UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN TANQUE DE 220 LITROS MEDIANTE SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA MEZCLADO DE CERÁMICOS DE FUNDICIÓN

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingenieras Mecánicas

AUTORAS: **PAULETTE ELIZABETH AMAGUAÑA OÑA**

ARACELY YOMARA PACHECO PACHACAMA

TUTOR: **CARLOS IVÁN MALDONADO DÁVILA**

Quito-Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, Paulette Elizabeth Amaguaña Oña con documento de identificación N.º 1726926288, y Aracely Yomara Pacheco Pachacama con documento de identificación N.º 1725519746, manifestamos que:

Somos las autoras y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 19 de septiembre del año 2022

Atentamente,

Aracely Yomara Pacheco Pachacama 1725519746	Paulette Elizabeth Amaguaña Oña 1726926288

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotras, Paulette Elizabeth Amaguaña Oña con documento de identificación N.º 1726926288, y Aracely Yomara Pacheco Pachacama con documento de identificación N.º 1725519746, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico : "Diseño y simulación de un tanque de 220 litros mediante software especializado para mezclado de cerámicos de fundición", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieras mecánicas en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 19 de septiembre del año 2022

Atentamente,

Aracely Yomara Pacheco Pachacama 1725519746	Paulette Elizabeth Amaguaña Oña 1726926288

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Iván Maldonado Dávila con documento de identificación N.° 1711156073, docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN TANQUE DE 220 LITROS MEDIANTE SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA MEZCLADO DE CERÁMICOS DE FUNDICIÓN, realizado por Paulette Elizabeth Amaguaña Oña con documento de identificación N.º 1726926288, y Aracely Yomara Pacheco Pachacama con documento de identificación N.º 1725519746, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 19 de septiembre del año 2022

Atentamente,

Ing. Carlos Iván Maldonado Dávila, MSc
1711156073

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a Dios por haberme bendecido en cada paso, a mi padre Marcelo por ser mi apoyo incondicional por haberme brindado la oportunidad de prepararme profesionalmente a mi madre Blanca por ser mi fortaleza, ejemplo por apoyarme en cada momento de mi vida y por motivarme a ser mejor persona, de igual manera a mis hermanos Marcela y Jorge por sus palabras de aliento, finalmente dedico este trabajo a mi pequeño Jordy que fue motor fundamental para cumplir esta meta.

Aracely Pacheco

El presente proyecto técnico va dedicado a mi madre; Martha por ser la luz de mi camino, pues con su dedicación ha hecho que siempre cumpla cada sueño, a mi padre Francisco (+) por la fortaleza, a mi hermano por su apoyo, a mis hermanas por su cariño, a mis sobrinas por su ternura, a mis sobrinos por su tiempo, a mis cuñados por sus consejos y a mi hijo por ese amor infinito. A mis amigos por sus palabras de aliento siendo ese sustento para continuar creciendo profesionalmente y a mis docentes por cada enseñanza formativa y humanitaria en este compromiso llamado Ingeniería Mecánica.

Paulette Amaguaña

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por alcanzar este anhelado sueño, a nuestras familias que con su amor son el apoyo, sustento y motivación en nuestras vidas, a cada uno de los docentes de nuestra carrera por el conocimiento brindado especialmente a nuestro tutor el Ing. Carlos Maldonado por su acompañamiento y consejo en la elaboración de este proyecto, de igual manera al Ing. Víctor por su apertura y consejo finalmente, al destino pues se encargó que el tiempo sea perfecto para juntarnos como compañeras de tesis para la realización de este trabajo

Aracely Pacheco y Paulette Amaguaña

Índice General

Introducción……..…1
Antecedentes……1
Justificación…….....2
Objetivos……..……2
Metodología….……3
Capítulo I……4
1.1 Fundición 4
1.1.1. Procesos de fundición 4
1.1.2. Técnica de la cera perdida..... 5
1.1.3. Mezcla de cerámicos 7
1.2 Tanque para mezclado 8
1.2.1. Aplicaciones del tanque para mezclado..... 9
1.3 Agitadores..... 10
1.3.1. Motor eléctrico..... 11
1.3.2. Motorreductor 11
1.3.3. Reductor de velocidad..... 12
1.3.4. Eje de transmisión..... 12
1.3.5. Hélice o impulsor 12
1.4 Tipos de agitadores 12
1.4.1. Agitadores de hélice..... 13
1.4.2. Agitadores de paleta 13
1.4.3. Agitador tipo turbina 14
1.5 Sistema de control 14
1.5.1. Variador de frecuencia 15
1.5.2. Control ON-OFF..... 15
1.6 Material..... 15
1.6.1. Acero inoxidable 15
1.6.2. Acero inoxidable AISI 304 16
1.6.3. A-36 Acero estructural..... 16
1.6.4. Acero de transmisión SAE 1018..... 18
1.7 Soldadura 18
1.7.1. Soldadura por arco eléctrico 18

1.7.2. Soldadura por fusión *19*
Capítulo II…….....20
Parámetros de diseño mecánico del tanque……..20
2.1 Restricciones de trabajo según requerimientos 20
2.2 Diseño de la estructura 20
2.2.1. Selección de material *20*
2.3 Diseño del tanque 21
2.3.1. Cuerpo del tanque *21*
2.3.2. Selección de material *21*
2.3.3. Dimensionamiento del tanque *21*
2.3.4. Presión de diseño *22*
2.3.5. Espesor de pared *23*
2.3.6. Dimensiones finales *24*
2.3.7. Fondo del tanque *25*
2.3.8. Eficiencia de la junta *25*
2.4 Diseño de sistema de agitación 25
2.4.1. Selección de forma del agitador *25*
2.4.1. Potencia requerida por el motor *28*
2.4.2. Velocidad del agitador *29*
2.4.3. Determinación número de potencia *30*
2.4.4. Potencia empleada *33*
2.4.5. Torque necesario *34*
2.4.6. Selección del motor reductor *34*
2.4.7. Cálculo de diámetro del eje *35*
2.4.8. Tiempo de mezclado *37*
2.5 Sistema de izaje 39
2.5.1. Potencia para el motor *40*
2.5.2. Torque necesario *40*
Capítulo III ……42
Simulación y automatización……42
3.1 Almacenamiento 42
3.2 Sistema de agitación 48
3.3 Sistema de elevación 49
3.4 Estructura 51

3.5 Conexión eléctrica 53
Capítulo IV ……..57
Análisis económico……...57
4.1 Costos directos..... 57
4.1.1. Costos eléctricos 57
4.1.2. Costos materiales de estructura..... 61
4.1.3. Costos de pernería y anclaje..... 63
4.1.4. Costo total directo para el tanque 65
4.2 Costos indirectos..... 65
4.3 Costo total del tanque 66
CONCLUSIONES……67
RECOMENDACIONES……...68
REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS……69
ANEXOS……..73

Índice de tablas

Tabla 1. Composición química [41] 16
Tabla 2. Características mecánicas [41] 16
Tabla 3. Estructura química A-36 [42] 17
Tabla 4. Caracteristicas Mecánicas A-36 [42] 17
Tabla 5. Dimensiones finales 24
Tabla 6. Proporciones geométricas [18] 26
Tabla 7. Proporciones básicas [18] 27
Tabla 8. Flujos [52] 30
Tabla 9. Características del motor 34
Tabla 10. Número de rotaciones (95% de homogeneidad) [58] 37
Tabla 13. Especificaciones del tanque 42
Tabla 14. Especificaciones del material 44
Tabla 15. Especificaciones del sistema de agitación 48
Tabla 16. Propiedades del material 50
Tabla 17. Especificación de la estructura 51
Tabla 18. Materiales eléctricos 57
Tabla 19. Materiales para la estructura 61
Tabla 20. Materiales de transmisión 62
Tabla 21. Pernería y anclaje 63
Tabla 22. Costo total de diseño 65
Tabla 23. Costos varios 66
Tabla 24. Costo final 66

Índice de figuras

Figura 1. Fundición [1] 4
Figura 2. Procesos de fundición [5] 5
Figura 3. Etapas involucradas en el proceso de cera perdida [11] 7
Figura 4. Tanque para mezclado [17] 9
Figura 5. Tipos de agitadores [23] 10
Figura 6. Elementos del agitador [22] 11
Figura 7. Motorreductor [29] 12
Figura 8. Impulsor con 3 palas [26] 12
Figura 9. Tipo hélice [34] 13
Figura 10. Agitador tipo paleta [26] 14
Figura 11. Impulsor de agitador tipo turbina [34] 14
Figura 12. Planchas A-36 [42] 17
Figura 13. Soldadura GTAW [45] 19
Figura 14. Soldadura MIG-MAG [45] 19
Figura 15. Fondo del tanque 25
Figura 16. Agitador tipo paleta 26
Figura 17. Np en función del Reynols [53] 31
Figura 18. Características de motores tipo BOX, [29]. 35
Figura 19. Factor de seguridad en materiales dúctiles [51] 35
Figura 20. Propiedades de los aceros inoxidables, [51] 36
Figura 21. Extrapolación 39
Figura 22. Caracetristicas del motor Robus A2 41
Figura 23. Restricciones de sujeción o fijación 43
Figura 24. Zona de declaración del peso del tanque 45
Figura 25. Fuerza aplicada en el tanque 46
Figura 26. Presión aplicada 46
Figura 27. Esfuerzo Von Mises- vista frontal 47
Figura 28. Agitador 48
Figura 29. Tipo de mallado 49
Figura 30. Tensiones 49
Figura 31. Eje de izaje 50
Figura 32. Eje de izaje mallado 51

Figura 33. Limite elástico en software 51
Figura 34. Estructura 52
Figura 35. Factor de seguridad 53
Figura 36. Diagrama eléctrico general..... 54
Figura 37. Diagrama eléctrico semiautomático 55
Figura 38. Diagrama eléctrico manual..... 56

Resumen

El diseño del tanque 220 L, partió de los datos proporcionados por la industria Fundición y Maquinado Industrial (FMI), siendo el volumen la base fundamental para la obtención del dimensionamiento inicial del tanque. Basado en la técnica de fundición de la cera perdida y criterios de diseño de elementos de máquinas, se definió la metodología de trabajo para detallar y seleccionar parámetros como tipo de agitador, material recomendado en la industria para la construcción y soldadura requerida. Tomando en cuenta parámetros como la geometría, espesor de pared y la presión. A continuación, se seleccionó la forma del agitador adecuado y los demás mecanismos que lo conforman como el eje, aspas entre otros, además de los componentes que se encargan de la potencia tales como, motorreductor y variador de frecuencia. Posteriormente se calculó y se analizó el tiempo de mezclado para determinar numéricamente la homogeneidad de la mezcla. Para la simulación de cargas estáticas se utilizó el software SolidWorks, obteniendo resultados con los que se puede confirmar el correcto funcionamiento de las principales partes del equipo como lo es la estructura, el tanque, el sistema de agitación y sistema de elevación. De acuerdo con el concepto básico de automatización el diseño cumple con un sistema cerrado semiautomático para el control de tiempo del mezclado. Por último, se hizo un estudio económico, para determinar el valor total del equipo.

Palabras claves: Tanque, mezcla, agitación, cera perdida.

Abstract

The design of a 220 L tank, based on the data provided by the Foundry and Industrial Machining industry (FMI), with volume being the fundamental basis for obtaining the initial sizing of the tank. Based on the lost wax casting technique and machine element design criteria, the work methodology was defined to detail and select parameters such as type of agitator, material recommended in the industry for construction and required welding. Considering parameters such as geometry, wall thickness and pressure. Next, the shape of the appropriate agitator and the other mechanisms that make it up were selected, such as the axis, blades, among others, in addition to the components that are responsible for the power such as a geared motor and a frequency variator. Subsequently, the mixing time was calculated and analyzed to numerically determine the homogeneity of the mixture. For the simulation of static loads, the SolidWorks software was used, obtaining results with which the correct operation of the main parts of the equipment such as the structure, the tank, the agitation system, and the elevation system can be confirmed. According to the basic concept of automation, the design complies with a semi-automatic closed system for mixing time control. Finally, an economic study was carried out to determine the total value of the equipment.

Keywords: Tank, mixture, agitation, lost wax.

Introducción

En la empresa Fundiciones y Maquinado Industrial (FMI), una de sus actividades principales es el proceso de fundición con la técnica de la cera perdida, la cual se realiza de manera artesanal, lo que llevó a la propuesta de industrializar el proceso de mezclado para cerámicos de fundición con la finalidad que exista una reducción en el uso de aditivos.

La técnica de la cera perdida conlleva un número de bañado en el molde de cera, dependiendo de la pieza a ejecutarse con lo cual puede variar los parámetros del mezclado. Desde otro punto de vista, indirectamente al existir menor tiempo de fabricación aumenta la producción abasteciendo la demanda del mercado de dicho proceso.

El diseño del equipo propuesto consta de:

En el capítulo I, se recopila información acerca de conceptos sobre todo lo que implica fundición, técnica de la cera perdida, tipos de agitadores y materiales para el diseño. En el segundo capítulo se detalla la metodología en cuanto a la resolución de ecuaciones adecuados para el dimensionamiento y funcionamiento de manera teórica del diseño propuesto. El capítulo III focaliza los resultados obtenidos mediante software para la corroboración del diseño mecánico, junto con un circuito básico semiautomatizado. Finalmente, en el capítulo IV se calcula el costo total del proyecto, tomando en cuenta costos directos e indirectos para el usuario final

Antecedentes

Uno de los problemas principales en el proceso de mezclado de cerámicos para moldes de fundición es el costo elevado del tanque en comparación al resto de sus variantes.

Los tanques que operan con mezclado de cerámicos de fundición representan un alto consumo de aditivos por ser manejada de manera artesanal, adicional a esto no hay suficientes estudios numéricos que respalden el nivel de producción en vista que los elementos mecánicos a fabricar varían.

Justificación

La lechada con la que funciona el tanque para mezclado junto con las condiciones requeridas por la empresa debe llegar a un grado adecuado de homogenización para que conserve la viscosidad de la mezcla en cada baño del molde.

Los tanques industriales para mezclado conservan las propiedades de los aditivos reduciendo tiempos en la preparación y posteriormente generando mayor producción y menos consumo de aditivos.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar y simular un tanque de 220 litros mediante software especializado para mezclado de cerámicos de fundición.

Objetivos específicos

- Determinar las condiciones y requerimientos mediante levantamiento del proceso de la técnica de cera perdida para las necesidades específicas.
- Diseñar el tanque conforme a los requerimientos de proceso de mezclado de cerámicos.
- Automatizar el proceso conforme a los parámetros definidos del mezclado de cerámicos.
- Determinar la viabilidad financiera de fabricación y operación del tanque de mezclado.

Metodología

Para el desarrollo del proyecto se aplicó la investigación documental y descriptiva como base para la sustentación válida de los requerimientos solicitados por el usuario final, el método científico muestra características específicas del proceso de fundición con la técnica de la cera perdida, con datos iniciales como: la densidad, viscosidad de la mezcla, temperatura de trabajo, capacidad volumétrica del tanque y número de revoluciones del motor para el sistema de agitación.

Capítulo I

Fundición, procesos de fundición, tanques de mezclado, sistema de control

El presente capítulo detalla las definiciones fundamentales para el desarrollo del proyecto como; la fundición, la técnica de la cera perdida, propiedades de materiales para el diseño, componentes del sistema de agitación, al igual que el sistema de elevación y definiciones básicas de la automatización.

1.1 Fundición

Es un proceso de la metalurgia el cual consiste en calentar el metal hasta llegar a su estado líquido, es decir a su punto de fusión, para posteriormente colocar el mineral al rojo vivo en el orificio del molde respectivo, mientras se genera distintas piezas [1].

Figura 1. Fundición [1]

1.1.1. Procesos de fundición

Según Rodríguez y Salamanca [2] el metal a fundir debe cambiar a estado líquido logrando una temperatura suficientemente alta que permita dicho cambio, posterior se vierte el líquido fundido directamente en la cavidad del molde que contiene la forma geométrica de la pieza a fabricar. Finalmente, el molde cerrado tiene un canal guía conocido como sistema de vaciado que da paso al flujo de metal fundido desde la parte externa hasta el central de la pieza a fundirse [3].

Cuando la fusión del material ha sido correctamente fundida es vertida en el molde de arena, pasando por la etapa de solidificación, posteriormente se realiza el desmoldeo y mecanizado de la pieza [4]. Cada proceso de fundición queda material rechazado y este es utilizado como

producto para que establezca características específicas del metal fundido destinados a ensayos de control de calidad para la comprobación de la idoneidad del material, la admisibilidad como grietas y poros [5], como lo describe la figura 2.

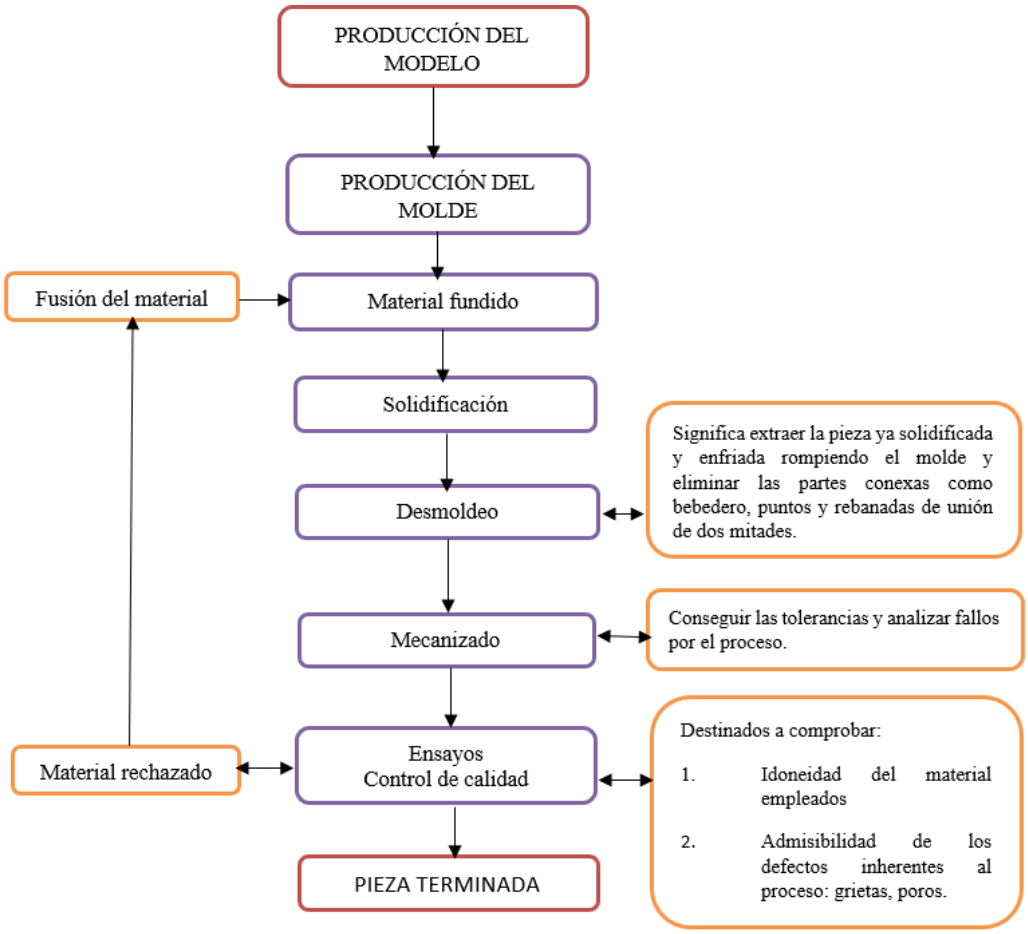


Figura 2. Procesos de fundición [5]

1.1.2. Técnica de la cera perdida

Según Schulze [6], tiene indicios de su aparición en Colombia, aproximadamente hacia 1000 a.C., es una técnica compleja metalúrgica que tiene gran aporte en el diseño de las piezas o elementos mecánicos complejos a fabricar dentro de la industria. Fue utilizada en el mundo prehispánico para crear una variedad de objetos, que hasta la actualidad impresionan por su diseño y la exactitud en la aplicación de ella [7].

La fabricación de una pieza de metal mediante la técnica varía según grado su complejidad [8]. El proceso parte con inyectar cera en una matriz de aluminio, es decir el molde cuyo orificio contiene la geometría deseada, con una dimensión ligeramente superior a la requerida, ya que al solidificarse el material fundido se encoge, una vez que está listo se procede a colocar un código para identificar el tipo de metal que posteriormente se va a usar [9].

La solución cerámica llamada lechada; baña el molde cerámico, proceso elaborado de manera artesanal, reforzado mediante la aplicación de una capa de arena de zirconio, proceso cíclico con arena más gruesa hasta la obtención de un grosor aproximadamente 7 mm de grosor; proceso que conlleva alrededor de cinco días [10]. Una vez el molde cubierto de cerámica, se debe colocar en una mesa metálica durante diez minutos, se funde y solo queda un molde cerámico, tiene la geometría de la pieza a fabricar, una vez que el molde se ha secado, se hace el producto deseado, primero se introduce el molde frio en un horno por dos o tres horas ya que ayudará que el molde no tenga ningún tipo de defecto al tocar con el metal fundido que está a 1200° C.

Posterior se coloca el mineral en el orificio del molde para dejar enfriar y solidificarse, en el caso de ser acero tomará un tiempo estimado de cuatro a cinco horas, una vez haya cumplido con esta etapa se procede a romper el molde cerámico con un martillo, se cierran los canales usando un esmeril por donde se vertió el metal y se lija la superficie para conseguir un acabado liso.

El último paso es asegurarse que la pieza tenga las dimensiones exactas, como indica cada paso en la figura 3.

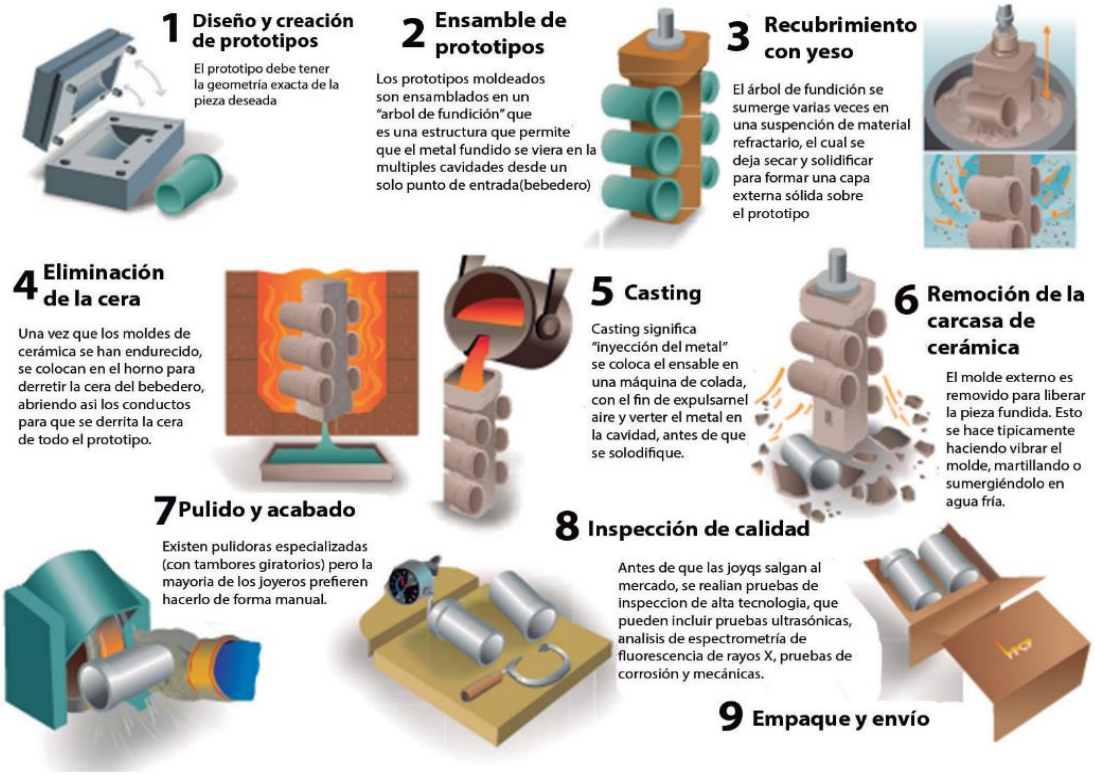


Figura 3. Etapas involucradas en el proceso de cera perdida [11]

1.1.3. Mezcla de cerámicos

Según Pila [12], la mezcla es la evolución de las técnicas cerámicas tradicionales, gracias a la aparición de materiales refractarios de gran calidad y de la aplicación de técnicas industriales al ámbito de la fundición, dentro de los componentes principales están esencialmente: Arena de sílice, silicato de aluminio.

- **Arena de sílice**

Es un mineral comúnmente utilizado en la industria de la fundición, resulta de la combinación del silicio con el oxígeno su fórmula química es SiO_2. También es utilizada en la filtración de aguas debido al silicio ya que este es insoluble características que vuelve adecuado para utilizar en este proceso [13].

- **Silicato de aluminio**

Este componente puede ser un mineral o estar combinada con agua para formar arcilla. Por su forma dentro de la industria cerámica se lo conoce como sillimanita misma que tiene buena capacidad para ser usada como material refractario [13].

1.2 Tanque para mezclado

En la información presentada por Aguilar [1], el tanque para mezclado o slurry tank, contiene arena de sílice mezclada con aglutinantes. Tiene como objetivo principal movimientos con lo que se logra la mezcla homogénea para moldeado. Existen diferentes tamaños ya que el campo de aplicaciones es muy extenso, sin embargo, MK technology [14], presenta tanques estándar que lograrán facilitar el proceso de mezclado, por lo general son de forma cilíndrica para aprovechar mejor la mezcla evitando que haya material que pueda convertirse en masa.

Según Shellroom [15] y la figura 4, indica el tanque para mezclado dentro de la industria en la actualidad puede mantener parámetros mejorados como el control automático de la temperatura, detección del nivel de la mezcla, control ON -OFF y alarma de detección de velocidad cero [16]. La selección de cada parámetro para los tanques de mezclado depende de los requerimientos del usuario final.

Figura 4. Tanque para mezclado [17]

El funcionamiento del tanque consiste en mezclar arena de sílice (SiO_2) con aglutinantes, por su resistencia a altas temperaturas. Para lograr una combinación uniforme se complementa con materiales que aportaran resistencia[18].Es decir agregándole resinas, aglutinantes orgánicos o aglutinantes inorgánicos [19].

1.2.1. Aplicaciones del tanque para mezclado

Dentro de las aplicaciones de un tanque para mezclado y almacenamiento consta de características como sus funciones de manera específica para su aplicación, por ejemplo; los tanques de fermentación de vino los cuales requieren de refrigeración para alcanzar un control preciso en la fermentación [20].

Los tanques con agitador son comúnmente utilizados en las industrias de procesos químicos con múltiples objetivos, por tanto, un buen mezclado es un aspecto importante para el terminado de la pieza final, caso contrario puede tener un impacto negativo provocando producto de baja calidad o afectando directamente la eficiencia del proceso [21].

1.3 Agitadores

Los agitadores son máquinas rotativas que mezclan y homogenizan dos o más fluidos líquidos o sólidos-líquidos en el interior de un tanque [22].

Según su forma existen agitadores con aspas tipo paletas o turbinas que provocan un flujo radial y originan corrientes en dirección tangencial, las tipo hélice son las de flujo axial encargadas de originar corrientes paralelas al eje del agitador [23], como se detalla la figura 5.

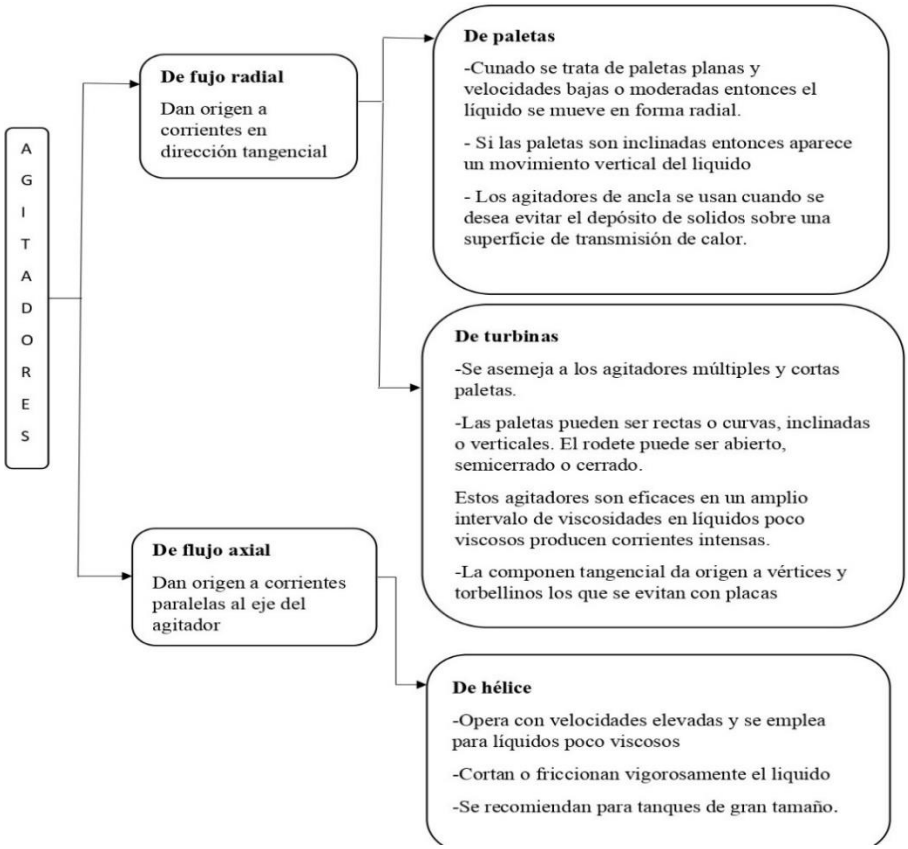


Figura 5. Tipos de agitadores [23]

Para Binks [24], están diseñados para impulsar conjuntos de paletas principalmente para la agitación. El posicionamiento correcto del agitador sobre el tanque es importante para crea una óptima mezcla [25], evadiendo el uso incorrecto de componentes y aprovechando los recursos económicos en el proceso a realizarse.

Es importante la correcta colocación del agitador seleccionado en la parte interna del taque, con el objetivo de alagar su ciclo de vida. [26].

La figura 6, describe las partes principales que compone un agitador como es el motor, reductor de velocidad, eje y rodete.

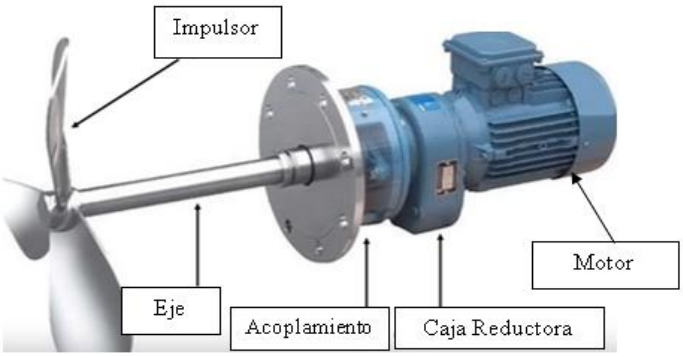


Figura 6. Elementos del agitador [22]

1.3.1. Motor eléctrico

Equipo apto para convertir potencia en movimiento, posee ventajas como bajo costo, facilidad de traslado y gran adaptación a distintas funciones elevando su rendimiento. Existe de corriente continua y alterna siendo este último el más utilizado [27].

1.3.2. Motorreductor

Los motorreductores son componentes electromecánicos que resulta de la combinación de un motor eléctrico y evidentemente de un reductor de velocidad, descrito en la figura 7, su principal es función es reducir la velocidad de manera automática, además se encarga de ajustar la potencia mecánica de un sistema optimizando el equilibrio entre la potencia y la velocidad que transmite el motor**,** sincronizándola lo que hace que sea uno de los inventos más innovadores dentro de la ingeniería [29].

Figura 7. Motorreductor [29]

1.3.3. Reductor de velocidad

Mecanismo diseñado a base de engranajes capaz de disminuir la velocidad de entrada con la de salida de manera segura y competente facilitando el trabajo a cumplir el eje del equipo [30], otra razón por el uso de este elemento es su bajo costo de mantenimiento y sencillo montaje.

1.3.4. Eje de transmisión

Mecanismo encargado de trasmitir un par de fuerzas y la rotación, soportando cargas estáticas y rotatorias que no generen momento de giro [31]. También son utilizados para acoplar diferentes componentes que no puedan unirse debido a factores como la distancia entre otros [32].

1.3.5. Hélice o impulsor

Encargadas de facilitar potencia y dar giro al fluido con el cual está interactuando, por ejemplo en la figura 8, el tipo de palas generan corrientes paralelas al eje de transmisión [33].

Figura 8. Impulsor con 3 palas [26]

1.4 Tipos de agitadores

Están directamente relacionados con un patrón flujo elemental, entre ellos esta los de flujo axial, el cual permite que las aspas del impulsor giren a 45°, lo que hace una recirculación generando un campo de flujo bilateral. [34].

Mientras que los de flujo radial son caracterizados por el diseño de sus aspas paralelas al eje del motor, además aumentan la velocidad tangencial, reduciendo su fuerza de empuje. [26].

Según el tipo de impulsor tenemos los siguientes:

1.4.1. Agitadores de hélice

Generan corrientes paralelas razón por la cual se los denomina de flujo axial, operan a elevadas velocidades y trabajan con líquidos poco viscosos [22]. Por el tipo de flujo que genera la hélice hasta llegar a lo profundo del tanque, donde se produce alta turbulencia volviéndose más efectivo en tanques de gran tamaño [34].

Figura 9. Tipo hélice [34]

1.4.2. Agitadores de paleta

Poseen un mecanismo compuesto por una aspa plana que rota alrededor del eje vertical [26], como se indica en la figura 10. La función es impulsar el mezcla de manera radial y tangencial, las corrientes que genera se desplazan de manera radial hacia las paredes del recipiente y continúan su recorrido [35]. Son comunes los agitadores de dos o cuatro palas y además son muy eficaces para volúmenes pequeños [22].

Figura 10. Agitador tipo paleta [26]

1.4.3. Agitador tipo turbina

Adecuados siempre cuando requieran de potencia de agitación, ya que posee un amplio intervalo de viscosidades [18], su movimiento es radial y tangencial similar al agitador tipo paleta con la diferencia que este tipo de agitador posee un eje instalado en el núcleo de recipiente y a su alrededor varias placas como su puede apreciar en la figura 11 [34].

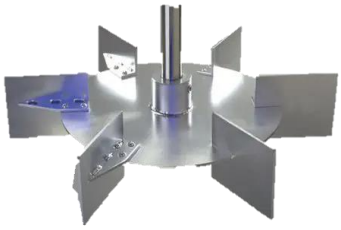


Figura 11. Impulsor de agitador tipo turbina [34]

1.5 Sistema de control

El control para el tanque de mezclado se hará mediante la utilización un variador de frecuencia mismo que nos ayudará controlar la velocidad, intensidad, frecuencia y voltaje del motor a utilizar juntamente con un controlador semiautomático de dos posiciones que facilitará el manejo al operador del equipo [36].

1.5.1. Variador de frecuencia

Componente electrónico que utiliza poleas o rodillos metálicos, para regular la velocidad del motor en tipos de fluido [37]. La variación frecuencia hace que el motor logre cambios de velocidad, por lo que es indispensable de algún elemento electrónico que transforme el voltaje en una frecuencia variable, encargado de dar paso desde un suministro energético en la entrada del circuito electrónico de potencia hasta obtener en la salida tres fases de frecuencia variable [28].

Su aplicación es extensa debido a su sencillo montaje, ciclo de vida y mantenimiento [38]. La obtención de la velocidad del motor se rige a la ecuación (1).

$$N = \frac{60 \cdot f}{p}\left[rpm\right] \qquad (1)$$

Donde:

N : es la velocidad del motor

f: es la frecuencia $\left[Hz\right]$

p: es el número de pares de polos

rpm: revoluciones por minuto

1.5.2. Control ON-OFF

Para el estudio del controlador ON- OFF, Dorf y Bishop [39]. Define como una diferencia de dos posiciones que son el encendido y apagado, una ventaja es el bajo costo pueden ser utilizados de manera doméstica, como industrial, sin embargo, para la selección se debe considerar aspectos como: viabilidad, fiabilidad, precisión, peso y tamaño dependiendo las condiciones requeridas.

1.6 Material

1.6.1. Acero inoxidable

Caracterizado por su capacidad para resistir la corrosión, ya que está compuesto en mayor porcentaje de cromo y bajo contenido de carbono. Por lo cual es ideal en cualquier industria que trabajan con materiales corrosivos [40].

1.6.2. Acero inoxidable AISI 304

Se encuentra dentro de los austeníticos no magnéticos, ya que tiene una buena resistencia a la corrosión. Además son muy dúctiles y presentan excelente soldabilidad, lo que lo vuelve de fácil fabricación [41].

La tabla 1, muestra el bajo porcentaje del carbono siendo menor o igual a 0.08 por ser combustible y empleado como fuente artificial de calor, mientras que el porcentaje de cromo ayudará a proteger de la corrosión a la pieza metálica.

Tabla 1. Composición química [41]

Estructura química (%)						
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
≤ 0.08	≤ 1. 00	≤ 2. 00	≤ 0.045	≤ 0.015	8.0 – 10.5	18.0 – 20.0

La tabla 2, muestra la capacidad de soportar esfuerzos bruscos, evitar deformaciones permanentes, manejar la dureza para evitar ser rayado por otro material, y comportarse como un material excelente a la fatiga.

Tabla 2. Características mecánicas [41]

Características mecánicas					
S_y MPa (kpsi)	S_{ut} Mpa(kpsi)	Elongación %	Dureza HB (máx.)	Módulo de Elasticidad E Gpa (Mpsi)	Densidad p kg/m^3
206 (30.0)	530 (76.9)	58 in	190	190.0 (27,6)	8000

1.6.3. A-36 Acero estructural

El acero al carbono estructural se lo conoce como hierro negro, es laminado en caliente y en algunas ocasiones se le compara con el AISI 1018, por su calidad estructural tiene varias aplicaciones como puentes, chapas laminadas sobre todo cualquier estructura que requiera ser soldada. [42].

Figura 12. Planchas A-36 [42]

La composición química de acero estructural A-36 y la tabla 3 presenta el alto porcentaje de 0.27% de carbono da lugar a mayor resistencia y dureza.

Tabla 3. Estructura química A-36 [42]

Porcentaje químico (%, ≤), para placas y barras de acero.							
Acero	Carbono (C)	Silicio (Si)	Manganeso (Mn)	Fósforo (P)	Azufre (S)	Cobre (Cu)	Espesor (d), mm (in.)
ASTM A36	0.26	0.40	Sin requisitos	0.04	0.05	0.20	d ≤ 20 (0.75)
	0.27	0.40	0.60-0.90	0.04	0.05	0.20	20< d≤ 40 (0.75< d≤ 1.5)
	0.28	0.40	0.60-0.91	0.04	0.05	0.20	40< d≤ 100 (1.5< d≤ 4)

La tabla 4, muestra la parte principal en las propiedades mecánicas donde destacan la alta resistencia, límite elástico para que se origine diferentes formas estructurales y soldabilidad sin defectos.

Tabla 4. Características Mecánicas A-36 [42]

Características mecánicas	
Carga de ruptura por tracción	400-550

MPa, ksi	58-80	Placas de acero
Limite elástico MPa, ksi	250 (36)	Espesor de placas de acero mayor a 200 mm
	220 (32)	

1.6.4. Acero de transmisión SAE 1018

Según Iirsacero [43]. Es un material de cementación bajo al carbono con una alta resistencia mecánica, buena ductilidad y fácil fabricación. La selección de dicho material se basa en las aplicaciones principalmente como ejes, pernos y elementos normalizados.

1.7 Soldadura

Técnica comúnmente utilizada con electrodo metálico revestido, brindando mayor resistencia a la fatiga de las piezas a unir, donde el límite de derretimiento debe ser más bajo. Entonces de manera práctica se puede definir a la soldadura como el proceso para juntar generalmente dos metales [44].

1.7.1. Soldadura por arco eléctrico

GTAW o TIG, su característica principal es el uso de un electrodo de tungsteno, no consumible. Proporciona una soldadura limpia de gran calidad, evitando la aparición de escoria [45].

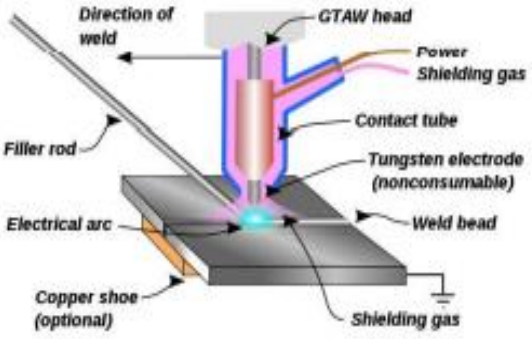


Figura 13. Soldadura GTAW [45]

1.7.2. Soldadura por fusión

GMAW o MIG-MAG, a diferencia de la soldadura GTAW, se realiza con un electrodo que se consume durante esté en contacto la pieza y el electrodo, además de ser un procedimiento variable y se puede realizar en todas las posiciones comúnmente en espesores pequeños [45].

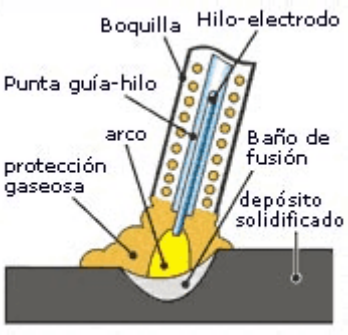


Figura 14. Soldadura MIG-MAG [45]

Capítulo II

Parámetros de diseño mecánico del tanque

El presente capítulo tratará, sobre los aspectos técnicos y requerimientos del tanque para mezclado de cerámicos de fundición como la geometría, forma, características, propiedades de materiales y elementos otorgaran resultados analíticos bajo el criterio de diseño.

2.1 Restricciones de trabajo según requerimientos

Los requerimientos del usuario final se basan en las siguientes especificaciones de trabajo:

- Densidad para mezcla: $1400\ \left[kg/m^3\right]$
- Viscosidad para mezcla: $70\ \left[kg/m\cdot s\right]$
- Temperatura de trabajo: $28\ \left[°C\right]$
- Capacidad volumétrica del tanque: $0.22\ \left[m^3\right]$
- Número de revoluciones: $16\ \left[RPM\right]$

2.2 Diseño de la estructura

2.2.1. Selección de material

El acero seleccionado es el A-36 por las propiedades como la tenacidad, la isotropía, conformabilidad, estabilidad, su bajo costo y el comportamiento elástico de fluencia varía según el uso que tenga, volviéndolo así el material apropiado para este tipo de proceso [46]. Cómo indica las características en el Anexo 6 y a su vez se puede apreciar el dimensionamiento del diseño en el Anexo 1 (Medidas generales).

2.3 Diseño del tanque

El diseño propuesto del tanque para mezclado consiste en cálculos generales y específicos de todos los elementos que la máquina posee. Donde las cargas y esfuerzos para el almacenamiento y el sistema de agitación respectivamente tendrán la selección más idónea para la obtención de la mezcla deseada por el usuario final. Como se muestra en el Anexo 1 (Partes del tanque)

2.3.1. Cuerpo del tanque

El cuerpo del tanque se consideró de forma cilíndrica, lo que facilitará el trabajo de mezclado ejecutado por el agitador evitando acumulación del material en los bordes del tanque. Además, en la industria son los más utilizados. Sirven para almacenar agua, productos químicos, alimentos líquidos y combustibles, otra de las ventajas es el bajo costo de la fabricación en comparación con otras formas de tanques, sumando a eso la reducción del tiempo en la obtención de la homogenización de la mezcla.

2.3.2. Selección de material

Por lo expuesto en el capítulo 1, el material AISI 304 cumpliendo con los requerimientos necesarios como ductilidad, buena soldabilidad, calidad y acabados del material ajustadas a las características del fluido de trabajo en el tanque, es el apropiado para el desarrollo y diseño del tanque [47].

2.3.3. Dimensionamiento del tanque

Se selecciona ecuaciones y se calcula valores aparentes, para un volumen 220 L (0.22 m^3)

El cálculo volumétrico parte de la ecuación general de un cilindro, como se indica en la ecuación (2).

$$V = \left(\frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4} \right) \qquad (2)$$

Donde:

V = Volumen

π = 3.1416

d = Diámetro

h = Altura

Se asume una equivalencia donde el diámetro es igual a la altura, este dato es usualmente utilizado como inicio de diseño del cilindro, como se muestra la ecuación (3).

$$d = h \qquad (3)$$

En base a la ecuación (2) se puede determinar el diámetro del contenedor:

$$d = \sqrt[3]{\left(\frac{V \cdot 4}{\pi} \right)}$$

$$d = \sqrt[3]{\left(\frac{0.22 \cdot 4}{\pi} \right)}$$

$$d = 0.6543 [m]$$

Por seguridad para el diseño se ha tomado un diámetro superior al calculado, $d = 0.725\ [m]$

2.3.4. Presión de diseño

Según Eugene F. Megyesy [48] la presión de diseño para la fabricación cumple con reglas para presión externa permitida como se calcula mediante la siguiente ecuación (4).

$$\mathrm{P}_{dis} = \mathrm{P}_{op} + \Delta P + \left(\mathrm{P}_{op} + \Delta P \right) \cdot 0.2 \qquad (4)$$

Donde:

P_{dis} : Presión de diseño

P_{op} : Presión operativa

ΔP : Presión hidrostática, obtenida por datos del fluido, como indica la ecuación (5)

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h \qquad (5)$$

Donde:

ΔP : Presion hidrostática $[Pa]$

ρ : Densidad $[kg/m^3]$

g : gravedad $[m/s^2]$

h : altura $[m]$

$$\Delta P = 1400 \cdot 9.81 \cdot 0.725$$

$$\Delta P = 10.03 \ [kPa]$$

La presión operativa se toma como dato del ambiente: $P_{op} = 102.3 \ [kPa]$

Con los resultados analíticos se procede a determinar la presión de diseño (4):

$$P_{dis} = 102.3 + 10.03 + (102.3 + 10.03) \cdot 0.2$$

$$P_{dis} = 134.8 \ [kPa]$$

$$P_{dis} = 0.1348 \ [MPa]$$

2.3.5. Espesor de pared

Mediante la ecuación (6) y tomando en cuenta el código ASME para carcasas cilíndricas con presión interna [49] se calcula:

$$\text{Espesor de pared} = \frac{P_{dis} \cdot \left(\frac{d}{2}\right) + C_1 + C_2}{S \cdot E - 0.6 \cdot P_{dis}} \qquad (6)$$

Donde:

P_{dis} : Presión de diseño

d : Diámetro interno

S : Límite elástico

E : 0.85

C_1 : Espesor de corrosión

C_2 : Tolerancia de la fabricación

Con base a la ecuación (6) se puede determinar el espesor de pared

$$\text{Espesor de pared} = \left(\frac{0.1348 \cdot \left(\frac{0.725}{2} \right)}{150 \cdot 0.85 - 0.6 \cdot 0.1348} + 0.002 + \left(\frac{0.1348 \cdot \left(\frac{0.725}{2} \right)}{150 \cdot 0.85 - 0.6 \cdot 0.1348} \cdot 0.1 \right) \right) \cdot 1000$$

$$\text{Espesor de pared } = 2.425 \ [mm]$$

El valor calculado es un dato ideal, debido a que el espesor estándar de planchas es de $3 \ [mm]$

2.3.6. Dimensiones finales

Siendo el volumen un dato fundamental requerido por el usuario final, junto con el cálculo de ecuaciones se obtuvo los datos presentados en la tabla 5.

Tabla 5. Dimensiones finales

Descripción	Valores
Diámetro del contenedor	$0.725 \ [m]$
Presión hidrostática	$0.01003 \ [MPa]$
Presión de diseño	$0.1348 \ [MPa]$

Espesor de pared	$3\ [mm]$

2.3.7. Fondo del tanque

Para tanque propuesto la forma que más se ajusta al tipo de proceso con terminación de cono truncado por permitir infinidad de dimensiones al momento de su fabricación. Por tanto, facilitará el trabajo de descarga de la mezcla, la cual se lo realizará por la parte inferior del tanque, evitando la acumulación de residuos sólidos. Como se muestra en el Anexo 1 (Tanque partes generales)

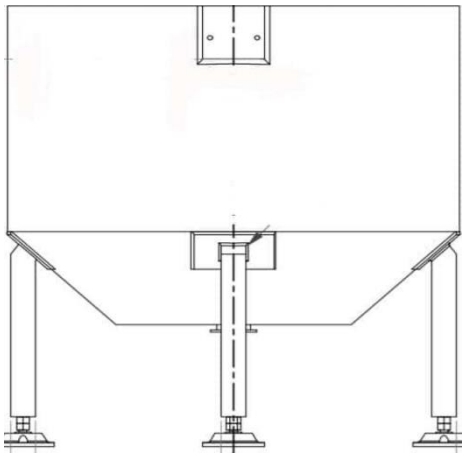


Figura 15. Fondo del tanque

2.3.8. Eficiencia de la junta

La eficiencia de la junta se la obtuvo de acuerdo al tipo de soldadura, para el diseño propuesto [48]. La soldadura TIG fue la seleccionada por la existencia de una buena fusión entre los materiales evitando la acumulación de escoria, generando el acabado del cordón de soldadura con mejor calidad como muestra el Anexo 7.

2.4 Diseño de sistema de agitación

2.4.1. Selección de forma del agitador

La configuración de formas y tamaños geométricos que son utilizados para el mezclado de fluidos depende de los criterios para el siguiente sistema de agitación se toma en cuenta lo siguiente:

La figura 16 muestra un agitador tipo paleta o rejilla, el cual se utiliza en mezclas viscosas y con una baja fatiga, además que es ideal para trabajar con velocidades bajas en recipientes amplios y bajos. Como se indica en el Anexo 1 (Sistema de agitación)

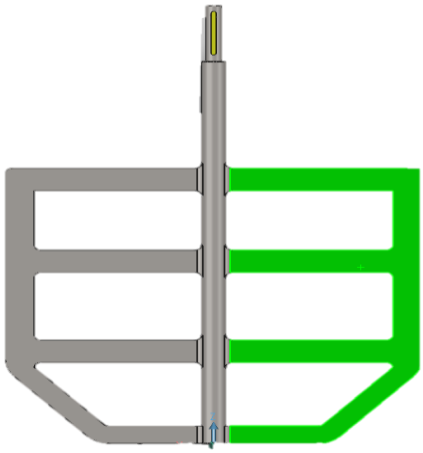


Figura 16. Agitador tipo paleta

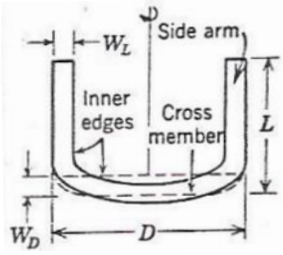
Según Heras [18]. La relación de proporciones básicas del tanque y el agitador está presentada por las ecuaciones de diseño de palas mostradas en la tabla 6.

Tabla 6. Proporciones geométricas [18]

Descripción
$L_e = L - \frac{W_D}{2}$ $D_e = D - W_L$

La Geometría de palas se basa en la tabla 7, donde L es la altura obtenida, y los valores que se obtuvieron de L_e y D_e, se consideró el criterio de diseño y el valor está expresado en metros.

Tabla 7. Proporciones básicas [18]

Agitador	Elevación	L_e	D_e
Ancla		$L-\frac{W_D}{2}$	$D-W_L$

La tabla muestra que:

D : Diámetro del agitador

W_D : ancho de pala

L : altura del agitador

W_L espesor de pala

El diámetro total del agitador esta dado por la ecuación (6)

$$DT=\left\{\frac{(4\cdot V)}{\pi}\right\}^{\frac{1}{3}} \qquad (6)$$

Donde:

V : Volumen, mismo que es tomado de la ecuación (2)

DT : Diámetro total del agitador

Se relaciona el diámetro total del agitador con el diámetro del contenedor como se presenta en la siguiente ecuación (7).

$$d=DT \qquad (7)$$

Sabiendo que el diámetro del contenedor es $0.725\ [m]$, se determina los siguientes valores:

Diámetro calculado para el agitador

$$D_a=0.62\ [m]$$

Altura para rodete en la parte inferior del contenedor

$$C = \frac{1}{3} DT$$

$$C = \frac{1}{3}(0.725)$$

$$C = 0.24 \ [m]$$

Altura máxima del tanque

$$H = 0.6 \ [m]$$

Longitud de las aspas del rodete

$$L = 0.558 \ [m]$$

La presión hidrostática se presenta mediante la ecuación

$$P_{aspa} = (\rho \cdot g \cdot H_L) + P_{atm} \qquad (8)$$

$$P_{aspa} = \frac{F_{aspa}}{A_{aspa}}$$

Donde:

P_{aspa} : Presión hidrostática
ρ : Densidad del fluido
g : 9, 81 gravedad
H_L : Profundidad del aspa, en $[m]$
F_{aspa} : fuerza del aspa, en $[N]$
A_{aspa} : área del aspa, en $[m^2]$

2.4.1. Potencia requerida por el motor

Según Rincón [50]. Las variables como velocidad del agitador, Reynolds (NR_e), número de potencia Np. Son datos fundamentales previos para calcular la potencia y determinar las respectivas dimensiones del eje.

2.4.2. Velocidad del agitador

Las velocidades de mezcla varían mucho dependiendo el agitador por tal motivo se puede hacer iterativo o pedir el dato a los fabricantes, [50].

Cálculo de número de Reynolds del agitador se muestra con la ecuación (9), [51].

$$N_{re} = \frac{(Da^2 \cdot n \cdot p)}{u} \qquad (9)$$

Donde:

$n =$ velocidad de rotación $[RPS]$

$D_a =$ diámetro del agitador $[m]$

$p =$ densidad del fluido $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

$u =$ viscosidad $[Pa \cdot s]$

Con base a la ecuación (9) se puede determinar el número de Reynolds:

Por tanto:

$$n = (w)$$

$$w = \left(\frac{v}{r}\right)$$

$$v = w \cdot r$$

$$v = \frac{16 \cdot 0.31 \cdot 2 \cdot \pi}{60}$$

$$v = 0.51 \left[\frac{m}{s}\right]$$

$$r = \frac{D_a}{2}$$

$$r = \frac{0.625}{2}$$

$$r = 0.31 \ [m]$$

Sabiendo que:

$$w = \left(\frac{0.51}{0.31}\right) \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot \pi}\right)$$
$$w = 0.2618 \ [RPS]$$

La obtención de resultados de las variables de la ecuación (9), dan paso a la resolución del número de Reynols

$$N_{re} = \frac{(0.62^2 \cdot 0.2618 \cdot 1400)}{70}$$

$$N_{re} = 2$$

Tabla 8. Flujos [52]

LAMINAR	Nre < 2100
TURBULENTO	Nre ≥ 4000
TRANSICIÓN	2100 ≤ Nre < 10 000

Dado el resultado en la ecuación (9), se determina que el tipo de flujo para este proceso es laminar.

2.4.3. Determinación número de potencia

La figura 19, muestra la selección de 100, de acuerdo con los parámetros como $\mathrm{Re} = 2$ (dato obtenido en la ecuación 9), y referenciado con la forma del agitador.

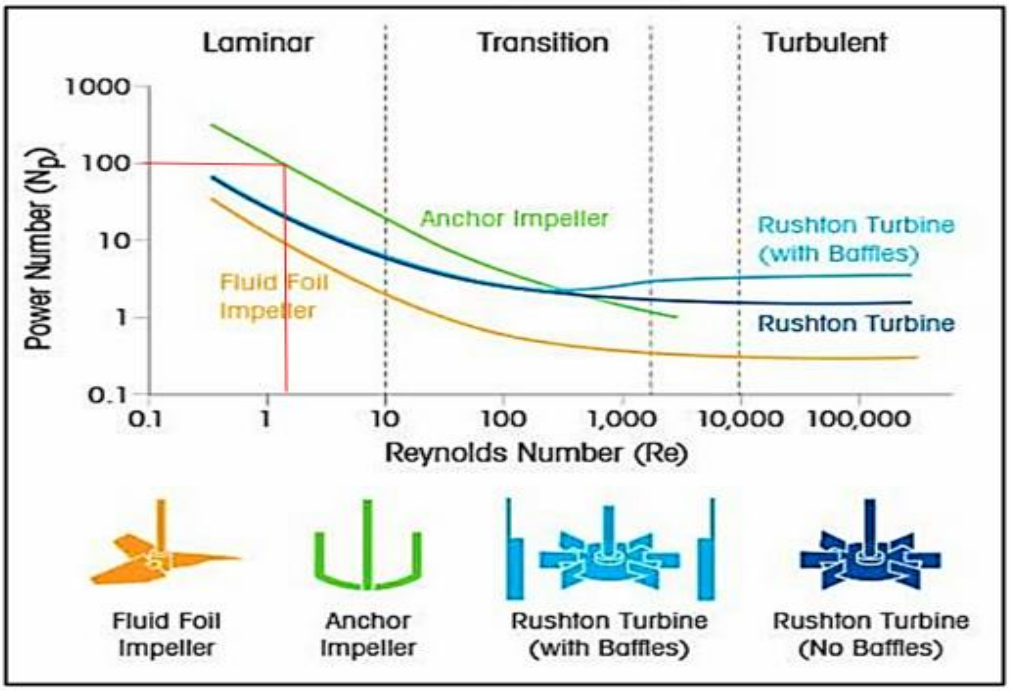


Figura 17. Np en función del Reynols [53]

La potencia se desarrolló de acuerdo a la obtención de varios datos por mantener una variación de viscosidad [54], que tiene características específicas para la potencia. Coeficiente n = 0 .98, índice el cual está dado bajo estudios donde relaciona numéricamente al esfuerzo de corte y velocidad de corte.

El coeficiente de arrastre para raspador de fondo [55] , se basa en las ecuaciones:

$$X(n) = 3^{\frac{(3n-3)}{2}} \cdot \left(\frac{-22n^2 + 29 \cdot n + 2}{n \cdot (n+2) \cdot (2 \cdot n + 1)} \right) \tag{10}$$

$$X(n) = 3^{\frac{(3(0.98)-3)}{2}} \cdot \left(\frac{-22(0.98)^2 + 29 \cdot (0.98) + 2}{0.98 \cdot (0.98+2) \cdot (2 \cdot 0.98 + 1)} \right)$$

$$X(n) = 1.04$$

Mediante la ecuación de fondo [55], (11)

$$Cd = \frac{24}{\mathrm{Re}} \cdot X(n) + \frac{10.5n - 3.5}{\mathrm{Re}^{(0.32n+0.13)}} \qquad (11)$$

$$Cd = \frac{24}{\mathrm{Re}} \cdot X(n) + \frac{10.5n - 3.5}{\mathrm{Re}^{(0.32n+0.13)}}$$

$$Cd = \frac{24}{2} \cdot 1.04 + \frac{(10.5 \cdot 0.98) - 3.5}{2^{(0.32 \cdot 0.98)+0.13)}}$$

$$Cd = 17.38$$

Mediante la ecuación (12) con la obtención previa a las anteriores (10) y (11), se determina la fuerza de arrastre del raspador del fondo.

$$D = Cd \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A \qquad (12)$$

Donde:

D: fuerza de arrastre

Cd: coeficiente de arrastre para raspador de fondo

ρ : densidad de la mezcla

v : velocidad tangencial

En base a la ecuación (12) de fondo fuerza de arrastre, se determina:

$$D = 17.38 \cdot 0.5 \cdot 1400 \cdot (0.26)^2 \cdot 0.17$$

$$D = 532 \ [N]$$

La siguiente ecuación (13), muestra el cálculo de la potencia

$$P_{r1} = D \cdot v \cdot 0.00134 \qquad (13)$$

$$P_{r1} = 532 \cdot 0.51 \cdot 0.00134$$

$$P_{r1} = 0.37 \ [HP]$$

Factor de servicio, utilizado como recomendación industrial: 1.5

Potencia requerida 1

$$P_1 = P \cdot f_s$$

$$P_1 = 0.555 \ [HP]$$

2.4.4. Potencia empleada

La potencia empleada es un parámetro importante para el diseño [56], generalmente se calcula mediante la ecuación (14):

$$N_p = \frac{P_{r2}}{n^3 \cdot D_a^{\ 5} \cdot \rho} \qquad (14)$$

$$P_{r2} = N_p \cdot n^3 \cdot D_a^{\ 5} \cdot \rho$$

$$P_{r2} = 100 \cdot (0.26)^3 \cdot (0.62)^5 \cdot 1400$$

$$P_{r2} = 230.2 \ [W]$$

$$P_{r2} = 0.3087 \ [HP]$$

$$P_2 = \mathrm{P}_{r2} \cdot f_s$$

$$P_2 = 0.3087 \cdot 1.5$$

$$P_2 = 0.4531 \ [HP]$$

La potencia ha sido calculada mediante dos métodos anteriormente expuestos con el mismo factor de servicio de 1.5, considerando la viscosidad del fluido en cada baño se seleccionó un motor comercial de 1 HP, para evitar fallas eléctricas innecesarias.

2.4.5. Torque necesario

Está representado por la ecuación (15)

$$T = \frac{P \cdot 746}{\left(\frac{N_{rev} \cdot 2 \cdot \pi}{60}\right)} \tag{15}$$

$$T = \frac{0.5 \cdot 746}{\left(\frac{16 \cdot 2 \cdot \pi}{60}\right)}$$

$$T = 222.6 \ [Nm]$$

2.4.6. Selección del motor reductor

Con los valores anteriormente obtenidos se determina la selección del motor bajo los parámetros que obtuvieron anteriormente se encuentran descritas en la tabla 9.

Tabla 9. Características del motor

Descripción	Valor
Potencia motriz (HP)	$1 \ [HP]$
Número de revoluciones	$16 \ [RPM]$
Ratio (i)	90
Torque necesario	$227 \ [Nm]$

En la industria existen tipos de motores los cuales se parametrizan dependiendo de los requerimientos del proceso a realizarse, se ha seleccionado el motor tipo BOX 090, descrito en la figura 18, enfocando el factor de seguridad y torque siendo este último fundamental para el correcto funcionamiento según el Anexo 8.

	Tipo BOX	i Box	i total	tipo motor # polos	kW	eje D	par de salida	f_s	rpm de salida	f_s efectivo en Nm 230	puntuación Tot	Clase
○	BOX090	60	60	90L-6	1.10		358.33	0.94	18.00	1.47	0.88	IE2 IE3
○	BOX090	60	60	90S-6	0.75		276.92	1.30	18.00	1.56	0.87	IE2 IE3
◉	BOX090	50	50	90S-6	0.75		242.42	1.65	21.60	1.74	0.80	◉ IE2 ○ IE3
○	BOX090	50	50	90L-6	1.10		355.50	1.18	21.60	1.82	0.76	IE2 IE3
○	BOX110	80	80	90L-4	1.50		443.42	1.06	21.00	2.05	0.70	IE2 IE3
○	BOX090+ STADIO-90	40	98	90S-4	1.10	D2	450.00	0.94	17.16	1.85	0.70	IE2 IE3
○	BOX075+ STADIO-80	40	120	80B-4	0.75	D2	360.00	0.94	14.04	1.48	0.69	IE2 IE3
○	BOX075+ STADIO-80	30	90	80B-4	0.75	D2	260.83	1.18	18.72	1.34	0.67	IE2 IE3

Figura 18. Características de motores tipo BOX, [29].

2.4.7. Cálculo de diámetro del eje

1. N = **1.25 a 2.0**. El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2. N = **2.0 a 2.5.** Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño. Es la que se suele emplear en la solución de los problemas de este libro.
3. N = **2.5 a 4.0**. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4. N = **4.0 o más.** Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

Figura 19. Factor de seguridad en materiales dúctiles [51]

Designación del material			Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación
Número AISI	UNS	Condición	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	en pulgadas)
Aceros austeníticos							
201	S20100	Recocido	115	793	55	379	55
		1/4 duro	125	862	75	517	20
		1/2 duro	150	1030	110	758	10
		3/4 duro	175	1210	135	931	5
		Duro total	185	1280	140	966	4
301	S30100	Recocido	110	758	40	276	60
		1/4 duro	125	862	75	517	25
		1/2 duro	150	1030	110	758	15
		3/4 duro	175	1210	135	931	12
		Duro total	185	1280	140	966	8
304	S30400	Recocido	85	586	35	241	60
310	S31000	Recocido	95	655	45	310	45
316	S31600	Recocido	80	552	30	207	60
Aceros ferríticos							
405	S40500	Recocido	70	483	40	276	30
430	S43000	Recocido	75	517	40	276	30
446	S44600	Recocido	80	552	50	345	25

Figura 20. Propiedades de los aceros inoxidables, [51].

Mediante la ecuación (16) se calcula el esfuerzo permisible.

$$\tau_{flu} = 0.57\sigma_{perm}$$
$$\tau_{per} = \frac{\tau_{flu}}{F.S} \qquad (16)$$

Donde:

σ_{perm} : esfuerzo permitido

τ_{perm} : esfuerzo permitido a torsión

τ_{flu} : esfuerzo de fluencia a torsión

$F.S$: factor de seguridad

Entonces;

$$\tau_{per} = \frac{0.57 \cdot 241}{2.5}$$
$$\tau_{per} = 54.95 \ [MPa]$$

Una vez calculado el esfuerzo por torsión y el torque se decide usar un eje macizo, y posteriormente se calcula el diámetro, se toma en cuenta el momento de inercia para el caso presentado J.

$$\tau_{per} = \frac{T \cdot R}{J}$$

Donde;

τ_{per} : esfuerzo permitido

T : torque máximo en operación

R : radio del eje de agitador

D : diámetro del eje de agitador

J : momento polar de la inercia

Por tanto:

$$\tau_{per} = \frac{T \cdot R}{\frac{\pi}{4} R^4}$$

$$R^3 = \frac{T}{\frac{\pi}{4} \cdot \tau_{per}} \quad \rightarrow \quad \text{R}= \sqrt[3]{\frac{T}{\frac{\pi}{4} \cdot \tau_{per}}}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{222.6}{\frac{\pi}{4} \cdot 54.95}}$$

$$R = 0.01728 \ [m] = 17.28 \ [mm]$$

$$D = 2R \quad \rightarrow \quad \text{D= } 34.55 \ [mm]$$

El tanque diseñado es relativamente pequeño en comparación a tanques industriales de gran almacenamiento, se decidió colocar un soporte doble dejando de considerar un acoplamiento.

2.4.8. Tiempo de mezclado

La tabla 10 muestra el número rotaciones que requiere para alcanzar el 95% de homogeneidad para mezclas de mayor viscosidad, [58].

Tabla 10. Número de rotaciones (95% de homogeneidad) [58]

Viscosidad(cp)	<100	100-1000	1000-5000	>5000
Número de rotaciones	3	10	50	>100

El tiempo para alcanzar el 95% de la homogeneidad, [58] esta dado por la ecuación (17):

$$q = N_Q N D a^3 \tag{17}$$

Donde:

q: Tasa de circulación

N_Q : es la constante del impulsor 1

N : número de $\left[\frac{rev}{s}\right]$

Da : diámetro del agitador

Por tanto, reemplazando valores en la ecuación (17), tenemos:

$$q = 1(0.26)(0.62)^3$$
$$q = 0.0619$$

Tiempo de homogenización en minutos:

$$T_{95} = \frac{n \cdot V}{q} \qquad (18)$$

Donde:

n : Número de rotaciones (dato obtenido mediante extrapolación)

V : Volumen del tanque en $\left[m^3\right]$

q: Tasa de circulación $\left[\frac{m^3}{s}\right]$

La figura 23, muestra la extrapolación de 5000 a 70000 cP, debido al dato inicial de la viscosidad, dando así la obtención de $y_3 = n$, requerida para el cálculo del tiempo de mezclado.

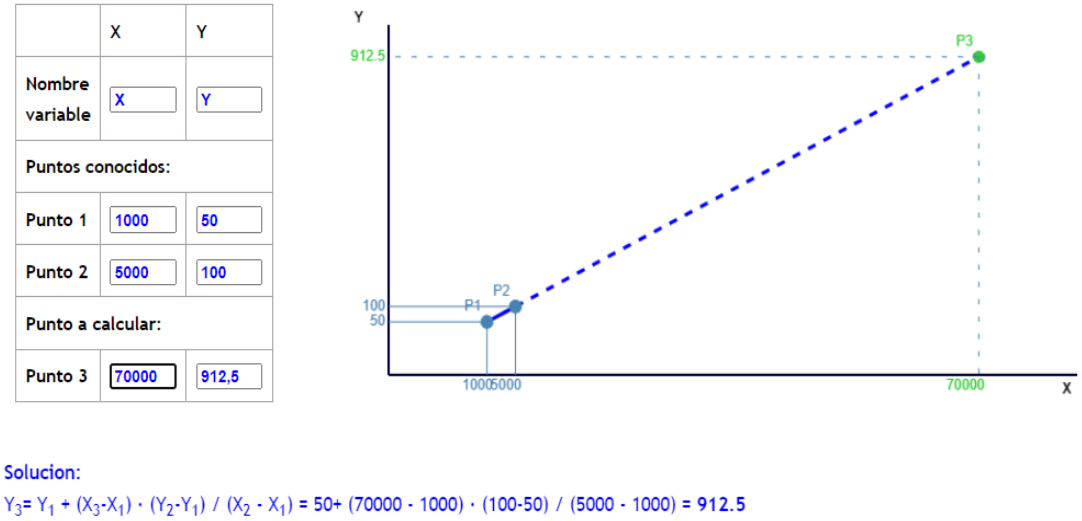


Figura 21. Extrapolación

Por tanto, reemplazando valores en la ecuación (18), tenemos:

$$T_{95} = \frac{912.5 \cdot 0.22}{0.06240}$$
$$T_{95} = 3217 \ [s]$$
$$T_{95} = 53.62 \ [\min]$$

2.5 Sistema de izaje

La elevación del sistema será mediante poleas, diseñada y mostrada en el Anexo 1 (POLEA DE IZAJE), diseñada con un canal apto para el cable $\left(\frac{1}{4} in\right)$ como se indica en la tabla 20.

La tabla 11**,** muestra los datos iniciales que se requieren para la potencia que manejará el motor, donde la altura es propuesta en base al diseño como indica el Anexo 1 (ESTRUCTURA BASE), el peso total máximo a elevar y el tiempo estimado para subir la carga.

Tabla 11. Datos iniciales

Datos

Altura de izaje	2.25 $[m]$
Peso total máximo para elevar	55 $[kg]$
Tiempo para subir carga	30 $[s]$

2.5.1. Potencia para el motor

Mediante la ecuación (19), determinaremos el cálculo para la potencia requerida por el motor:

$$\mathrm{P}_m = \left(\frac{P \cdot h}{t \cdot 76}\right) \cdot 1.2 \qquad (19)$$

Donde:

P: peso total máximo para elevar

h: altura de izaje

t: tiempo para subir carga

En base a la ecuación (19) se calcula la potencia requerida para el sistema de izaje:

$$\mathrm{P}_m = \left(\frac{55 \cdot 2}{30 \cdot 76}\right) \cdot 1.2$$

$$\mathrm{P}_m = 0.07 \ [HP]$$

2.5.2. Torque necesario

Está representada por la ecuación (15)

$$T = \frac{P \cdot 746}{\left(\frac{N_{rev} \cdot 2 \cdot \pi}{60}\right)}$$

$$T = \frac{0.07 \cdot 746}{\left(\frac{11 \cdot 2 \cdot \pi}{60}\right)}$$

$$T = 39 \ [Nm]$$

Con los valores anteriormente obtenidos se determina la selección del motor bajo los parámetros descritos con anterioridad. Las dimensiones principales finales se presentan con la tabla 12.

Tabla 12. Dimensiones finales

Descripción	Valor
Potencia motriz (HP)	$0.07\ [HP]$
Número de revoluciones	$12\ [RPM]$
Ratio (i)	117
Torque necesario	$39\ [Nm]$

En la industria existen tipos de motores los cuales se parametrizan dependiendo de los requerimientos del proceso a realizarse, se ha seleccionado el motor tipo Robus A2, mostrado en la figura 22 y enfocando el factor de seguridad y torque siendo este último fundamental un aspecto fundamental para este procedimiento.

Robus	Relación red. (i) nominal	Número etapas	tipo motor	kW	par de salida	f_s	rpm de salida	f_s efectivo en Nm 55	Puntuación	Clase
A2	134	3	63A-4	0.13	96.67	1.5	12	2.64	0.52	IE2
A2	134	3	63B-4	0.18	130.00	1.11	12	2.62	0.52	IE2
A2	119	3	63A-4	0.13	85.83	1.64	13.2	2.56	0.48	IE2
A2	92	3	71A-6	0.18	136.67	1.25	11.76	3.11	0.45	IE2
A2	119	3	63B-4	0.18	115.83	1.22	14.4	2.57	0.44	IE2
A2	76	3	71B-8	0.13	113.33	1.58	10.32	3.26	0.43	IE2
25	119	3	63A-4	0.13	85.83	1.89	13.2	2.95	0.42	IE2
A2	70	3	71B-8	0.13	104.17	1.92	11.16	3.64	0.41	IE2

Figura 22. Caracetristicas del motor Robus A2

De acuerdo con las variables calculadas y los criterios de diseño expuestos en el capítulo II, se elaboró los planos de subconjuntos y despieces en el software SolidWorks, los cuales se presentan en su totalidad en el Anexo 1.

Capítulo III

Simulación y automatización

El capítulo actual se enfocará en los resultados que se obtuvieron con el uso de software aplicado al diseño en ingeniería, donde se podrá comparar valores analíticos en cuanto al almacenamiento, sistema agitación, sistema de elevación y sistema de soporte del tanque propuesto.

3.1 Almacenamiento

La tabla 13, detalla las especificaciones finales del tanque con relación a su función de almacenamiento.

Tabla 13. Especificaciones del tanque

Especificación	Detalle
Capacidad total	$220L$

Capacidad Nominal	$165L$
Diámetro	$0.725\ [m]$
Altura del cuerpo	$522\ [m]$
Altura total	$752\ [m]$
Material	AISI 304
Espesor de la plancha	$2.5\ [m]$
Tipo de fondo	Cónico
Peso	$142\ [N]$

- **Análisis estático**

Para la simulación y concordancia de los datos obtenidos anteriormente hemos utilizado el software de diseño mecánico SolidWorks, donde para poder reflejar los resultados se tomó a consideración los siguientes parámetros como material, condiciones y mallado para el análisis requerido. La figura 25 representa que una de las condiciones para la base del tanque es fija. Como se muestra en el Anexo 1 (Partes del tanque)

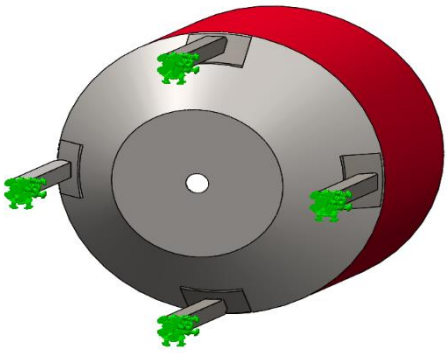


Figura 23. Restricciones de sujeción o fijación

La tabla 14 presenta las características del acero AISI 304 seleccionado presentado por el software.

Tabla 14. Especificaciones del material

Nombre de estudio	Análisis estático 3(Predeterminado)
Nombre del material	AISI 304
Origen del material	SOLIDWORKS
Biblioteca de materiales	Solidworks materials
ID de material	1
Tipo de modelo	Isotrópico elástico lineal
EX	$1.9E+11\left[\frac{N}{m^2}\right]$
NUXX	0.29
GXY	$7.5E+10\left[\frac{N}{m^2}\right]$
DENS	$8.000\left[\frac{kg}{m^3}\right]$
SIGXT	$5.1702E+08\left[\frac{N}{m^2}\right]$
SIGYLD	$2.0681E+08\left[\frac{N}{m^2}\right]$
ALPX	$1.8E-05\left[\frac{W}{K}\right]$
KX	$16\left[\frac{W}{m\cdot K}\right]$
C	$500\left[\frac{J}{kg\cdot K}\right]$

La figura 24, presentan una vista del mallado del tanque en el software de simulación.

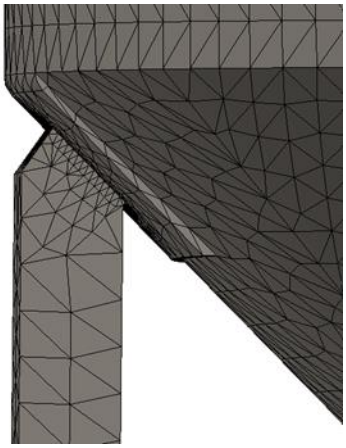


Figura 24. Zona de declaración del peso del tanque

La figura 25, muestra la fuerza aplicada misma que concuerda con los datos obtenidos en la ecuación (21)

$$F = m \cdot a \qquad (21)$$

$$F = 308\ [kg] \cdot 9.81 \left[\frac{m}{s^2}\right]$$

$$F = 3021\ [N]$$

La masa del producto proporcionado por la empresa es próxima a 308 kg

Con la que se puede mostrar datos semejantes y concordantes para validez de resolución.

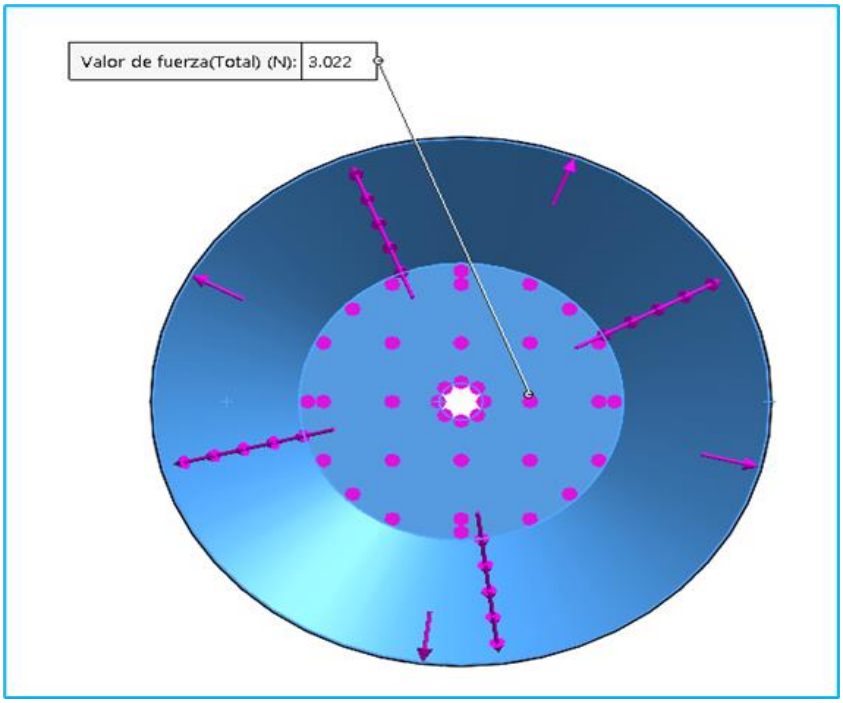


Figura 25. Fuerza aplicada en el tanque

En la presión aplicada se puede visualizar que los valores reflejados por el software corroboran el resultado en la ecuación (5).

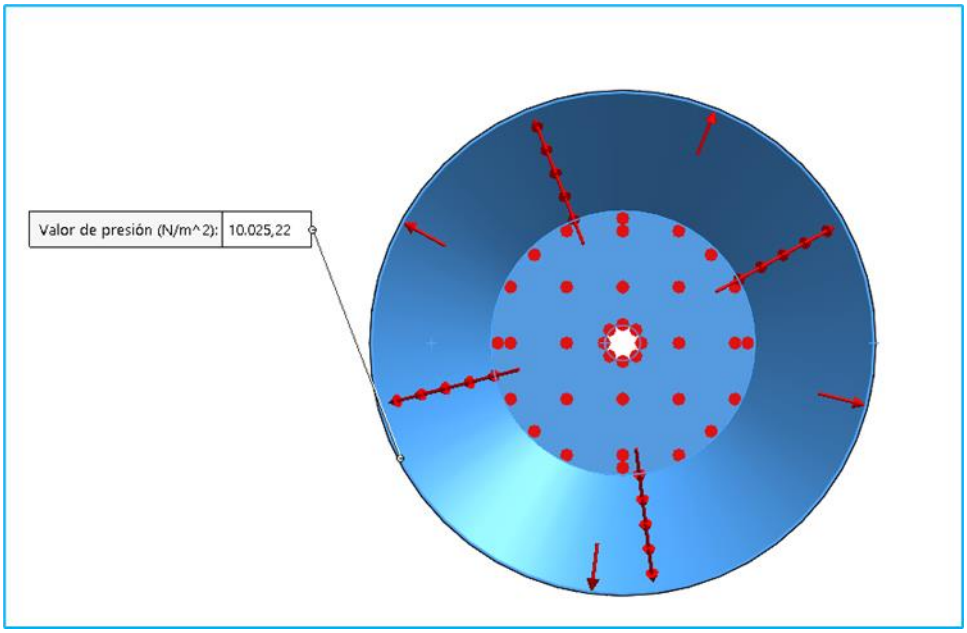


Figura 26. Presión aplicada

Con el diseño propuesto se toma a consideración el límite de elasticidad máximo presentado en la figura 27.

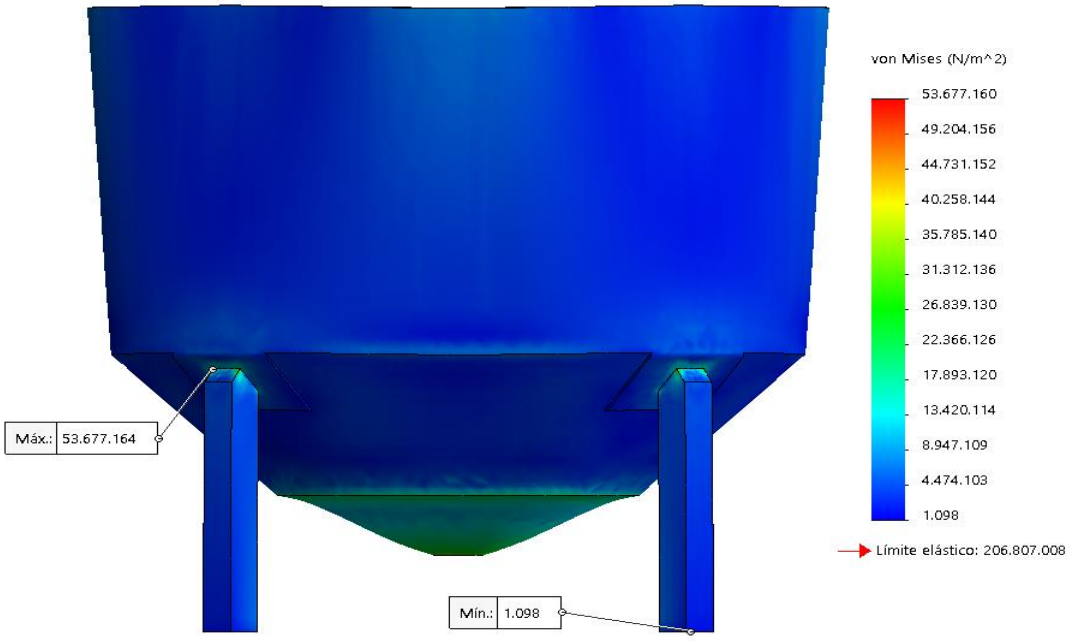


Figura 27. Esfuerzo Von Mises- vista frontal

El factor de seguridad se determinó [51], mediante la ecuación (20) FS

$$F_s = \frac{\sigma_{\text{límite}}}{\sigma_{\text{dis}}} \tag{20}$$

$$F_s = \frac{206.8\ [MPa]}{53.68\ [MPa]}$$

$$F_s = 3.852$$

Obteniendo resultados óptimos para la fuerza que será cargada en el tanque para el tipo de proceso.

Mediante las figuras mostradas se puede visualizar el tipo de mallado fino seleccionado, relacionado con el número de elementos.

3.2 Sistema de agitación

El modelo presentado en la figura 28, muestra la selección tipo compuerta del agitador, donde puede visualizar que si supera la fuerza calculada para el funcionamiento se provocará una ruptura en los puntos críticos entre el eje y las aspas.

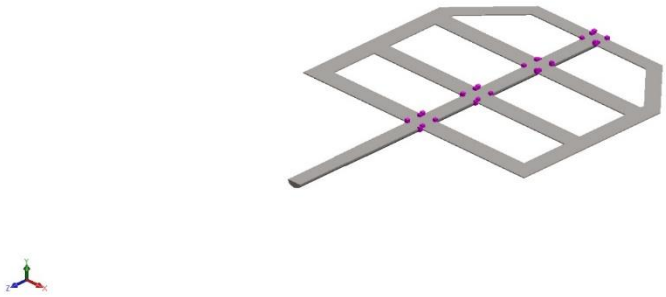


Figura 28. Agitador

La tabla 15 detalla las especificaciones finales del tanque con relación a su función de agitación.

Tabla 15. Especificaciones del sistema de agitación

Especificación	Detalle
Método de la agitación	Agitador mecánico
Tipo de agitador	Agitador de compuerta
Diámetro del agitador	$0.62\ [m]$
Velocidad del agitador	$16\ [rpm]$
Potencia del motor	$1\ [HP]$
Tasa de flujo interno	$0.165\ [m^3/s]$
Velocidad lineal superficial	$0.51\ [m/s]$
Diámetro del eje	$0.32\ [m]$

La figura 29, se puede apreciar el mallado y la tabla 17, muestra la información de mallado mediante el software utilizado.

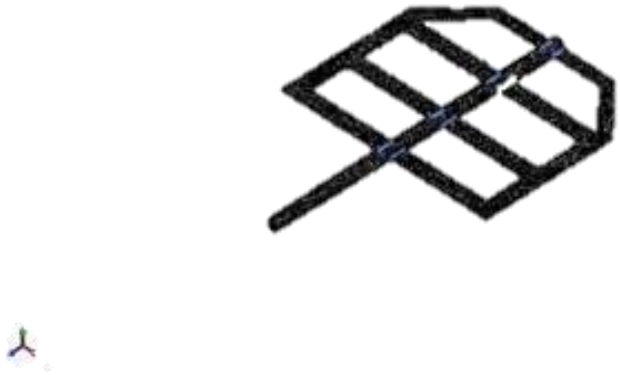


Figura 29. Tipo de mallado

La figura 30 muestra el límite de elasticidad para el agitador mismo que es $206\ [MPa]$

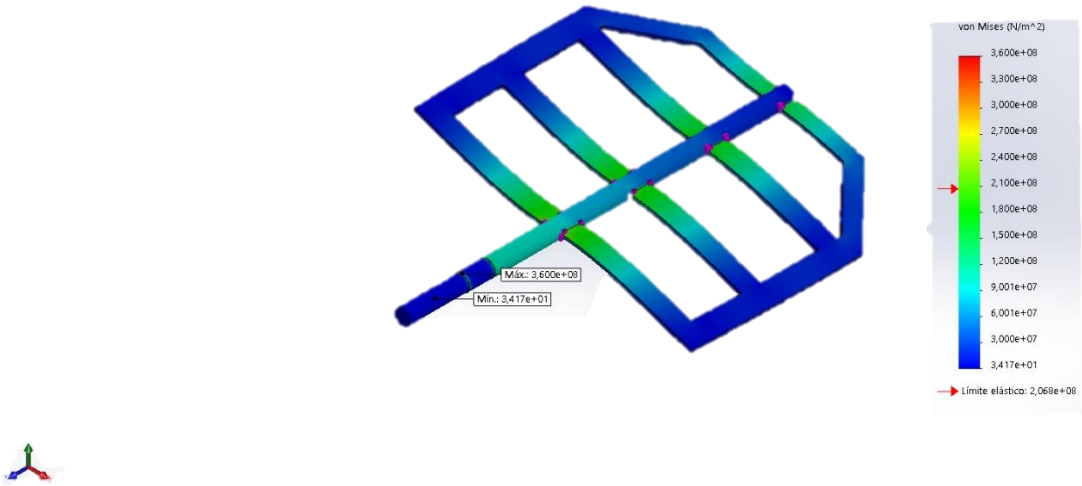


Figura 30. Tensiones

En el Anexo 3, se muestran todos resultados que respaldas que el diseño es adecuado.

3.3 Sistema de elevación

La figura 31 muestra el eje de izaje para el diseño y la tabla 18 las características del material seleccionado.

Figura 31. Eje de izaje

Tabla 16. Propiedades del material

Características		Descripción
Denominación:	ASTM A36	Sólido1(Simetría1(EJE DE ELEVACIÓN_SIMULACION)
Referencia:	Isotrópico elástico lineal	
Límite de elasticidad:	$2.5 \cdot 10^{8} \left[\frac{N}{m^2}\right]$	
Límite de tracción:	$4 \cdot 10^{8} \left[\frac{N}{m^2}\right]$	
Módulo elástico:	$2 \cdot 10^{11} \left[\frac{N}{m^2}\right]$	
Coeficiente de Poisson:	0,26	
Densidad:	$37.850 \left[\frac{kg}{m^3}\right]$	
Módulo cortante:	$7.93 \cdot 10^{10} \left[\frac{N}{m^2}\right]$	

La visualización de la figura 31, por tener el material acero negro no se puede apreciar a detalle la información del mallado.

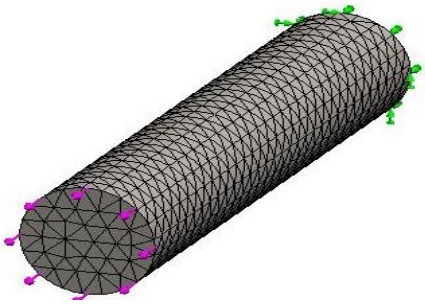


Figura 32. Eje de izaje mallado

Figura 33 muestra el límite de elasticidad para el eje de izaje y sus características arrojadas por el software de simulación presentados en la tabla16.

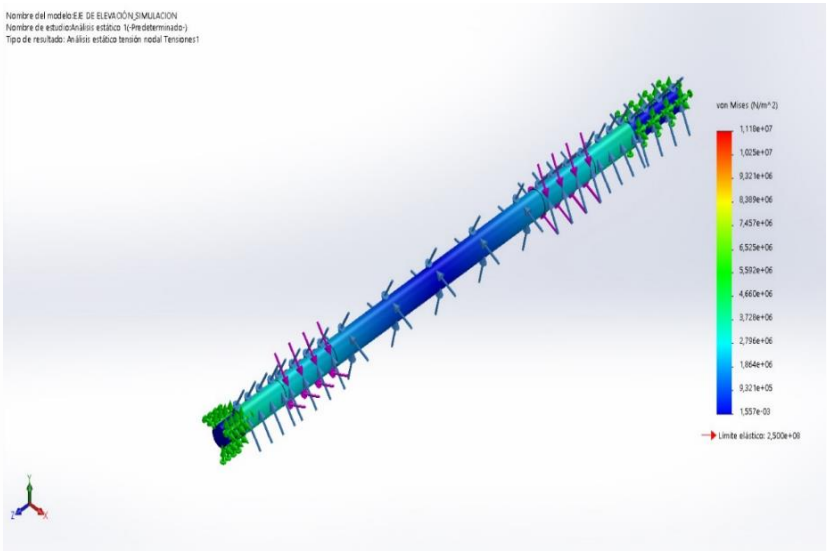


Figura 33. Limite elástico en software

3.4 Estructura

En la tabla 17, representa el tipo de material seleccionado.

Tabla 17. Especificación de la estructura

Especificación	Detalle
Nombre del material	AISI A36
Referencia	Isotrópico elástico lineal

Límite elástico	$2.068 + 08\ [N/m^2]$
Límite de tracción	$5.17 + 08\ [N/m^2]$
Módulo de elasticidad	$1.9e + 11\ [N/m^2]$
Factor de Poisson	0.29
Densidad	$8.000 + 08\ [kg/m^3]$
Módulo de corte	$7.5e + 10\ [N/m^2]$
Factor de dilatación térmica	$1.8e - 05 + 08\ /Kelvin$

La figura 34, muestra el esfuerzo de Von Mises determinado por el software seleccionado. presentando los valores de 467.643 N/m2 como esfuerzo máximo de soporte del agitador y sistema de elevación peso que sería la constante para la estructura.

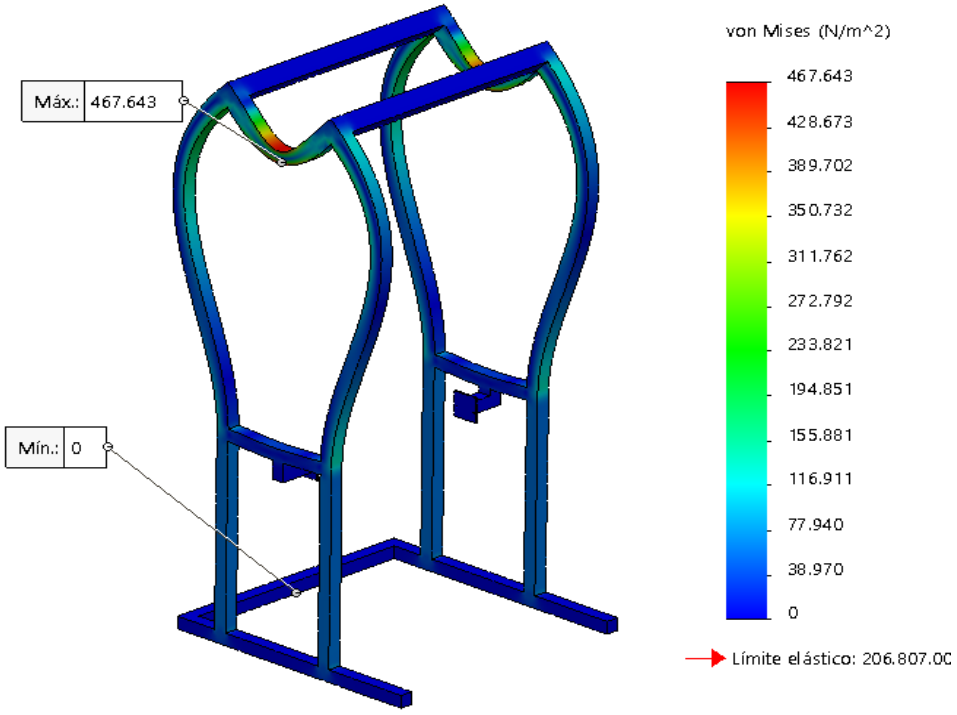


Figura 34. Estructura

En la figura 35, representa un factor de seguridad simulado que da la confiablidad dado que tiene las especificaciones numéricas calculadas.

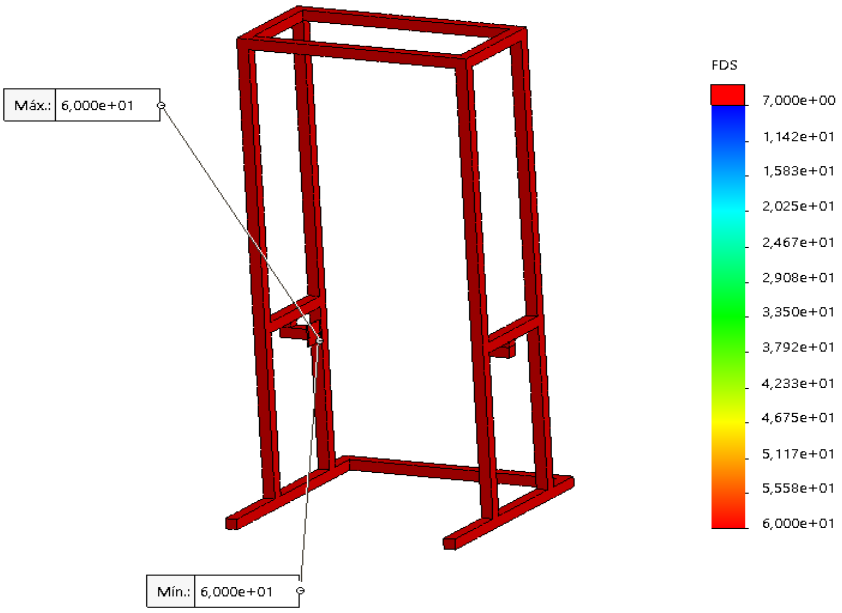


Figura 35. Factor de seguridad

3.5 Conexión eléctrica

La figura 36, describe el diagrama de conexión eléctrica donde consta de pulsadores siendo estos de encendido/apagado. Paro de emergencia general y especifico, su caracteristica prinicpal se basa en un elementos indicador, el cual con la obtencion del tiempo calculado podrá efectuar una señal para dar a conocer al operador que la mezcla logró una homogeneidad del 95% (cálculo teórico).

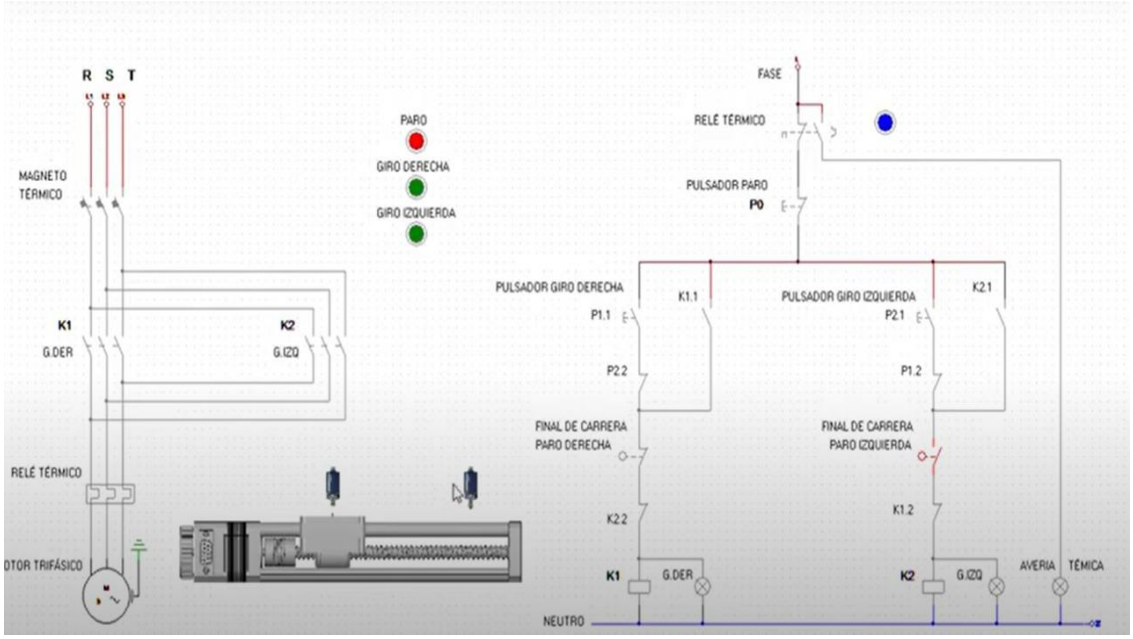


Figura 36. Diagrama eléctrico general

La figura 37, muestra el circuito eléctrico simulando en CADe SIMU, donde consta de dos selectores y pulsadores, encargados del sistema de agitación en el inicio, durante y fin del mezclado para el tiempo estimado de 53. 62 min, tomando en cuenta que existe la posibilidad de un detención imprevista, lo cual no afectará a que el tiempo siga coriendo, pues el proceso retornará al inicio de ciclo.

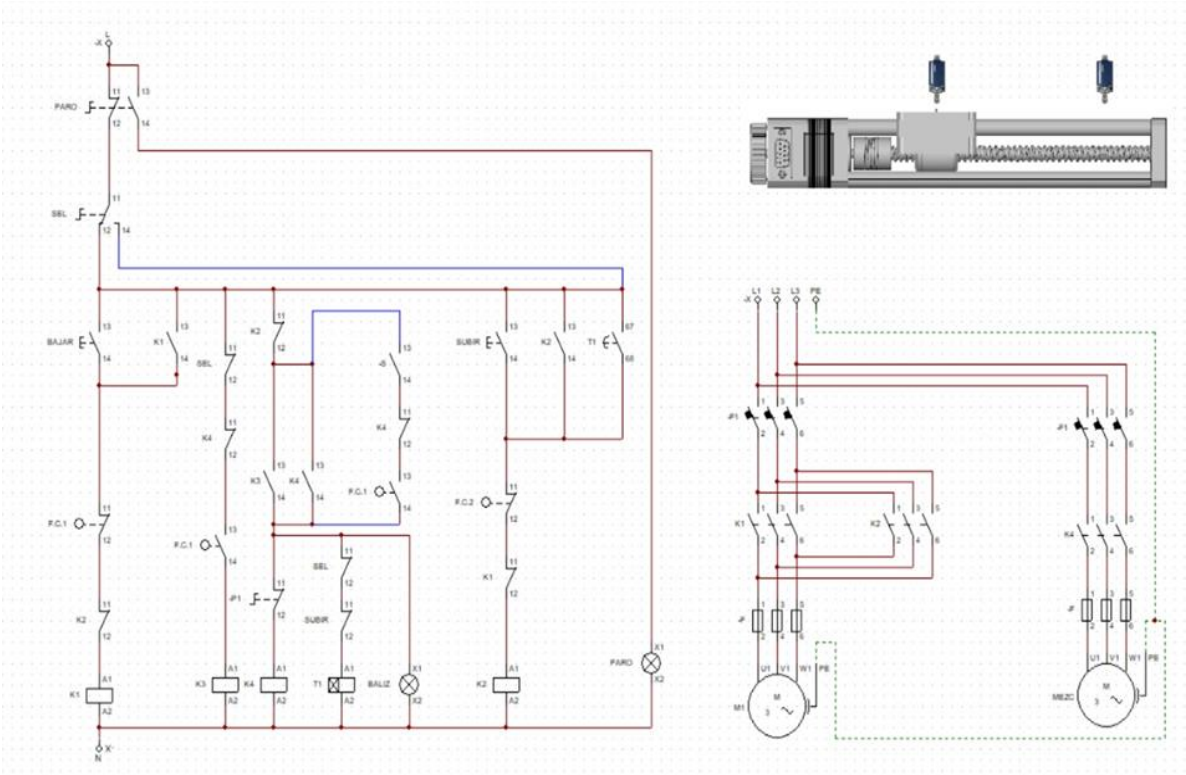


Figura 37. Diagrama eléctrico semiautomático

El diseño eléctrico para el tanque de mezclado tiene la opción de conservar la operación manual, donde el ciclo automático cumplirá el mismo funcionamiento mediante pulsadores y selectores en base a requerimientos necesarios de mezclado, con un elemento indicador sujeto al tiempo teórico.

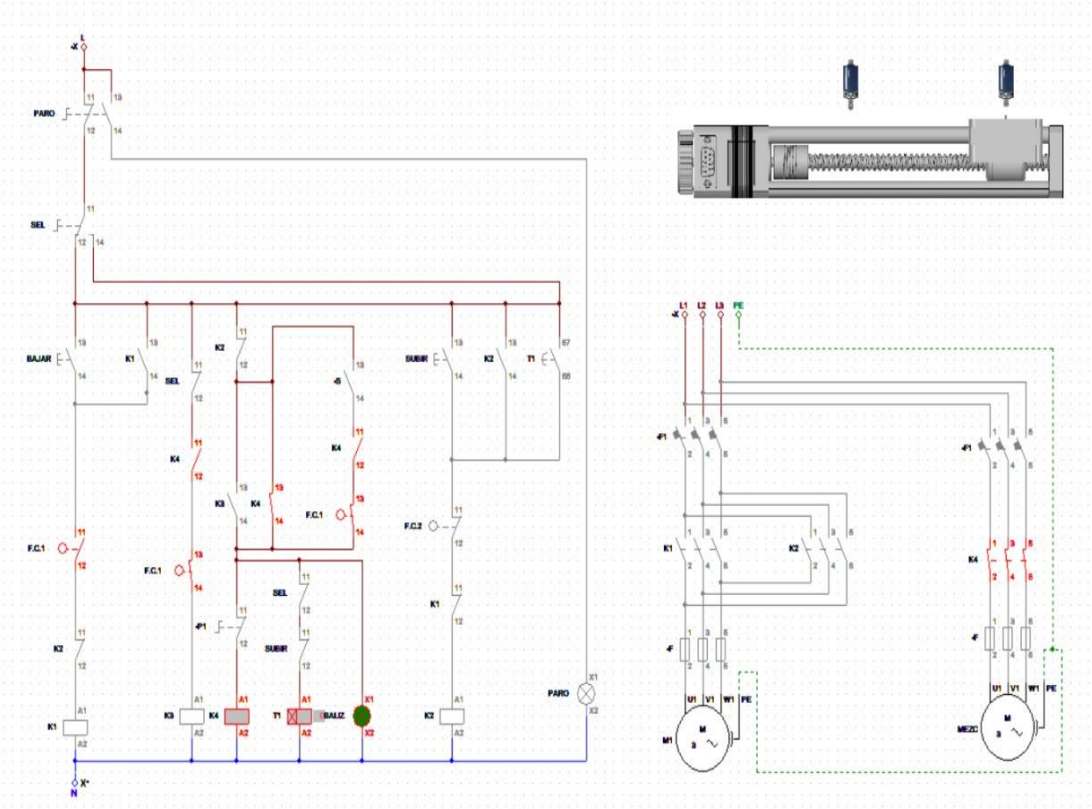


Figura 38. Diagrama eléctrico manual

Capítulo IV

Análisis económico

El presente capítulo expone el presupuesto del diseño a realizarse. Los costos necesarios para la construcción de la estructura, tanque, sistema de agitación y elevación en base a los elementos eléctricos y mecánicos, para que se establezca una viabilidad financiera para el usuario final.

4.1 Costos directos

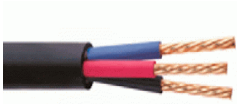
Los costos directos están mostrados bajo las tablas 18, 19, 20 y 21 donde especifican los elementos tanto mecánicos como eléctricos que se requieren para el diseño.

4.1.1. Costos eléctricos

Tabla 18. Materiales eléctricos

Cant.	Imagen Ref.	Detalle	P. Unitario	P. total
1		Variador de frecuencia 1 HP 220V	$ 180.00	$ 180.00
1		Variador de frecuencia 0,5 HP 220V	$ 145.00	$ 145.00
1		MOTOREDUCTOR trifásico, 220VAC, i:40, BOX 63, 1HP, ORTOGONAL, con brida de salida	$ 475.00	$ 475.00

1		MOTOREDUCTOR trifásico robus, 220VAC, i:25(24,7), RBA, 0,25 kW	$	450.00	$ 450.00
1		Breaker 2 polos 16ª para riel din	$	7.00	$ 7.00
4		Contactor 18ª 220V para riel din	$	19.00	$ 76.00
2		Selector 2 posiciones BASE METALICA 22mm	$	2.00	$ 4.00
3		Pulsador verde base metálica 22mm	$	1.65	$ 4.95
2		Luz piloto verde 22mm	$	1.75	$ 3.50
2		Luz piloto roja 22mm	$	1.75	$ 3.50

1		Pulsador tipo hongo _ METALICO 22mm _ (PARO DE EMERGENCIA)	$	2.50	$	2.50
5		Prensa estopa para cable concéntrico 3x14	$	0.40	$	2.00
1		Conector macho 220V pata china	$	2.70	$	2.70
10		Cable concéntrico 4x18	$	0.52	$	5.21
10		Cable concéntrico 3x14	$	0.84	$	8.41
0.5		Funda_ Terminales tipo U para cable 18	$	3.40	$	1.70
0.5		Funda_ Terminales tipo U para cable 14	$	4.00	$	2.00
1		Cerradura plástica para tablero	$	3.25	$	3.25
0.5		Funda de amarras negras de 100mm	$	0.91	$	0.46

2		Bloque de contactos normalmente abiertos	$	0.68	$	1.6
0.5		Funda_ Terminal tipo puntera para cable 18 _ amarilla	$	4.47	$	2.24
0.5		Terminal tipo puntera para cable 14 _ azul	$	4.47	$	2.24
1		Riel DIN	$	1.89	$	1.89
4		Remache galvanizado 3/16	$	0.03	$	0.12
2		Relé térmico LC1D09P7 Schneider electric	$	37.31	$	4.2
2		Microswitch sensor final de carrera	$	0.85	$	1.7
				TOTAL	**$ 1460.27**	

4.1.2. Costos materiales de estructura

Tabla 19. Materiales para la estructura

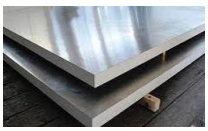
Cant.	Imagen Ref.	Detalle	P. Unitario	P. total
0.75		Plancha de acero A36 1,5mm	$ 110.00	$ 82.50
1.5		Plancha de acero inox 2.5mm	$ 320.00	$ 480.00
0.18		Plancha de acero inox 6mm	$ 620.00	$ 111.60
18		Tubo acero negro cuadrado 50mmx1,5mm	$ 9.00	$ 162.00
3		Tubo acero inox cuadrado 40 mmx1,5mm	$ 12.50	$ 37.50
4		Patas _ Regulables con espiga M16	$ 16.00	$ 64.00
			TOTAL	**$ 937.60**

Tabla 20. Materiales de transmisión

Cant.	Medida	Detalle	P. Unitario	P. total
1		Chumacera de pared 4 agujeros con base inox para eje 1” con tapas SUCF 205-16	$ 45.00	$ 45.00
2		Chumacera de banco 2 agujeros con base metálica SUCP 207-20	$ 23.00	$ 46.00
7		Eje 1_ 1/3” iSAE1018	$ 80.00	$ 93.33
1		Eje 1.5” SAE1018	$ 80.00	$ 13.33
0.8		Eje 1.5” AISI 304	$ 315.00	$ 42.00
3		CABLE 19 X 7 ; ¼ CALIBRE	$ 35.00	$ 105.00
1		Catalina z11 _ ASA 60	$ 8.00	$ 8.00
1	Unid.	Catalina z22_ ASA 60	$ 24.00	$ 24.00

0.6		Duralón negro 2”	$	120.00	$	72.00
3		Chaveta 8x8x150 mm	$	3.00	$	9.00
			TOTAL		**$**	**457.67**

4.1.3. Costos de pernería y anclaje

Tabla 21. Pernería y anclaje

Cant.	Medida	Detalle	P. Unitario		P.total
8		Pernos allen m8x30 inox	$	0.35	$ 2.80
16		Pernos allen m8x70 inox	$	0.65	$10.40
8		Tuercas m8 inox	$	0.20	$ 1.60
24		Arandelas planas m8 inox	$	0.06	$ 1.44
24		Arandelas de presión m8 inox	$	0.03	$ 0.72

80		Pernos allen m10x30 inox	$	0.42	$33.60
80		Arandelas planas m10 inox	$	0.10	$ 8.00
80		Arandelas de presión m10 inox	$	0.08	$ 6.40
10		Tuercas m10 inox	$	0.12	$ 1.20
10		Pernos allen m5x20 inox	$	0.25	$ 2.50
10		Tuercas m5 inox	$	0.05	$ 0.50
10		Arandelas planas m5 inox	$	0.04	$ 0.40
10		Arandelas de presión m5 inox	$	0.03	$ 0.30
4		Tuerca M16 acero inox	$	0.55	$ 2.20
24		Pernos allen m6x25 inox	$	0.42	$10.08
24		Arandelas planas m6 inox	$	0.10	$ 2.40

24		Arandelas de presión m6 inox	$	0.08	$ 1.92
24		Tuercas m6 inox	$	0.12	$ 2.88
30		PERNO ANCLAJE 3/8 X 2.1/2	$	0.75	$22.50
				TOTAL	**$ 111.84**

4.1.4. Costo total directo para el tanque

Tabla 22. Costo total de diseño

Costos	Valor	
Materiales eléctricos	$	1460.27
Materiales para la estructura	$	937.60
Materiales de transmisión	$	457.67
Pernería y anclaje	$	111.84
TOTAL	$	2967.31

4.2 Costos indirectos

En la tabla 23 se visualiza lo posibles gastos que se ejecutarán en la fabricación de diseño propuesto.

Tabla 23. Costos varios

Detalle	Valor total	
Personal calificado y herramientas	$	1200
Imprevistos	$	150
TOTAL	$	1350

4.3 Costo total del tanque

Tabla 24. Costo final

Detalle	Valor	
Costos directos	$	2970.31
Costos indirectos	$	1350
TOTAL	$	4317.31

De acuerdo con los datos obtenidos el costo final incluye estructura, metálica en acero A36, tanque y sistema de agitación, en acero inoxidable 304 respectivamente y mano de obra local con lo cual da un precio final de $ 4317.31, mientras que si se lo exporta únicamente el costo del tanque es $ 5000 a eso tenemos que tomar en cuentas el costo de importación que este alrededor de $ 950 como muestra el Anexo 10.

CONCLUSIONES

1. El volumen de $0.22\left[m^3\right]$ definió una variable teórica fundamental como el diámetro de 0.6443 m. La densidad de $1400\left[kg/m^3\right]$, la viscosidad $70\left[kg/m\cdot s\right]$ y el número de revoluciones de $16\left[RPM\right]$ determinaron el tipo de agitador, que para este proceso es tipo compuerta. La potencia teórica de 0.56 Hp, destacó en las características del motor utilizado, de acuerdo con las necesidades constructivas se prefirió los materiales, acero AISI 304 para el tanque y sistema de agitación. El acero A36 para la estructura como muestra el capítulo II.

2. Con la obtención de datos teóricos y materiales previamente elegidos se realizó la simulación de cargas estáticas en SolidWorks mediante un mallado fino para la evidencia de similitud de resultados junto con un factor de seguridad de 3.85 en el tanque con lo que corrobora un funcionamiento óptimo del equipo para los parámetros antes mencionados.

3. Mediante el CADe SIMU se simuló la semi automatización para el tiempo de 53.62 min de mezcla, (dato obtenido mediante cálculo) en el diseño propuesto optimizando recursos como; reducción de personal además de la existencia de la conservación de elementos evitando desmontajes innecesarios.

4. El costo total es $ 4317.31, mediante cotización nacional determina que el equipo propuesto en caso de su construcción mantiene beneficios como implemento de sistema de elevación y semi automatización industrial para que cumpla con demandas en el mercado competente. Con una restricción que el equipo funcionará correctamente mientras la lechada no sea $>70000\left[CPS\right]$, ya que la selección de cada material, elemento y equipo fue diseñado y seleccionado respectivamente para ese tipo de mezcla.

RECOMENDACIONES

Realizar un estudio más detallado en cuanto a la mezcla y analizar sus propiedades como densidad, peso y viscosidad para la respectiva selección del material de almacenamiento.

Investigar sobre la producción las piezas metálicas elaboradas con la técnica de la cera perdida para la consideración en criterios de diseño

Implementar un sistema netamente automático para el control del equipo, y mejorar incluso la calidad de mezcla en menor tiempo.

Evaluar costos de los materiales seleccionados del equipo propuesto en caso de construcción y validar su rentabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] J. Aguliar, “Fundicion,” 1384.

[2] R. S. Diego Rodriguez, “procesos de fundicion,” *Endocrine*, vol. 9, no. May, p. 6, 2020, [Online]. Available: https://www.slideshare.net/maryamkazemi3/stability-of-colloids%0Ahttps://barnard.edu/sites/default/files/inline/student_user_guide_for_spss.pdf%0Ahttp://www.ibm.com/support%0Ahttp://www.spss.com/sites/dm-book/legacy/ProgDataMgmt_SPSS17.pdf%0Ahttps://www.n.

[3] UMSS, “Procesos Fundición de Metales,” pp. 67–73, 2AD, [Online]. Available: http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II/pdf/cap-22.pdf.

[4] M. Cabanes, “Diseño y fabricación de un molde para el estudio de la influencia de la geometría de los sistemas de distribución en el atrapamiento de aire en procesos de fundición por inyección a alta presión,” *Univ. Politécnica Cart.*, 2013, [Online]. Available: http://hdl.handle.net/10317/3490.

[5] A. P. Javier Medina, “Tema : evaluación de las propiedades mecánicas y aleación de aluminio , mediante cuatro procesos,” 2019.

[6] N. Schulze, “La técnica de fundición a la cera perdida.”

[7] C. Londoño Montes, M. Fernández Torres, and E. M. Córdoba Tuta, “Development of silica investments for the jewelry micro-casting process with pre-set emeralds,” *Bol. la Soc. Esp. Ceram. y Vidr.*, vol. 57, no. 2, pp. 79–89, 2018, doi: 10.1016/j.bsecv.2017.07.001.

[8] I. M. P. Jose Zanón Cuenca, Dvid Vila Moscardó, Juan Fco.Martinez Gómez de albacete, “Fundición a la cera perdida con moldes de cascarilla cerámica,” 2019.

[9] P. K. S. Saltos, “Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ingeniería Civil Y Mecánica Ingeniería Mecánica Trabajo Estructurado De Manera Independiente Previo a La Obtención Del Titulo De Ingeniera Mecánica "Estudio De La Obtención De Piezas Fundidas En Aluminio,” 2013.

[10] A. Echevarría, “Breve historia del proceso de fundición a la cera perdida,” *Revista Informetal*, no. 59. pp. 61–73, 2016.

[11] L. Y Vega and L. M Mesa, “Integración De La Impresión 3D En El Proceso De Cera Perdida Para La Producción De Joyas, Con Fines De Estandarización,” *Inf. Técnico*, vol. 83, no. 1, pp. 65–79, 2019, doi: 10.23850/22565035.1933.

[12] C. P. Q, “Escuela politécnica nacional,” 2010.

[13] A. Diaz, “Arena Sílica,” *Carbontecnia*, no. 33, p. 3834, 2020, [Online]. Available: https://www.carbotecnia.info/PDF/medfiltrantes/arena-silica.pdf.

[14] P. Review *et al.*, “Slurry Tanks,” pp. 12–13, 2021.

[15] K. G. Swift and J. D. Booker, *Casting Processes*. 2013.

[16] I. S.A, “Tanque De Mezcla,” pp. 1–2, 2018, [Online]. Available: https://www.intranox.com/tanques-de-almacenamiento/tanques-de-mezcla#:~:text=Los tanques de mezcla o,tanques reactores o deposito reactor.

[17] R. Drum and W. A. Paddle, “Heavy Duty , Belt Driven Model have built nearly 1000 slurry tanks so we know there is much more to it than a simple.”

[18] M. A. H. Neri, “Diseño de Tanque de Agitación,” *Fund. Univ. Las Américas Puebla*, p. 6, 2004.

[19] J. Garavito, “Fundició N Protocolo Curso De Procesos De Manufactura Edicion 2008-2 Facultad Ingenieria Industrial Laboratorio De Produccion,” 2008.

[20] Darwin Guerrero, “Modelado y simulación de un tanque mezclador para producción industrial de detergente mediante autodesk inventor .,” no. July, pp. 18–20, 2021.

[21] J. Valencia, V. Márquez, M. Núñez, and L. Medina, “Estudio Numérico de la Hidrodinámica de un Biorreactor Tipo Tanque Agitado con Combinación de Impulsores,” vol. 4, no. 1, p. 8, 2002, [Online]. Available: http://b-dig.iie.org.mx/BibDig2/P13-0577/pdf/ID172-Valencia.pdf.

[22] V. Castillo, “Diseño y Calculo de un Agitador de Fluidos,” *Fac. Inginieria Dep. inginieria mecánica*, p. 69, 2013, [Online]. Available: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Uribe_Vladimir.pdf.

[23] W. McCabe, J. Smith, and P. Harriott, *Operaciones unitarias en ingenieria quimica*, vol. 7, no. 5. 2007.

[24] D. Smith, “Instruction Manual Electric Drive Rotary Agitators.”

[25] T. Bergmann, “Agitadores,” *dlc s.a Trat. aguas*, p. 9, 2015, [Online]. Available: https://www.dlc.cl/wp-content/themes/dlc/archivos/mezcladores.pdf.

[26] F. Sánchez, “Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito,” *Tesis*, p. 80, 2021.

[27] A. Videla, “Manual De Motores Electricos.” pp. 1–70, 2015.

[28] Ivan Gomez Suarez, “Mantenimiento electromecánico de motores eléctricos,” 2020.

[29] M. S.r.l, “Vista 3D,” p. 2016, 2016.

[30] D. S. Martinez, “Diseño Y Cáclulo De Un Reductor De Velocidad,” 2008.

[31] N. Carvajal, “Diseño de ejes de transmición,” *anexo 6*, vol. 59, 2016.

[32] J. C. G., “‘Diseño de un tanque agitador de 160 m3 de capacidad para lixiviación de oro. Consorcio minero horizonte s.a’ trabajo,” *Univerdidad Nac. del Callao*, p. 130, 2018, [Online]. Available: http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4353/vivanco_medrano_fcs_2da espec_2019.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

[33] D. G. y B. Z. L. Valderrama, “Efecto de la hélice en la recuperación de particulas finas de cobre y oro en rela ves l.,” pp. 204–208, 2001.

[34] J. Bustillos and G. Obando, *Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito*. 2021.

[35] C. Martillo and R. Wilfrido, “Tesis previa a la obtención de título de : ‘ Diseño , construcción y operación de un mezclador para producir abono orgánico a partir de los residuos orgánicos ’ Autor : Raúl Wilfrido Caiza Martillo,” p. 122, 2013.

[36] H. Regional, D. D. E. Trujillo, E. N. El, Z. C. Microbiología, and C. Microbiología, "Universidad privada antenor orrego facultad de medicina humana

---

," *Autom. Y Control procesos*, pp. 1–60, 2016, [Online]. Available: http://www.gonzalezcabeza.com/documentos/crecimiento_microbiano.pdf.

[37] A. P.-G. Luis David Pabón-Fernández, Jorge Luis Díaz-Rodríguez, "La teoría de la práctica social del aprendizaje en la formación de profesores de matemáticas," *Rev. Investig. Desarro. e Innovación*, vol. 7, no. 1, pp. 93–110, 2016, doi: 10.19053/20278306.v7.n1.2016.5635.

[38] M. Álvarez, "Convertidores de frecuencia, controladores de motores y SSR." p. 142, 2000, [Online]. Available: https://books.google.com.ec/books?id=iwp2zqutol8c&pg=PA24&dq=reductor+mecanico+de+velocidad&hl=es-419&sa=X&ved=0ahukewj797dk-_7nahxhun8khdjdbfcq6weiczaa#v=onepage&q=reductor mecanico de velocidad&f=false.

[39] R. C. Dorf and R. H. Bishop, "Sistemas de control," *Sist. Control Mod.*, no. 1, p. 882, 2005, [Online]. Available: http://books.google.com/books?id=mw_8nqeacaaj&pgis=1.

[40] A. Ayestarán, C. Graciano, and O. González-Estrada, "Resistencia de vigas esbeltas de acero inoxidable bajo cargas concentradas mediante elementos finitos," *Rev. UIS Ing.*, vol. 16, no. 2, pp. 61–70, 2017, doi: 10.18273/revuin.v16n2-2017006.

[41] P. M. Mundial, "Acero Inoxidable AISI 304 Ficha Acero Inoxidable 304 Ficha Tecnica," pp. 1–13, 2022.

[42] P. M. Mundial, "Acero ASTM A36 , Acero A36 Propiedades , Ficha Tecnica , Dureza , Acero A36 Características y Aplicaciones Acero A36 Ficha Tecnica," vol. 36, pp. 1–7, 2019.

[43] IISACERO, "Acero 1018," p. 2350, 2011, [Online]. Available: http://iirsacero.com.mx/wp-content/uploads/2019/08/Ficha-Técnica-Acero-1018-iirsacero.pdf.

[44] M. y Herramientas, "Introducción a La soldadura," pp. 1–31, 2011.

[45] Telwin, "Soldadura con Hilo MIG-MAG," pp. 4–9, 2022.

[46] H. Guerrero, "Planchas de Acero ASTM A36," p. 3000.

[47] ImportAceros, "Planchas Inoxidables Acero Inoxidable 304 Descripción."

[48] E. F. Megyesy, *Manual De Recipientes a Presion*. 1992.

[49] B. Sieiro Pererira, G. Garcia Casassas, S. M. Margalida, R. Tkatchenko, and D. Ferra Gimenez de la Fuente, "Manual de cálculo. Planta de producción de ácido fórmico.," *Univ. Barcelona*, p. 76, 2016.

[50] Rincón Julián, "Diseño de una máquina mezcladora, automática, de materias primas para la elaboración de jabones líquidos, suavizantes y desengrasantes industriales, para la empresa químicos zorel."

[51] R. Mott., *mecanica-de-fluidos-aplicada-4ta-edicion-robert-l-mott.pdf*. .

[52] J. Jaramillo and H. Cardenas, “Número de Reynolds,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2015, [Online]. Available: https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/4849/T.IC jaramillo diaz julian david.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

[53] S. M. Walas, *Chemical Process Equipment*. .

[54] R. Foresti and T. Liu, “Agitation of Non-Newtonian Liquids. Power Measurements in the Laminar Region,” *Ind. Eng. Chem.*, vol. 51, no. 7, pp. 860–864, 1959, doi: 10.1021/ie50595a040.

[55] G. Matijasic and A. Glasnovic, “Measurement and evaluation of drag coefficient for settling of spherical particles in pseudoplastic fluids,” *Chem. Biochem. Eng. Q.*, vol. 15, no. 1, pp. 21–24, 2001.

[56] J. P. and P. G. P. J. Carreau, “Z Zyx Z,” vol. 70, no. Table 2, pp. 1198–1202, 1992.

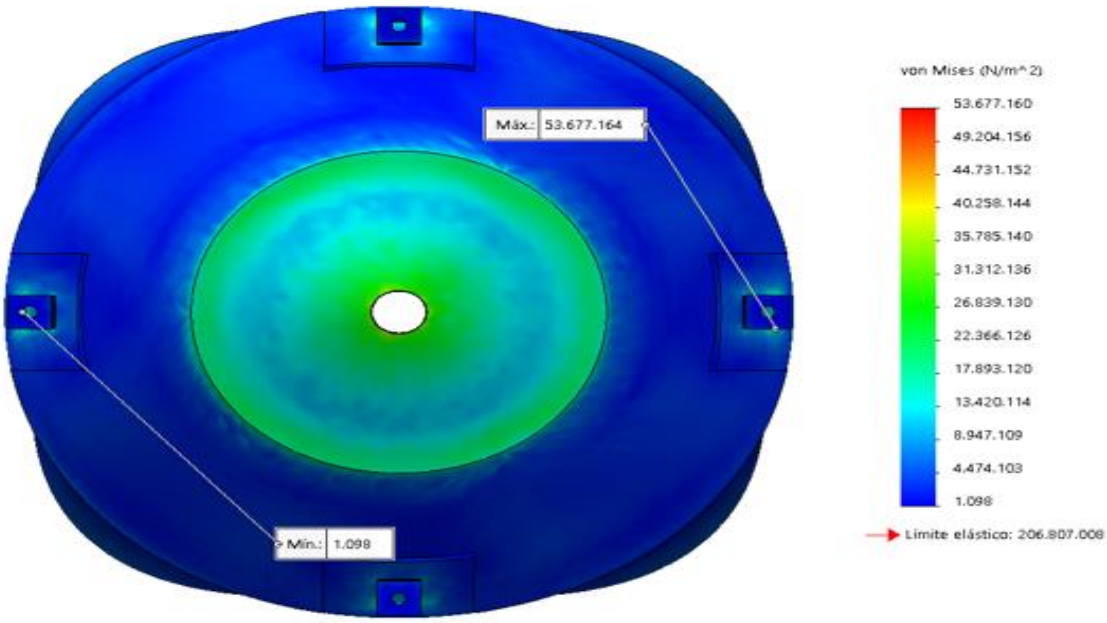
[57] R. L. Norton, *Diseño de Maquinaria, síntesis y anpalisis de máquinas y mecanismos*. 2009.

[58] V. Edward L. Paul, Victor A. Atiemo-Obeng, *Handbook of Industrial Mixing - Science and Practice [Book Review]*, vol. 21, no. 1. 2005.

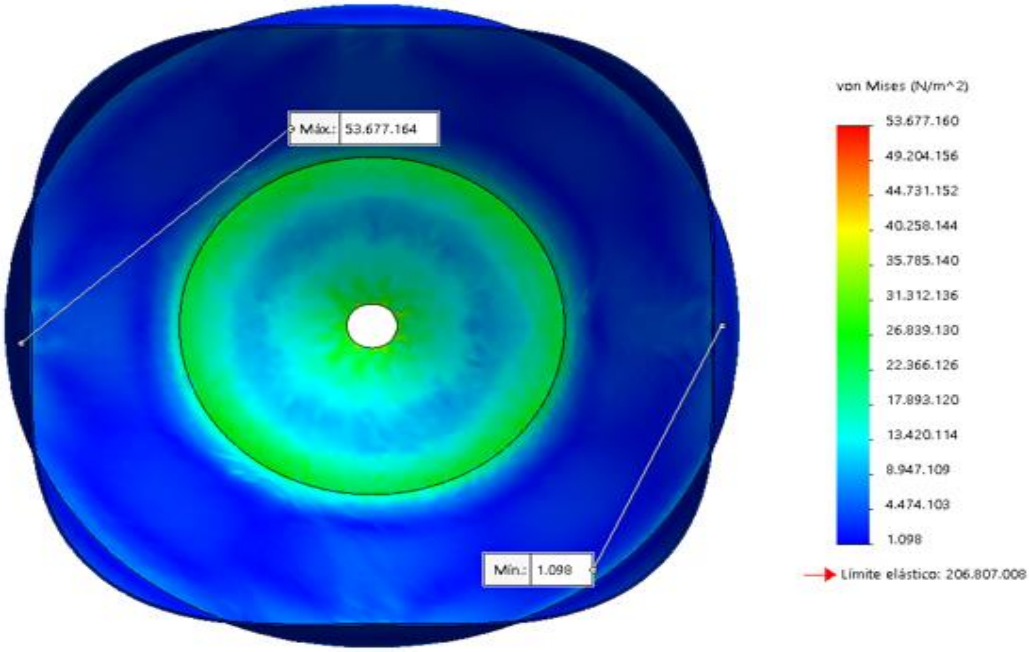
ANEXOS

Tanque – Simulación (Anexo 2)

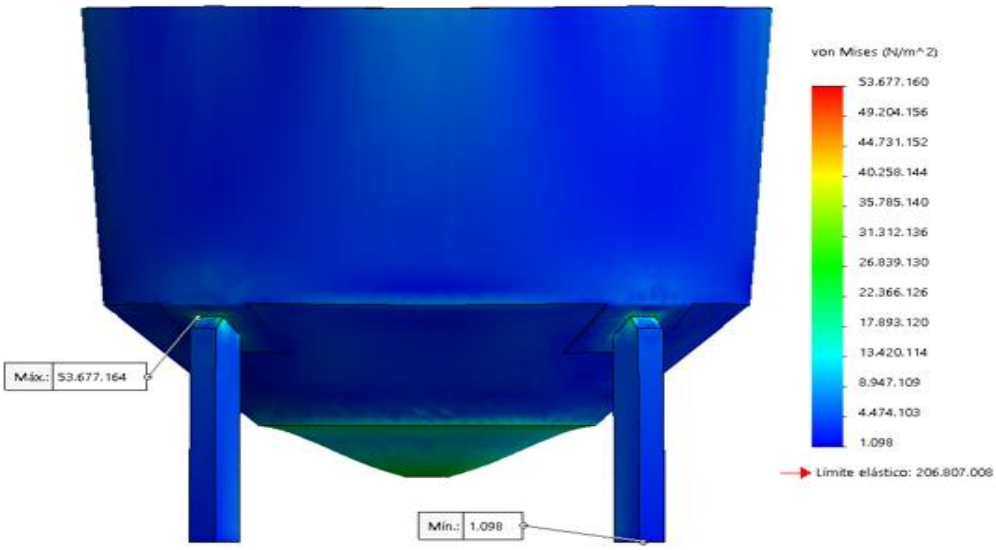
Esfuerzo de Von Mises _ Vista inferior



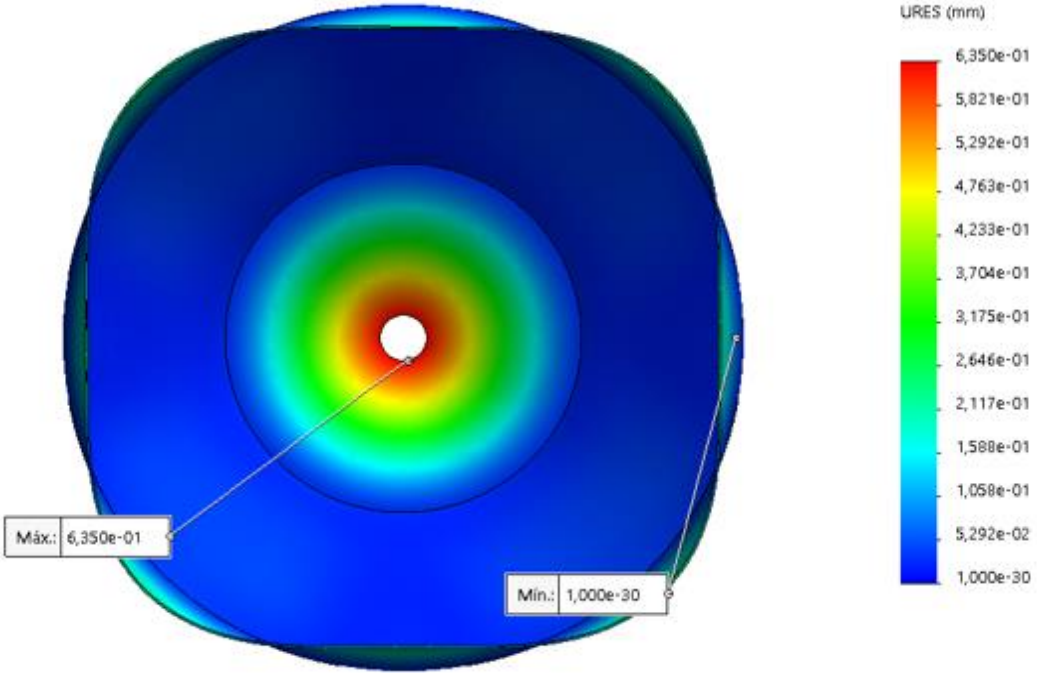
Esfuerzo de Von Mises _ Vista superior



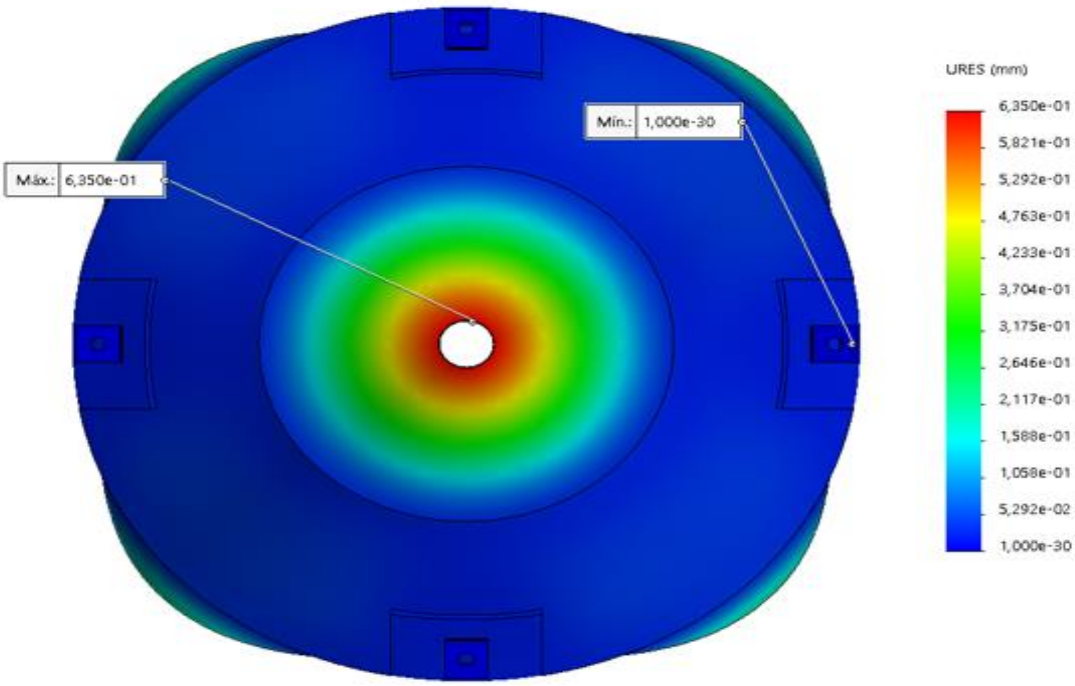
Desplazamiento Max. _ Vista Frontal



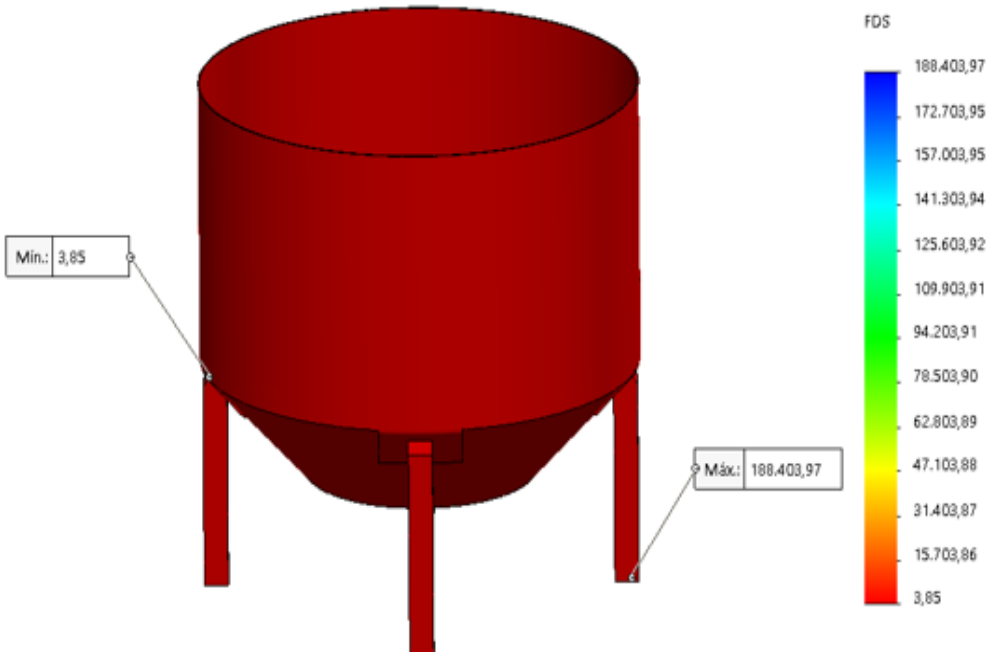
Desplazamiento Max. _ Vista Superior



Desplazamiento Max. _ Vista inferior



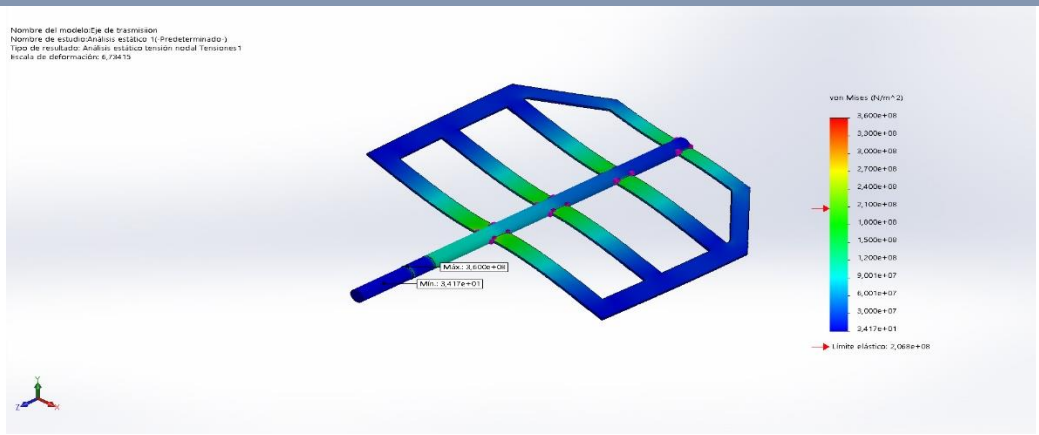
FACTOR DE SEGURIDAD



ANEXO 3

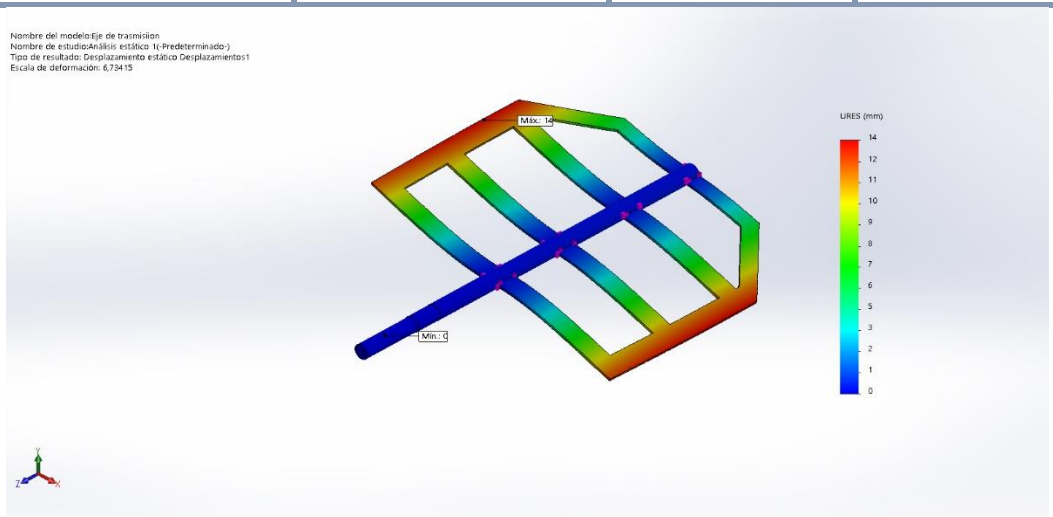
Eje de transmisión - Simulación

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3,417e+01 N/m^2 Nodo: 107673	3,600e+08 N/m^2 Nodo: 98244



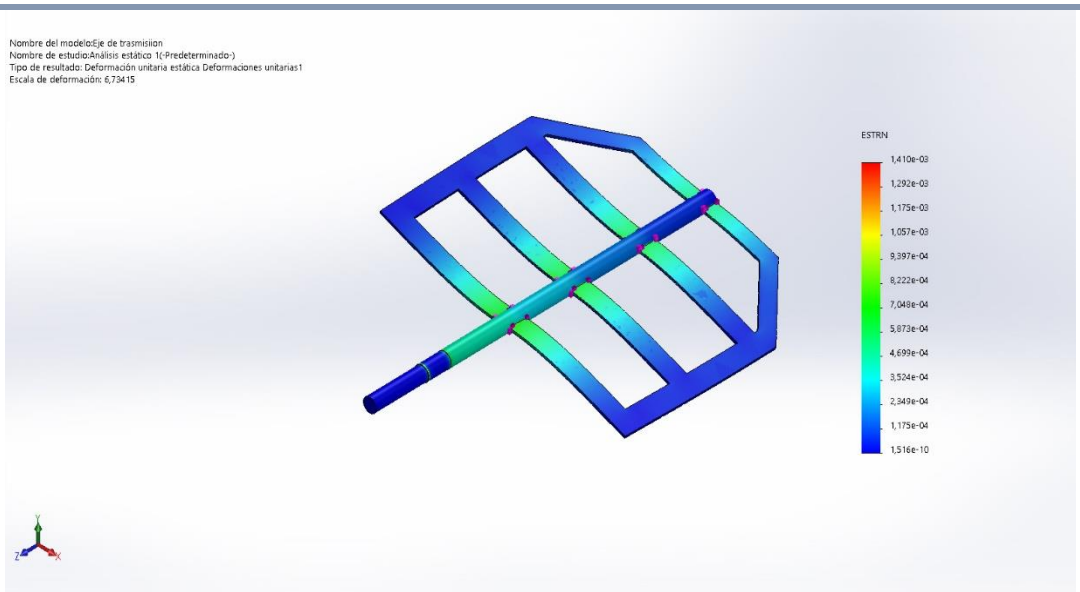
Eje de trasmisiion-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0mm Nodo: 2903	14mm Nodo: 1866



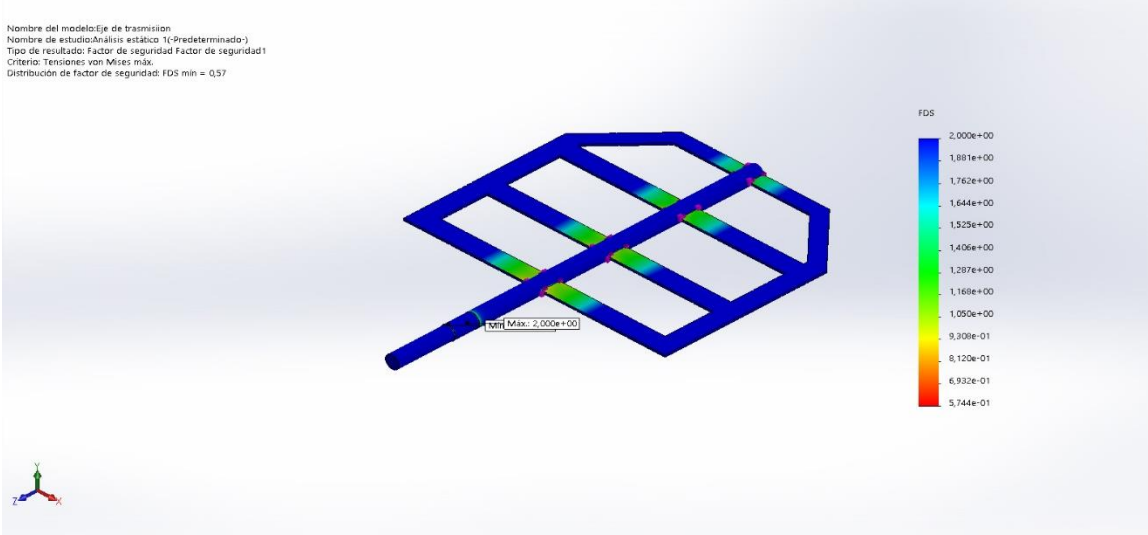
Eje de trasmisiion-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1,516e-10 Elemento: 2499	1,410e-03 Elemento: 17254



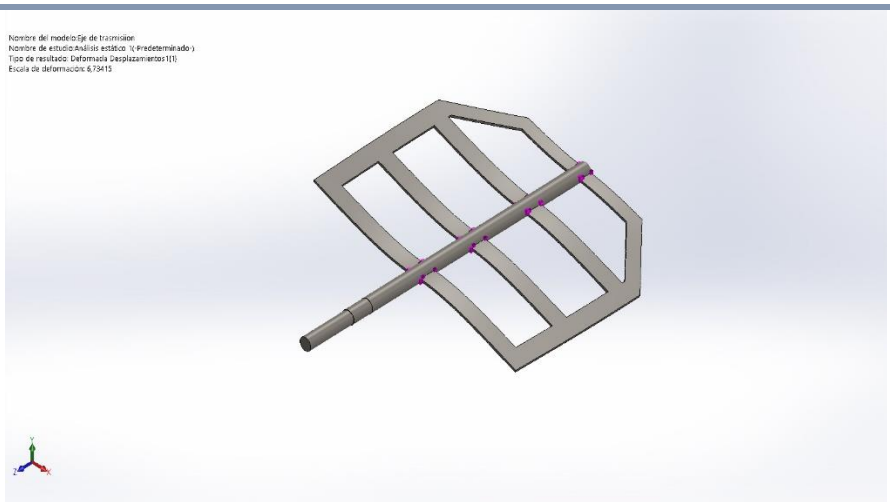
Eje de trasmisiion-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de von Mises máx.	5,744e-01 Nodo: 98244	2,000e+00 Nodo: 2



Eje de trasmisiion-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

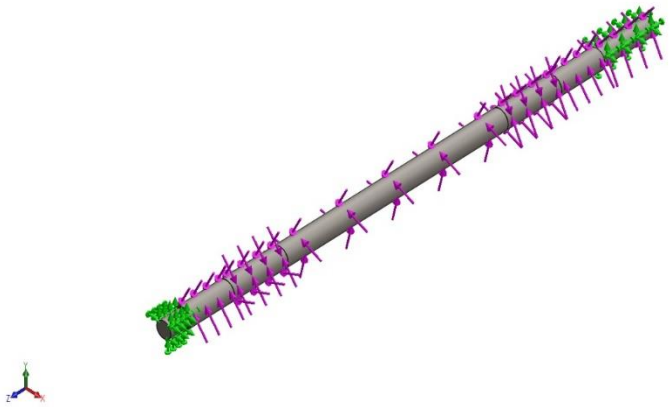
Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Deformada



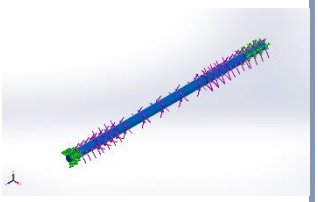
Eje de trasmisiion-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}

ANEXO 4
Eje de izaje - Simulación

Información de modelo



Nombre del modelo: EJE DE ELEVACIÓN_SIMULACION
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Simetría1 	Sólido	Masa:9,33088 kg Volumen:0,00118865 m^3 Densidad:7.850 kg/m^3 Peso:91,4427 N	D:\Diseños CAD\Ecuapack\Tanque Mezclador Vertical\EJE DE ELEVACIÓN_SIMULACION.SLDPRT Jun 22 23:13:24 2022

Propiedades de estudio

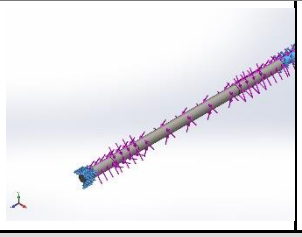
Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar

Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (D:\Diseños CAD\Ecuapack\Tanque Mezclador Vertical)

Unidades

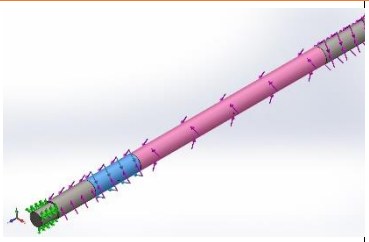
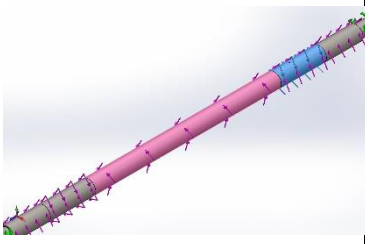
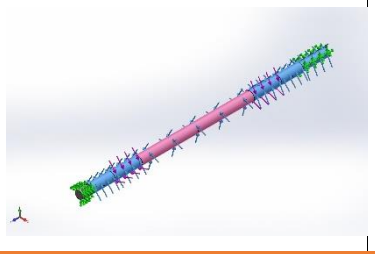
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m^2

Cargas y sujeciones

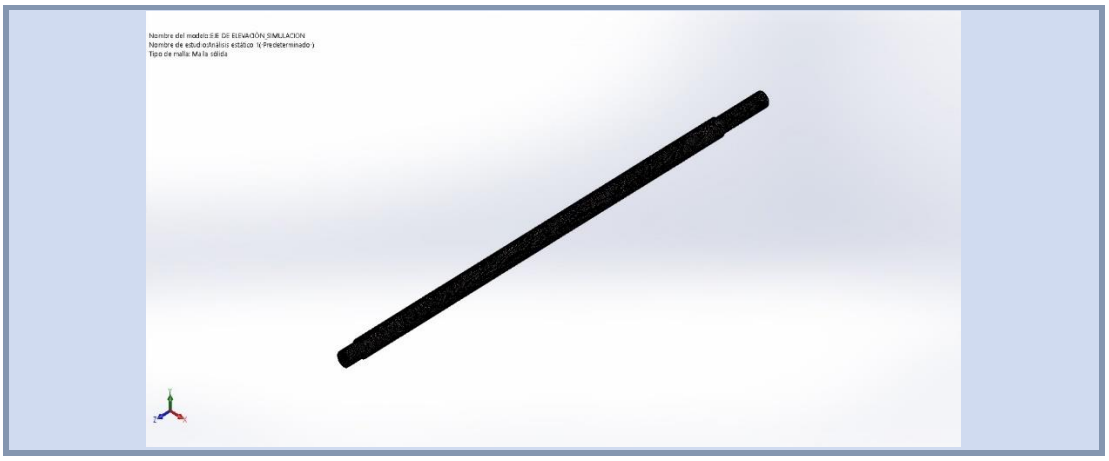
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		**Entidades:** **2 cara(s)** **Tipo:** **Geometría fija**

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resulta
Fuerza de reacción(N)	**-0,0148318**	**0,00202696**	**-0,00745498**	**0,0167**
Momento de reacción(N.m)	**0**	**0**	**0**	**0**

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga	
Torsión-1		**Entidades:** **Referencia:** **Tipo:** **Valor:**	**1 cara(s)** **Cara< 1 >** **Aplicar Momento torsor** **2 N.m**
Torsión-2		**Entidades:** **Referencia:** **Tipo:** **Valor:**	**1 cara(s)** **Cara< 1 >** **Aplicar momento torsor** **2 N.m**
Torsión-3		**Entidades:** **Referencia:** **Tipo:** **Valor:**	**5 cara(s)** **Cara< 1 >** **Aplicar momento torsor** **-55 N.m**

Número total de nodos	782836
Número total de elementos	546726
Cociente máximo de aspecto	27,812
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99,7
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0,12
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh;mm;ss):	00:00:32
Nombre de computadora:	



Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	2,5 mm
Tamaño mínimo del elemento	1,34763 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

1.1.Información de malla - Detalles

Fuerzas resultantes

1.2.Fuerzas de reacción

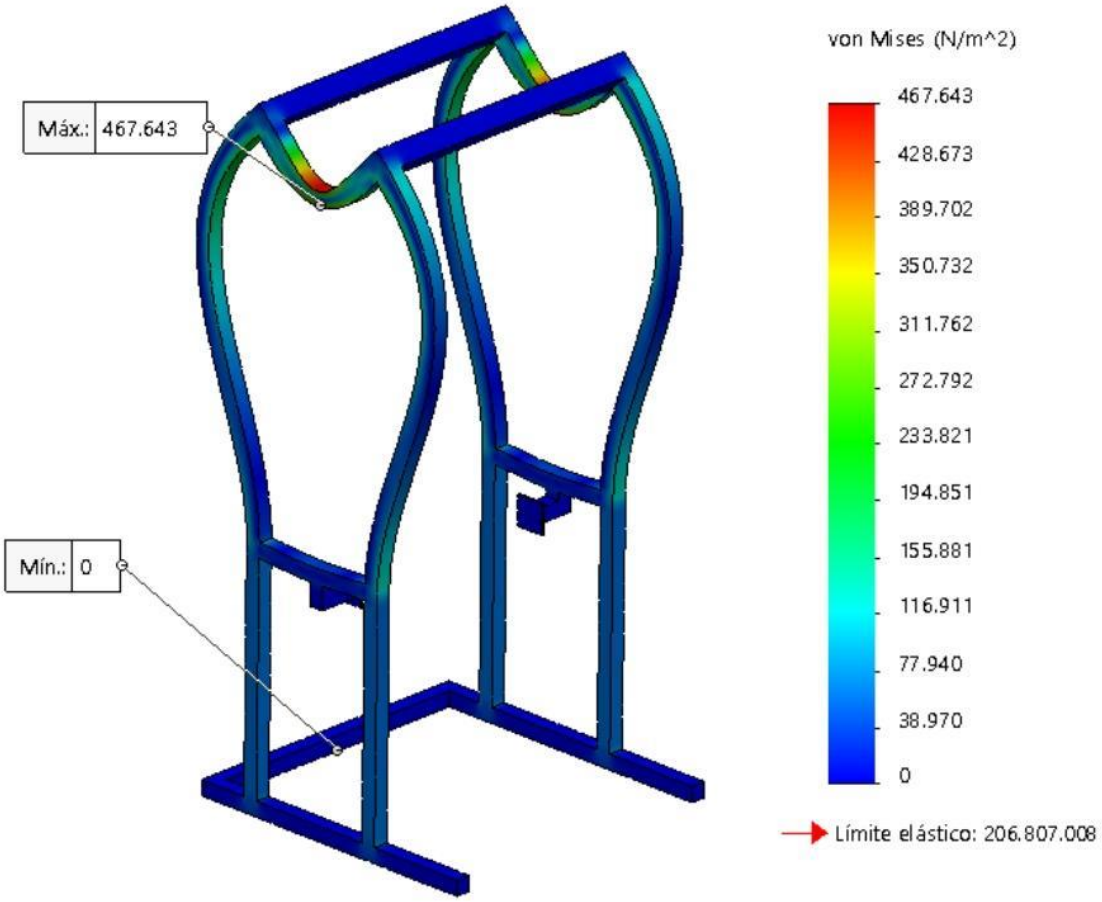
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0,0148318	0,00202696	0,00745498	0,0167233

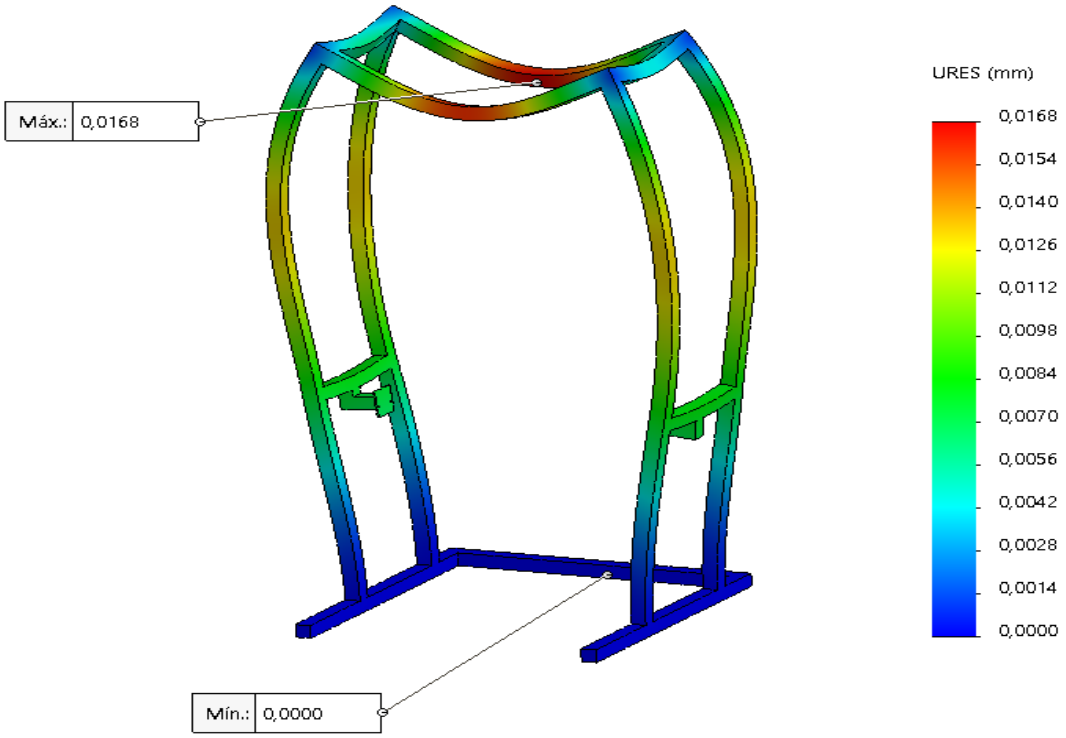
1.3.Momentos de reacción

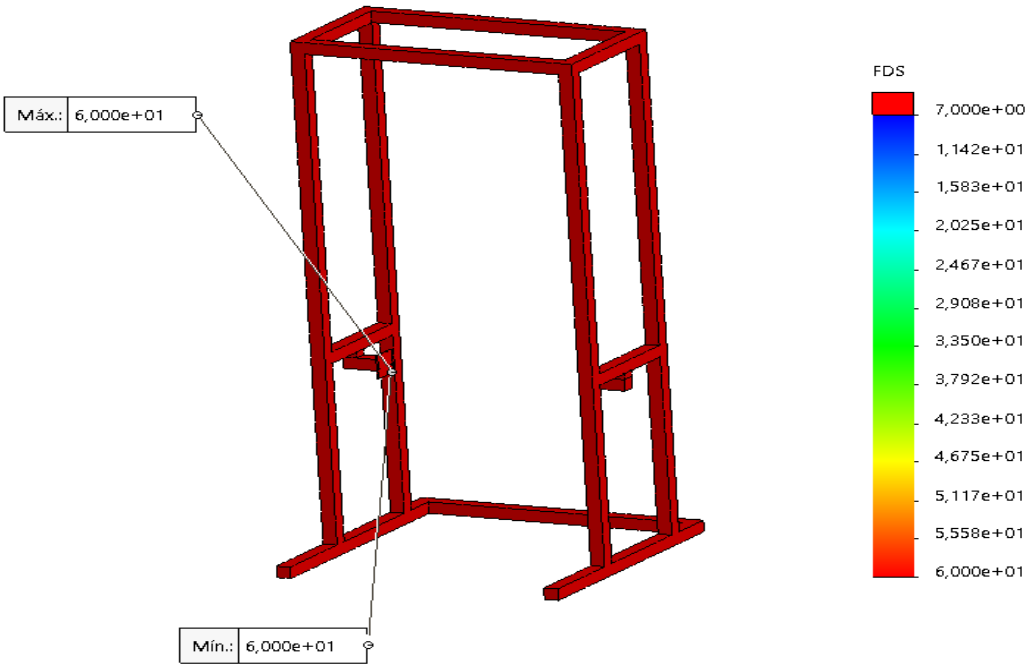
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

ANEXO 5

Estructura- Simulación




Máx.: 0,0168
Mín.: 0,0000
URES (mm)
0,0168
0,0154
0,0140
0,0126
0,0112
0,0098
0,0084
0,0070
0,0056
0,0042
0,0028
0,0014
0,0000


Máx.: 6,000e+01
Mín.: 6,000e+01
FDS
7,000e+00
1,142e+01
1,583e+01
2,025e+01
2,467e+01
2,908e+01
3,350e+01
3,792e+01
4,233e+01
4,675e+01
5,117e+01
5,558e+01
6,000e+01

ANEXO 6

Planchas de Acero ASTM A36

PLANCHAS DE ACERO A36

Planchas de acero, también conocido como laminado en caliente (LAC) de acero en calidad A36. La plancha es una placa de acero estructural utilizado para la construcción en general y aplicaciones industriales.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinar.

Se mide en espesor x ancho x largo

Propiedades Mecánicas		
	Límite de Fluencia (kg/mm2)	24 min.
	Resistencia a la Tracción (kg/mm2)	41 min
	Alargamiento (%) en 50 mm	18 min.

NORMA TÉCNICA	GRADO B				
	C	Mn	P	S	Si
A36	0.25	0.8-1.2 máx	0.040 máx	0.050 máx	0.40 máx

Espesor		Ancho		Largo		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pie	mm	pie	Kg/ plancha
1.5	1/16"	1200	4	2400	8	33.91
2.0	5/64"	1200	4	2400	8	44.05
2.5	3/32"	1200	4	2400	8	55.55
2.9	1/8"	1200	4	2400	8	67.08
3.0	1/8"	1200	4	2400	8	67.08
		1500	5	3000	10	109.2
4.4	3/16"	1200	4	2400	8	99.48
4.5	3/16"	1200	4	2400	8	100.50
		1500	5	3000	10	164.5
5.9	1/4"	1200	4	2400	8	133.39
6.0	1/4"	1200	4	2400	8	134.81
		1500	5	3000	10	212.00
		1500	5	6000	20	423.90
7.9	5/16"	1200	4	2400	8	178.34
8.0	5/16"	1200	4	2400	8	180.60
		1500	5	6000	20	565.20
		2400	8	6000	20	904.32
8.9	3/8	1200	4	2400	8	201.00
9.0	3/8"	1200	4	2400	8	203.26
		1500	5	3000	10	318.00
		1500	5	6000	20	635.85
		2400	8	6000	20	10173.36
11.9	1/2"	1200	4	2400	8	278
12.0	1/2"	1200	4	2400	8	279.90
		1500	5	3000	10	424.00
		1500	5	6000	20	847.80
		2400	8	6000	20	1356.48
		3000	10	6000	20	1695.60
16	5/8"	1200	4	2400	8	363.74
		1500	5	6000	20	1130.40
		2400	8	6000	20	1808.64
		3000	10	6000	20	2260.80
19	3/4"	1200	4	2400	8	433.60
		1500	5	3000	10	671.175
		1500	5	6000	20	1342.35
		2400	8	6000	20	2147.76
		3000	10	6000	20	2684.70
25	1"	1500	5	6000	20	1766.25
		2400	8	6000	20	2826.00
		3000	10	6000	20	3532.50
32	1 1/4"	1500	5	6000	20	2260.80
		2400	8	6000	20	3617.28
		3000	10	6000	20	4521.60
38	1 1/2"	1500	5	6000	20	2684.70
		2400	8	6000	20	4295.52
		3000	10	6000	20	5369.40
50	2"	1500	5	6000	20	3532.50
		2400	8	6000	20	5652.00
		3000	10	6000	20	7065.00

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

ANEXO 7

TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS

TIPOS NORMA UW-12		EFICIENCIA DE LA JUNTA, E Cuando la junta es: a. Radiografiada totalmente	b. Examinada por zonas	c. No Examinada
1	Juntas a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.	1.00	0.85	0.70
2 En juntas circunferenciales únicamente	Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldo que queda en su lugar después de soldar	0.90	0.80	0.65
3	Junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldo	—	—	0.60
4	Junta a traslape de doble filete completo	—	—	0.55
5	Junta a traslape de un solo filete completo con soldaduras de tapón	—	—	0.50
6	Junta a traslape de un solo filete completo sin soldaduras de tapón	—	—	0.45

ANEXO 8

MOTOR BOX090

Motive s.r.l.
Via Le Ghiselle, 20
25014 Castenedolo (BS), Italy
Tel: +39 030 2677087
Fax: +39 030 2677125
motive@motive.it
www.motive.it

ficha técnica

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Motorreductor	
tipo de reductor	BOX090
Relación red. (i)	1:50
brida de entrada	B14
Valores calculados para motor en Hz	60
velocidad de entrada rpm	1098
velocidad de salida rpm	21.60
par de salida Nm	242.42
Factor de servicio nominal en Nm 242.42	1.65
Factor de servicio en Nm 230 (requerida)	1.74
posición de montaje: B3	
Código reductor	B9050352490B4

normalmente, el motor y el reductor se entregan por separado.
embalados por Motive, con todos los tornillos necesarios.

Motor	
tipo motor	DELPHI 90S
polos	6
Código motor	90S-6B14
Versión	standard
clase de eficiencia	IE2
Protección	IP 55
velocidad nominal rpm	1098
velocidad de sincronismo rpm	1200
Potencia kW	0.75
Frecuencia Hz	60
Tensión	220/380V
Ángulo de montaje del motor	0°
Ángulo de montaje borne	0°
Configuración	B14
Max. Altitud	1000 m a.s.l.
nivel de calentamiento ΔT	57 °C
Características	Aluminum motor
bobinados tropicalizados (standard)	
rodamiento DE	6205-ZZ C3
rodamiento NDE	6205-ZZ C3

normalmente, el motor y el reductor se entregan por separado.
embalados por Motive, con todos los tornillos necesarios.

ANEXO 9

MOTOR ROBUS A2

Motive s.r.l.
Via Le Ghiselle, 20
25014 Castenedolo (BS), Italy
Tel: +39 030 2677087
Fax: +39 030 2677125
motive@motive.it
www.motive.it

ficha técnica

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Motorreductor	
tipo de reductor	ROBUS A2
Código reductor	RBA23119120634
- brida de salida	56B5
Relación red. nominal	119
Relación red. real	119.0
Número etapas	3
brida de entrada	B14
Valores calculados para motor en Hz	60
velocidad de salida rpm	13.2
Par nominal de salida Nm	85.83
Factor de servicio nominal en Nm 85.83	1.64
Factor de servicio en Nm 55 (requerida)	2.56
posición de montaje: B3	
Moment of inertia kgm²	0.000108
Backlash	0.35°
Max axial/radial load on output shaft kg	469(Fr=0) / 339(Fa=0)

Motor	
tipo motor	DELPHI 63A
polos	4
Código motor	63A-4B14
Versión	standard
clase de eficiencia	IE2
Protección	IP 55
velocidad nominal rpm	1626
velocidad de sincronismo rpm	1800
Potencia kW	0.13
Frecuencia Hz	60
Tensión	220/380V
Ángulo de montaje del motor	0°
Ángulo de montaje borne	0°
Configuración	B5
Max. Altitud	1000 m a.s.l.
nivel de calentamiento ΔT	30 °C
Características	Aluminum motor
bobinados tropicalizados (standard)	
rodamiento DE	6201-ZZ C3
rodamiento NDE	6201-ZZ C3

normalmente, el motor y el reductor se entregan por separado.
embalados por Motive, con todos los tornillos necesarios.

ANEXO 10

Información de aduana

* D01. FOB	$ 3,800.000	D02. Flete	$ 300.000
D03. Seguro	$ 42.000	D04. Ajustes	$ 0
D05. Otros ajustes	$ 0	* D06. Valor en aduana	$ 3,842.000
* D07. Items declarados	1	* D08. Peso neto (kilos)	80.000
* D09. Cantidad de unidades fisicas	1.00000	* D10. Cantidad de unidades comerciales	1.000
* D11. Total en tributos	$ 950.540		

Total en tributos

Resultado : 6

No	E01. Concepto	E02. Monto	E03. Liberacion/suspension	Monto de pago
1	ARANCEL ADVALOREM	$ 384.200	$ 0	$ 384.200
2	ANTIDUMPING	$ 0	$ 0	$ 0
3	FONDINFA	$ 20.710	$ 0	$ 20.710
4	ICE ADVALOREM	$ 0	$ 0	$ 0
5	IVA	$ 545.630	$ 0	$ 545.630
6	SALVAGUARDIA	$ 0	$ 0	$ 0