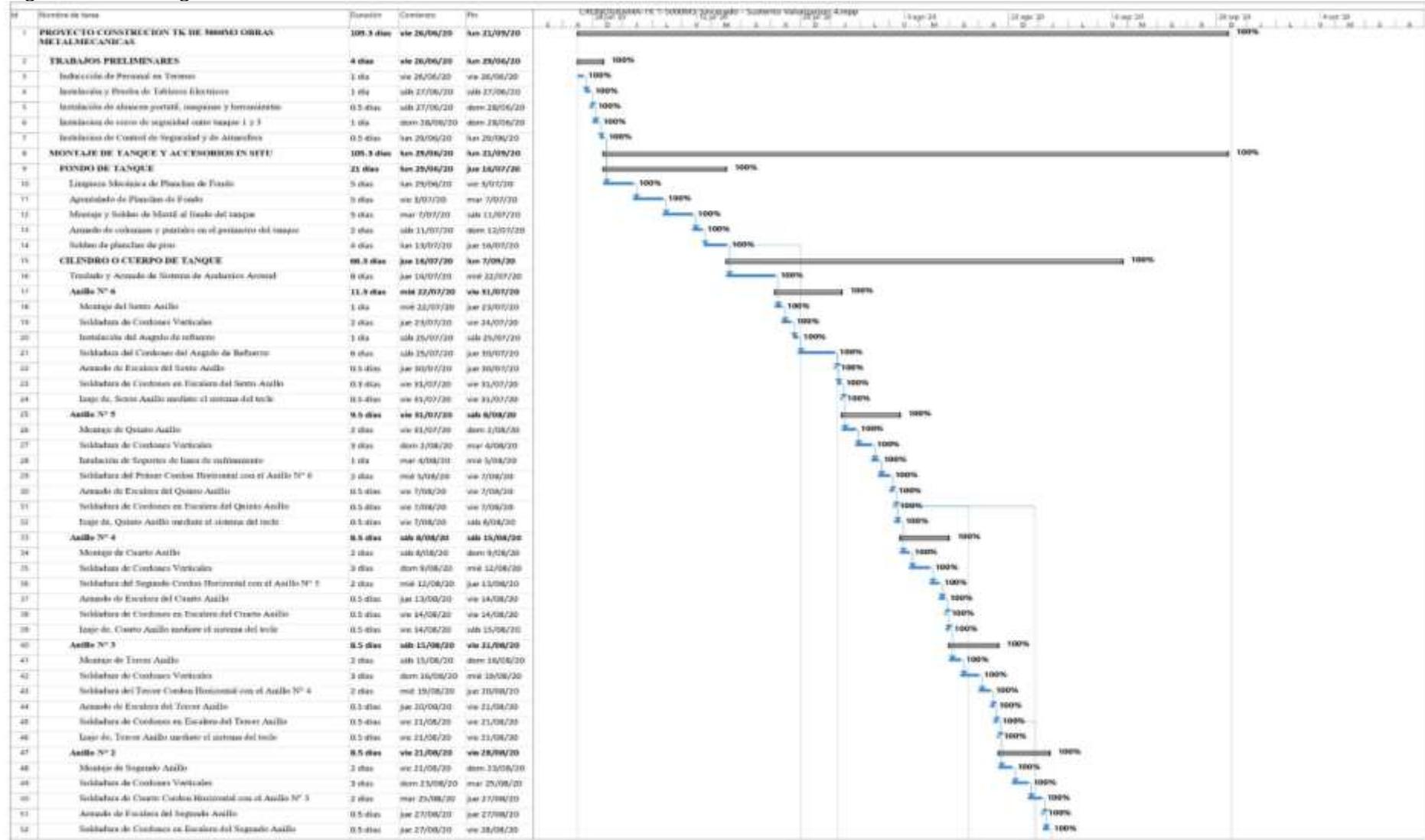
3.1 Programación de Obra

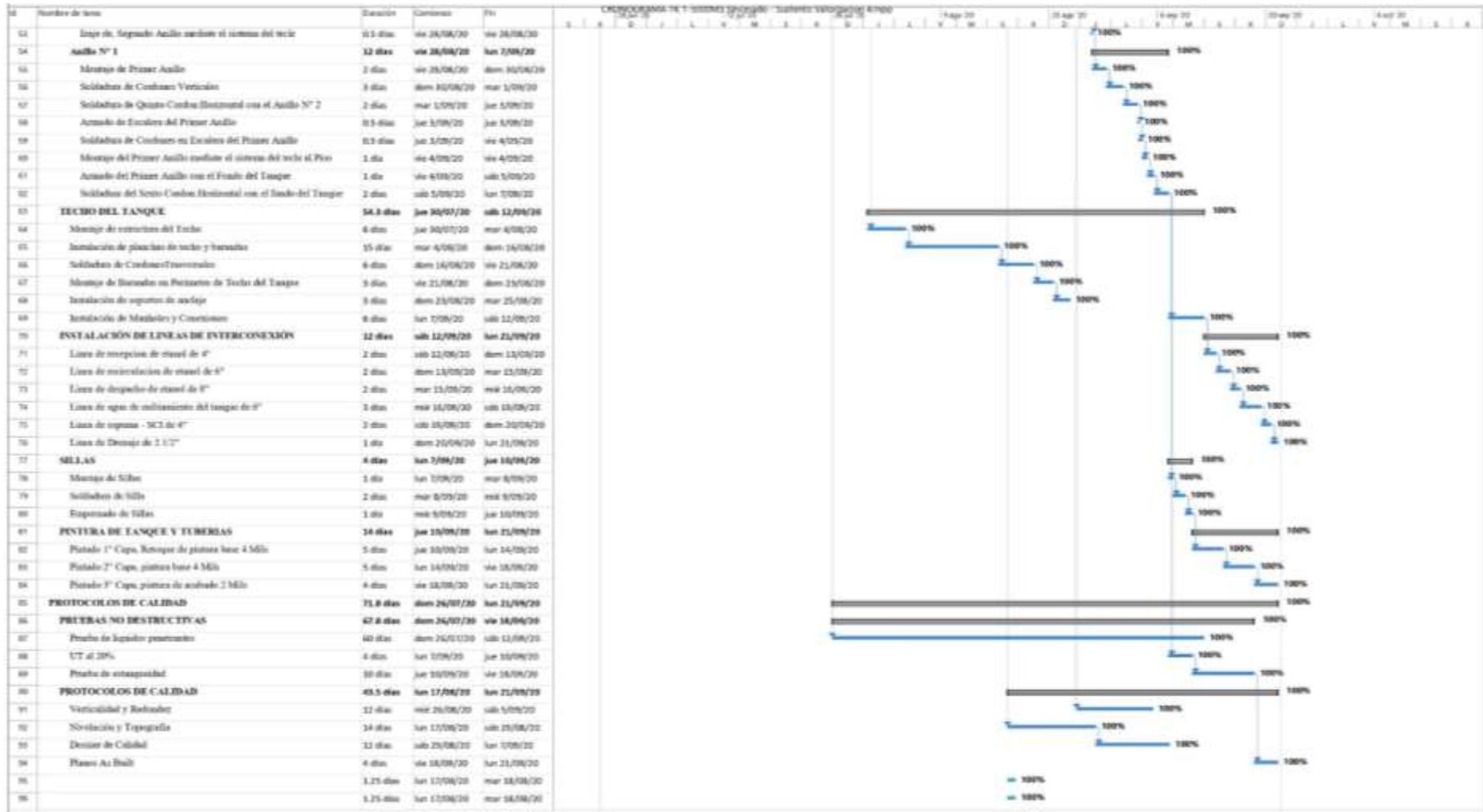
- A continuación, se presenta la programación de actividades representadas en un diagrama Gantt como cronograma de obra tanto para las obras civiles y metalmecánicas:

Figura 49. Cronograma de Obras Civiles



Figura 50. Cronograma de Obras Metalmeccanica.





3.2 Control y aseguramiento de Calidad (Civil / Metalmecánica)

- A continuación, se enumeran los registros de calidad realizados para cada inspección y/o verificación de realizado para las actividades críticas del proyecto:

3.2.1 Obras Civiles

- 1) Registro de Capacidad Portante y admisible (Ver Anexo N° 7)
- 2) Registro de protocolos de calidad (Ver Anexo N° 8)
- 3) Registro de Dosificación y Resistencia a la compresión del concreto (Ver Anexo N° 9)

3.2.2 Obras Metalmecánica

- 1) Registro Welding Map (Ver Anexo N° 10)
- 2) Registro de Montaje de estructuras (Ver Anexo N° 11)
- 3) Registro de Redondez y Verticalidad (Ver Anexo N° 12)
- 4) Registro de Inspección visual (Ver Anexo N° 13)
- 5) Registro de Tintes Penetrantes (Ver Anexo N° 14)
- 6) Registro de prueba Diésel en Caliente (Ver Anexo N° 15)
- 7) Registro de prueba de Ultrasonido (Ver Anexo N° 16)
- 8) Registro de prueba Neumática (Ver Anexo N° 17)
- 9) Registro de prueba hidrostática (Ver Anexo N° 18)
- 10) Registro de Limpieza y Pintura (Ver Anexo N° 19)

3.3 Control de Avance de Obra (Curva S)

- A continuación, se presenta la obtención de la Curva S que compara el avance real en obra con el avance estimado según el análisis del diagrama Gantt tanto para las obras civiles y metalmecánica:

3.3.1 Curva S – Obras Civiles

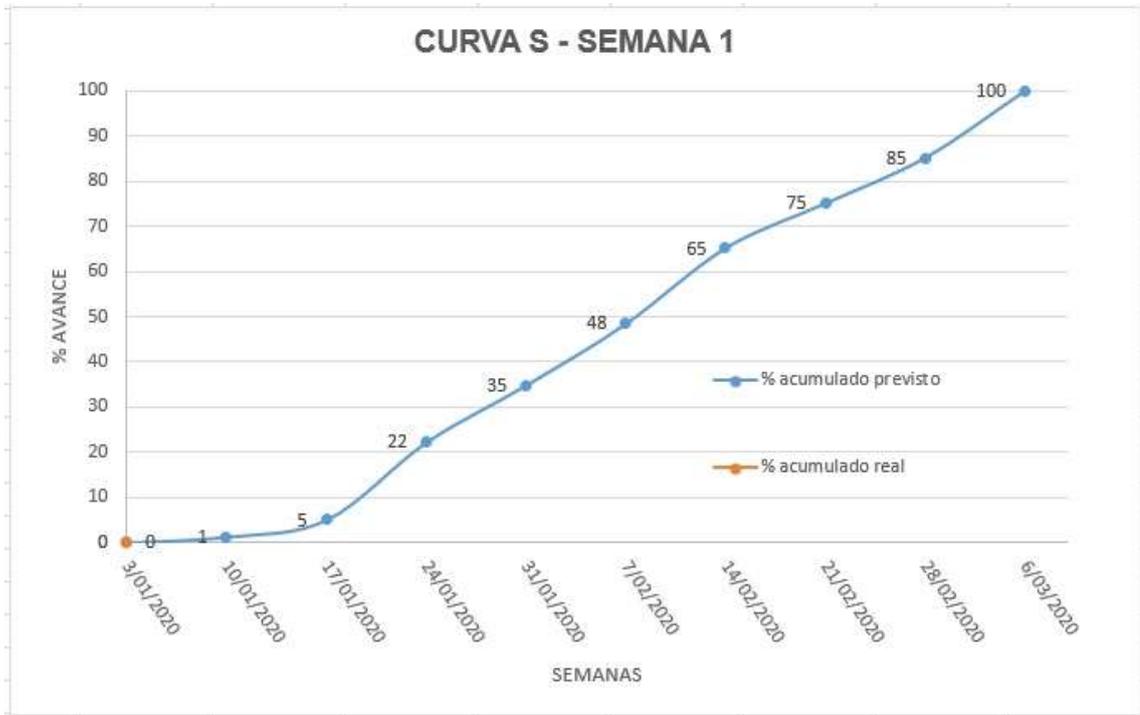


Figura 51. Curva S Obras Civiles – Semana 1

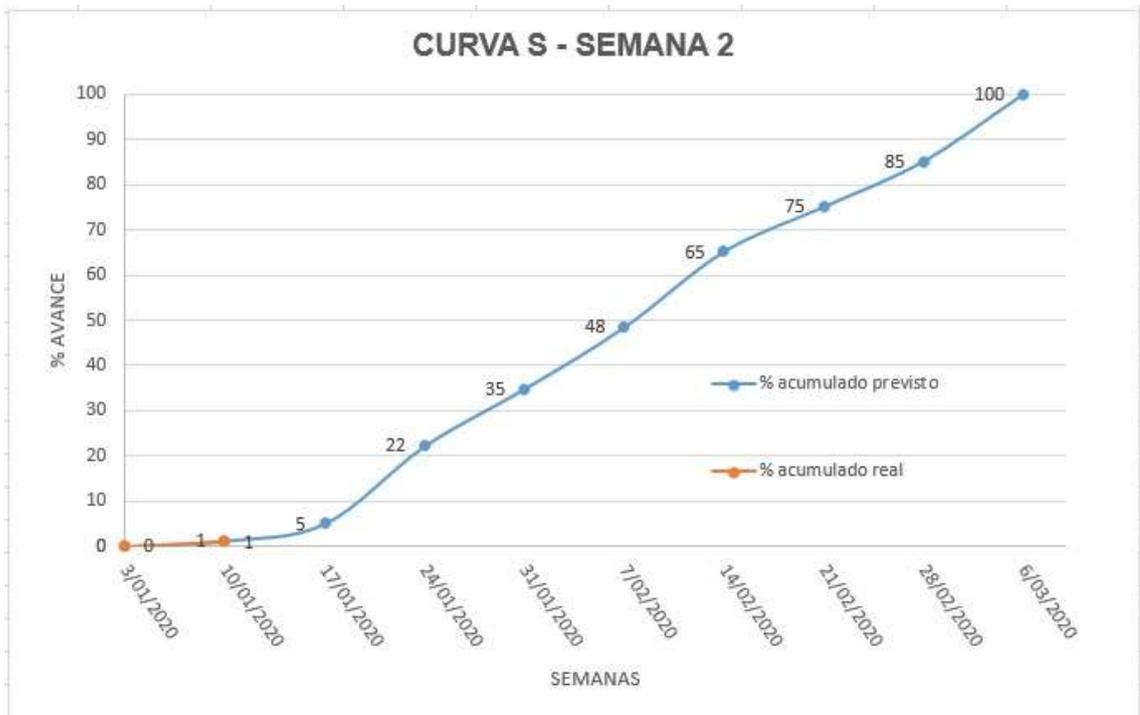


Figura 52. Curva S Obras Civiles – Semana 2

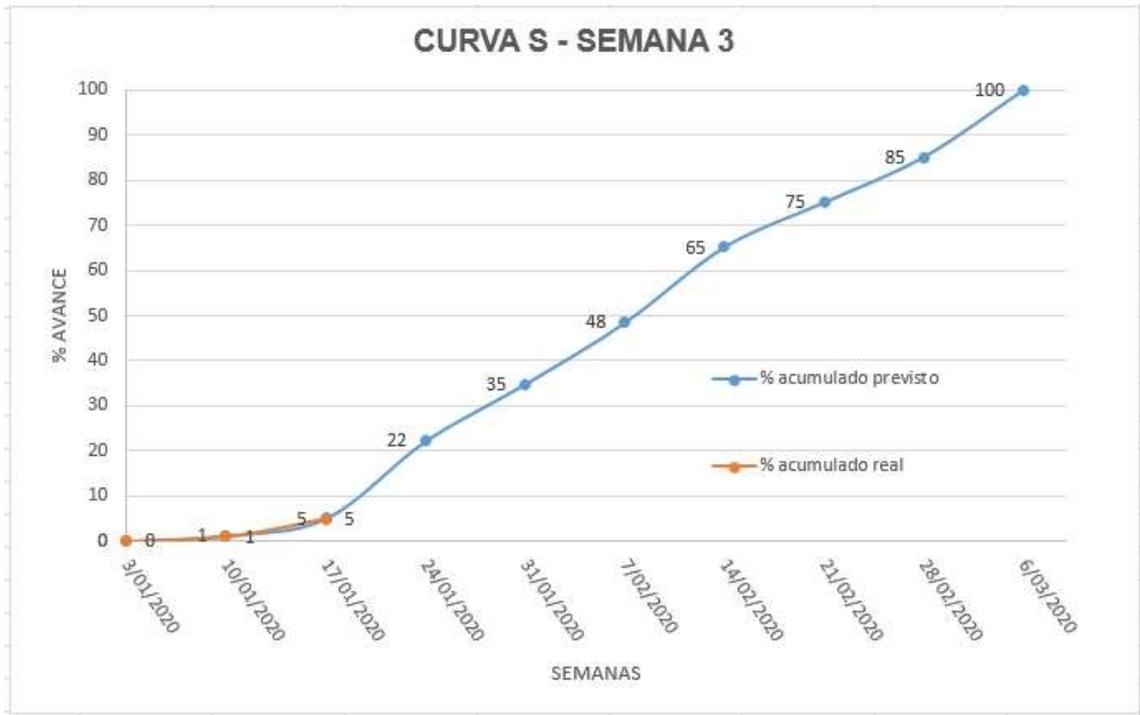


Figura 53. Curva S Obras Civiles – Semana 3

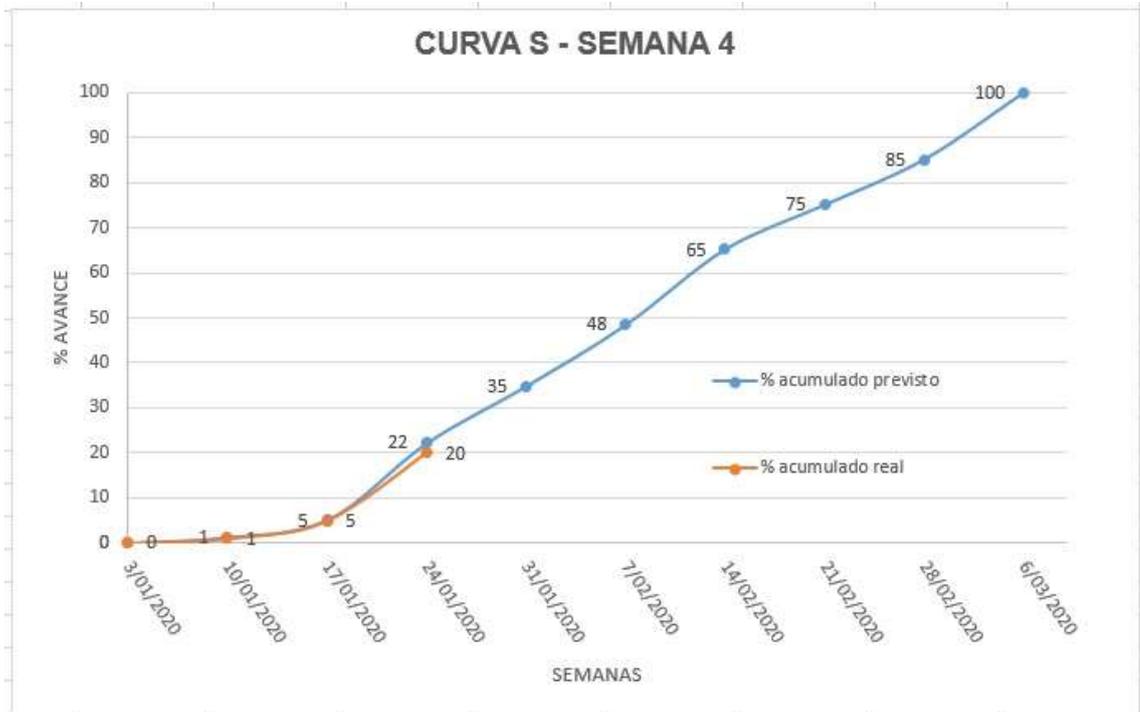


Figura 54. Curva S Obras Civiles – Semana 4

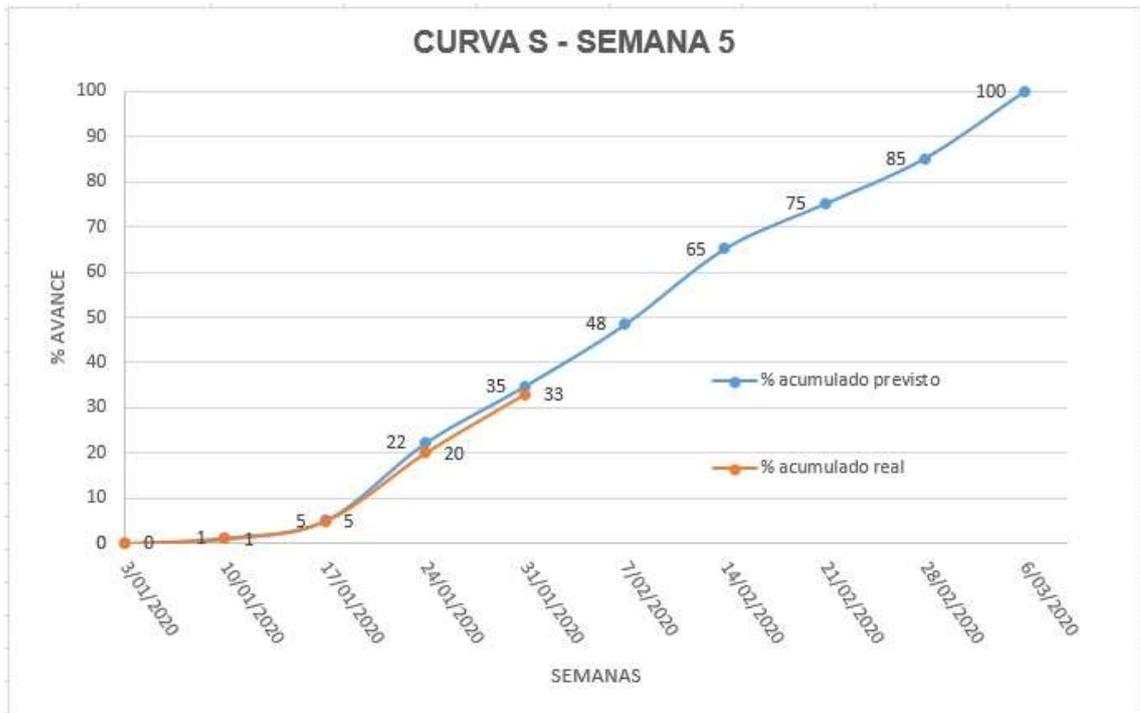


Figura 55. Curva S Obras Civiles – Semana 5

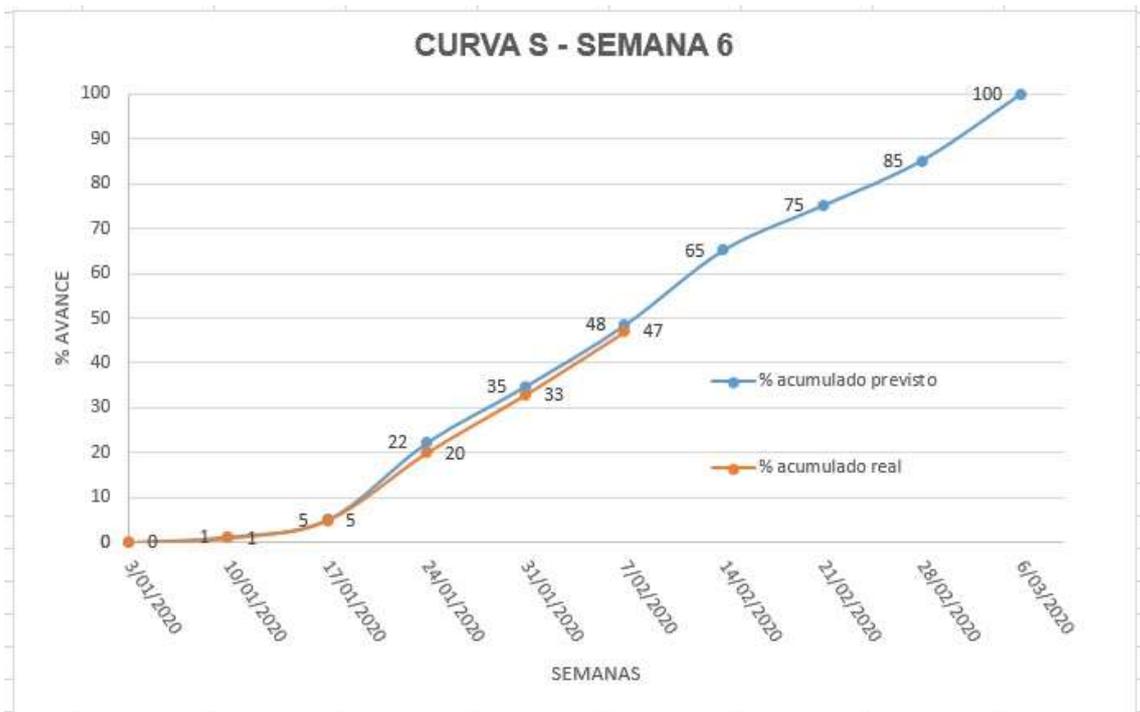


Figura 56. Curva S Obras Civiles – Semana 6

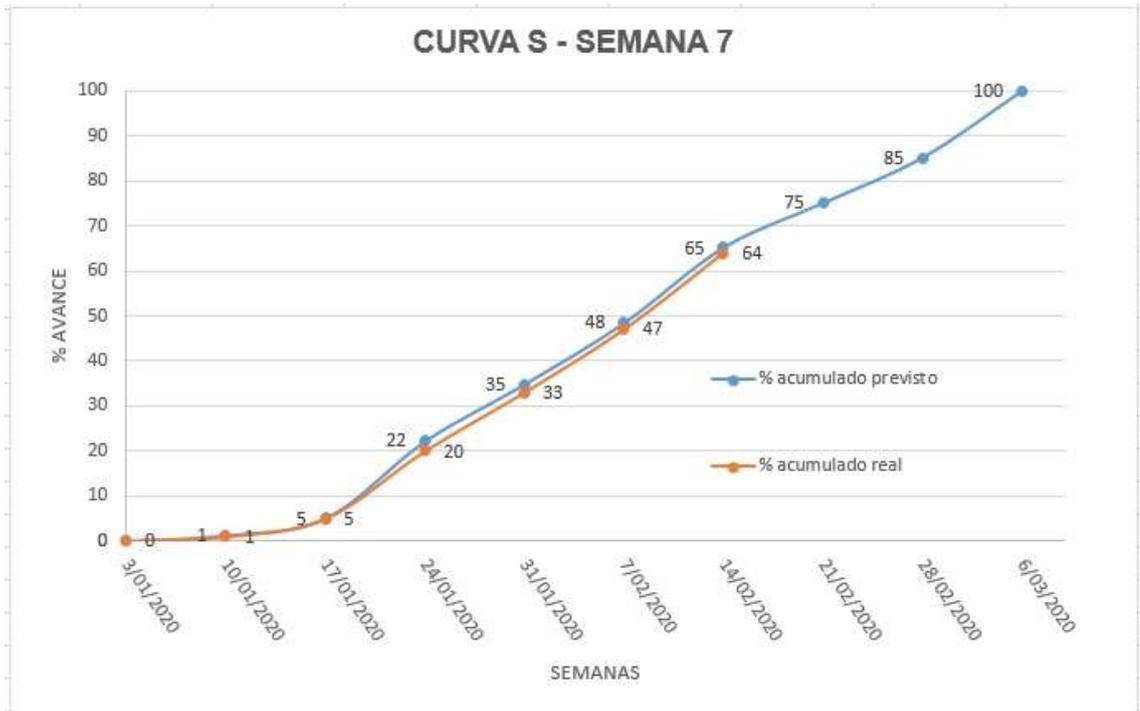


Figura 57. Curva S Obras Civiles – Semana 7

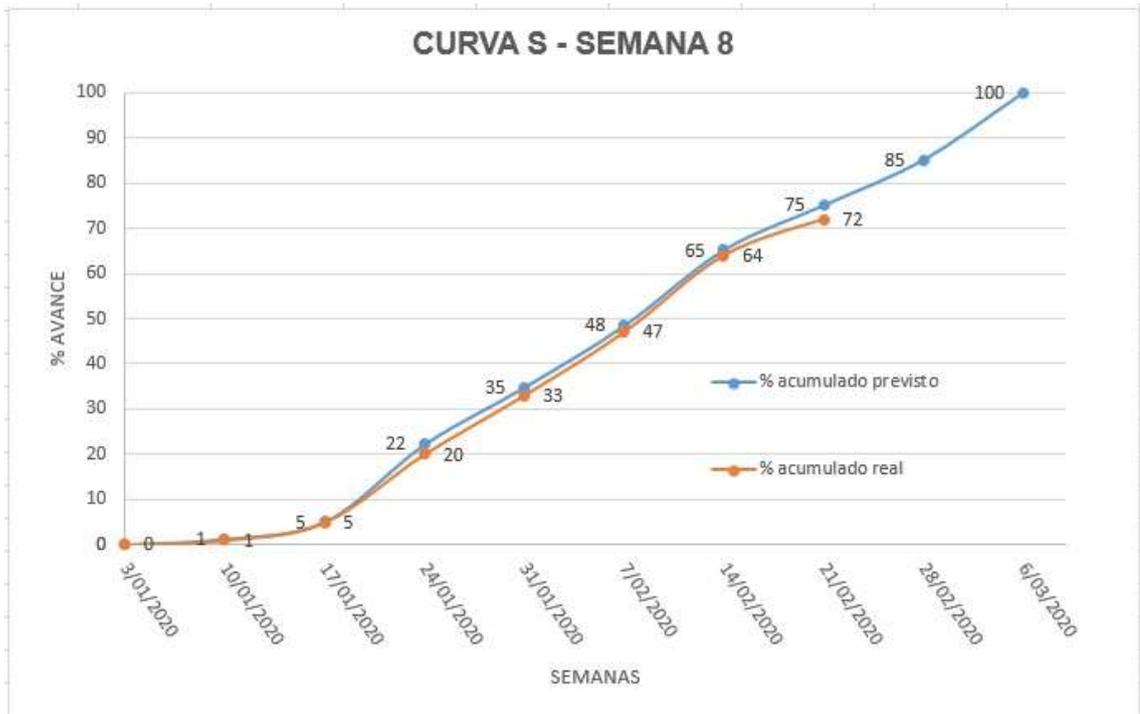


Figura 58. Curva S Obras Civiles – Semana 8

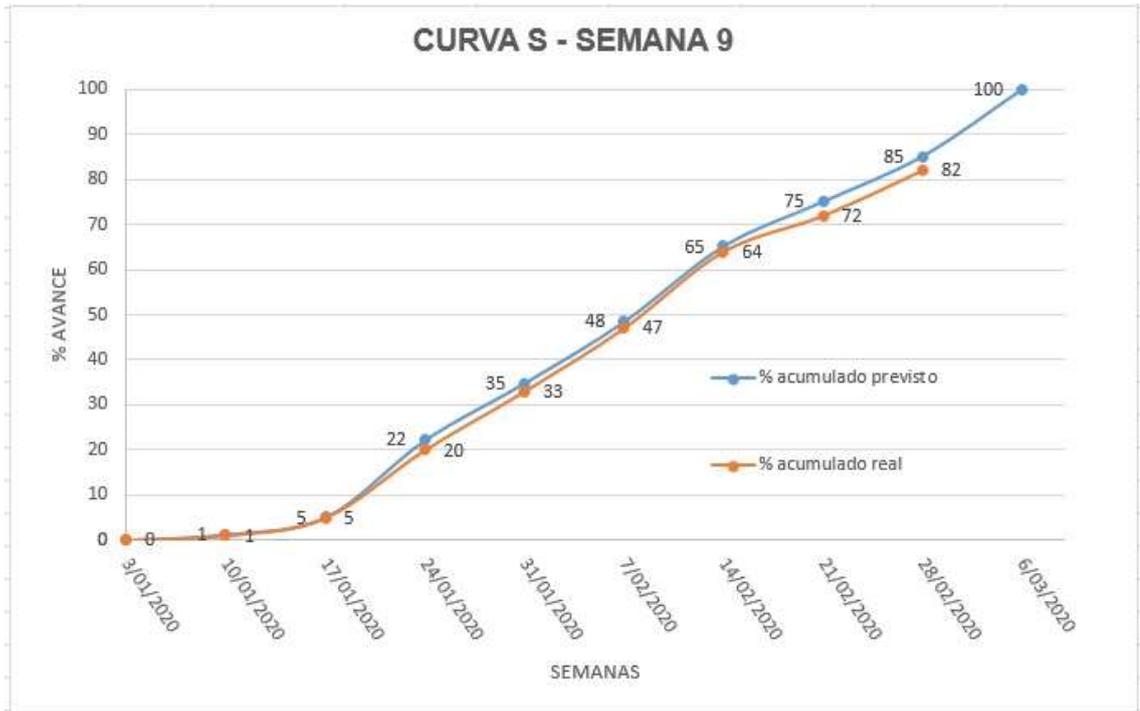


Figura 59. Curva S Obras Civiles – Semana 9

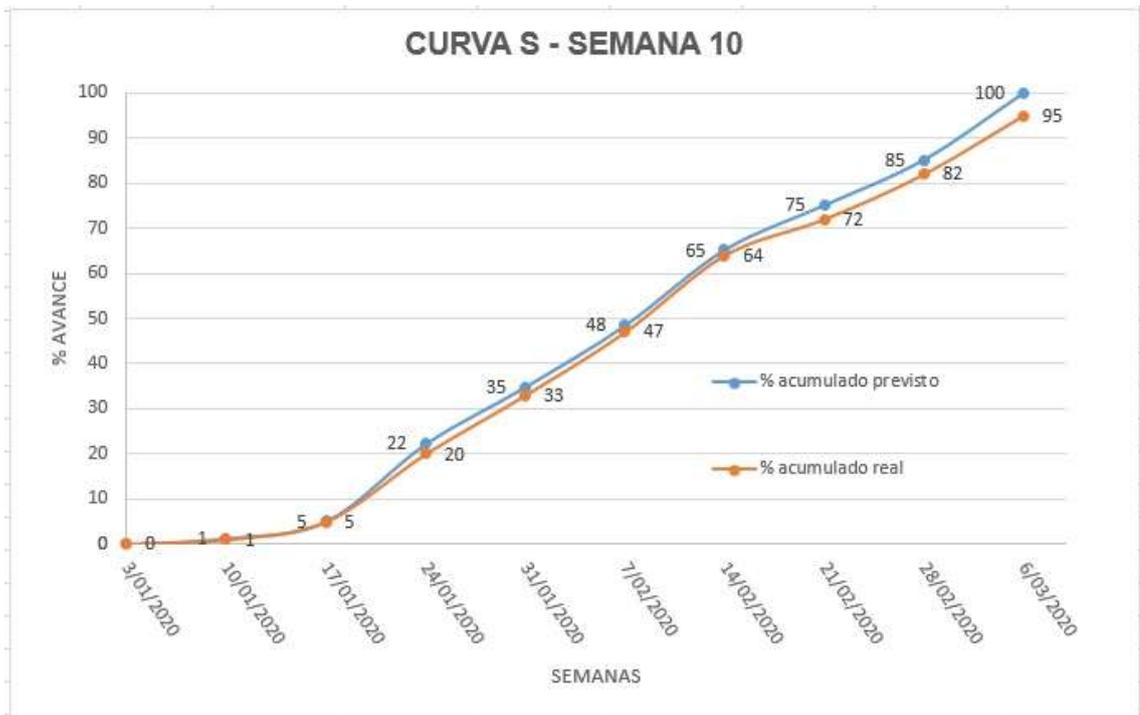


Figura 60. Curva S Obras Civiles – Semana 10

3.3.2 Curva S – Obras Metalmecánicas

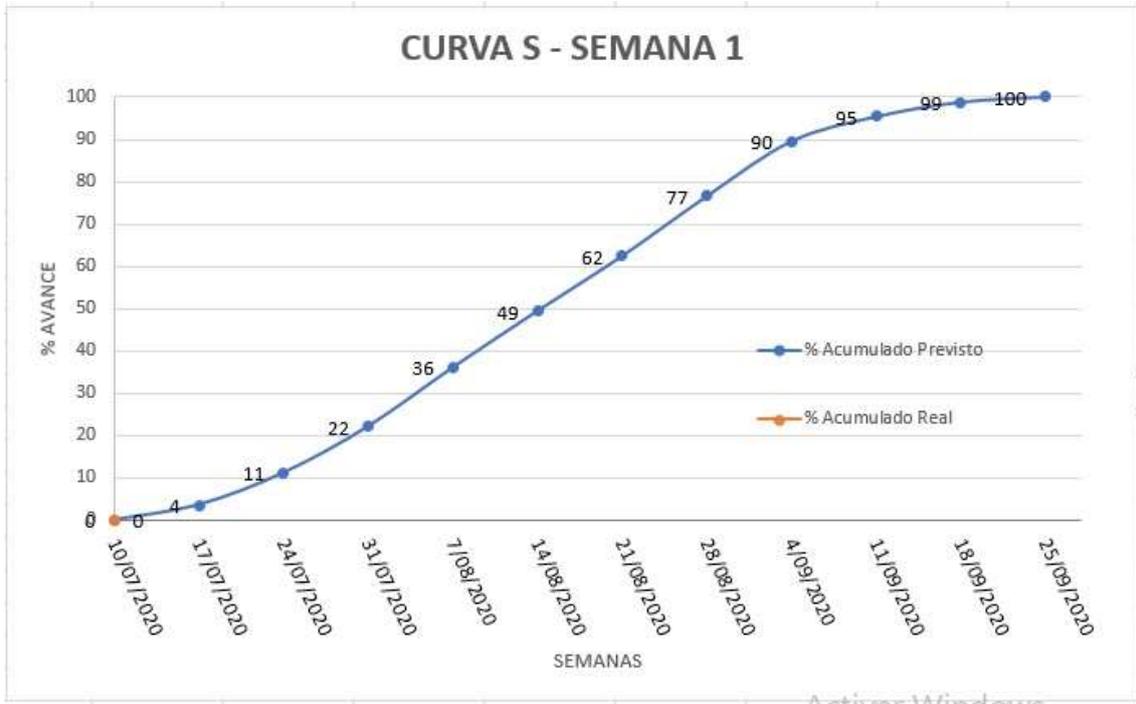


Figura 61. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 1

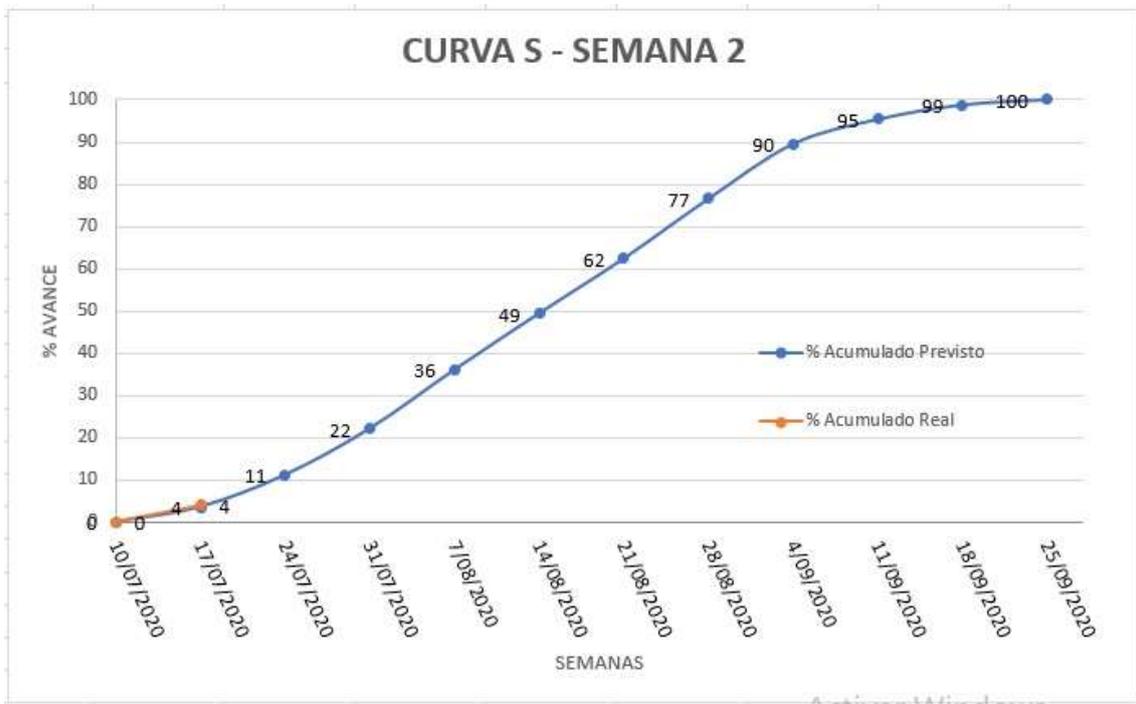


Figura 62. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 2

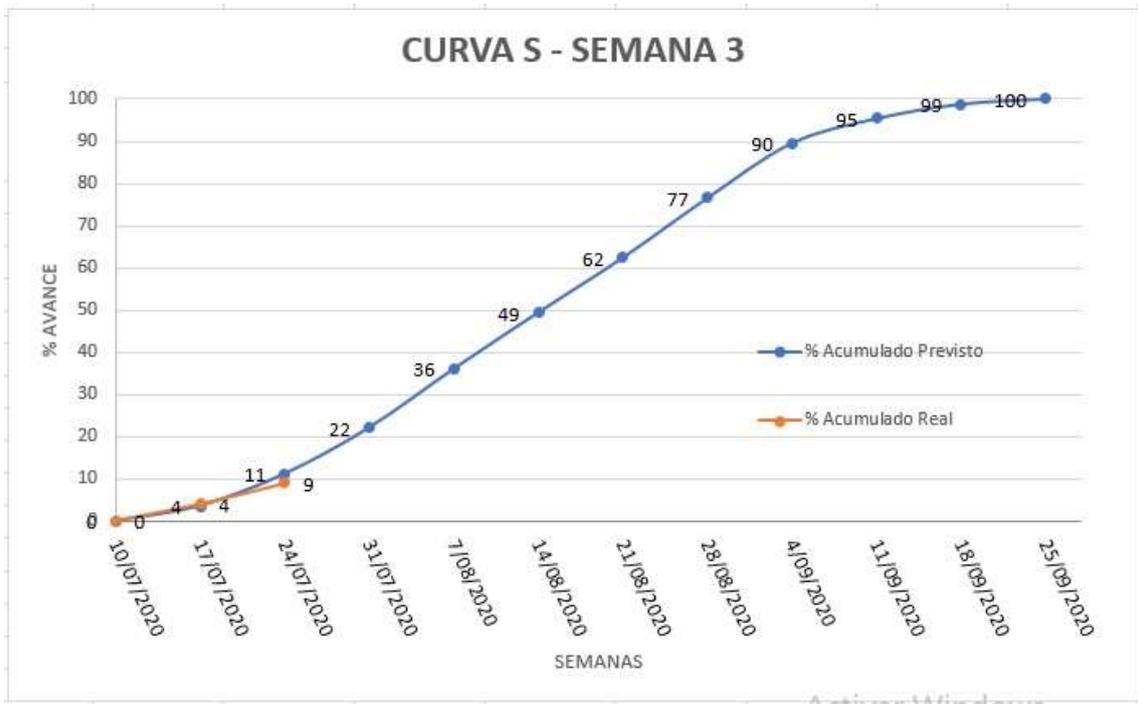


Figura 63. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 3

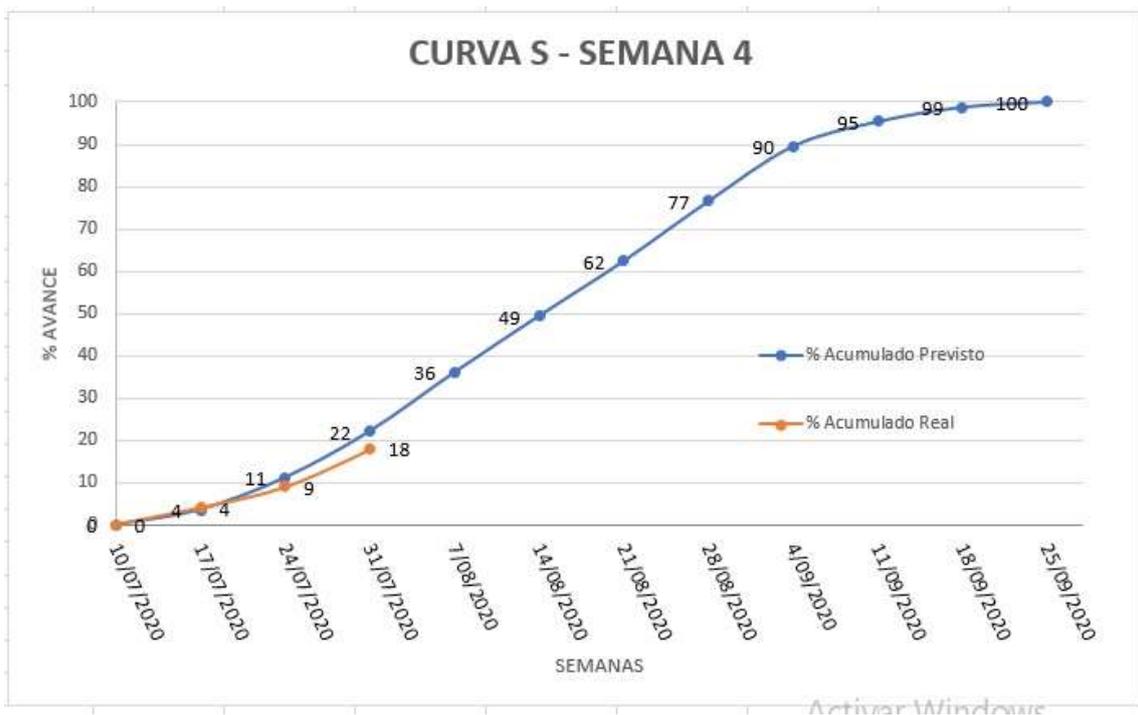


Figura 64. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 4

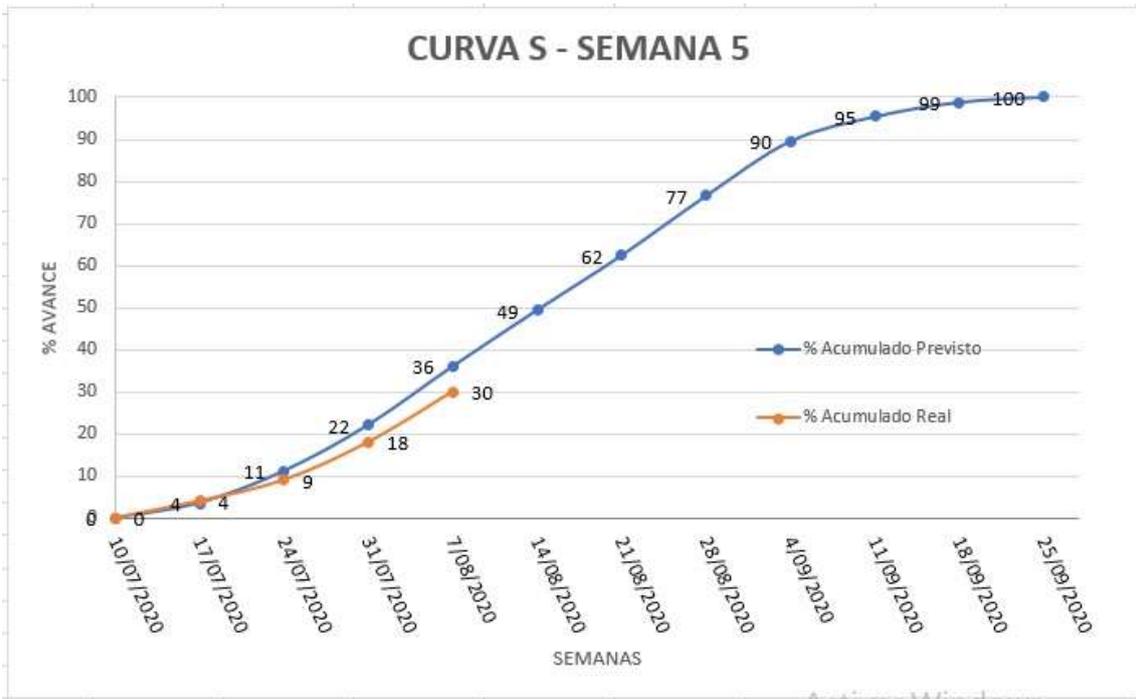


Figura 65. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 5

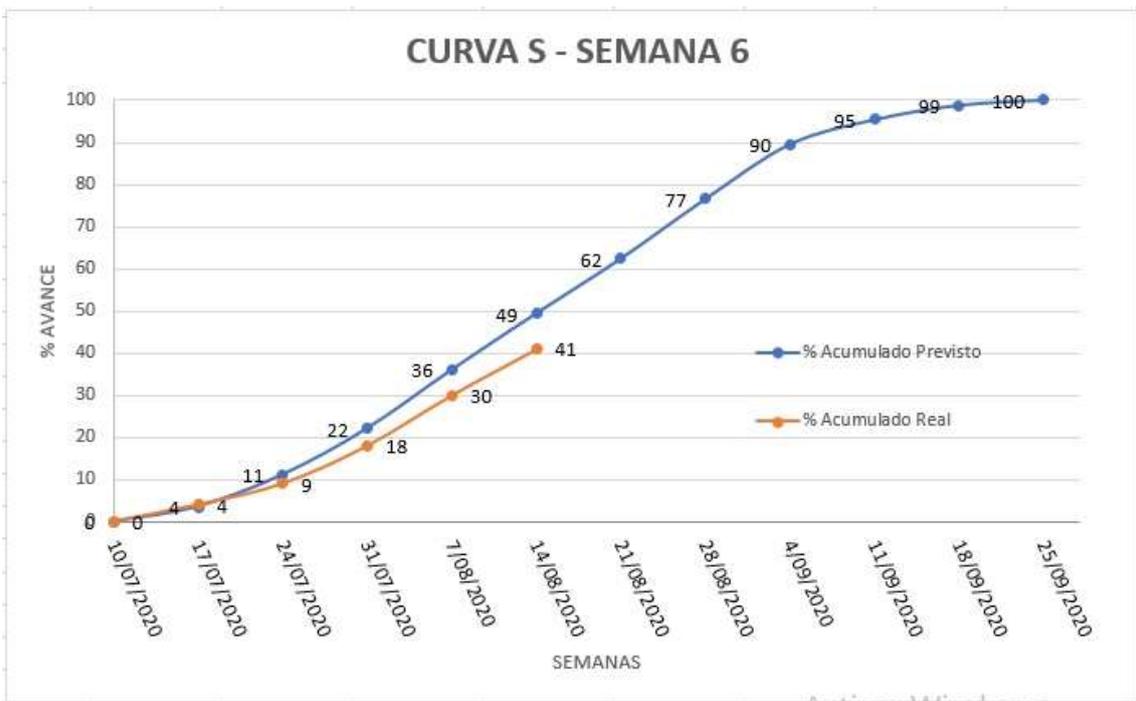


Figura 66. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 6

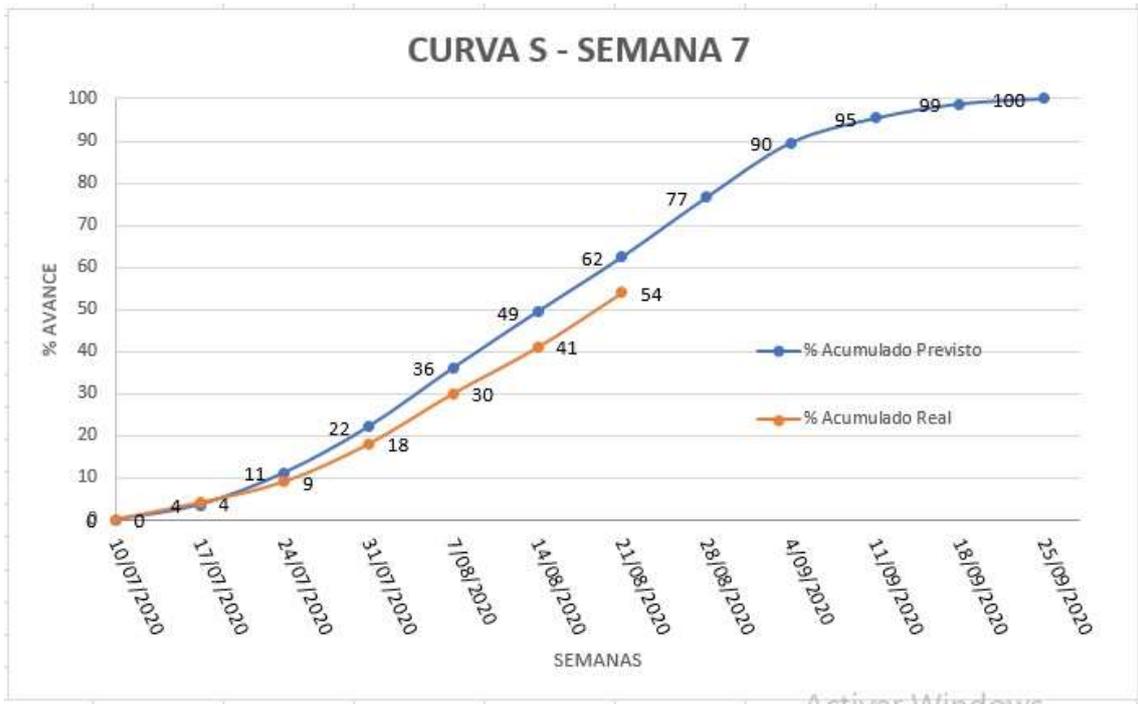


Figura 67. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 7

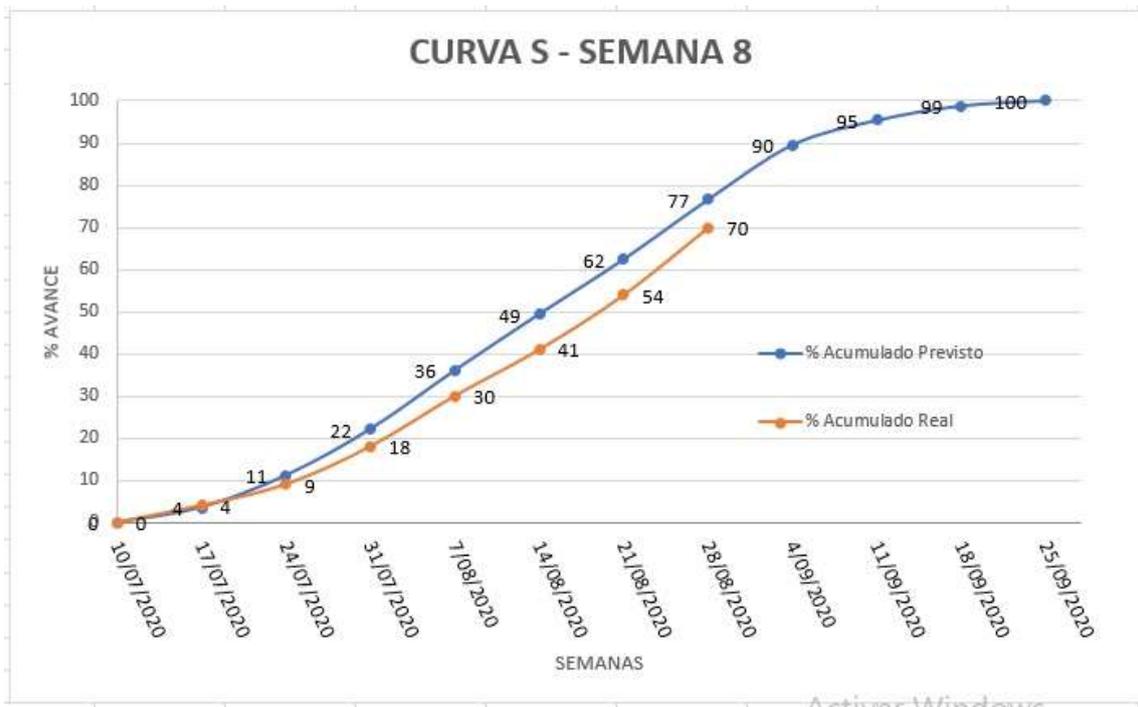


Figura 68. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 8

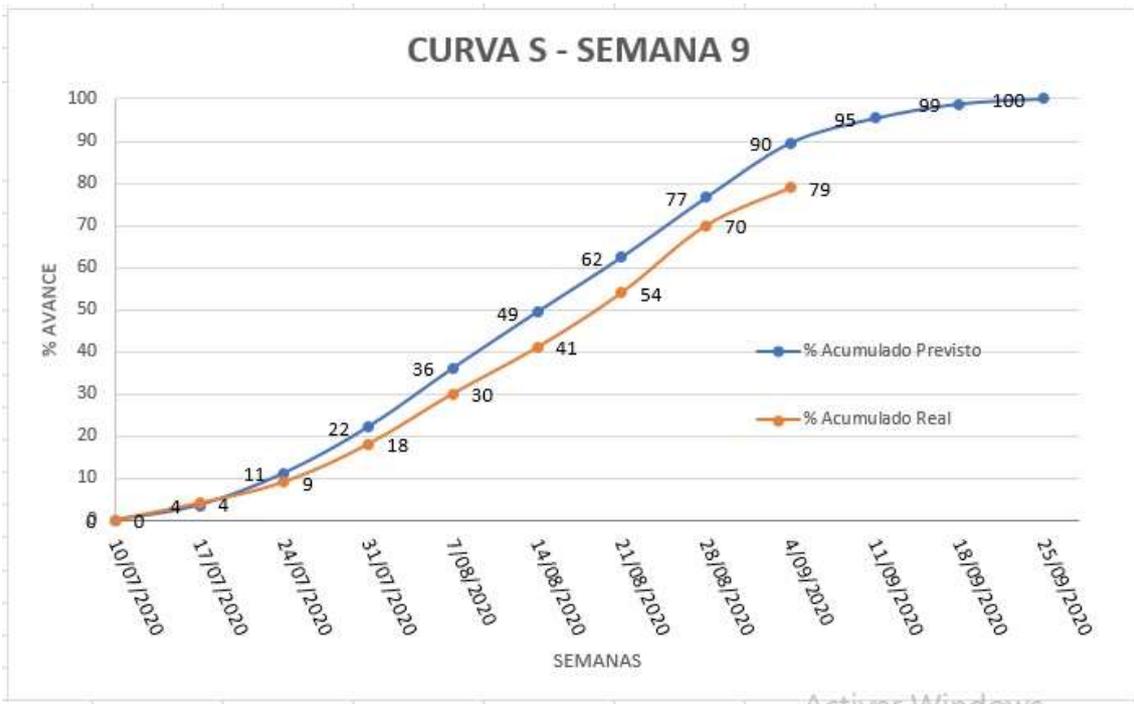


Figura 69. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 9

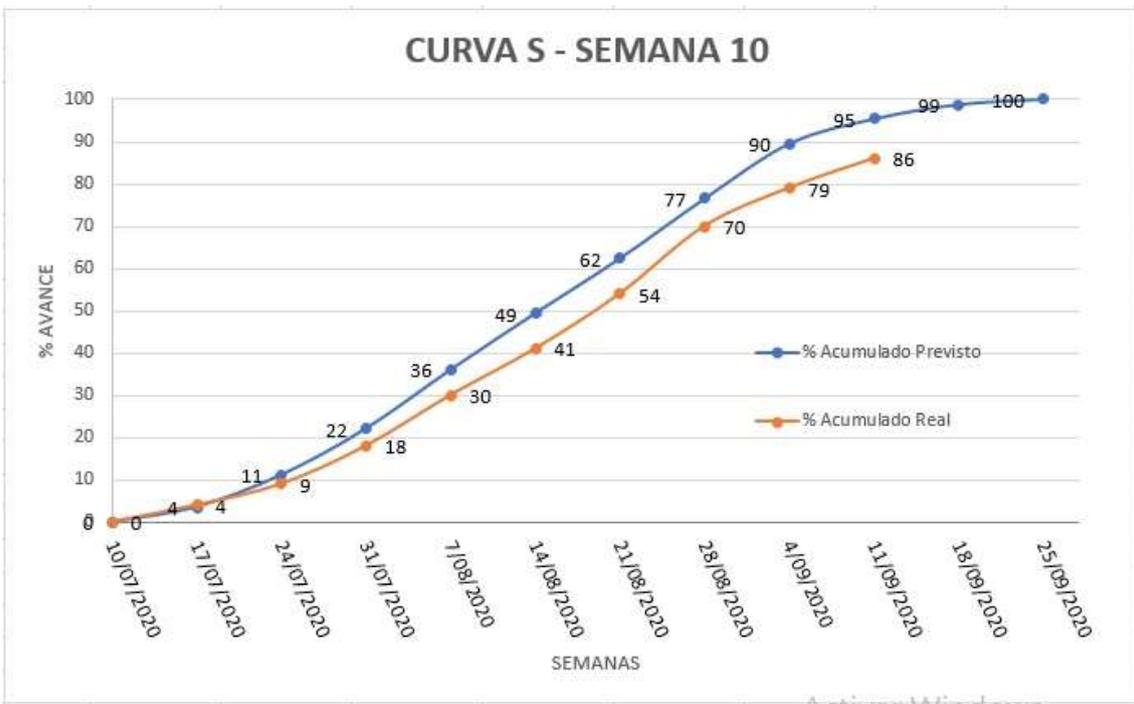


Figura 70. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 10

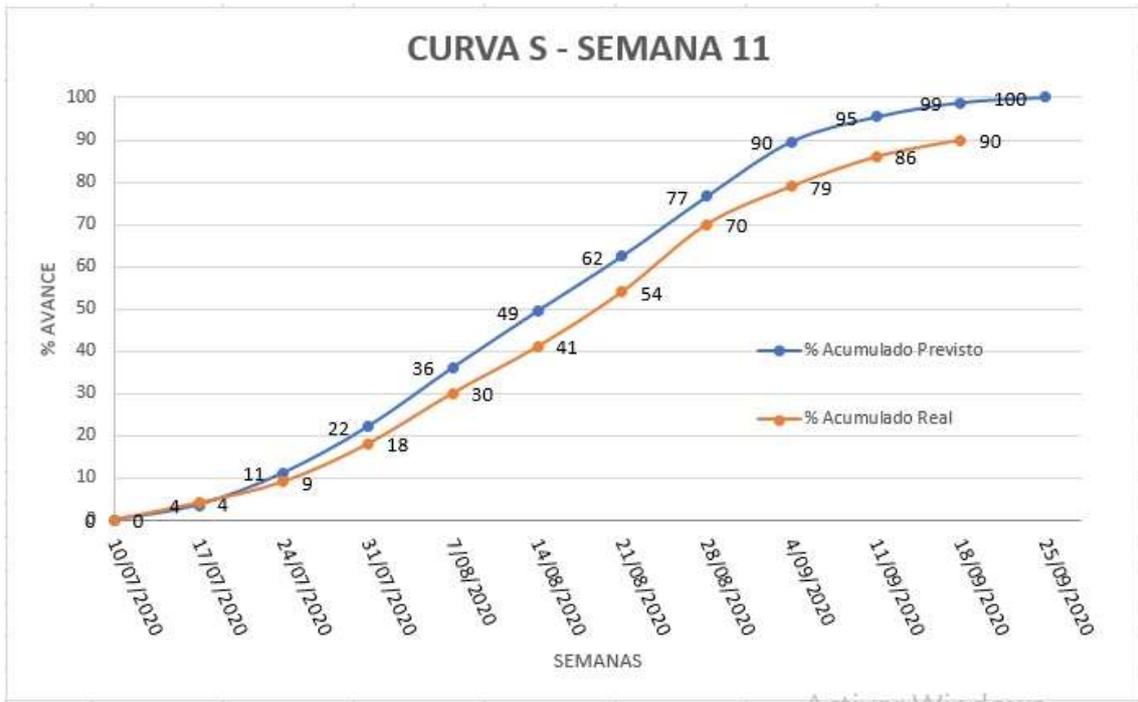


Figura 71. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 11

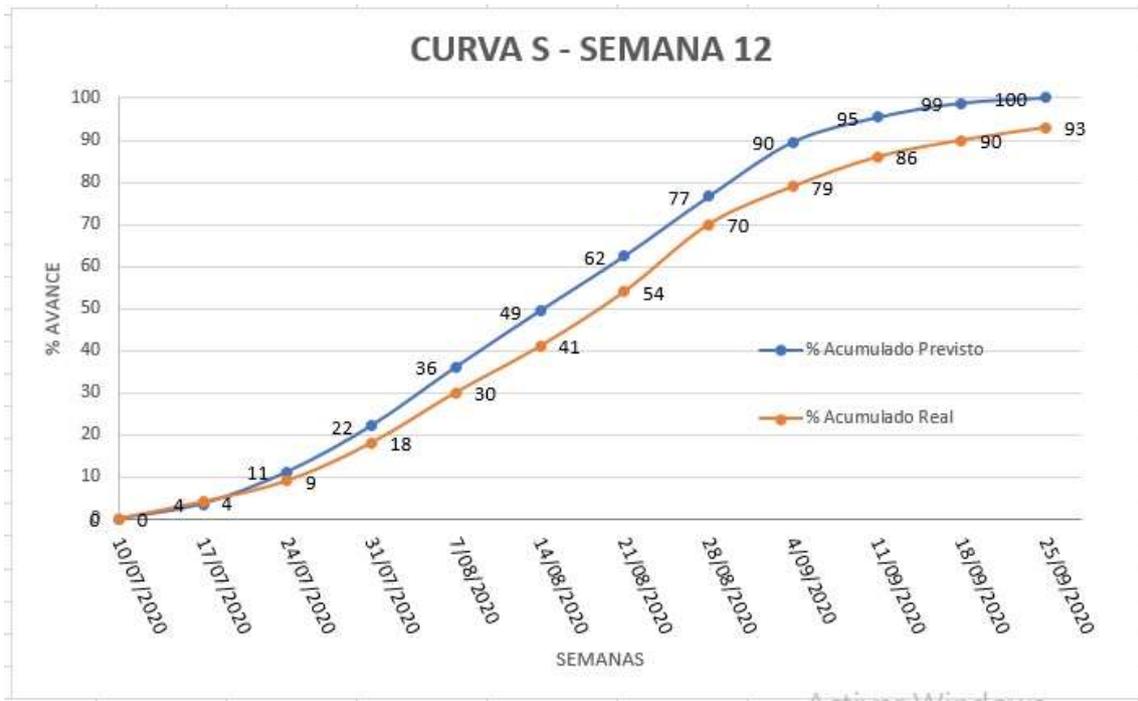


Figura 72. Curva S Obra Metalmecánica – Semana 12

3.4 Reporte Semanal de Obra

- En el Anexo N°20 se registra los reportes semanales de obra de todo el proyecto.

CAPÍTULO IV. DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

- La planificación y procedimiento constructivo del tanque de 5000m³ con el uso de nuevas tecnologías, equipos, herramientas y maniobras de calidad no permitió la reducción en el tiempo de construcción debido a los retrasos que fueron ocasionados por las paralizaciones dadas durante la declaratoria de emergencia sanitaria por el Covid 19, pero si se logró incrementar los estándares de calidad ya que se realizaron todas las pruebas y/o ensayos de calidad descritas en la Norma API – 650.

4.2 Programación de Obra

- La planificación y programación del proyecto “Fabricación y montaje de un tanque de 5000m³ para almacenamiento de Etanol”, los trabajos civiles tienen un plazo de ejecución de 90 días calendario mientras que los trabajos metalmecánicos tienen un plazo de ejecución de 110 días calendario.
- Si es que nos basamos estrictamente en la planificación y programación desarrollada para la construcción civil y metalmecánica del proyecto vamos a identificar algunas dificultades técnicas al momento de su ejecución, y nos quedaría solo adecuarnos al tiempo límite del plazo, se observa en lo propuesto por el diagrama de Gantt del proyecto un excedente en la acumulación de trabajos del mismo tipo en un mismo periodo de tiempo, como lo es el vaciado de concreto para la cimentación con un amplio volumen de vaciado a la vez, teniendo en cuenta además que los tiempos para los trabajos de vaciado de concreto son críticos, por ello si nos regimos según lo planificado en el diagrama de Gantt no podremos cumplir con las fechas programadas debido a que no se tomó en cuenta aspectos técnicos tales como la cantidad de maquinaria disponible, la cantidad de vaciado necesario por día, el personal requerido para el vaciado, ni las facilidades de acceso a determinadas zonas del

proyecto ya que otras especialidades (metalmecánica, pintura, instrumentación, etc) se encontraban realizando trabajos en la misma zona, obviándose los temas de constructibilidad en general.

- Finalmente, el cronograma inicial del proyecto es actualizado y sincerado debido a los acontecimientos que serán descritos en el apartado del Control de Avance de obra generando una ampliación en la ejecución del proyecto.

4.3 Control y aseguramiento de Calidad

- Se realizó el control y aseguramiento de la calidad de las actividades críticas del proyecto el cual consiste en llevar de manera ordenada y organizada los registros o resultados de las liberaciones, inspecciones, medida, realizada en campo para luego plasmarlo en un dossier de Calidad.

4.4 Control de Avance de Obra (Curva S)

- Al emplear el procedimiento actual de construcción de tanques, se presenta un inconveniente con los tiempos de entrega, esto debido a que se viene empleando un procedimiento antiguo por la Contratista ejecutora, en el cual se emplean procesos, maniobras y equipos, y esto a su vez genera un incremento de gastos dentro del proceso de la construcción.
- Dentro de estas pérdidas también consideramos la prolongación de la fecha de entrega del proyecto debido a la declaratoria del Estado de Emergencia Sanitaria a nivel nacional, que dicta medidas de prevención y control del COVID-19 (marzo, 2020), la cual retrasa la entrega de las importaciones realizadas (equipos y accesorios adquiridos desde el extranjero) así como la paralización de los servicios de vaciado de concreto y colocación de asfalto puesto en obra.
- La curva S determina que al término de las obras civiles según el cronograma tiene un Avance Estimado de 100% y un avance Real del 95%, mientras que en las obras

Metalmecánicas existe al termino del proyecto un Avance Estimado de 100% contrastado por un Avance Real del 93%.

- El total de días perdidos por lo ya mencionado ocasiona un retraso en la entrega de las obras civiles de 9 días calendario y en las obras metalmecánica un total de 16 días calendario; dichos días tuvieron que ser replanteados en un nuevo cronograma sincerado.

4.5 Limitaciones y aportes

4.5.1 Limitaciones

- El área de ubicación donde se desarrolla el proyecto será dentro de las instalaciones del Terminal Terrestre de Tramarσα ubicado en Paita, ya que existe una zona con 02 tanque existentes de la misma capacidad los cuales sirven para almacenamiento de etanol, donde se dispone un área libre para la implementación de este nuevo tanque de almacenamiento, además de zonas existente como son un sistema de recepción, almacenamiento y despacho, así como también los sistemas de alimentación y bombeo del producto altamente explosivo.

4.5.2 Aportes

- El aporte principal del presente trabajo de investigación, es el control supervisado de cada etapa perteneciente al proceso constructivo de los tanques de acero, desde el transporte de material, tendido del fondo, construcción de los anillos, y el techo, para un desarrollo de actividades eficientes.

4.6 Contratación de los resultados con otros estudios similares

- En esta investigación se realizó una memoria de cálculo del tanque para determinar los diferentes parámetros para la fabricación y montaje, del mismo modo en la investigación de Jibaja, (2006), en la que indica que la aplicación correcta de los cálculos que la norma API 650 establece en la sección 2 de su adendum, son

esenciales para garantizar una larga vida útil al tanque ya que determinan el espesor de las láminas de cada parte del tanque: fondo, cuerpo, techo ciñéndose al sobre dimensionamiento estándar de los materiales.

- Para esta investigación tanto la fabricación y montaje del tanque de 5000m³ se basó en la última actualización de la Norma API 650 – 2017 cumpliendo con todos los estándares de Calidad igualmente que Jiménez (2009).que ndica que si se siguen las recomendaciones de un estándar se tiene que tener en cuenta su fecha de edición, ya que, todas las normas que son referenciadas cuya fecha de edición sea posterior a la fecha de edición del estándar guía puede producir errores y desorientar al usuario del estándar.
- En los trabajos preliminares para la fabricación y montaje del Tanque se realizó un estudio de mecánica de suelos en calicatas, evidenciando los resultados en el Anexo N°7 al igual que Filippi (2012) que determinó que el cimiento debe estar asentado en terreno firme, esto quiere decir que no se debe cimentar sobre suelos con excesiva materia orgánica (residuos de plantas o animales), desmonte o relleno.
- A diferencia de la investigación de Enríquez y Salvador (2014) en donde se obtuvo resultados favorables mediante la simulación en SOLIDWORKS: en esta investigación se realizó la simulación del Tanque de 5000m³ en el software SAP2000 la cual permitió un análisis completo de los materiales y las fuerzas a las que estos iban a ser sometidos.
- En esta investigación se utilizaron diagramas de Gantt para el desarrollo del cronograma de actividades tanto para las obras civiles y metalmecánicas y así poder planificar los tiempos de ejecución al igual que Fajardo, (2015) que en su tesis analizó el proceso constructivo para 01 tanque para obtener ratios de productividad base para mejorar los principios de constructibilidad necesarios para un nuevo planteamiento

de un diagrama de Gantt, el que se espera servirá como base para el desarrollo de la planificación y programación de obras similares.

- En esta investigación, para la fabricación y montaje del Tanque de 5000m³ se utilizó el proceso de soldadura MIG tubular con alambre de cobre al igual que en la investigación de Ángel (2018) en donde se ha utilizado de un proceso de soldadura MIG-MAG, GMAW es más eficiente frente al proceso SMAW, debido al aporte de material continuo que deposita, a comparación del SMAW. Realizando un cordón más limpio, que no representa necesidad de limpieza mecánica, frente a una soldadura con proceso.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se realizó la planificación y procedimiento constructivo para la fabricación y montaje de 01 Tanque de 5000m³ en un total de 225 días calendario según el cronograma cumpliendo los estándares de calidad y seguridad.
- La programación del proyecto “Fabricación y montaje de 01 tanque de 5000m³ basado en la Norma API 650 - 2017 en el Terminal de Líquidos Tramarsa - Paita” no se ajusta a la realidad de su desarrollo planteado en el cronograma inicial debido a los inconvenientes causados por la declaratoria del Estado de Emergencia Sanitaria a nivel nacional, que dicta medidas de prevención y control del COVID-19 (Marzo, 2020), es por ello que tanto los trabajos civiles como metalmecánicos se desarrollaron con un ampliación del plazo de 9 días calendario en las obras civiles y 16 días calendario en las obras metalmecánicas.
- Se realizó el correcto control y aseguramiento de la calidad basándonos en el cumplimiento de los sistemas de gestión de calidad y la norma API 650, tras el empleo de herramientas tales como procedimientos, protocolos, ensayos, normas técnicas, entre otros, evidenciándose en los registros de calidad en ANEXOS.
- Se realizó el control de avance de obra mediante la Curva S, en la cual determina que al término de las obras civiles según el cronograma al tener un Avance Estimado de 100% existe un avance Real del 95%, mientras que en las obras Metalmecánicas existe al termino del proyecto un Avance Estimado de 100% contrastado por un Avance Real del 93%.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda a TRAMARSA S.A. que antes de entrar el uso el tanque se deben realizar las tablas de calibración del mismo las que determinan los valores críticos de operación y los máximos y mínimos del llenado del tanque esto deberá ser aprobado en el caso de nuestro país por OSINERGMIN para que así el tanque pueda entrar en operación.
- Se recomienda a TRAMARSA S.A. que siempre será necesario establecer el tipo de producto a ser almacenado para determinar el tipo de tanque a construir, esto por la variedad de formas de los mismos y sus diversas condiciones de operación.
- Se recomienda a los INGENIEROS CIVILES mantener un mantenimiento y control supervisado a los equipos de izaje y fabricación, debido a que de esa forma garantizamos un buen funcionamiento y desempeño dentro de las actividades constructivas.
- Se recomienda a la UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE adicionar en la malla curricular de la rama de ingeniería civil temas relacionados con el análisis y diseño de tanques rectangulares, debido a que es un tema de gran importancia en nuestro medio, más aún cuando se quieren tener estructuras resistentes e impermeables que contribuyan con el medio ambiente.
- Se recomienda para una futura investigación profundizar y adicionar otros ensayos de calidad acorde a la Norma API 650, además de implementar más herramientas de precisión ya que en ciertos casos para que las piezas coincidan se lo lograba a base de golpes, con una herramienta de precisión se acortaría tiempo en la construcción.

REFERENCIAS

American Petroleum Institute. (2017). *API Notma 650*. Washington D.C. American Petroleum Institute

Angel. M. (2018) “Mejoramiento del procedimiento de construcción de tanques de acero para reducir los costos de construcción en la empresa S. Lagos”. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo – Perú.

Becerra, Y. (2019) “Diseño, construcción y control de calidad de un tanque de capacidad de 275m³ en la comunidad de Algamarca”. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque – Perú.

Concepción, L. & Mateos C. (2019) “Plan de control de calidad en la fabricación de un tanque de lixiviación de plata de 50 m³”. Universidad Tecnológica del Perú. Lima – Perú.

Concha F. (2018) “Diseño, fabricación y montaje de tanque de almacenamiento de diésel de 200, 000 galones de capacidad, basado en la norma API 650, para la unidad minera TOQUEPALA, departamento de Tacna”. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque – Perú.

Contreras A. & Guadaña A. (2018) “Diseño de cimentación para tanques atmosféricos bajo la norma API-650 y bajo la norma UNE-EN 14015 en la refinería la Pampilla 2018”. Universidad Cesar Vallejo. Lima – Perú.

Enríquez A. & Salvador, F. (2014) “Diseño y construcción de un tanque para crudo de 13000 litros, con chasis”. Universidad de las Fuerzas Armadas. Latacunga – Ecuador.

Fajardo, C (2015) “Planificación y programación para la construcción de tres tanques metálicos para almacenamiento de hidrocarburos en la Refinería de Petroperú. Talara”. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo – Perú.

Filippi, A. (2012) “Proceso constructivo del anillo de cimentación, para Tanques de almacenamiento de Hidrocarburos”. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Jibaja, F. (2006) “Estudio para el diseño y construcción de tanques de almacenamiento”. Universidad tecnológica equinoccial”. Quito – Ecuador

Jimenez, G. (2009) “Diseño y Construcción de un Tanque Para almacenar 2000 Toneladas de Aceite de Palma Basado en la Norma API-650-2007”. Escuela superior politécnica del litoral, Guayaquil – Ecuador.

López, M. & Quispe, W. (2019) “Diseño y construcción de un tanque de neutralización de aguas ácidas, reduciendo la contaminación ambiental, con software de diseño estructural, Mina TANTAHUATAY- CAJAMARCA”. Universidad Nacional del Callao. Callao – Perú.

Marin, W. (2018) “Diseño, fabricación y montaje de depósito de agua de 380m³ para operación en condiciones ambientales de -7°C para Estación de Transferencia PILLONES PERU RAIL”. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa – Perú.

Onofre, E. (2014) “Procedimiento constructivo de tanques rectos en la planta de tratamiento de aguas residuales Atotonilco”. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Oviedo, C. (2019) “Inspecciones de control de calidad según la norma API 650 en la fabricación de tanques en la reubicación del nido de Ciclones en SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.A.” Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa – Perú.

Paja, A. (2018) “diseño y fabricación de un tanque de agua desmineralizada para la Central Termoeléctrica KALLPA – CHILCA LIMA”. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Lima – 2018.

Rios, L (2018) “Plan de control, basado en LEAN THINKING, para reducción de tiempos de ejecución de un proyecto de mantenimiento de tanques de almacenamiento de hidrocarburos LA PAMPILLA-CALLAO”. Universidad Nacional del Callao, Callao – Perú.

Rojas, E. & Ruiz, P. (2019) “Construcción de Tanque de Almacenamiento de Agua Potable para Acueducto del Centro Poblado Barro Blanco en el Municipio Entrerriós – Antioquia”. Universidad Piloto de Colombia, Bogotá – Colombia.

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

Ticona, P. (2016) “Aplicación de ensayos no destructivos y control de calidad en la fabricación de tanques de almacenamiento atmosférico empleando acero ASTM-A36 según norma API-650”. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa – Perú.