



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

DISEÑO DE UN AGITADOR DE LECHE DE MIL LITROS PARA LA ELABORACIÓN DE QUESOS EN LA COOPERATIVA DE PRODUCCIÓN Y MERCADEO YACUBIANA

EMPRESA: COOPERATIVA DE PRODUCCIÓN Y MERCADEO YACUBIANA

Autores:

TUAPANTA ALLAS DARWIN VINICIO

CHECA LLAMBA EDWIN DARÍO

TUTOR:

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MSc.

LATACUNGA - ECUADOR

MARZO 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Checa Llamba Edwin Darío y Tuapanta Allas Darwin Vinicio” declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **DISEÑO DE UN AGITADOR DE LECHE DE MIL LITROS PARA LA ELABORACIÓN DE QUESOS EN COOPERATIVA DE PRODUCCIÓN Y MERCADEO YACUBIANA** ubicado en la provincia de Bolívar, siendo **Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MSc.** Tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....
Edwin Darío Checa Llamba
C.I: 0503978124

.....
Darwin Vinicio Tuapanta Allas
C.I: 0250187366

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: “**DISEÑO DE UN AGITADOR DE LECHE DE MIL LITROS PARA LA ELABORACIÓN DE QUESOS EN LA COOPERATIVA DE PRODUCCIÓN Y MERCADEO YACUBIANA**”, de **Checa Llamba Edwin Dario** y **Tuapanta Allas Darwin Vinicio**, de la carrera de INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 03, 2021

.....
El Tutor
Firma

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera M.Sc.
C.I. 0502150899

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y aplicadas de la carrera de Ingeniería Electromecánica; por cuanto, los postulantes: Checa Llamba Edwin Darío con C.I. 0503978124 y Tuapanta Allas Darwin Vinicio con C.I. 0250187366, con el título del Proyecto de titulación: **DISEÑO DE UN AGITADOR DE LECHE DE MIL LITROS PARA LA ELABORACIÓN DE QUESOS EN LA COOPERATIVA DE PRODUCCIÓN Y MERCADEO YACUBIANA**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 05 de marzo de 2021

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. Navarrete López Luis Miguel M.Sc.
180374728-4

Lector 2

Ing. Laurencio Alfonso Héctor Luis PhD
175836725-2

Lector 3

Ing. Ceballos Betún Segundo Ángel M.Sc.
050178243-7

AGRADECIMIENTO 1

Agradezco a Dios, que me permitió alcanzar mis metas y objetivos; con salud, confianza, perseverancia y sabiduría, por permitir tener y disfrutar junto a mi familia, gracias a mi familia por el apoyo incondicional en cada decisión importante de mi vida, también: a mi madre, María y a mi Padre, José; por sus consejos, cariño y comprensión en cada etapa de mi vida. Mi más sincero agradecimiento, al Ing. MSc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera, mi director de tesis, quien con sus conocimientos y consejos hizo posible la culminación del presente trabajo. Así como también a la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme los conocimientos para la formación de capital humano avanzado y darme la oportunidad de culminar mis estudios superiores.

Edwin Checa

AGRADECIMIENTO 2

En primera instancia, agradezco a Dios por haberme permitido dar las fuerzas y la sabiduría necesaria para poder alcanzar los objetivos planteados durante toda la vida estudiantil.

También agradezco a la Universidad por abrir sus puertas y ser parte de esta prestigiosa entidad académica y de la carrera Electromecánica que fue mi segundo hogar en el cual hice amistades, me permitió muchos conocimientos que serán fundamental en mi vida.

Agradezco a los profesores por brindarnos un poco de su conocimiento en cada área ya que son trascendentales, para ser un buen profesional.

Darwin Tuapanta



DEDICATORIA 1

El esfuerzo y la dedicación al final tiene una recompensa, por tal razón dedico el presente proyecto a mis padres y hermanos, seres maravillosos por guiarme y ser una persona de bien, por confiar y darme su apoyo y cariño absoluto, ellos son el motor de mi vida ya que con su trabajo y sacrificio arduo en todos estos años supieron ser mi apoyo incondicional que gracias a ellos he logrado plasmar este sueño tan anhelado.

Edwin Checa



DEDICATORIA 2

Este proyecto va dedicado principalmente a mis padres quienes, con su ayuda incondicional, sus infinitos conocimientos y apoyo lograron guiarme por un buen camino.

A mis hermanos y familiares por sus consejos, por el apoyo incondicional que en todo este trayecto de estudios me alentaron a seguir adelante, cursando los obstáculos que se presentaron durante la vida estudiantil.

Darwin Tuapanta

ÍNDICE

1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	3
2.1. Título de la propuesta tecnológica.....	3
2.2. Tipo de alcance	3
2.3. Área del conocimiento	3
2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica	3
2.5. Objeto de estudio y campo de acción	3
2.5.1. Objeto de estudio.....	3
2.5.2. Campo de acción	3
2.6. Situación Problemática y problema	4
2.6.1. Situación Problemática.....	4
2.6.2. Problema.....	4
2.7. Pregunta científica	4
2.8. Objetivo(s)	4
2.8.1. Objetivo General	4
2.8.2. Objetivos específicos.....	4
2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos	5
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
3.1. Procesamiento de alimentos.....	6
3.1.1. Tratamiento de la leche para su industrialización	6
3.2. Equipos de agitación de la leche para la fabricación de los quesos	8
3.2.1. Agitadores.....	10
3.2.2. Agitadores hélice	11
3.2.3. Agitador de paletas	12
3.2.4. Agitador de ancla.....	13
3.2.5. Agitadores de turbina	14
3.3. Diseño de elementos de máquina.....	15
3.4. Parámetros a considerar en el diseño	15
3.4.1. Consideraciones de diseño	16
3.4.2. Materiales para el uso alimenticio.....	17
3.4.3. Diseño de ejes.....	17
3.4.4. Selección de sistema de rodadura.....	18

3.4.5.	Sistemas de transmisión de potencia	18
3.4.6.	Diseño de bastidores.....	19
3.4.7.	Diseño de circuitos eléctricos.....	20
4.	METODOLOGÍA.....	23
4.1.	Metodología cuantitativa y cualitativa.....	25
4.1.1.	Metodología cualitativa	25
4.1.2.	Metodología cuantitativa	26
4.2.	Diseño del sistema de almacenamiento y transferencia de calor.....	28
4.3.	Diseño de sistema mecánico	30
4.3.1.	Análisis de los factores que intervienen en el sistema	30
4.3.2.	Diseño del eje principal	33
4.3.3.	Diseño de la aleta de agitación	36
4.3.4.	Análisis cinemático y de rotación del sistema.....	38
4.3.5.	Diseño y selección del sistema de TP.....	39
4.3.6.	Selección del sistema de rodadura.....	42
4.3.7.	Selección del sistema de potencia	43
4.3.8.	Diseño y selección del sistema de Control	45
4.3.9.	Diseño del sistema eléctrico	47
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	48
5.1.	Estudio de la sedimentación del queso	49
5.2.	Determinación de los requisitos funcionales	50
5.3.	Diseño del sistema de almacenamiento y térmico	51
5.4.	Diseño del Sistema Mecánico.....	52
5.4.1.	Diseño del eje principal del agitador.....	52
5.4.2.	Diseño del sistema de agitación tipo ancla.....	55
5.4.3.	Análisis cinemático de rotación del sistema.....	56
5.4.4.	Diseño del sistema de transmisión de potencia.....	56
5.4.5.	Selección del sistema de rodadura.....	58
5.4.6.	Diseño del bastidor.....	59
5.5.	Diseño del sistema eléctrico y de control	61
5.5.1.	Selección del sistema de potencia del motor eléctrico	61
5.5.2.	Selección del variador de frecuencia.....	63
5.5.3.	Diseño del sistema de control.....	63
5.6.	Análisis de elemento finitos.....	64

5.6.1.	Análisis del agitador tipo Ancla	68
5.6.2.	Análisis de la base del agitador	70
6.	PRESUPUESTO Y ANALISIS DE IMPACTOS.....	72
6.1.	Análisis de costos.....	73
6.1.1.	Costos de materiales directos	73
6.1.2.	Costos de elementos normalizados.....	74
6.1.3.	Costos de servicios de terceros.....	75
6.1.4.	Costos de montaje e instalación	75
6.1.5.	Costos directos totales	76
6.1.6.	Costos de materiales indirectos	76
6.1.7.	Otros	76
6.1.8.	Costos indirectos totales.....	77
6.1.9.	Costo total del agitador.....	77
6.1.10.	Costo de rentabilidad del producto	77
6.1.11.	Proyección de ingresos anuales	78
6.1.12.	Análisis de costo de capital aceptable de rendimiento (TMAR).....	79
6.1.13.	Análisis valor actual neto (VAN)	80
6.1.14.	Análisis tasa interna de retorno (TIR)	81
6.2.	Análisis de impacto.....	82
6.2.1.	Impacto ambiental	82
6.2.2.	Impacto social.....	82
6.2.3.	Impacto económico.....	82
6.2.4.	Impacto técnico	82
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
7.1.	Conclusiones	83
7.2.	Recomendaciones.....	84
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	85

Índice de tablas

3 Fundamentación teórica

Tabla 3. 3 Tipos de agitadores de turbina	14
--	----

4 Metodología

Tabla 4. 1 Definición de requisitos	25
Tabla 4. 2 Selección de la densidad de la leche.....	28
Tabla 4. 3 Agitador de potencia nominal (Kw) Velocidad de giro (rpm)	45
Tabla 4. 4 Resumen parámetros variadores de frecuencia.....	46

5 Análisis de resultados

Tabla 5. 1 Alcance del sistema	48
Tabla 5. 2 Determinación del estudio de sedimentación del queso en la Cooperativa de Producción y Mercadeo Yacubiana.....	49
Tabla 5. 3 Valores de cálculo de la masa y densidad del queso	51
Tabla 5. 4 Propiedades características del acero	51
Tabla 5. 5 Datos de la marmita	52
Tabla 5. 6 Resultados de los cálculos del eje del agitador.....	53
Tabla 5. 7 Resultados de las variables que involucran en el cálculo del eje principal, tanto de carga estática y dinámica	55
Tabla 5. 8 Resultado del sistema de agitación.....	56
Tabla 5. 9 Resultados de la transmisión de potencia mecánica	57
Tabla 5. 10 Selección del tipo de chumacera. Datos técnicos tomados de For New Technology Network NTN corporation.....	58
Tabla 5. 11 Selección del tubo rectangular. Datos técnicos de la empresa DIPAC	59
Tabla 5. 12 Resultados de los cálculos de la estructura	60
Tabla 5. 13 Selección de los equipos del sistema de potencia.....	62
Tabla 5. 14 Características del variador. Datos establecidos por la empresa WEG.BRA.....	63
Tabla 5. 15 Comportamiento de la agitación al momento de la elaboración del queso.....	64
Tabla 5. 16 Análisis del agitador tipo ancla.....	68
Tabla 5. 17 Análisis de la base del agitador.....	70

6 Presupuesto

Tabla 6. 1 Costos de materiales directos.....	73
Tabla 6. 2 Costo de elementos normalizados.....	74
Tabla 6. 3 Servicios de terceros	75
Tabla 6. 4 Costos de montaje e instalación.....	75
Tabla 6. 5 Costos totales directos.....	76
Tabla 6. 6 Costo material indirecto.....	76
Tabla 6. 7 Otros costos	76
Tabla 6. 8 Costos total indirectos.....	77
Tabla 6. 9 Costos total del agitador.....	77
Tabla 6. 10 Ingreso del producto diario	77
Tabla 6. 11 Proyección de ingresos.....	78
Tabla 6. 12 Inversión del producto	78

Tabla 6. 13 Total, de hombres en el trabajo.....	78
Tabla 6. 14 Otros gastos.....	78
Tabla 6. 15 Criterios de aceptación VAN.....	80
Tabla 6. 16 Calculo del VAN, TIR y Costo/ beneficio	81

Índices de figuras

3 Fundamentación teórica

Figura 3. 1 Parte que conforman los agitadores	10
Figura 3. 2 Formas de agitación: axial (A) y radial (B)	11
Figura 3. 3 Tipos de agitadores hélice.....	12
Figura 3. 4 Agitador ancla	13
Figura 3. 5 Agitador Hélice	15
Figura 3. 6 Tipo de rodamiento de la serie 62. (Catálogo WL 41 520/3 SB)	18
Figura 3. 7 . Análisis de esfuerzos Tubular cuadrado 75mm x 4mm de espesor.....	20
Figura 3. 8 Punto de comparación del termopar	21
Figura 3. 9 Principio de funcionamiento de los termopares	22

4 Metodología

Figura 4. 1 Diseño Convencional, Secuencial y de forma independiente	24
Figura 4. 2 Proceso de diseño	24
Figura 4. 3 Diseño del sistema de agitación.....	26
Figura 4. 4 Diseño de agitación en detalle en detalle.....	27
Figura 4. 5 Medidas de la pared del agitador	31
Figura 4. 6 Dimensionamientos para realizar el cálculo de la fuerza	32
Figura 4. 7 Partes del agitador tipo ancla	36
Figura 4. 8 Potencia frente al número de Reynolds.....	40
Figura 4. 9 Diagrama de cuerpo libre de la viga	41
Figura 4. 10 Diagrama de fuerza cortante	41
Figura 4. 11 Diagrama de momento flector.....	42
Figura 4. 12 Esquema para escoger el tipo de rodamientos	43
Figura 4. 13 Diseño del motor	43
Figura 4. 14 Motor eléctrico	44
Figura 4. 15 Esquema de funcionamiento de un variador	46

5 Análisis de resultado

Figura 5. 1 Velocidad de agitación en función del tiempo.....	50
Figura 5. 2 Suspensión en función del tiempo.....	50
Figura 5. 3 Medidas de la marmita para el sistema de agitación	52
Figura 5. 4 Dimensiones del eje del agitador	53
Figura 5. 5 Datos de las medidas de la agitación tipo ancla	56
Figura 5. 6 Datos técnicos del reductor.....	58
Figura 5. 7 Medidas de la estructura para el agitador	60
Figura 5. 8 Diagrama de cuerpo libre del bastidor.....	60

Figura 5. 9 Sistema de control de la máquina de agitación	63
Figura 5. 10 Simulación del proceso de agitación del queso en el Software ANSYS e Inventor	64
6 Presupuesto	
Figura 6. 1 Índices del PIB en Ecuador 2020	80
Figura 6. 2 Índices de la Inflación 2020	80

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**

Título: “Diseño de un agitador de leche de mil litros para la elaboración de quesos en Cooperativa de Producción y Mercadeo Yacubiana”

Autores:
Tuapanta Allas Darwin Vinicio
Checa Llamba Edwin Darío

RESUMEN

La finalidad del presente proyecto tiene como objetivo diseñar un agitador industrial en la COOPERATIVA DE PRODUCCIÓN Y MERCADEO YACUBIANA de la ciudad de Guaranda, la actividad industrial que desarrolla es la elaboración de quesos, en el proyecto intervienen áreas como: Mecánica, Eléctrica y Control, Software de simulación, temas que deben ser analizados para el alcance del sistema.

Con el anhelo de tener una mejora en el proceso de producción en las instalaciones de la Cooperativa, ante todo se realizó, el análisis del objeto de estudio mediante una investigación cualitativa, posteriormente se realiza un pequeño análisis de la sedimentación del queso, que es indispensable para determinar: los tiempos, establecer si es factible diseñar un sedimentador o un agitador, luego se define los requisitos funcionales como son: la densidad, la masa de la leche y el dimensionamiento del sistema de almacenamiento.

A fin de señalar el procedimiento idóneo en el alcance del objetivo principal, teniendo como detalle primordial el cálculo y diseño del eje y el agitador tipo ancla, teniendo en cuenta las recomendaciones del diseño y del tipo de material según normas ecuatorianas, para luego poner énfasis en la obtención de la fuerza que debe vencer el motor y realice un movimiento circulatorio a la velocidad requerida, para obtener una mezcla homogénea.

En la validación del sistema se realizó el diseño en el Software Inventor, ideal para este tipo de Sistema mecánico, en conjunto con los resultados obtenidos tras la simulación de esfuerzos, movimientos y el factor de seguridad a la que se someterá el sistema, así como también la simulación y análisis de elementos finitos mediante el programa CAE ANSYS, esto nos ayuda a tener una mejor perspectiva de cómo trabajaría el agitador industrial a las diferentes componentes de tiene la leche y así corregir las falencias que pueda existir.

Palabras Claves: Sistema Mecánico, Simulación, Diseño, Software Inventor, Sistema Eléctrico y Control.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Title: "Design of a mil liter of milk agitator for cheese production in the
Cooperativa de Producción y Mercadeo Yacubiana"

Autors:
Tuapanta Allas Darwin Vinicio
Checa Llamba Edwin Dario

ABSTRACT

The purpose of this project is to design an industrial agitator in the COOPERATIVA DE PRODUCCIÓN Y MERCADEO YACUBIANA of the city of Guaranda, the industrial activity that develops is the production of cheese, the project involves areas such as: Mechanical, Electrical and Control, Simulation Software, issues to be analyzed for the scope of the system.

With the desire to improve the production process at the Cooperative's facilities, the first step was to analyze the object of study through qualitative research, followed by a small analysis of cheese sedimentation, which is essential to determine: the times, establish whether it is feasible to design a settler or an agitator, then define the functional requirements such as: density, milk mass and the sizing of the storage system.

In order to point out the suitable procedure in the scope of the main objective, having as primary detail the calculation and design of the shaft and the anchor type agitator, taking into account the recommendations of the design and the type of material according to Ecuadorian norms, to then put emphasis on obtaining the force that the motor must overcome and perform a circulatory movement at the required speed, to obtain a homogeneous mixture.

In the validation of the system, the design was made in Inventor software, ideal for this type of mechanical system, together with the results obtained after the simulation of efforts, movements and the safety factor to which the system will be subjected, as well as the simulation and analysis of finite elements using the CAE ANSYS program, this helps us to have a better perspective of how the industrial agitator would work to the different components of the milk and thus correct the shortcomings that may exist.

Keywords: Mechanical System, Simulation, Design, Inventor Software, Electrical System and Control.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS: CHECA LLAMBA EDWIN DARÍO y TUAPANTA ALLAS DARWIN VINICIO**, cuyo título versa “**DISEÑO DE UN AGITADOR DE LECHE DE MIL LITROS PARA LA ELABORACIÓN DE QUESOS EN LA COOPERATIVA DE PRODUCCIÓN Y MERCADEO YACUBIANA**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, marzo del 2021

Atentamente,

M.Sc. ERIKA CECILIA BORJA SALAZAR
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
0502161094

1803027935 Firmado
digitalmente por
VICTOR 1803027935
HUGO VICTOR HUGO
ROMERO ROMERO GARCIA
GARCIA Fecha: 2021.03.05
09:34:15 -05'00'

1. INFORMACIÓN BÁSICA

Propuesto por:

- Tuapanta Allas Darwin Vinicio
- Checa Llamba Edwin Darío

Tema aprobado:

Diseño de un agitador de leche de mil litros para la elaboración de quesos en Cooperativa de Producción y Mercadeo Yacubiana

Carrera:

Ingeniería Electromecánica

Director de la propuesta tecnológica:

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera M.Sc.

Equipo de trabajo:

- Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera M.Sc.
- Celular: 0987294435
- Email: hector.reinoso@utc.edu.ec
- Dirección: Latacunga-

Coordinador del proyecto

- Darwin Vinicio Tuapanta Allas
- Celular: 0986628160
- Email: darwin.tuapanta7366@utc.edu.ec

Coordinador del proyecto

- Edwin Darío Checa Llamba
- Celular: 0992873101
- Email: edwin.checa4@utc.edu.ec

Tutor:

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera M.Sc.

Lugar de ejecución:

Provincia Bolívar, Cantón Guaranda, Parroquia Salinas, Sector Yacubiana

Tiempo de duración de la propuesta:

1 AÑO CALENDARIO

Fecha de inicio

Abril 2020

Fecha de entrega:

Marzo 2021

Línea y sublíneas de investigación:

Líneas de investigación.

Procesos industriales

Sub líneas de investigación.

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos

Tipo de propuesta tecnológica:

Productiva: ya que mejorará el rendimiento productivo de la empresa para lo cual se emplearán procesos mecánicos y eléctricos en dicha elaboración.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. Título de la propuesta tecnológica

Diseño de un agitador de leche de mil litros para la elaboración de quesos en la Cooperativa de Producción y Mercadeo Yacubiana

2.2. Tipo de alcance

d) Productivo

2.3. Área del conocimiento:

El presente trabajo está en la siguiente área: Ingeniería, industria y construcción. Y en el sub área: 52 Ingeniería y profesiones afines

Dibujo técnico, mecánica, metalistería, electricidad, electrónica, telecomunicaciones, ingeniería energética y química, mantenimiento de vehículos, topografía.[1]

2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica

El alto crecimiento de las empresas de producción en los diversos ámbitos de producción alimentaria y de bebidas (gaseosera, cervecera, panadera, productos de limpieza, productos lácteos entre otros) estos procesos requieren de equipos de agitación rentables, eficientes y amigables con el medio ambiente. Esto es uno de los problemas más comunes en la fabricación de estos productos en la actualidad. En el presente trabajo se desea obtener un tipo de agitación eficiente y un consumo energético rentable y también facilitar la labor de los trabajadores. [2]

En el presente trabajo se basará en el diseño de un agitador, cuyos parámetros de diseño podrán ser analizados en el proyecto, especificando las condiciones y normativas para la construcción según el tipo de alimento que realiza la empresa.

En el actual proyecto se desarrolla el cuestionamiento de los elementos que constituyen el mecanismo para el sistema que constituye la agitación, cuyas características serán bajo la normativa vigentes de construcción y diseño para el contacto con el alimento.

2.5. Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1. Objeto de estudio

Agitador de leche

2.5.2. Campo de acción

Diseño de elementos de máquinas, materiales, sistemas de transmisión de potencia, circuitos eléctricos, y fluidos.

2.6. Situación Problémica y problema

2.6.1. Situación Problémica

EL proceso de elaboración de lácteos (fabricación de quesos) en la Cooperativa de Producción y mercadeo Yacubiana en la provincia de Bolívar tiene características de operación manual (paletas movidas con fuerza humana), generando esto grandes tiempos en el proceso de producción, inexactitud de la velocidad de mezclado (para la elaboración de diferentes tipos de queso) y baja productividad.

2.6.2. Problema

Un proceso artesanal cuyo motor principal es el ser humano genera altos tiempos en la producción y heterogeneidad en las características del mezclado en el proceso de fabricación del queso, por tanto, la mecanización a través del análisis del diseño que permita factibilizar su construcción posterior a las características particulares de la Cooperativa.

2.7. Pregunta científica

¿Cuáles son los principios de caracterización en la transformación de los productos lácteos en productos procesados?

¿Qué métodos serían más viables para el diseño del sistema de agitación que se emplea al momento de la elaboración del producto?

¿Cuál será la mejor opción para la optimización en procesos de fabricación relacionados a los costos que conllevan el diseño de la máquina?

2.8. Objetivo(s)

2.8.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de agitación de leche para el proceso de condensado en la elaboración de quesos en la Cooperativa de Producción y Mercadeo Yacubiana

2.8.2. Objetivos específicos

- Identificar las variables que condicionan la agitación de la leche en un proceso agroindustrial.
- Diseñar un sistema de agitación tipo ancla para el proceso de condensación de la leche.
- Simular el sistema de agitación con el dimensionamiento calculado utilizando herramientas computacionales CAE.

2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

Tareas por objetivos			
Objetivo 1	Actividad	Resultados de la actividad	Descripción de la actividad (técnica e instrumentos)
Identificar las variables que conlleva el procesamiento de la leche y la mecanización en los equipos para su operación	<ul style="list-style-type: none"> - Visita técnica al lugar de procesamiento de la leche artesanal. -Vista a proveedores de los materiales disponibles en el mercado. -Análisis bibliográfico de la temática 	<ul style="list-style-type: none"> -Verificar los procesos artesanales que conllevan al momento del proceso lácteo. -Análisis de los equipos de agitación de la empresa 	Para la actividad a realizar se deberá ingresar al establecimiento en donde se realiza todo el procesamiento artesanal de la leche y observar los métodos y mecanismos a utilizar.
Objetivo 2	Actividad	Resultados de la actividad	Descripción de la actividad
Diseñar una máquina agitadora para el procesamiento de la leche.	<ul style="list-style-type: none"> -Investigación de los tipos de agitadores. -Consulta de las normativas a utilizar en diseño de máquinas de uso alimenticio. -Realizar una memoria de cálculos y selección de materiales 	<ul style="list-style-type: none"> -Verificar los procesos industriales que conllevan al momento del proceso lácteo. -Procesos de cálculo acorde a la necesidad. 	Se verificará las maquinarias utilizadas al momento del procesamiento de la leche en el ámbito industrial.
Objetivo 3	Actividad	Resultados de la actividad	Descripción de la actividad
Validar los dimensionamientos de recuperación y los factores de seguridad que constituyen la operación de la máquina bajo la operación de sistemas CAE.	<ul style="list-style-type: none"> -Construcción de prototipos de agitación de para la leche. -Ensamblaje de las partes que contiene un agitador -Simulación de la máquina y mecanizado para el procesamiento de lácteos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Determinación de las variables en un método teórico del procesamiento y mecanización alimenticia. - Diseño estructura funcional de agitación. 	Utilización de tecnología como es una computadora para realizar la investigación de los procesos y maquinarias de fabricación láctea.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Procesamiento de alimentos

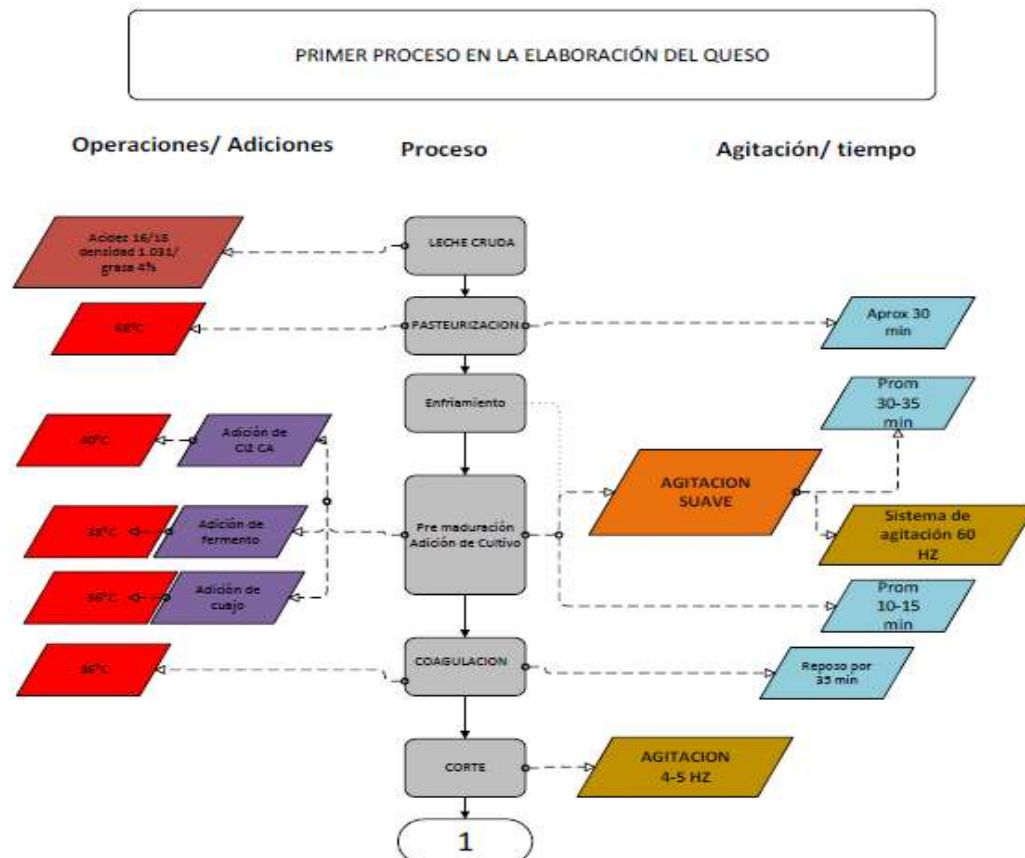
Es un procedimiento o conjunto de ellos a los que se somete un alimento en su estado natural para modificar sus condiciones. Esto permite su conservación, mejorar su sabor, adecuar su apariencia u optimizar su valor nutricional.

La finalidad del procesamiento de alimentos es poner al alcance del público consumidor la variedad y la cantidad de comida que solicita, sin importar la época del año y la disponibilidad de ciertos productos en determinadas temporadas.[3]

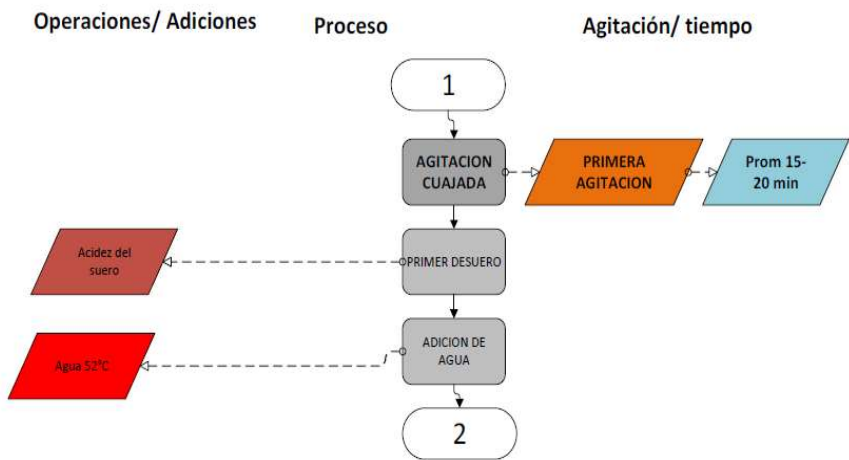
3.1.1. Tratamiento de la leche para su industrialización

Las etapas de procesamiento de la leche cruda para ser entregada en la industria láctea, están controladas por una exigente higiene, de acuerdo a la norma NTE INEN 9:2012 “Norma Técnica Ecuatoriana- Instituto Ecuatoriano de Normalización”[4]

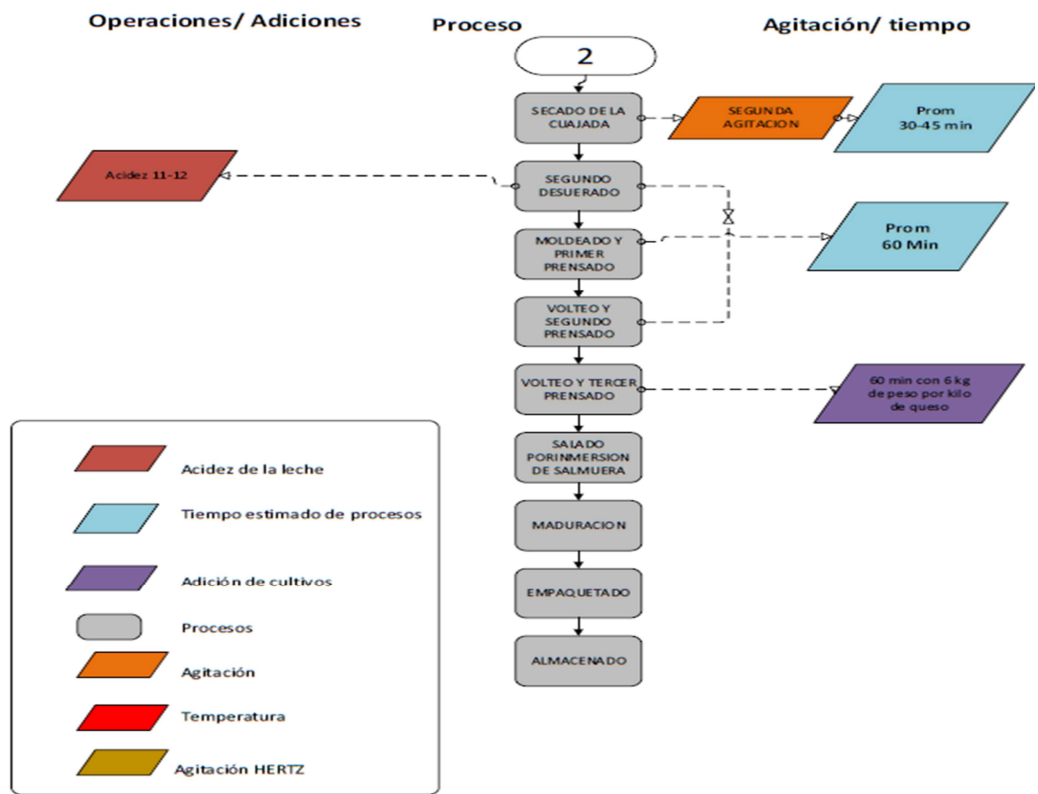
Para que un queso sea considerado como de calidad debe estar dentro de los parámetros dictaminados según las normas INEN vigentes, donde se muestran las normas aplicativas al análisis del queso [5] Procesamiento de lácteos



SEGUNDO PROCESO EN LA ELABORACIÓN DEL QUESO



TERCER PROCESO EN LA ELABORACIÓN DEL QUESO



Para el proceso de la elaboración de los quesos en particular el queso andino se realiza según el proceso del diagrama anterior. En donde el primer proceso que se realiza es la recepción de la materia prima (leche) según las Norma INEN 09: 2008:12 nos dice que debe contener todos los estándares de calidad ya que está destinada al consumo humano [6], que viene a un rango de 25 a 30 °C de temperatura, luego se envía al proceso de pasteurización en donde se sube la leche a los 67°C para luego enviar a las marmitas en donde con la agitación manual se procede a bajar la temperatura hasta los 40°C, en el transcurso del descenso de la temperatura se procede a añadir los diferentes aditivos como son a los 40°C se agrega 100 ml de calcio por cada mil litros de leche. A los 38 °C de temperatura se agrega fermento para ganar la acidificación correspondiente para una buena elaboración del queso después, a los 36°C se agrega 100 ml cuajo por cada 1000 litros de leche. Se deja reposar de unos 30 a 35 minutos hasta cortar la cuajada. Luego de eso se agita por un promedio de tiempo de unos 25 a 20 minutos hasta el primer desuerado en donde el retiro del suero es la cuarta parte del queso. Luego se añade agua a una temperatura de 52°C hasta completar el valor inicial del agua luego se agita para que la masa del queso no se una y no se desuere bien de la cuajada. Luego se procede a segundo desuerado luego se procede a la agitación para que el queso se disuelva y pasar al proceso de moldeo. Después de aquel proceso hay que prensarlo y dejarlo durante un tiempo estimado de 2 horas hasta quitarlo, consiguientemente hay que sacarlo de los moldes para trasladarlo a la salmuera siendo el siguiente paso el empaquetado y sellado.

3.2. Equipos de agitación de la leche para la fabricación de los quesos

Según Agitarse 2010 unas de las empresas que realiza el estudio de los diferentes tipos de agitadores se conoce que, en el año de 1952, el señor José Serra creó el TRITUSER, siendo el primer agitador-batidora eléctrico del mercado y también el embrión de los actuales agitadores.

Según la resolución ecuatoriana No. 14346 nos dice que la maquinaria para procesamiento de alimentos en su diseño debe cumplir lo establecido en la Norma UNE-EN 1672-2 vigente. [7]Para los cual es necesario seguir un estricto proceso de fabricación y tener un material apto para el proceso de alimentos.

La agitación se refiere a forzar un fluido por medios mecánicos para que adquieran un movimiento circulatorio en el interior de un recipiente con el objetivo de mezclar, disolver, dispersar gases o partículas en un líquido o bien de dos fases no miscibles. En los procesos de tratamientos de las aguas residuales, unidades de proceso en la industria, operaciones de mezcla, agitación, equalización de corrientes, coagulación floculación, entre otra.[8]

En las industrias químicas de procesos y en otras semejantes, muchas operaciones dependen en alto grado de la agitación y mezclado eficaz de los fluidos, por lo general, la agitación se refiere a forzar un fluido por medio por medios mecánicos para que adquieran un movimiento circulatorio en el interior de un sólido pulverizado o dos fluidos, y lograr que ambas fases se distribuyan al azar entre sí.

En este capítulo se verá los diferentes tipos de agitadores que se han desarrollado según las necesidades de las personas en el transcurso de los años como han ido cambiando al pasar de los años dependiendo a cada uso que se le da en las diferentes aplicaciones, se centrará en los agitadores que se utilizan en la industria del proceso de los quesos, se verá cada uno de los tipos de agitadores utilizados en el ámbito de los productos lácteos, que es la transformación de la materia prima (leche) al producto terminado como es el queso. En el ámbito de la elaboración del queso se utiliza diferentes agitadores dependiendo al uso que se va a realizar como los agitadores de hélice, agitadores de paletas y agitadores de turbina, se dará una especificación clara del tipo de agitador es la más conveniente y cuáles son las partes del agitador, los tipos de motores también es un factor muy importante para la fabricación del agitador eléctrico ya que se quiere un motor con una potencia especificada para que sea capaz de mover la materia prima.

Existen varios objetivos en la agitación de fluidos y algunos de ellos son:

Mezclados de dos líquidos miscibles, tales como alcohol etílico o agua.

Disolución de sólidos en líquidos, tales como sal en agua.

Dispersión de un gas en un líquido en forma de una burbuja pequeña, como en el caso del oxígeno del aire en una suspensión de microorganismos para la fermentación, o para el proceso de activación de lodos en el tratamiento de aguas de desperdicio.

Suspensión de partículas sólidas finas en un líquido, tal como en la hidrogenación catalítica de un líquido, donde las partículas del catalizador sólidos y las burbujas de hidrogeno se dispersan en un líquido.

Agitación de un fluido para aumentar la transferencia de calor entre dicho fluido y un serpentín o una camisa en las paredes del recipiente.[9]

Los agitadores industriales son máquinas rotativas que se utilizan para mezclar y homogeneizar dos o más productos de igual o distinta fase en el interior de un tanque creando un fluido entre

los líquidos o entre líquidos y sólidos para poder obtener otros productos ya mezclados y homogeneizados con alguno de los siguientes objetivos:

- Homogeneización de dos líquidos miscibles.
- Disolución de sólidos en líquidos.
- Intercambio térmico.
- Dispersión de un gas en un líquido.
- Dispersión de partículas finas en un líquido.
- Dispersión de dos fases no miscibles

3.2.1. Agitadores

El objetivo de la agitación es asegurar la homogeneización de un fluido a una temperatura uniforme en todo el volumen y en la dispersión de un gas en un líquido están compuestos de un eje vertical conectado con un motor que se ubica en la parte superior, y un rodete en la parte inferior.

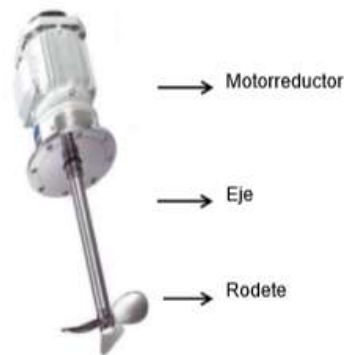


Figura 3. 1 Parte que conforman los agitadores
Fuente: [4]

A los agitadores se los puede distinguir por

- El tipo de flujo que generan en el material mezclado,
- Las aplicaciones que dependen de la velocidad, y
- Los diferentes diseños para diferentes viscosidades.

3.2.1.1. Tipos de agitadores

Los agitadores están compuestos por dos clases. Los que generan corrientes paralelas al eje del agitador, son llamados agitadores de flujo axial. Los que dan origen a corrientes en dirección tangencial o radial, son llamados agitadores de flujo radial.

- Agitadores de flujo axial: Generan corrientes paralelas al eje del agitador.
- Agitador de flujo radial: generan corrientes en dirección tangencial o radial al eje del agitador.

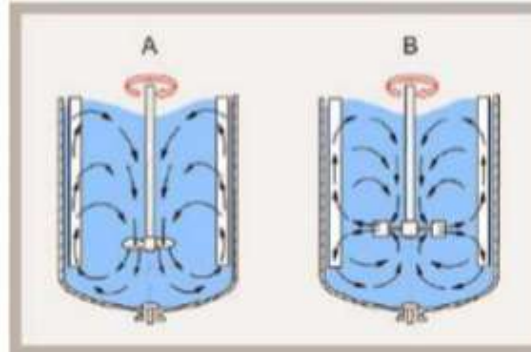


Figura 3. 2 Formas de agitación: axial (A) y radial (B)

Fuente: [10]

3.2.2. Agitadores hélice

EL agitador de hélice es un agitador de flujo axial de fuerza de líquido hacia las paredes y el fondo del estanque. Opera con una velocidad elevada y media (200 -1450 rpm) y se emplea para líquidos que son poco viscosos.

Tipo de material que está constituido

- Acero negro con revestimiento epóxico, goma o aplicaciones específicas.
- Acero inoxidable. AISI304, 304L AISI 316, 316kL
- Acero Negro A36.
- Acero negro con recubrimiento en fibra.

3.2.2.1. Según el tipo de hélice

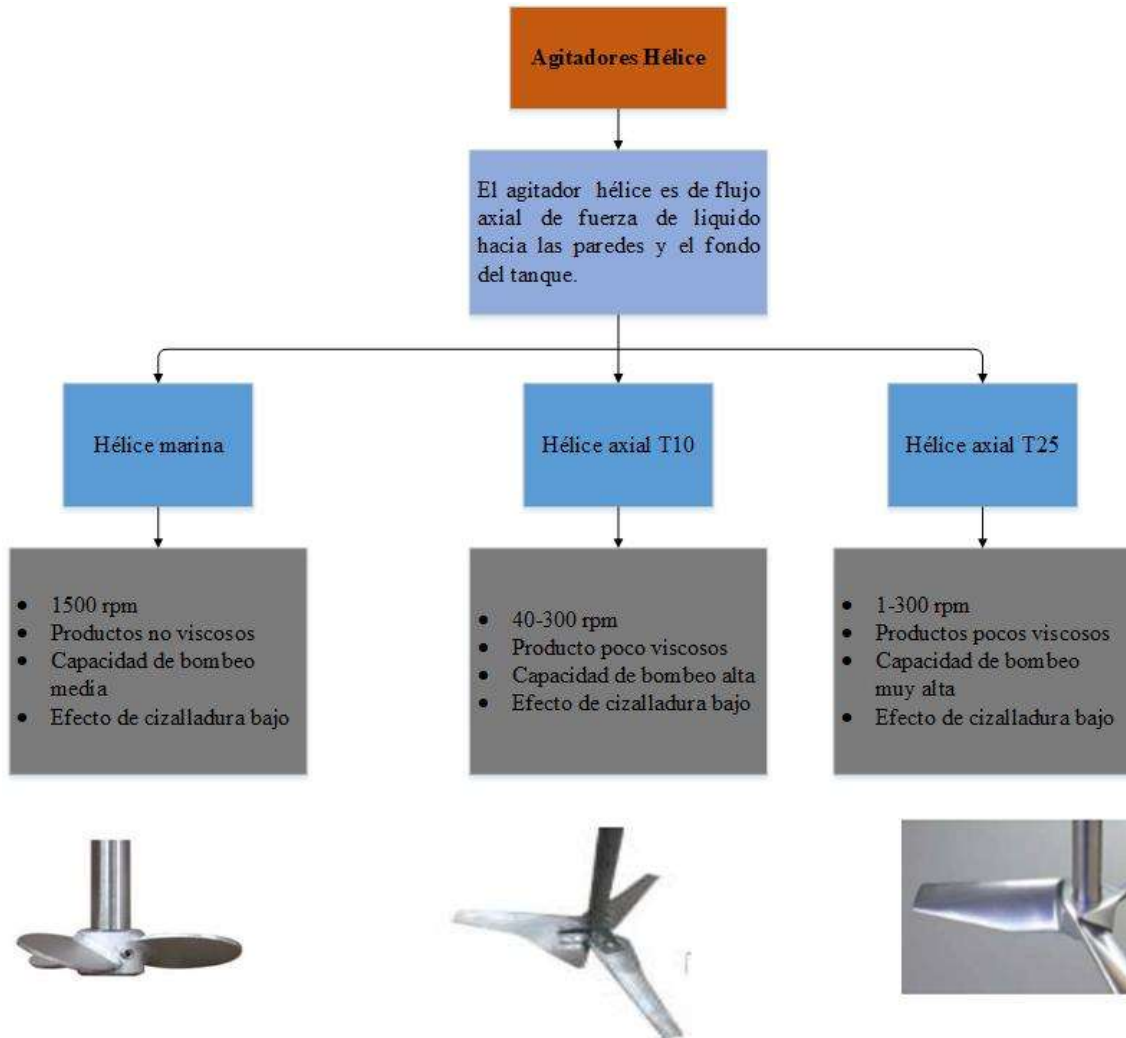


Figura 3. 3 Tipos de agitadores hélice
Fuente: [11]

3.2.3. Agitador de paletas

EL agitador de paletas es un agitador de flujo radial. Consiste en una hoja plana sujeta a un eje rotatorio. El flujo del líquido tiene una componente radial grande en el plano de la pala y también un gran componente rotacional, los agitadores de pala son de construcción relativamente fácil. Los agitadores de pala sencillos producen una acción de mezcla suave, que es con frecuencia la conveniente para el trabajo con materiales cristalinos frágiles. También son útiles para operaciones de simple mezcla, como, por ejemplo, la mezcla de líquidos miscibles o la disolución de productos sólidos. [13]

3.2.3.1. Según el tipo de paleta

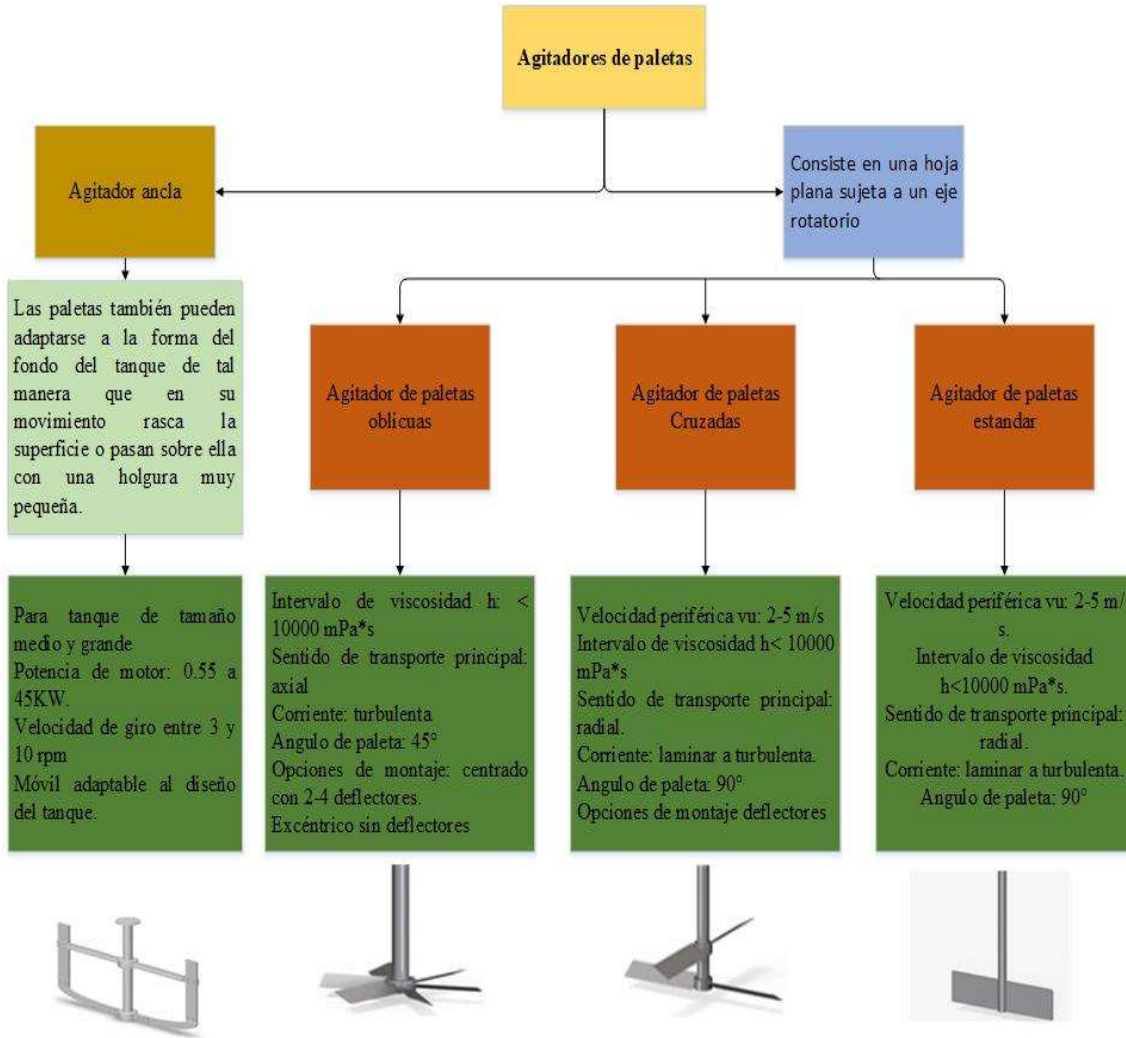


Figura 3. 4 Agitador ancla

Fuente: [12]

3.2.4. Agitador de ancla

Las paletas también pueden adaptarse a la forma del fondo del tanque de tal manera que en su movimiento rasca la superficie o pasan sobre ella con una holgura muy pequeña. Estos agitadores son útiles cuando se desea evitar el depósito de sólidos.

Los agitadores de ancla o áncora VTRR se caracterizan por montar un móvil adaptable a la forma del tanque y a muy poca distancia de las paredes del tanque con el fin de barrer toda la superficie de la virola pudiéndose incluso añadir rascadores en varias posiciones.

Debido a la poca velocidad a la que giran, los agitadores VTRR montan reductores suficientemente robustos para transmitir el elevado par torsión generado durante su funcionamiento. [14]

Características

- Para tanques de tamaño medio y grande.
- Potencias de motor: 0,55 kW a 45 kW.
- Velocidad de giro entre 3 y 10 rpm.
- Móvil adaptable al diseño del tanque,
- Diámetros 800 a 4000 mm.
- Longitud de eje según necesidad.
- Eje y hélice revestidos de goma, AISI 316, AISI 304, acero, al carbono, aleaciones especiales.

3.2.5. Agitadores de turbina


EL agitador de turbina es un agitador de flujo radial. Gira a velocidades elevadas sobre un eje que va montado centralmente dentro del tanque. Las aspas pueden ser: rectas o curvas, inclinadas o verticales; normalmente tienen cuatro o seis aspas.

El fluido muestra un patrón radial con aspas configuradas verticalmente o axial con aspas inclinadas. El rodete puede ser abierto, semiabierto o cerrado. Es también utilizado para fluidos viscosos. El diámetro de una turbina suele medir del 30 al 50% del diámetro del tanque. [8].

Según el tipo de turbina

Tabla 3. 1 Tipos de agitadores de turbina

Tipo	Características	Figura
Agitador de turbina de doble flujo axial	-Velocidad de giro desde 30-150 rpm -Para productos viscosos -Capacidad bombeo media -Efecto de cizalladura bajo	

<p>Agitador de Turbina pala plana</p>	<p>-Velocidad de giro desde 30-150 rpm</p> <p>-Para producto pocos viscosos</p> <p>-Capacidad de bombeo media</p> <p>-Efecto de cizalladura bajo</p>	 <p>Figura 3. 5 Agitador Hélice</p> <p>Fuente: [14]</p>
---------------------------------------	--	--

Fuente: [11]

3.3. Diseño de elementos de máquina

El diseño de elementos de máquinas es una secuencia de actividades con la que se realizan para definir una idea, un nuevo dispositivo o un nuevo sistema. En la actualidad el diseño es una secuencia de toma de decisiones, iterativo y complejo. En todo eso hay que tener en cuenta los criterios como son el precio, los costos, el tiempo de la creación del producto, la apariencia y la facilidad de realizar el producto, el montaje y el mantenimiento.

Es importante para cada diseño de cualquiera fuese el elemento de máquina a realizar se tome en cuenta de cuáles son las normas que pueden aplicarse según a cada ámbito de trabajo. Estas normas se deberían aplicar ya que son obligatorias y también como un soporte adicional para el diseño de cualquier máquina.

En esta etapa se deben cumplir con varias condiciones mecánicas que el equipo a construir debe cumplir como es el factor de la resistencia del material, al esfuerzo que estará sometido durante el trabajo, la carga axial, la torsión. Se debe conocer el tipo y las propiedades del material con la que se desarrollará el equipo ya que se debe tener un grado seguridad para el contacto con los alimentos y muchos factores que conllevan a un buen diseño del agitador y un trabajo óptimo del mismo.

3.4. Parámetros a considerar en el diseño

A continuación, se presentarán varios parámetros a los que se deben estar sujetos para un buen diseño de la máquina. Uno de ellos es la resistencia que debe tener el material, el esfuerzo a la que estará sometido la máquina, la flexión, la torsión, la fatiga, el desgaste entre otros.

Esfuerzos

Es la intensidad de fuerza por unidad de área. También es la necesidad de conocer la forma en que se distribuyen las fuerzas tangenciales y normal en una sección cualquiera; no basta conocerla fuerza total para saber cuál es la zona donde hay mayor intensidad de fuerzas por unidad de área en la cual se divide en dos esfuerzos.

Esfuerzo normal es aquel que tiene dirección normal a la cara sobre la cual actúa; es de tracción, el esfuerzo normal es de compresión, este empuja la cara tratando de comprimir el punto en la dirección de dicho esfuerzo.

Esfuerzo cortante tiende a cortar el elemento en una dirección tangente a la cara sobre la cual actúa.

Flexión

Ocurre una flexión cuando un elemento de sección constante y simétrica respecto al plano. La deformación de una viga se cuantifica mediante la deflexión, y , y la pendiente de la elástica. Cuando el material es uniforme, como ocurre generalmente con materiales dúctiles, los esfuerzos de diseño se toman iguales en tracción y compresión.

Torsión

Los elementos sometidos a torsión son comúnmente de sección circular, sólida o hueco, debido a que piezas tales como rodamientos, poleas y engranajes en los sistemas de transmisión de potencia tienen agujeros circulares que se montan sobre árboles o ejes.

Ductilidad

Un material es dúctil cuando tiende a deformarse significativamente antes de la fractura. Una forma de medir la ductilidad se le conoce como alargamiento o elongación, que es la deformación unitaria de la probeta sometida a la tracción, después de la fractura.

3.4.1. Consideraciones de diseño

Entre otros criterios de diseño, un elemento debe ser funcional y de bajo costo. La funcionalidad implica que el elemento tenga resistencia, rigidez, que efectúe su función correctamente y por el tiempo necesario, y que se tenga facilidad de montaje, operación y mantenimiento. Los concentradores de esfuerzos, como chaveteros, ranuras y escalones (cambios de sección), se utilizan en los diseños para cumplir algunos requisitos de funcionalidad; sin embargo, se deben

evitar en lo posible, o al menos atenuar los efectos perjudiciales sobre la resistencia del material. [13]

En lo primero que se debe pensar es si es necesario que exista una determinada discontinuidad, o si se puede reemplazar por otra solución “mejor” (más funcional, menos costosa, etc.). Si se decide utilizar cierto tipo de discontinuidad, ésta debería diseñarse de tal manera que produzca el menor detrimento de la resistencia de la pieza, haciendo que la discontinuidad sea lo menos abrupta posible. Podemos mencionar las siguientes pautas de diseño:

- Evitar los concentradores de esfuerzos.
- Suavizar al máximo los cambios, utilizando radios grandes.
- Minimizar la relación entre la mayor y la menor dimensión.
- Utilizar estrategias adicionales, por ejemplo, agregar más discontinuidades con el fin de reducir los esfuerzos, utilizando el análisis de flujo de fuerzas.

3.4.2. Materiales para el uso alimenticio

Según la Norma CPE INEN 007:1983: Código de práctica para instalaciones y servicio de tanques refrigerados para leche. Nos dice que todas las superficies que se diseñen para estar en contacto con leche debe ser de acero inoxidable autentico, conforme a AISI 304 o de aceros inoxidables equivalentes, de grado aceptable, auténticos y soldables. La tipificación del acero utilizado deberá ser comprobable por la certificación del proveedor, de conformidad con normas relevantes. [25]

3.4.3. Diseño de ejes

La necesidad es lograr una agitación rápida y una mezcla homogénea de la leche y la coagulación. El objetivo es mantener en su punto para el siguiente paso como es el corte de la cuajada y su desuerado en el proceso de elaboración de quesos de la organización.

Se desarrollará una propuesta de diseño del agitador en función de los esfuerzos sobre el eje se evalúan en los sitios potencialmente críticos. Por lo general, estas ubicaciones se localizan en la superficie exterior, en ubicaciones axiales donde el momento flexionante es grande, donde el par de torsión está presente, y donde existen concentraciones de esfuerzos.

El eje estará dispuesto en el centro del estanque, por lo tanto, este debe contar con placas deflectoras con el fin de evitar la formación de vórtices en el fluido.

3.4.4. Selección de sistema de rodadura

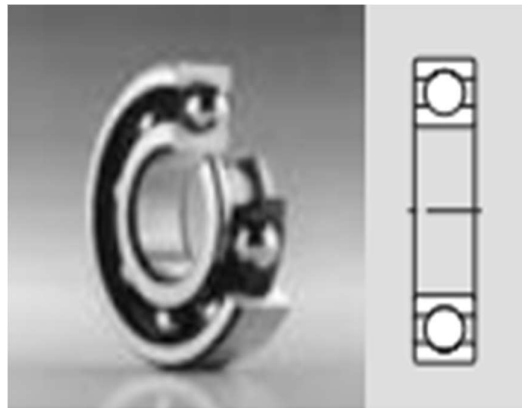
Hoy en día, los rodamientos son una de las piezas de maquinarias más utilizada, ya que si movimiento giratorio facilita todos los movimientos y además ayuda a reducir la fricción entre los distintos elementos móviles.[14]

El eje estará dispuesto en el centro de la marmita, por lo tanto, este debe contar con placas deflectoras con el fin de evitar la formación de vórtices en el fluido y reducir de esta manera los esfuerzos que actúen sobre este.

Las cargas que actúan sobre este rodamiento son estáticas ya que no existe la presencia de momento flector en el eje, sino únicamente un momento de torsión constante, por lo tanto, no existe fatiga.

Las cargas que soporta el rodamiento son axiales, debido a que las cargas radiales tienden a cero, y son el peso del agitador como es el eje e impulsor y el peso del fluido que se encuentra sobre el disco del agitador de paleta tipo ancla.

Se selecciona un rodamiento FAG rígido de bolas de la serie 62 (Ver anexo 2), ya que este tipo de rodamientos se puede conseguir en chumaceras.



Rodamiento rígido de bolas

Figura 3. 6 Tipo de rodamiento de la serie 62. (Catálogo WL 41 520/3 SB)

Fuente: [15]

3.4.5. Sistemas de transmisión de potencia

Para la transmisión de potencia en este tipo de sistema se utilizará un motor, por ello, la selección del motor es una parte primordial, el cual se consideraron los siguientes puntos:

- Cumplimiento de la potencia y velocidad requerida para la agitación.
- Trabajo a diferentes temperaturas.

- Brida posición horizontal.
- El conjunto motriz que debe ser apto para ser controlado electrónicamente.
- Cumplimiento de las normas de fabricación internacional (Norma IEC)

Para la selección del motor, este debe cumplir con las condiciones propias de un elemento mecánico expuesto a la intemperie. Por otra parte, el motor seleccionado deberá trabajar a velocidades medias con el fin de reducir el consumo de potencia.

Para la realización de los cálculos posteriores se define una velocidad de 115 rpm. Considerando el medio húmedo al cual estará expuesto el agitador y su conjunto, se define utilizar acero inoxidable del tipo 314 o 316 L, para todos los componentes del agitador que se encuentren en el interior del estanque, por sus capacidades de resistencia a la corrosión, los ambientes húmedos, las bajas y altas temperaturas.

Según INTECH 2019 esta potencia no puede estimarse teóricamente, aún en los sistemas agitados más sencillos, sino que es preciso determinarlas por el mismo tipo de experimentos cuantitativos, basados en el análisis dimensional. La potencia dependerá del tipo de flujo dentro del mezclador y de las proporciones geométricas del equipo. El mecanismo de flujo es una combinación complicada de flujo laminar, turbulento y separación de capa límite.

Las variables que pueden ser controladas y que influyen en la potencia consumida por el agitador son:

Dimensiones principales del tanque y del rodete: Diámetro del tanque (D_t), Diámetro del rodete (D_a), Altura del líquido (H), Ancho de la placa deflectora (J), Distancia del fondo del tanque hasta el rodete (E), y dimensiones de las paletas.

Viscosidad (μ) y densidad (ρ) del fluido

Velocidades del giro del agitador (N)

3.4.6. Diseño de bastidores

Por medio del software Inventor que es una herramienta para el diseño y el cálculo de estructuras, se desea conocer los espesores de los perfiles idóneos que soporta de mejor manera el sistema de agitación.

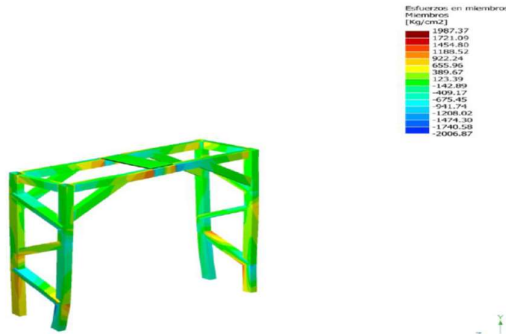


Figura 3. 7. Análisis de esfuerzos Tubular cuadrado 75mm x 4mm de espesor

Esta estructura deberá soportar el peso propio del conjunto, además de los esfuerzos de torsión propios producidos por el motor al eje del agitador.

3.4.7. Diseño de circuitos eléctricos

3.4.7.1. Elementos principales del agitador

El componente principal de cualquier agitador es el mecanismo rotatorio, compuesto por un bloque de propulsión, formado por un motor y un reductor, y elementos de su cuerpo: bloque de cojinetes, acoplamiento y sellos. El motor es el elemento principal del bloque de propulsión. Habitualmente, se trata de un motor asíncrono, trifásico con rotor en cortocircuito. Responde a todos los requisitos hacia propulsores, tiene un diseño simple, es fiable y no necesita mucho mantenimiento. Siendo un motor asíncrono, tiene un número de revoluciones constante y con cambio de polos pasa a otras velocidades de rotación. El cambio electrónico de la frecuencia permite regular el número de revoluciones de manera suave.[16]

El motor eléctrico puede combinarse con una transmisión por engranajes, por correa o por una combinación de las dos. Las estructuras del bloque de propulsión determinan la velocidad de rotación del agitador necesaria y la altura de montaje.

Así, un bloque de propulsión dotado de una transmisión por correa trapezoidal y un motor en posición lateral permite minimizar la altura de montaje. Este tipo de propulsor se caracteriza por un arranque suave y deslizamiento bajo cualquier tipo de sobrecarga. Los propulsores dotados de transmisión por engranajes tienen un número de revoluciones constante. Si el motor se ubica por encima del reductor, la altura de la máquina se aumenta considerablemente.[17]

La conexión se realiza por acoplamiento de distinto tipo: rígidos, elásticos, de bridas o de discos con conexiones. Se apoya de rodamientos y se sella con empaquetadura o un sello regular (con líquido de compactación)

3.4.7.2. Sensores

Un sensor convierte una señal física de un tipo en una señal física de un tipo en una señal física de otra naturaleza. Por ejemplo, una termocupla produce un voltaje que está relacionado con la temperatura, así mismo una resistencia con la temperatura para producir una señal de voltaje que sea proporcional a la temperatura.

Estos elementos se utilizan en todo tipo de procesos que requieran indicación y control de la variable de temperatura.[18]

3.4.7.3. Sensor de temperatura termopar

Un termopar es un sensor para medir la temperatura. Se compone de dos metales diferentes, unidos en un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría, se produce una tensión que es proporcional a la temperatura.[19]

3.4.7.4. Escoger el tipo de termopar

Debido a que un termopar mide en amplios rangos de temperatura y puede ser relativamente resistente, los termopares se usan con mucha frecuencia en la industria. Se usan los siguientes criterios para seleccionar un termopar:[20]

- Rango de temperatura
- Resistencia química del termopar o material de la funda
- Resistencia a la abrasión y la vibración
- Requisitos de instalación (es posible que sea necesario que sea compatible con el equipo existente; los orificios existentes podrían determinar el diámetro de la sonda)

La medición de tensión termoeléctrica no se produce gracias a la unión de dos termoconductores, más bien se da gracias a la unión de dos polos positivos y de dos baterías y la medición de la diferencia de tensiones de estas baterías. [21]



Figura 3. 8 Punto de comparación del termopar
Fuente: [21]

Se produce una fuerza electromotriz cuando un circuito es abierto, donde el valor del voltaje depende de la diferencia de la temperatura entre la unión a medir y la de la referencia.

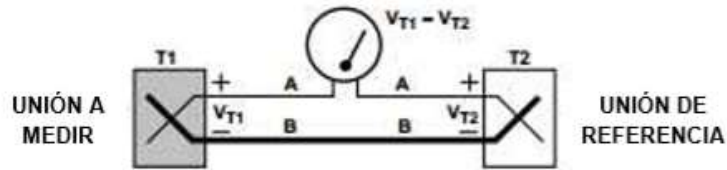


Figura 3. 9 Principio de funcionamiento de los termopares
Fuente: [19]

En la actualidad existen diversos tipos de agitadores para las diferentes áreas de la industria, cada tipo de agitador tiene las especificaciones del uso según el material a la que van a ser expuestos y a las necesidades que tienen las diferentes empresas que utilizan este tipo de artefactos. Los agitadores más utilizados son el agitador tipo hélice, el agitador tipo paleta y el agitador tipo turbina. Los agitadores tipo paleta son los indicados para el proceso de la remoción y mezclado de la materia prima como es la leche y sus derivados ya que sus movimientos son lentos logrando la homogeneización de los productos a mezclar y así evitando el daño de las partículas que tienen la leche y así evitando dañar el producto. El agitador tipo ancla es un agitador de la familia de los agitadores tipo paleta este agitador cumple con los requerimientos al tipo de materia prima al que se va a ser utilizado ya que sus características de diseño muestran que en su movimiento van rascando las paredes de la tina y así evita que la materia sólida se quede pegado en la superficie.

4. METODOLOGÍA

Introducción

En este capítulo se realizará el método adecuado de cálculos, consideraciones para el tipo de material que se necesita en la construcción del agitador y la potencia que se necesita para realizar el trabajo para la cual se utilizará datos que se obtendrán del tanque a la que se va implementar el agitador, también se debe realizar el mejor método para escoger los datos del tipo del material que se va a agitar en este caso es la leche y luego la materia prima como es el queso. Se debe implementar las ecuaciones para determinar las medidas del tanque y luego calcular con viscosidad del material que se quiere agitar. Para la determinación de la metodología en el sistema eléctrico y de control se pondrá las ecuaciones y como se diseñará el diagrama de control y eléctrico para obtener de un mejor método, para establecer el tipo de motor se debe escoger mediante algunas especificaciones como son el número de revoluciones la potencia nominal, la frecuencia a la que trabaja, el voltaje que se necesita para trabajar dicho motor y el precio. Para controlar el motor se utilizará un variador de frecuencia ya que se necesita una determinada velocidad para agitar y así evitar daños a la materia prima agitada. La velocidad del motor a la que trabaja debe ser lenta ya que lo que se quiere es que el sólido como es el queso no se hunda y se convierta en una masa sólida.

Para el desarrollo de esta propuesta se considera un análisis sistémico que se basará en diseñar en primer lugar un sistema mecánico en consiguiente un sistema eléctrico y al finalizar un sistema de control, consecuentemente se validará el sistema de construcción del diseño como se muestra en la figura 4.1.

La ingeniería se apoya en nuevas metodologías, y herramientas para el diseño de nuevos y mejorados productos o servicios a nivel global, con un único fin en donde es conseguir mejores resultados a la hora de la fabricación del producto aumentando la calidad y prestaciones y reduciendo los costos.

En la actualidad la electromecánica se basa en su diseño para la fabricación de un producto que sea muy eficiente y a un bajo costo.

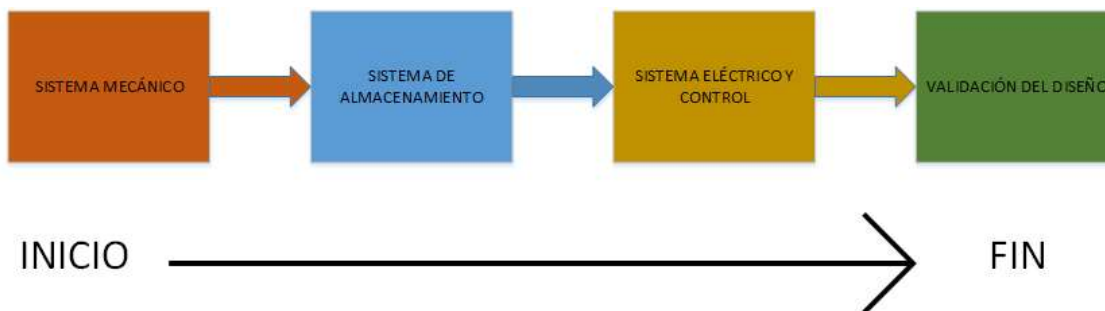


Figura 4. 1 Diseño Convencional, Secuencial y de forma independiente.

Fuente: Propia

El proceso de diseño que se seguirá constituye una secuencia de pasos que nos permitirá la concepción de sus requisitos hasta la validación de resultados general para el proceso de diseño por lo cual se sintetiza en la figura 4.2.

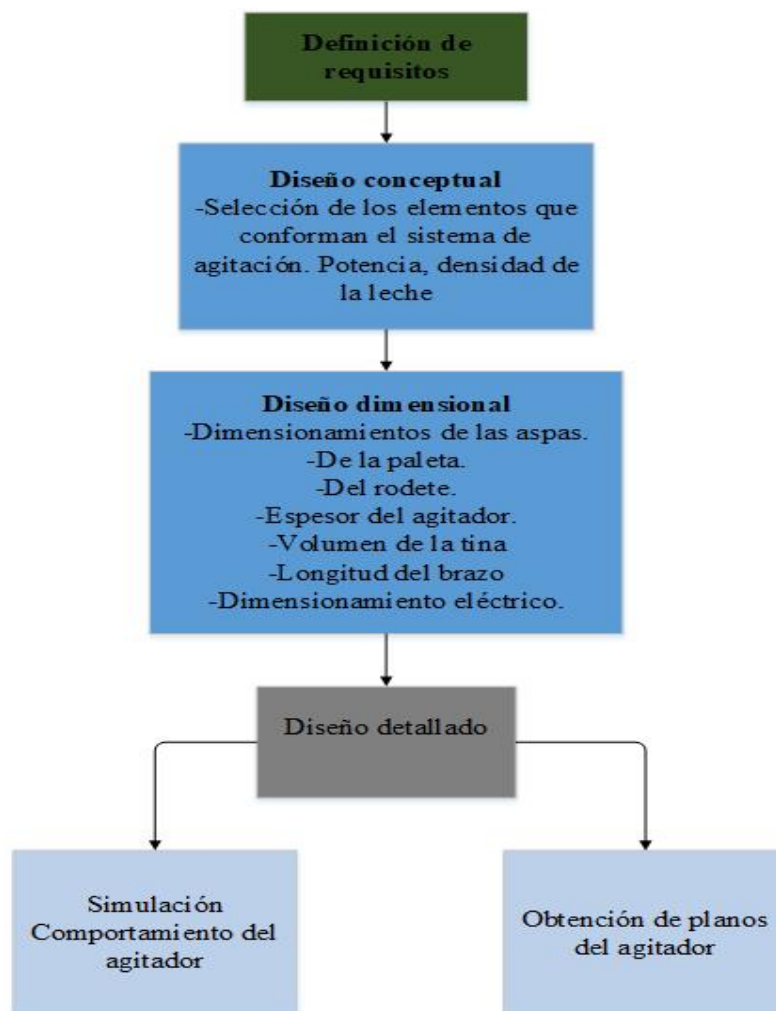


Figura 4. 2 Proceso de diseño

Fuente: Propia

Definición de requisitos

Como se muestra en la siguiente tabla (4.1) se instauraron las variables, en lo que será fundamental para establecer el análisis estático y dinámico del agitador de leche.

Tabla 4. 1 Definición de requisitos

Especificaciones técnicas (agitador de leche)	
Especificaciones	Unidades
Volumen de la tina	cm^3 (Litros)
Tamaño de la paleta	mm
Velocidad ejercida por el agitador	RPM
Espesor del rodete	mm
Peso del agitador	Kg
Densidad de la leche	Kg/m^3
Viscosidad de la leche	Kg/ms

Fuente: Propia

La caracterización del proceso hace necesaria la determinación de las propiedades del producto que permitirán en lo posterior delimitar la resistencia a la cual va a estar sometida las aspas del agitador. Entre las principales se encuentran la densidad de la leche cruda (según normativa NTE INEN 11, tabla 4.1) y la determinación de su masa (ecuación 4.1), la masa del queso a través del balance del proceso (ecuación 4.2)

4.1. Metodología cuantitativa y cualitativa

Para determinar la mejor metodología se establecerá métodos cualitativos y métodos cuantitativos para lo cual es fundamental dichos métodos para realizar el diseño de agitación para la elaboración del queso.

4.1.1. Metodología cualitativa

La metodología cualitativa permitirá a través de cuadros de valoración la cuantificación de las principales en la realidad concreta de la fabricación de queso en la Cooperativa de Producción y Mercadeo Yacubiana, cada una de las tablas serán descritas es su respectivo ítem, para su cuantificación se lo realizará conjuntamente con los especialistas del área que nos darán la mejor opción dependiendo a la aplicación a la que se diseñara, también se ayudará para la valoración de catálogos en la cual nos darán una serie de variedades y cada una de ellos con sus respectivos datos para una selección adecuada.

4.1.2. Metodología cuantitativa

Por otro lado, la metodología cuantitativa será definida a través de las diferentes ecuaciones y métodos para así ayudar con la identificación de los requisitos necesarios para el diseño del agitador, a través de este método se definirán las características, así ayudar al dimensionamiento del diseño,

Diseño Conceptual

En el siguiente diseño conceptual se presenta la propuesta gráfica a considerar tomando en cuenta lo estipulado en la norma CPE INEN 007 [22] del tipo de materiales además aceptando las consideraciones de la resolución 67 de la normativa técnica sanitaria para los alimentos procesados (ARCSA)[23] . Bajo la cual se considerará según el **Anexo II, Tabla 15** que se refiere a las recomendaciones del diseño y selección de agitación, tomando como referencia principal al tipo velocidades permisibles, el régimen del fluido, y para el tipo de fluido a agitar en este caso un fluido viscoso, también para determinar el tipo del agitador a diseñar se realizó métodos cualitativos para determinar el tipo correcto de agitador según en Anexo III tabla 5.

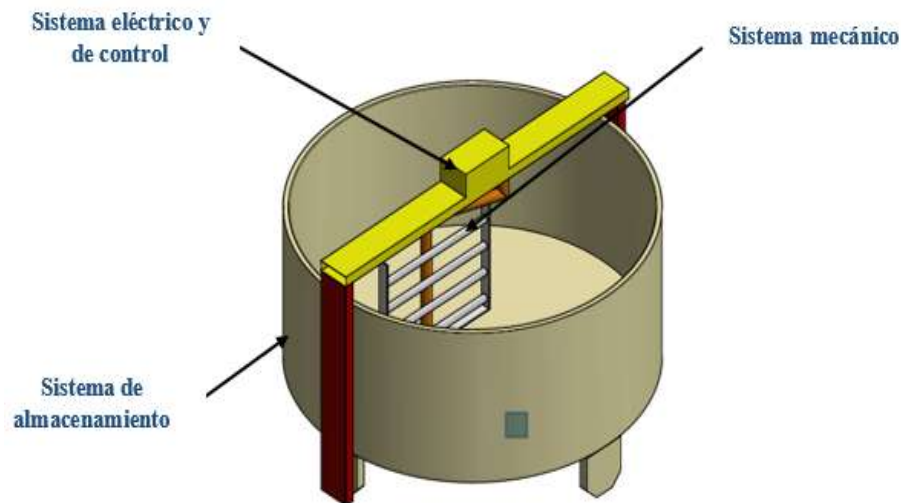


Figura 4.3 Diseño del sistema de agitación.

Fuente: Propia

El sistema de almacenamiento constituye un recipiente, la cual tiene características de marmita donde se puede introducir el vapor o agua dependiendo a la necesidad de temperatura que se desee obtener de la leche para el proceso de la elaboración del queso, donde se vierten los insumos (leche, cloruro de calcio, cuajo y sal) con la finalidad de ser mezclados para obtener el queso. En este caso particular el recipiente para el almacenamiento es suministrado por la

Cooperativa de Producción y mercadeo Yacubiana, lo que limita el mismo a la capacidad suministrada.

Sistema mecánico para este caso se considera un conjunto sistémico que permite la agitación de la solución que posteriormente será transformada en queso, por tanto, en una primera aproximación estará constituida por una aleta tipo ancla que data a través de un eje que permite la transmisión de potencia a una velocidad determinada.

Sistema eléctrico y control para la disposición del sistema eléctrico se considera la línea, neutro y tierra, que sale del tablero de control con su respectivo elemento de protección como es el caso de un relé térmico según las necesidades del motor. Para el control del motor se realizará conexiones con conexiones y luces pilotos para verificar el estado del motor, también este será controlado con un variador de frecuencia para la variación de la velocidad que se necesita al momento de la elaboración del queso.

Diseño en detalle

En la figura 4.4 se muestra el diseño en detalle de todos los sistemas que conlleva la agitación dentro de un recipiente.

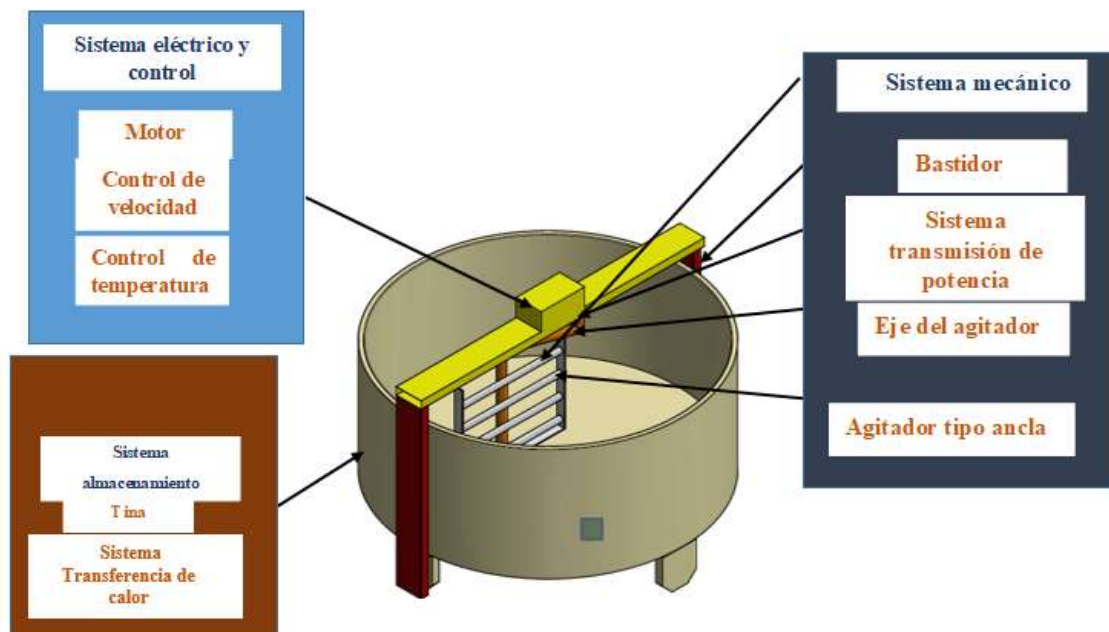


Figura 4. 4 Diseño de agitación en detalle en detalle

Fuente: Propia

4.2. Diseño del sistema de almacenamiento y transferencia de calor

Para el proceso del sistema de almacenamiento no se realizará el análisis y diseño, ya que la empresa dispone del mismo al igual que el diseño del sistema de transferencia de calor. Mejorando así el factor económico y aprovechando los materiales ya disponibles en la empresa.

Volumen total de la tina

Para saber la exactitud de la capacidad de la tina se procede a calcular el volumen con la siguiente ecuación:

$$v = \pi * r^2 * h \quad \text{Ec.4. 1}$$

Donde:

v: volumen (m³)

r²: radio del tanque (m)

h: altura del tanque (m)

Tabla 4. 2 Selección de la densidad de la leche

Principios	Materiales	Procedimientos	Cálculo
Un densímetro es un aerómetro de volumen variable y peso constante, que determina si la leche es aguada.	Densímetro	Se coloca la muestra en una probeta. Medir la temperatura de la muestra. Se introduce el densímetro en la muestra y se deja que el mismo flote , y se leerá la cifra que se indique en el flotador.	Tem>15°C Tm(muestra) ρm (muestra) lectura de la densidad. ρm+(Tm-15°C) *0.0002 Tem<15°C Ec (4.2.1) ρm-(15°C-Tm)*0.0002

Fuente:[24]

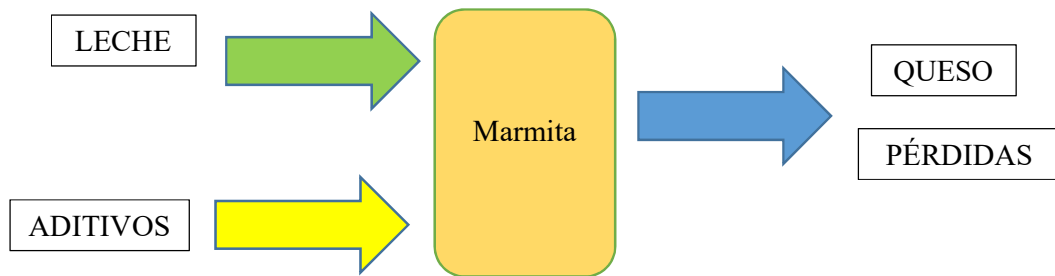
Balance de masa de la fabricación de queso

En el proceso de la elaboración del queso es fundamental establecer el balance de masa total del queso, estableciendo factores de ingreso y salida de la misma hasta obtener un producto final que en este caso sería el queso.

Cabe recalcar que, en la mezcla de los diferentes aditivos, se lo realiza en un recipiente llamado marmita; que es un tipo de olla de metal con doble fondo.

$$\text{Masa entrada} = \text{Masa salida} \quad (\text{condición ideal})$$

$$\text{Masa de Alimentación} = \text{Masa de Producto} + \text{Masa de pérdidas} \quad (\text{condición real})$$



$$\text{Masa de leche} + \text{Masa de aditivos} = \text{Masa del queso}$$

$$m_{\text{Leche}} + m_{\text{aditivos}} = m_{\text{queso}}$$

Para saber la cantidad de masa de queso que se obtiene después de toda la elaboración, según la ley de la conservación de la materia, en donde establece que la masa del queso es un sistema cerrado. La masa del que ingresa en un sistema debe, por lo tanto, salir del sistema o acumularse dentro de él. Según el siguiente esquema donde se muestra las variables de salida y entrada. Como se identifica en la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} L (\text{leche}) + C (\text{cloruro de calcio}) + E (\text{cuajo}) + S (\text{sal}) + F (\text{fermento}) \\ = Q (\text{queso}) + P (\text{pérdidas de masa}) \end{aligned}$$

La ecuación mostrada permite identificar los insumos que ingresan al recipiente de mezclado, que en uso común son dosificados en unidad de volumen (litros, cm³), de tal manera que para poder obtener su cuantificación en unidad de masa se utilizara la ecuación de la densidad.

Como dato adicional, para calcular la densidad de la leche es necesario determinar la temperatura a la que se encuentra en su proceso respectivo.

$$m_L = \rho * v \quad \text{Ec.4. 2}$$

Donde:

ρ : densidad (g/cm³)

v: volumen de la leche (cm³)

m_L : masa de la leche (Kg)

Por tanto, la ecuación del balance de masa quedaría definido de la siguiente manera.

Para la determinación de las siguientes masas como son el cuajo, fermento, sal, y el calcio se realiza a través de mediciones experimentales directas en la Cooperativa de Producción y Mercadeo Yacubiana

$$m_{Lech} + m_{CaCl_2} + m_{Cuaj} + m_{Sal} + m_{Fermento} = m_{queso} + m_{pérdidas} \quad \text{Ec.4. 3}$$

Donde:

m_{Leche} : masa de la leche

m_{CaCl_2} : masa del cloruro de calcio

m_{Cuajo} : masa del cuajo

m_{Sal} : masa de la sal

m_{queso} : masa del queso

$m_{pérdidas}$: masa otras pérdidas

4.3. Diseño de sistema mecánico

En este ámbito se considerará como estudio principal la agitación la cual se refiere a forzar un fluido por medios mecánicos para que adquieran un movimiento circulatorio en el interior de un recipiente, a continuación, se verá una serie de ecuaciones en la cual nos permitirá el cálculo de las dimensiones del sistema de agitación. Previo a eso se establecen los dimensionamientos de los diferentes métodos de cálculos para el sistema mecánica de fuerzas entre otros como se muestra a continuación.

4.3.1. Análisis de los factores que intervienen en el sistema

Los agitadores son dispositivos mecánicos que sirven para mover fluidos con la ayuda de un motor y estos se dividen en dos clases: los que generan corrientes paralelos a ejes del agitador (flujo axial) y están los que dan origen a corrientes en dirección tangencial o radial (flujo radial). En un sistema de agitación el rodete crea un modelo de flujo en el sistema, dando lugar a que el líquido circule a través del tanque.[12]

En la siguiente figura, se muestra algunas medidas y su interpretación:

$$\text{Masa de Alimentación} = \text{Masa de Producto} + \text{Masa de pérdidas} \quad (\text{condición real})$$

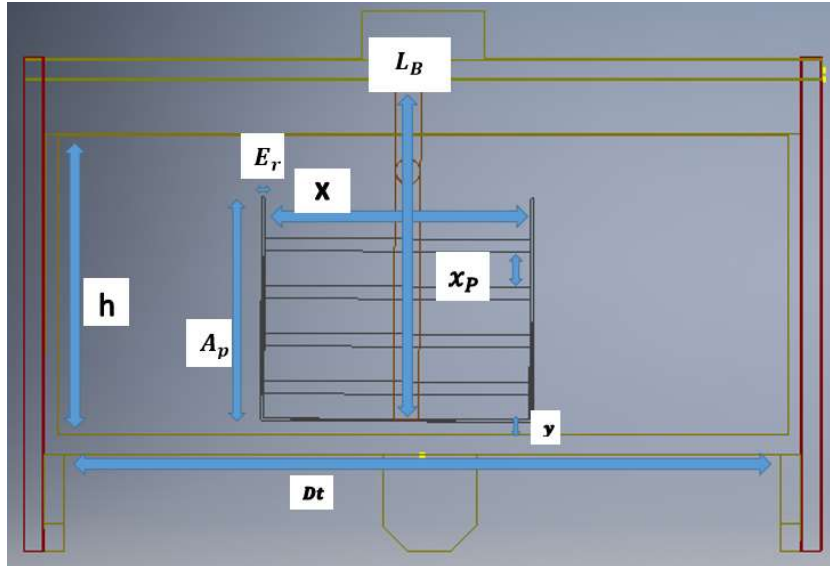


Figura 4. 5 Medidas de la pared del agitador.

Fuente: Propio

Donde:

h: altura del tanque

A_p : altura del agitador

X: diámetro del rodete

L_b : longitud del brazo

y: Distancia entre el tanque y el agitador

x_p : distancia entre rejillas

E_r : espesor del agitador

D_t : diámetro del tanque

A_p : la altura del ancla puede ser igual a la altura del líquido o un poco menor, de acuerdo a la operación que se va a realizar y el material a la que se va agitar.

Cálculo de la fuerza

Para el cálculo de la fuerza, se realiza la siguiente consideración basado en la figura número, la determinación de la fuerza será una función de la densidad y la altura a la cual se encuentra la solución, por tanto, para girar el agitador se determinará la densidad más crítica con el siguiente procedimiento:

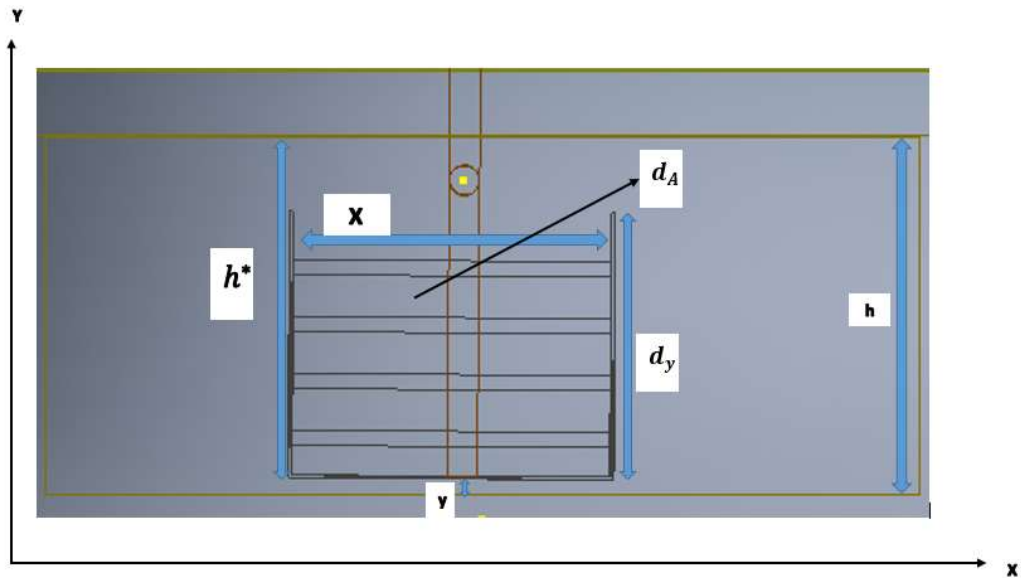


Figura 4.6 Dimensionamientos para realizar el cálculo de la fuerza

Fuente: propia

Además, la magnitud de la fuerza es dependiente del diferencial del área de la sección transversal con lo cual y basados en la ecuación 4.5 se determinará la fuerza máxima del sistema con la cual se continuará el diseño de los cálculos de los diferentes elementos mecánicos del sistema.

$$df = \rho * g * h^* * dA \quad \text{Ec.4. 4}$$

$$h^* = h - y$$

$$dA = X * dy$$

Donde:

df : diferencial de la fuerza

ρ : densidad

g : gravedad de la tierra constante

h^* : altura desde el líquido hasta la parte superior del agitador

dA : diferencial de la altura

h : altura de la marmita

y : distancia entre el fondo de la marmita y el agitador

X: altura del agitador

dy: ancho del agitador

Para calcular la densidad crítica se realizará mediante ecuación 4.2 en la cual el volumen de la leche bajará y la masa se mantendrá en la misma cantidad. La gravedad será constante 9.81 m/s².

Para realizar la fuerza es necesario integrar la diferencial de la fuerza. De la ecuación 4.5 como se muestra la siguiente ecuación:

$$F = \int_a^b \rho * g * (h - y) * f(y) dy \quad \text{Ec.4. 5}$$

Torque

$$T = F x r \quad \text{Ec.4. 6}$$

Donde:

T: torque (Nm)

F: fuerza (N)

r: radio (m)

4.3.2. Diseño del eje principal

Para la selección del material con lo cual se dimensiona el sistema, se lo realizará mediante el método cualitativo donde se realizará comparaciones de materiales que son fáciles de encontrar y que sea aptos para trabajar en contacto con los alimentos, añadiendo a eso como un factor muy importante el factor económico. Como se muestra en el Anexo II de la tabla 3.

Se realiza el cálculo bajo un diseño bajo una carga estática y posteriormente un análisis de dimensionamiento bajo carga dinámica.

Para el dimensionamiento por carga estática se considera el máximo torque que produce el sistema a fuerza máxima (calculado con la ecuación 4.6) multiplicado por el radio máximo posible que puede tener el diseño del brazo tipo ancla que está limitado por las dimensiones del recipiente del sistema de almacenamiento, por tanto, se calculará con la siguiente ecuación:

Diseño del eje por carga estática, se considera que el eje trabajará a un esfuerzo cortante puro para lo cual se calcula el esfuerzo cortante a través de la ecuación 4.8, además para el mismo un eje circular sólido cuyo momento polar se calcula a través de la ecuación 4.9.

$$\tau = \frac{T*r}{J} \quad \text{Ec.4. 7}$$

$$J = \frac{\pi r^4}{2} \quad \text{Ec.4. 8}$$

Donde:

τ : esfuerzo cortante

T: torque (N)

r: radio

J: momento polar

Bajo las consideraciones expuestas y considerando que el punto de fluencia cortante de un material es determinable ($Sy' = \frac{Sy}{2}$), el esfuerzo máximo deberá ser menor o igual al punto de fluencia cortante.

$$\tau_{MAX} = \frac{2T}{2\pi r^3} \leq Sy' \quad \text{Ec.4. 9}$$

Donde:

τ_{MAX} : esfuerzo máximo

T: torque

Sy' : punto de fluencia cortante

Sy : punto de fluencia

Se tomará en cuenta los factores de seguridad sugeridos y además los concentradores de esfuerzo que de acuerdo al diseño sea necesario determinar, de tal manera para determinar el radio del eje de la sección transversal se lo realizará a través de la siguiente ecuación 4.10.

$$r = \sqrt[3]{k \frac{2tFs}{\pi Sy'}} \quad \text{Ec.4. 10}$$

Donde:

r: radio

k: concentradores de esfuerzos

Fs: factor de seguridad

Sy': punto de fluencia cortante

Diseño del eje por carga dinámica, para este caso se considerará que el sistema el sistema trabaja con un esfuerzo sinusoidal completamente invertido, por lo tanto, el esfuerzo medio es =0, además se hará las mismas consideraciones en relación al factor de seguridad y a los coeficientes de concentradores de esfuerzos que los realizados en el diseño del eje por carga estática. Por tanto, para el cálculo del dimensionamiento del eje se utilizará el criterio de Goodman Modificado y que sintetiza bajo las consideraciones planteadas la siguiente ecuación.

$$d = \left\{ \frac{32n}{\pi} \sqrt{\left[\left(Kt \frac{Ma}{SE} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{Ta Kts}{Sy} \right)^2 \right] } \right\}^{1/3}. \quad Ec.4. 11$$

Se considera que el eje trabajará a un esfuerzo cortante puro para lo cual se calcula dicho esfuerzo a través de la ecuación 4.11, además para el mismo un eje circular sólido cuyo momento polar se calcula a través de la ecuación 4.9.

Cálculo por fatiga del eje del agitador

Con este cálculo nos permitirá saber el límite de resistencia a la fatiga en la cual se utilizará la siguiente ecuación. Para los cuales se realizará un cálculo fundamental para este caso.

$$Se = SE' * Ka * Kb * Kc * Kd * Ke * kf \quad Ec.4. 12$$

Donde:

Ka: Factor de superficie

Kb: Factor de tamaño

Kc: Factor de carga

Kd: Factor de temperatura

Ke: Factor de confiabilidad

Kf: Factor de modificación de efectos varios

Se: Límite de resistencia a la fatiga (MPa)

Se': Límite de resistencia a la fatiga de una probeta (MPa)

El dimensionamiento bajo consideraciones de carga dinámica se realizará considerando que el esfuerzo alternante medio es igual a 0, además que el eje se encuentra sometido únicamente a cargas de torsión por tanto para el dimensionamiento se lo utilizara la siguiente ecuación.

$$d = \left\{ \frac{32n}{\pi} \sqrt{\left[\left(Kt \frac{Ma}{SE} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{t}{Sy} \right)^2 \right] } \right\}^{1/3} \quad \text{Ec.4. 13}$$

Para este caso no se necesita factor de concentración de esfuerzos, ya que es constante y las concentraciones de esfuerzo tienen poco o ningún efecto sobre el potencial de falla.

En el caso del eje de la mezcladora no existen fuerzas transversales que causan flexión, por lo tanto, $Ma = 0$ y la ecuación para el cálculo del eje se reduce a:

$$d = \left\{ \frac{32n}{\pi} \sqrt{\left(\frac{3}{4} \left(\frac{t}{Sy} \right)^2 \right)} \right\}^{1/3} \quad \text{Ec.4. 14}$$

Donde:

n: Factor de seguridad

T: Torque

Sy: Resistencia a la fluencia del material

$$T_m = \frac{P}{W} \quad \text{Ec.4. 15}$$

Donde:

T_m : torque medio

P : potencia

W : velocidad angular

4.3.3. Diseño de la aleta de agitación

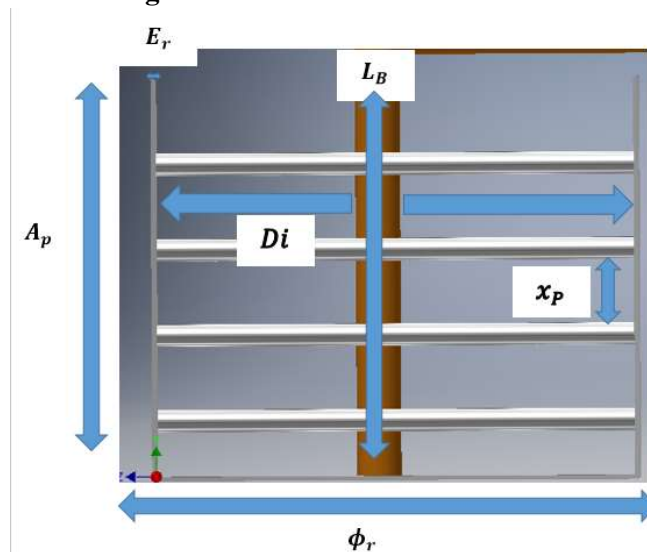


Figura 4. 7 Partes del agitador tipo ancla

Fuente: propia

Espesor del agitador

No existe una relación fija para el rodete, generalmente varía desde un sexto a undécimo de la longitud del brazo. Sin embargo, la relación más estimada por Geankoplis, J, es:[25]

$$E_r = \frac{1}{10} * L_B \quad \text{Ec.4. 16}$$

Donde:

E_r : espesor del rodete (m)

L_B : longitud del brazo (m)

Alto de la paleta

Para determinar el alto de la paleta se emplea la siguiente ecuación:

$$A_p = \frac{1}{5} * L_B \quad \text{Ec.4. 17}$$

Donde:

L_B : longitud del brazo (m)

A_p : alto de la paleta (m)

Distancia entre rejillas

Se calcula con la ecuación que se escribe a continuación:

$$x_p = \frac{L_B}{4} \quad \text{Ec.4. 18}$$

Donde:

x_p : distancia entre rejilla (m)

L_B : longitud del brazo del rodete (m)

4: número de palas que tiene el agitador

Longitud del brazo

En el sistema de agitación el rodete crea un modelo de flujo en el sistema, dando lugar a que el líquido circule a través del tanque y nuevamente retorna al rodete. La longitud del brazo del agitador está dada por la siguiente ecuación:

$$L_B = \frac{5}{8} * \phi_i \quad \text{Ec.4. 19}$$

Donde:

L_B : longitud del brazo (m)

ϕ_i : diámetro interno del tanque (m)

Diámetro del rodete

Para el diámetro del rodete se emplea la siguiente ecuación:

$$x = \frac{3}{4} * \phi_i \quad \text{Ec.4. 20}$$

Donde:

x: diámetro del rodete (m)

ϕ_i : diámetro interno del tanque (m)

Distancia entre el fondo del tanque y el rodete

Para que exista una buena mezcla debe existir un espacio adecuado entre el fondo del tanque y el rodete para que todas las corrientes provocadas por el agitador puedan homogeneizar todo el líquido. En la siguiente ecuación se demuestra el proceso para ello.

$$y = h - l_B \quad \text{Ec.4. 21.}$$

Donde:

x: distancia entre el fondo del tanque y el rodete (m)

h: altura del líquido (m)

l_B : longitud del brazo (m)

Proceso de soldadura. - Para realizar la soldadura se lo realizará bajo métodos en las cuales no se alteren al material además se tomará en consideración el tipo de soldadura que aplicará y que consideraciones se debe tener previo a realizar la soldadura. Según el catálogo de BOHOMAN nos dice: se recomienda electrodos recubiertos AWS E308L-17 (ESAB- OK 61.30). En soldadura TIG, la norma AWS indica ER 308LSi.[26]

4.3.4. Análisis cinemático y de rotación del sistema

Este dato se obtendrá directamente en función de los requerimientos de la Cooperativa, sin embargo, en caso de querer verificar dichos valores se lo podría realizar utilizando un tacómetro

en el proceso de la fabricación y comprobar los valores exactos a la que tiene la velocidad, para este caso, según datos obtenidos de los trabajadores se aplicará a una velocidad como la mínima velocidad a los 20 RPM y como la velocidad máxima a los 55 RPM.

4.3.5. Diseño y selección del sistema de TP

Se determinará los valores de potencia máxima a la que requiere el sistema bajo el siguiente método.

Cálculo de potencia del agitador

El cálculo de la potencia consumida se hace a través del número adimensional Reynolds en función al número de potencia, relacionando por el método gráfico. Estas gráficas dependen de las características geométricas del agitador, la consideración se lo realizará bajo la elección del sistema utilizando la siguiente lógica.



En este acápite se seleccionará los STP mecánico a través del instrumento mostrado en el anexo II tabla 9, y la determinación del variador de velocidad se lo realizará el ítem 4.3.7.

Cálculo del número de Reynolds

El número de Reynolds se relacionan con la densidad, viscosidad y dimensión típica de un flujo en una expresión adimensional, que interviene en numerosos problemas de dinámica de fluidos. En la cual se aplica la siguiente ecuación referente a la ecuación de (McCabe Smith 2001) se tiene lo siguiente:[27]

$$NR_e = \frac{\phi r^2 * N * \rho}{\mu} \quad Ec.4. 22$$

Donde:

NR_e : número de Reynolds (adimensional)

ϕr^2 : diámetro del rodete (m^2)

ρ : densidad del fluido (Kg/m³)

μ : viscosidad del fluido (Kg/ms)

N: velocidad rotacional (RPM)

Cálculo de la potencia del agitador

El consumo de la potencia se relaciona con la densidad del fluido ρ , su viscosidad μ , la velocidad rotacional N , el diámetro del rodete ϕr^2 , por medio de gráficas del número de potencia N_p en función de N Reynolds. Mediante la siguiente gráfica, se calcula el número de potencia N_p en función del número de Reynolds NRe .

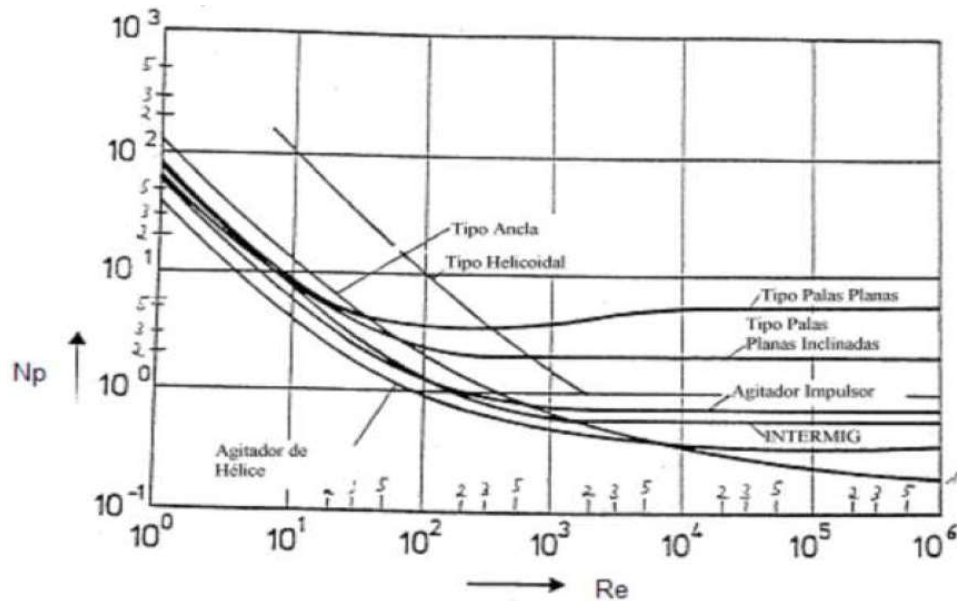


Figura 4. 8 Potencia frente al número de Reynolds

Fuente: [27]

N_{po} : obtenida de la figura anterior se pasa a calcular la potencia del motor, mediante la siguiente ecuación de (McCabe Smith, 2001).

$$P = \left(\frac{N_{po}}{g_c}\right)(\rho * N^3 * \phi r^5) \quad Ec.4. 23$$

Donde:

N_{po} : Número de potencia obtenida

g_c : Constante dimensional gravitatoria ($kgm.m/N.s^2$)

ρ : Densidad del fluido ($\frac{Kg}{m^3}$)

μ : Viscosidad del fluido ($\frac{Kg}{ms}$)

N : Velocidad rotacional (RPM)

Cálculo de la viga del bastidor

Para su diseño, la viga tiene una longitud $L_v = 1.662$ metros y tubo estructural rectangular galvanizado de acero. La carga debida al peso del agitador en conjunto con el motor es aproximadamente 25 Kg. La carga producida por el peso del reductor con su soporte es de 15 Kg.

La carga total se encuentra aplicada en el centro de la misma que es $q = 40$ kg y. La figura 4.4 muestra el diagrama de cuerpo libre de la viga.

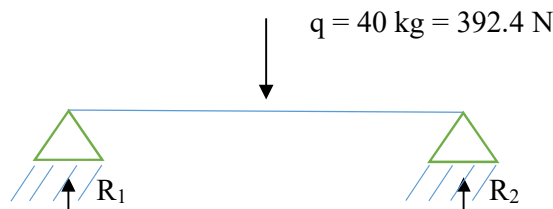


Figura 4.9 Diagrama de cuerpo libre de la viga

Fuente: Propia

$$\sum F_x = 0$$

Ec.4. 24

$$R_1 = R_2 = \frac{1}{2} q$$

Donde:

$\sum F_x$: Sumatoria de fuerzas en X

q: cargas

R: resistencias

Diagrama fuerza cortante de la viga

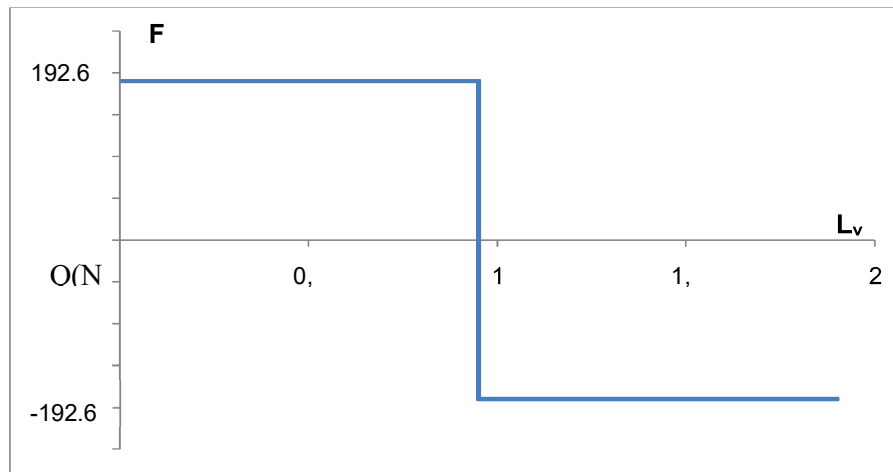


Figura 4.10 Diagrama de fuerza cortante.

Fuente. Propia

Diagrama momento flector de la viga

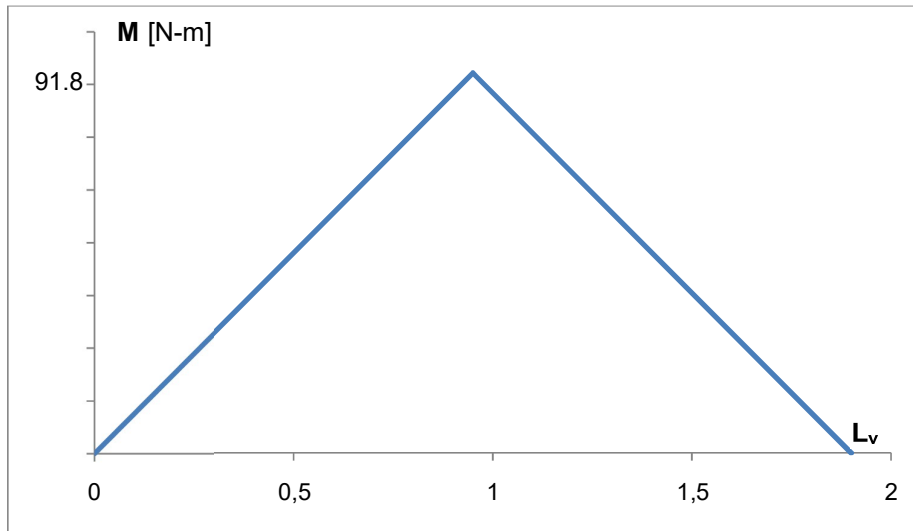


Figura 4. 11 Diagrama de momento flector.
Fuente. Propia

4.3.6. Selección del sistema de rodadura

Para la selección del rodamiento se lo realizará bajo la metodología cualitativa, seleccionando el diseño que mejor se acople al mecanismo que se va a diseñar; además de eso es necesario verificar que el tipo de rodadura sea para un diámetro del eje de 25 mm. Como se muestra en el Anexo II, tabla 9. Se especifica el tipo de chumacera, serie de acero inoxidable con tornillo de fijación.

Procedimiento para seleccionar rodamientos

El número de aplicaciones para los rodamientos es prácticamente incontable y de igual forma varían enormemente las condiciones y los entornos de trabajo. En general, se selecciona de forma provisionalmente un cierto tipo de rodamiento en función a las condiciones de trabajo, disposición en la instalación, factibilidad de montaje en máquina, espacio disponible, coste, disponibilidad, así como y otros factores.

A continuación, se selecciona el tamaño del rodamiento de forma que pueda cumplir con la duración esperada. De esta forma, además de la vida frente a la fatiga, es necesario tener en cuenta la duración de la grasa, el ruido y las vibraciones, el desgaste y otros muchos factores.

No hay un procedimiento determinado para seleccionar rodamientos. Es conveniente investigar y experimentar con aplicaciones similares y estudios relativos a requisitos especiales que pueda ser necesario cumplir para una aplicación en particular. Cuando se deba seleccionar

rodamientos para máquinas nuevas, condiciones de trabajos poco usuales, o entornos hostiles.[15]

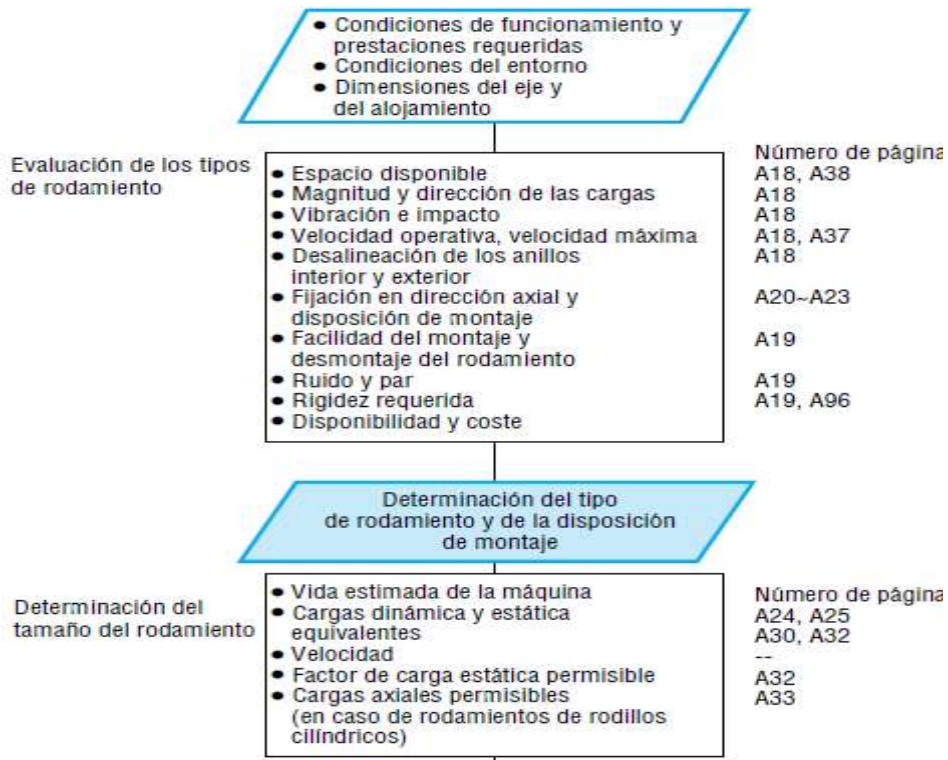


Figura 4. 12 Esquema para escoger el tipo de rodamientos.
Fuente: [15]

Sistema eléctrico y de control

4.3.7. Selección del sistema de potencia

Para que haya agitación; se refiere a forzar un movimiento de un fluido por medio de un sistema mecánico y eléctrico en el interior del recipiente. Se procedió a la selección del elemento primordial del sistema.

El motor, el principal causal para que exista un movimiento rotatorio donde se detalla un boceto del mismo.

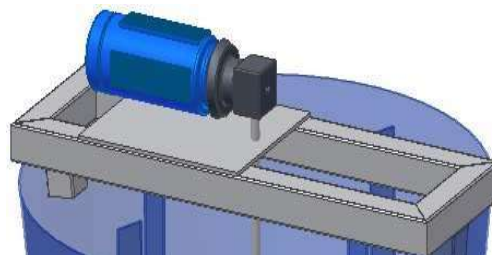


Figura 4. 13 Diseño del motor

Selección del motor

El motor es uno de los elementos principales del sistema de agitación por lo que es el encargado de suministrar la potencia necesaria para el mezclado. Es por eso que existen diversos tipos de motores en el mercado que se utilizan para este tipo de trabajo. Los más comunes y más ampliamente utilizados en este tipo de sistemas son los motores eléctricos. Los motores eléctricos pueden ser de muchos tipos y se pueden calcular según su tamaño, voltaje, amperaje potencia, frecuencia, velocidad de giro, el grado de protección que tengan, etc. En nuestro trabajo no es el objetivo de iniciar una discusión sobre estos aspectos y es por ello que basándonos en las fuentes bibliográficas consultadas se escoge un motor eléctrico trifásico de inducción y de jaula de ardilla para el tanque tipo marmita que tiene la Cooperativa de producción y mercadeo Yacubiana a eso hay que añadirle el cálculo de la fuerza mecánica que se requiere para mover el agitador a continuación se realiza la siguiente ecuación.



Figura 4. 14 Motor eléctrico
Fuente: [10]

$$Pot_{mec} = T * w + pérdidas y variables \quad Ec.4. 25$$

$$Pot_{mec} = Pot_E = I * V$$

$$Pot_{mec} + pérdidas = Pot_E$$

$$Pot_E = V * I + 10\% pérdidas$$

Donde:

T: torque

W: velocidad angular

Sistema de transmisión de potencia

En el sistema de transmisión de potencia se analizará los dos sistemas a través de las tablas de valoración cualitativas que nos permite valorar cual es el mejor elemento. Para la selección de transmisión de potencia se tomará en cuenta varios aspectos que son importantes al momento de aplicar la potencia al agitador como se ve en el anexo.

La metodología utilizada para encontrar la mejor opción para una transmisión óptima de potencia se selecciona según el Anexo II de la tabla 9.

Se toma en cuenta dos parámetros básicos, para determinar que motores se deben seleccionar, la velocidad máxima de giro del agitador (en rpm) y la potencia nominal requerida. Se resume a continuación las potencias máximas del agitador y sus velocidades máximas de giro:

Tabla 4. 3 Agitador de potencia nominal (Kw) Velocidad de giro (rpm)

Agitador	Potencia nominal (KW)	Velocidad de giro (rpm)
Tipo ancla	1.4914	- 55 - 20

Fuente: Propia

Dicha potencia es la que se debe suministrar directamente al eje, y como dato adicional se debe tener en cuenta de que en la transformación de energía mecánica del motor a energía mecánica del agitador siempre existirá pérdidas. Por lo que el rendimiento habitual para este tipo de transformación es de aproximadamente un 90% de trabajo. Con la cual para escoger el tipo de hay que determinar la Intensidad a la que se necesita el motor según la siguiente ecuación:

$$I = \left(\frac{Pot_E}{V} \right) - 10\%_{Pérdidas} \quad Ec.4. 26$$

4.3.8. Diseño y selección del sistema de Control

Sistema de temperatura

Debido a que un termopar mide en amplios rangos de temperatura y puede ser relativamente resistente, los termopares se usan con mucha frecuencia en la industria.[20]

$$V_{AB} = a * \Delta T \quad Ec.4. 27$$

Donde:

- V_{AB} Voltaje en los extremos del termopar (del orden de mV).
- a Coeficiente de Seebeck, variación de tensión producida por cada variación de 1 °C de temperatura $\frac{mV}{°C}$
- T_1 Temperatura en la unión a medir (°C)
- T_2 Temperatura en la unión de referencia (°C)

El sistema del sensor de temperatura no será escogido ya que en la marmita se encuentra un sensor de temperatura. Este sensor está sujeto a las condiciones que se encuentran ya diseñados.

Selección de los variadores de velocidad

Estos serán usados para variar la velocidad del agitador en cada una de las etapas del proceso de mezcla de la leche y de esta manera, controlar perfectamente las condiciones de agitación dentro del proceso.

El uso de este tipo de dispositivos ofrece ventajas en cuanto a producción, ya que permite afinar el tiempo que se requiere para cada etapa del proceso y de esta manera se reducen los costes relacionados por el exceso de potencia de agitación, donde la materia prima no estaría con sus características óptima para la elaboración del cuajado de la leche.

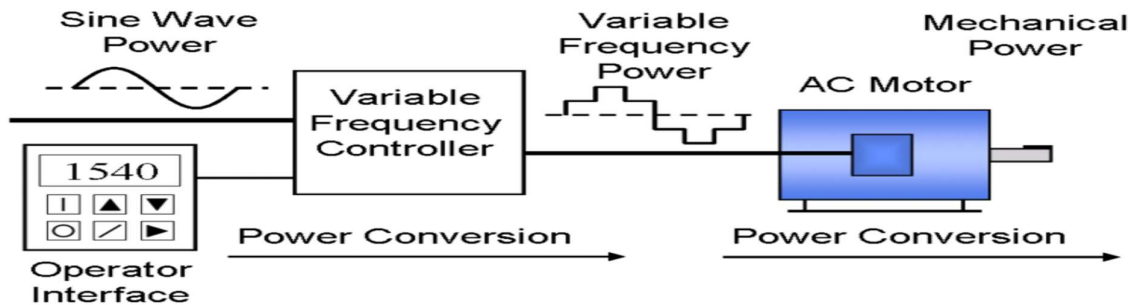


Figura 4. 15 Esquema de funcionamiento de un variador.

Acorde a la investigación realizada se seleccionan el variador de frecuencia en función de la potencia a desarrollar y de la tensión nominal (220 V). Sus parámetros quedan resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 4. 4 Resumen parámetros variadores de frecuencia

Código	Motor aplicable (kW)	Corriente nominal (A)	Corriente máxima (A)
WEG CFW300- KFA-T2,	1.5	10	13

Fuente: Propia

Cabe recalcar que para el agitador se selecciona un variador de frecuencia único, para pasar de 160 rpm, 120 rpm y 80 rpm únicamente. También se seguirán según la potencia necesaria para poder agitar y también acatando otros factores según el Anexo II de la tabla 10.

4.3.9. Diseño del sistema eléctrico

Para realizar el diseño del sistema eléctrico que alimentará al motor se tomará en consideración el voltaje suministrado por la red eléctrica, además constatar de las protecciones que se aplicaran en la línea. La línea será directa desde el tablero principal hacia el motor ya que tiene cargas grandes de potencia y corriente y obtener más eficacia y posibles daños al equipo. El tipo de cables para la conexión será en función al amperaje consumido por el motor y dependiendo del calibre que existe en el mercado.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se verá aspectos importantes como es el análisis comparativo de los diferentes componentes que conforma el equipo, utilizando ayudas como son las simulaciones, cuadros comparativos y tablas de análisis demostrando diferentes comportamientos y así eligiendo la mejor opción que demuestre dicho análisis para posteriormente realizar el diseño del sistema de agitación que servirá para la implementación física del mismo, para la Cooperativa de Lácteos Producción y Mercadeo Yacubiana ubicado en la provincia de Bolívar cantón Guaranda.

Determinación del alcance del sistema

En vista del problema que tiene dicha cooperativa en el tratamiento de la leche para la elaboración de quesos se tomó datos importantes de los equipos y materiales, así como también de la materia prima; que en este caso sería la densidad, para posteriormente diseñar un sistema de agitación, con paletas tipo ancla, para una capacidad de 1000 litros de leche, dicho volumen lo contiene un recipiente tipo marmita. En este caso para que exista un movimiento circular del fluido se lo realiza por medio de un motor anclado con el eje de agitación. Con un sistema de control de dos velocidades de 20 y 55 rpm, estas velocidades se lo controla por medio de un variador de frecuencia todo lo descrito se lo realiza acorde a los requerimientos de la empresa Yacubiana que se caracteriza por ser una zona lechera, ya que una gran cantidad de los habitantes se dedican a esta actividad.

Conocido el procedimiento idóneo para la máquina de agitación, se establecen los diferentes elementos que conforman la máquina, las características establecidas deben ser fundamentadas en base a cálculo de ingeniería y softwares computacionales que permiten la obtención de los parámetros, para su desarrollo.

Tabla 5. 1 Alcance del sistema

Concepto	Componentes	Descripción
Función	Sistema de agitación	-Obtener una mezcla homogénea de la leche en conjunto con los diferentes ingredientes, para la obtención de quesos. -Operación de mezclado automático. -Facilidad del proceso de mezcla en el proceso del cuajado.
Dimensiones	Marmita	Tiene una capacidad de mezclado de 1000 litros.
	Eje principal	-Un solo eje principal de agitación que tiene un diámetro de 38.1 mm con una altura de 0.75 m.

	Agitador tipo ancla	-Formado de una base de 0.381m y altura de 0.45 m con una separación de cuatro paletas planas de 0.097 m.
Movimientos		-El agitador posee un movimiento rotatorio.
Materiales	Acero	-Estructura en la que se monta el motor de acero AISI 304 con recubrimiento anticorrosivo. -Agitador de acero inoxidable.
Energía	Motor	-Motor eléctrico de 220 V, trifásico enlazado con un variador de frecuencia que es controlado para dos velocidades de 20 rpm y 55 rpm.

Fuente: Propia

5.1. Estudio de la sedimentación del queso

Para realizar el estudio de sedimentación del queso en la Cooperativa de Producción y Mercadeo Yacubiana, se realizó con una probeta de 500ml y un agitador de acero inoxidable.

El objetivo de realizar el estudio es saber a qué tiempo la masa que se encontraba conjuntamente con el suero se suspende en el fondo de la probeta separándose así del queso y el suero así establecer si es factible diseñar un sedimentador o un agitador.

El procedimiento que se realizó es: insertar 500 ml de queso y suero en la probeta luego se agitó hasta que los dos estén en homogeneizados a una velocidad de 55 RPM. Como se muestra la tabla siguiente se puede determinar en los tiempos y porcentajes a la que se va suspendiendo al fondo. Es una simulación de cómo se comporta el queso a la realidad como se muestra en el anexo III figura 1.

Tabla 5. 2 Determinación del estudio de sedimentación del queso en la Cooperativa de Producción y Mercadeo Yacubiana

Estudio de sedimentación		
Tiempo en segundos	Porcentaje de suspensión	Movimiento en RPM
0	0	55
10	5	20
28	25	0
42	40	0
50	60	0
1,00	100	0

Los porcentajes es que el 0% tiene una homogeneización de igual a igual el queso y el suero, el 100% es cuando existe la separación y el queso ya está suspendido al fondo.

Fuente: Propia

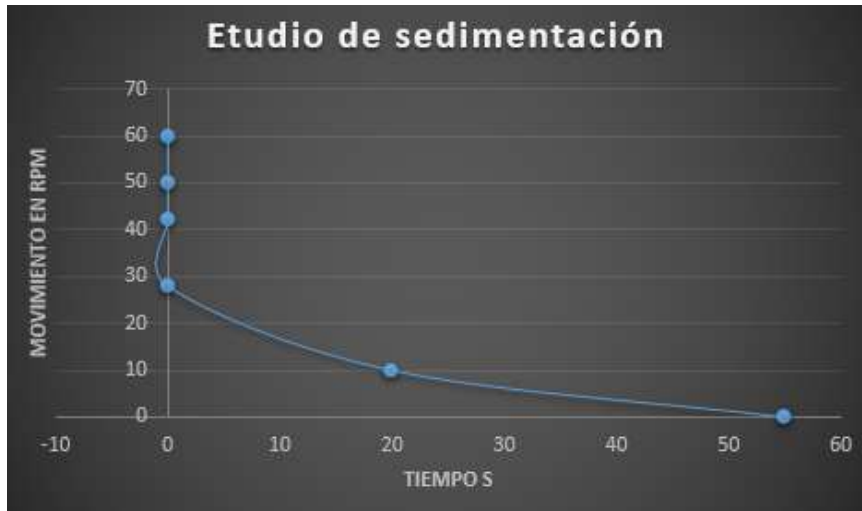


Figura 5. 1 Velocidad de agitación en función del tiempo
Fuente: propio



Figura 5. 2 Suspensión en función del tiempo.
Fuente: propio

Se obtuvo que, a un minuto, toda la masa del queso se encontraba suspendida concluyendo que para la elaboración del queso se debe estar en constante agitación y así mantener el queso en constante movimiento y se pueda homogeneizar y endurecer para su perfecta producción.

5.2. Determinación de los requisitos funcionales

Para el alcance del objetivo es necesario determinar las condiciones de las variables y valores específicos de capacidad que vamos a manejar.

Los parámetros iniciales, que son primordiales para su diseño vienen dados por la densidad y masa del queso.

Tabla 5. 3 Valores de cálculo de la masa y densidad del queso

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Densidad	ρ	4.2.1	$\rho = 1.03g/cm^3$
Masa	m_L	4.2	$m_L = 1028600g$
Masa total	m_{queso}	4.3	$m_{Q T} = 103164 g$
Volumen tina	V	4.1	$v = 1.0322m^3$

Fuente: Propia

Como otro parámetro esencial, tenemos como resultado que para la realización del agitador debemos utilizar el tipo de acero inoxidable AISI 304 ya que es el idóneo para este tipo de industria alimentaria, entonces debe tener los parámetros que establecen las normas de higiene.

Tabla 5. 4 Propiedades características del acero

Aceros	AISI 304	AISI 3016	AISI 430
Precio	5	1	10
Equipos para lácteos	10	10	1
Resistencia a la tracción (kg/mm2)	10	10	1
Corrosión	10	10	1
Total	35	31	13

Fuente: Propia

En la realización de la tabla 3, se basa mediante el análisis de datos de las diferentes propiedades de cada una de ella (ver anexo 3) y en función a ello se estableció una ponderación del 1 al 10 punto, donde: 1 es un valor menos confiable, 5 un valor intermedio y 10 un valor de mayor confiabilidad que presenta el material.

5.3. Diseño del sistema de almacenamiento y térmico

Para este ítem tenemos como resultado que el sistema existe, la cooperativa cuenta con el recipiente que es de tipo marmita; se trata de una olla doble fondo de metal, de acero inoxidable con capacidad para 1000 litros como se muestra las dimensiones en la **Tabla 5.5**. Bajo estas condiciones y adaptaciones se procede a tomar valores del recipiente que son de carácter importante para la obtención de resultados y su diseño.

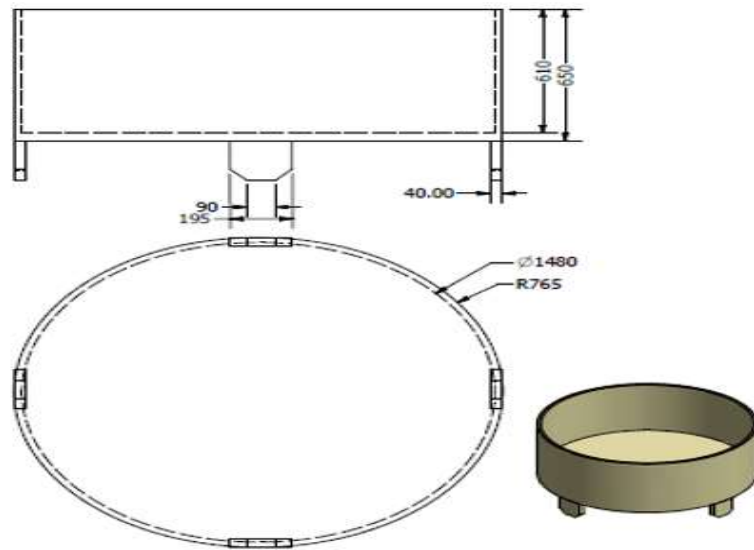


Figura 5.3 Medidas de la marmita para el sistema de agitación

Fuente: Propio

Tabla 5.5 Datos de la marmita

$V_{Total}(L)$	1032.2
Datos internos de la marmita	Datos externos de la marmita
$\phi_{T\ interno}(m)$	$\phi_{T\ externo}(m)$
1.48m	1.53
Altura_{Total interno}(m)	Altura_{Total}(m)
0.60	0.835
	$e_{camisa}(m)$
	0.025

Fuente: Propia

Cabe mencionar también que en el sistema térmico que trabaja la cooperativa es a una temperatura ambiente.

5.4. Diseño del Sistema Mecánico

En el sistema mecánico se estableció el diseño de los diferentes componentes que conforman el agitador, en base a los datos de la materia prima, que es un punto fundamental para su desarrollo.

5.4.1. Diseño del eje principal del agitador

Para el diseño del agitador se consideró la resolución de la ecuación 4.5 que involucra las variables para este tipo de cálculo.

Diseño del eje por carga estática, para determinar el valor del radio del eje transversal se delimita el cálculo de distintas variables, como primera se halla la fuerza máxima que posee el sistema, obteniendo como resultado lo siguiente:

$$F = 1043.03 \times 9.8 \times 0.55 \times 0.18 \quad \text{Ec. 4.4}$$

$$F = 1012 \text{ N}$$

Con el resultado obtenido se procede a determinar el torque máximo, donde se determina el cálculo mediante lo siguiente:

$$T = 1012 \times 0.026 \quad \text{Ec. (4.6)}$$

$$T = 26.31 \text{ Nm}$$

Tabla 5. 6 Resultados de los cálculos del eje del agitador.

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Fuerza	F	4.5	$F = 1012 \text{ N}$
Torque medio	T_m	4.15	$T_m = 26.31 \text{ Nm}$
Diámetro	D	4.14	$d = 50 \text{ mm}$

Fuente: Propia

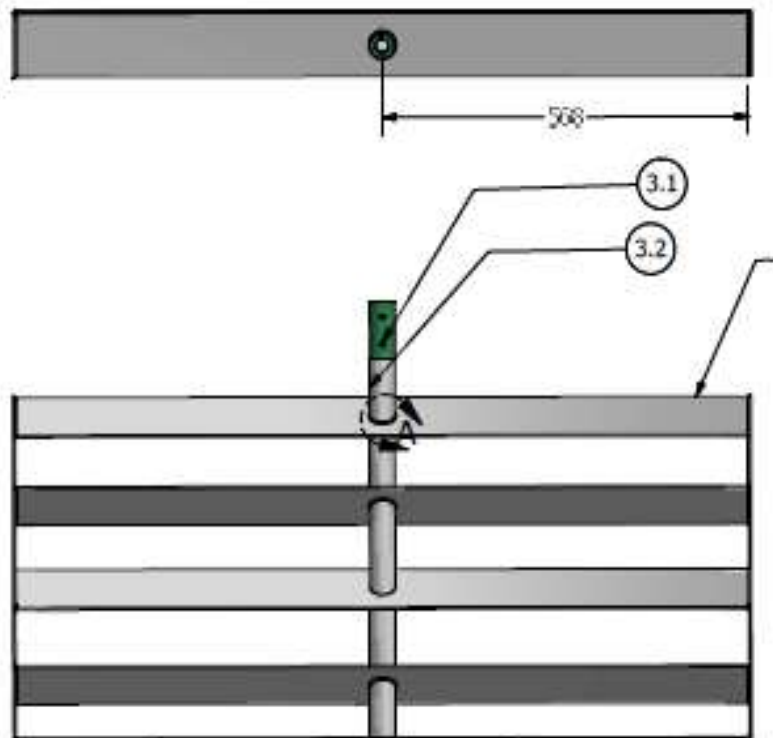


Figura 5. 4 Dimensiones del eje del agitador

Fuente: Propia

Además se procede al cálculo del esfuerzo cortante máximo, que es un ensayo a torsión, donde debe cumplir con la siguiente expresión: $\tau_{MAX} \leq Sy'$ por lo que el esfuerzo de fluencia (Sy) del material AISI 304 es de 276 Mpa, dicho lo anterior se obtiene el esfuerzo de fluencia cortante:

$$Sy' = \frac{276Mpa}{2}$$

$$Sy' = 138Mpa$$

Teniendo en consideración todos los resultados hallados en el cálculo ingenieril se procede a obtener el radio mínimo por medio de carga estática mediante la siguiente expresión matemática.

$$r = \sqrt[3]{k \frac{2FS}{\pi Sy'}} \quad \text{Ec. (4.10)}$$

$$r = 0.0084m$$

$$d = 0.0168 m$$

Diseño del eje por carga dinámica, se considerará que el sistema trabaja con un esfuerzo sinusoidal completamente invertido, por lo tanto, el esfuerzo medio es =0, además se hace las mismas consideraciones en relación al factor de seguridad y a los coeficientes de concentradores de esfuerzos que los realizados en el diseño del eje por carga estática. Para el cálculo del dimensionamiento del eje se utilizó el criterio de Goodman Modificado y que sintetiza bajo las consideraciones planteadas el siguiente resultado:

$$d = \left\{ \frac{32 \cdot 2}{\pi} \sqrt{\left(\frac{3}{4} \left(\frac{26.31 Nm}{5726 \times 10^6 Pa} \right)^2 \right)} \right\}^{1/3} \quad \text{Ec. (4.12)}$$

$$d = 0.01915 m$$

Se sabe que el diámetro mínimo con carga dinámica es el valor mayor de 19.15mm que debe tener el eje transversal. Por facilidad de construcción y por sugerencia del dueño de la empresa que manifestó lo siguiente: que tiene una proyección en un futuro, el cual plantea aumentar su producción, tomando en consideración una mezcla de 3000 litros, donde desea utilizar el mismo sistema de agitación el cual realizando una regla de tres simples se llega a la conclusión que para esa cantidad de leche se requiere un diámetro aproximado de 50 mm.

Seguido se realiza una síntesis que considera el dimensionamiento que involucra la resolución de las diferentes variables que involucran para el cálculo tanto para carga estática y carga dinámica del agitador. Se muestran en el siguiente cuadro.

Como dato adicional se tiene que para el factor de seguridad F_s se considera el catálogo de Martin, donde detalla el factor de servicio utilizando ejes rotacionales con cargas aplicadas repentinamente solo para impactos y va desde 1.5 a 2, para este caso escogemos el valor de mayor valor.

Tabla 5. 7 Resultados de las variables que involucran en el cálculo del eje principal, tanto de carga estática y dinámica.

Nombre			Símbolo	Resultado
Concentradores de esfuerzos	Anexo III Fig. 8		K	2.54
Factor de seguridad	Anexo III Fig. 2.2		F_s	2.00
Carga Estática				
Nombre	Ecuación		Símbolo	Resultado
Esfuerzo de fluencia cortante del material (AISI 304)	4.9		S_y'	$S_y' = 138 \text{ MPa}$
Radio	4.10		r	$r = 0.0084$
Torque	4.6		T	$T = 26.31 \text{ Nm}$
Carga Dinámica				
Torque	4.6		T	$T = 26.31 \text{ Nm}$
Límite de resistencia	4.13		S_e	$S_e = 57.26 \text{ MPa}$
Radio	4.10		r	$r = 0.009575$

Fuente: Propia

5.4.2. Diseño del sistema de agitación tipo ancla

Para el diseño de agitación se consideró las dimensiones del recipiente que le contiene a la materia prima, en este caso es de tipo marmita, además se tiene una separación que se lo establece por la sugerencia del fabricante en abarcar un mayor espacio para que exista homogeneidad, tanto al momento de añadir los aditivos como en la cuajada.

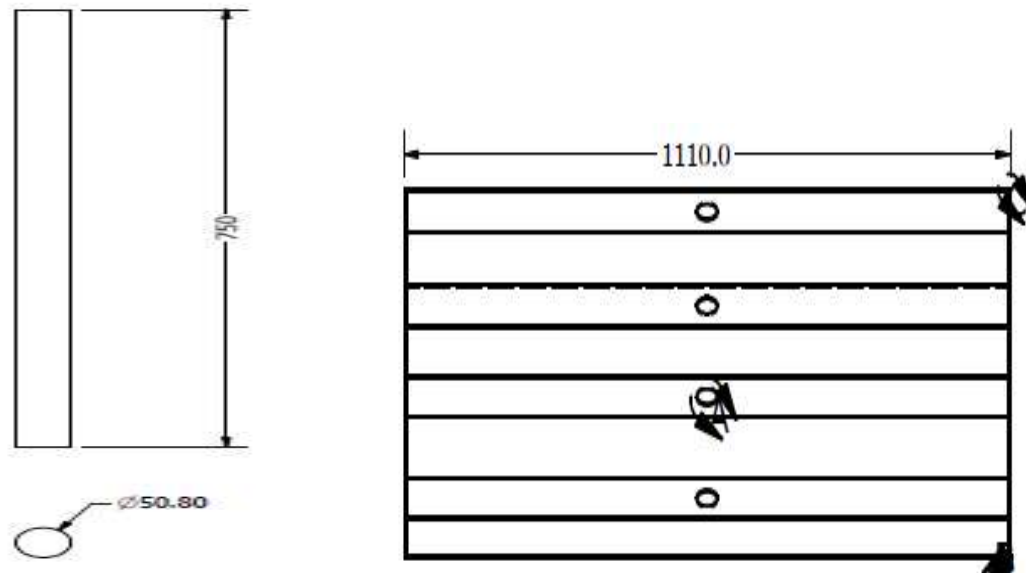


Figura 5. 5 Datos de las medidas de la agitación tipo ancla.

Fuente: Propia

Tabla 5. 8 Resultado del sistema de agitación

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Longitud del brazo	L_B	4.19	$L_B = 0.93$
Espesor del agitador	E_r	4.16	$E_r = 0.09 \text{ m}$
Diámetro del rodete	X	4.20	$x = 0.55 \text{ m}$
Distancia entre el fondo del tanque y el rodete	y	4.21	$y = 0.33$
Altura de la paleta	A_p	4.17	$A_p = 0.16 \text{ m}$
Distancia entre rejillas	x_p	4.18	$x_p = 0.23 \text{ m}$

Fuente: Propia

5.4.3. Análisis cinemático de rotación del sistema

Este dato se obtiene directamente en función de los requerimientos de la cooperativa, sin embargo, en caso de querer verificar dichos valores se lo podría realizar utilizando un tacómetro directamente en el proceso de fabricación actual. Estos son de 20 rpm como valor inicial para poder tener una mezcla homogénea de todos los aditivos para luego ser agregado el cuajo, para este proceso se debe tener un mezclado con una velocidad de 55 rpm como segundo valor final.

5.4.4. Diseño del sistema de transmisión de potencia

En el diseño de transmisión de potencia se delimita la potencia mecánica requerida, esto involucra al torque máximo en conjunto con el número de velocidad angular máxima que debe girar el motor, así evitamos que la mezcla se encuentre en el régimen erróneo y no exista

homogeneidad al momento de la elaboración del producto. Para el dimensionamiento de la transmisión de potencia se multiplicó el 10 por ciento de las pérdidas obteniendo una potencia del 1.64 HP como se muestra en el anexo III tabla 9.

Tabla 5. 9 Resultados de la transmisión de potencia mecánica.

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Numero de Reynolds	NR_e	4.22	$NR_e = 14.53 \times 10^4$
Velocidad angular	W	$w = 2 \pi/t$	$w = \frac{11}{6} \pi$ rad/s $w = 55$ rev/min
Potencia del motor	P	4.23	1. 643 HP

Fuente: Propia

En base a esa potencia y los requerimientos como son el voltaje y la protección para trabajos en industria alimentarias se procederá a escoger en tipo del reductor. Para eso se procede a verificar el Anexo III tabla 11. Dando como la mejor opción para la transmisión de potencia por medio de engranajes dando como resultado un puntaje de 55.

5.4.4.1. Potencia del reductor

Como se ha podido analizar, el motor de corriente alterna se desempeña en un régimen nominal de vueltas, por ello para adaptar a la velocidad requerida para el proceso se necesita reducirla mediante el uso de un reductor donde es apropiado para este tipo de trabajo.

Para este tipo de aplicación el reductor de engranajes es el más común, dado que presenta relación de transmisión constante e independiente de la carga, es de elevado rendimiento, de dimensión reducida y poseen gran seguridad de funcionamiento; no obstante, genera ruido y requiere mantenimiento, sobre todo con su lubricante. Para determinar el reductor a utilizar se decide mediante las características requeridas para este tipo de función y se selecciona en relación a su potencia de entrada y velocidad de salida, a continuación, se ilustra las características del reductor:

1,50 kW							
n2 [rpm]	M2 [Nm]	fs	i	Reductor	Tamaño Motor	Polos	Fr2 [N]
562,0	23	1,8	5,00	NMRV050	80C ⁽¹⁾	2	1251
375,0	34	1,3	7,50	NMRV050	80C ⁽¹⁾	2	1433
281,0	45	1,1	10,00	NMRV050	80C ⁽¹⁾	2	1577
187,0	68	1,8	7,50	NMRV-P063	90L/90LA	4	2359
187,0	68	2,6	7,50	NMRV-P075	90L/90LA	4	2785
140,0	89	1,4	10,00	NMRV-P063	90L/90LA	4	2597
140,0	90	2,1	10,00	NMRV-P075	90L/90LA	4	3065
140,0	91	3,6	10,00	NMRV-P090	90L/90LA	4	3391
124,0	102	1,7	7,50	NMRV-P075	100L/100LA	6	3227
124,0	103	2,9	7,50	NMRV-P090	100L/100LA	6	3570
93,0	129	1,1	15,00	NMRV-P063	90L/90LA	4	2973
93,0	132	1,4	10,00	NMRV-P075	100L/100LA	6	3551
93,0	132	1,6	15,00	NMRV-P075	90L/90LA	4	3509
93,0	134	2,4	10,00	NMRV-P090	100L/100LA	6	3929
93,0	134	2,8	15,00	NMRV-P090	90L/90LA	4	3882
70,0	170	1,3	20,00	NMRV-P075	90L/90LA	4	3862
70,0	174	2,1	20,00	NMRV-P090	90L/90LA	4	4273
70,0	176	3,5	20,00	NMRV-P110	90L/90LA	4	5399
62,0	192	1,1	15,00	NMRV-P075	100L/100LA	6	4065
62,0	196	1,9	15,00	NMRV-P090	100L/100LA	6	4498
60,0	198	2,1	23,29	HWO40+NMRV-P090	90L/90LA	4	4495
60,0	200	2,1	23,29	HWO40+NMRV-P110	90L/90LA	4	5680
56,0	212	1,7	25,00	NMRV-P090	90L/90LA	4	4603
56,0	217	3,0	25,00	NMRV-P110	90L/90LA	4	5816
47,0	253	1,5	20,00	NMRV-P090	100L/100LA	6	4951

Figura 5. 6 Datos técnicos del reductor
Fuente: [28]

5.4.5. Selección del sistema de rodadura

Acorde a la investigación preliminar realizada en la metodología se procede a la selección del rodamiento tipo Chumacera de la serie de acero inoxidable con tornillo de fijación.

Tabla 5. 10 Selección del tipo de chumacera. Datos técnicos tomados de For New Technology Network NTN corporation.

Diámetro del eje mm	Número ¹⁾ de la chumacera	Dimensiones nominales											Tamaño del perno mm
		H	L	J	A	N	N ₁	H ₁	H ₂	L ₁	B	S	
20	F-UCPM204/LP03	33.3	120	95	30	12	14	11	64	42	31	12.7	M10
25	F-UCPM205/LP03	36.5	130	105	30	12	14	12	70	42	34.1	14.3	M10
30	F-UCPM206/LP03	42.9	155	121	36	17	20	13	82	54	38.1	15.9	M14
35	F-UCPM207/LP03	47.6	161	127	38	17	20	14	92	54	42.9	17.5	M14
40	F-UCPM208/LP03	49.2	171	137	40	17	20	14	98	52	49.2	19	M14
45	F-UCPM209/LP03	54	180	146	40	17	20	14	105	60	49.2	19	M14
50	F-UCPM210/LP03	57.2	195	159	45	19	22	16	114	65	51.6	19	M16

Fuente: [32]

Para esta serie se utiliza grasa de grado alimentario o resistente al calor y como dato adicional para saber la cantidad en gramos de grasa que debe aplicar al rodamiento se determina: mediante la multiplicación de una constante de 0.005, el diámetro exterior del rodamiento y el ancho total del rodamiento, resolviendo dicha expresión matemática tenemos que se debe utilizar la cantidad de 20.64 mg de grasa.

5.4.6. Diseño del bastidor

La estructura que estará sometida a una carga puntual concéntrica se debe validar su resistencia a la torsión y a su esfuerzo cortante que posee la viga, así se evitará la ruptura del mismo.

La estructura que estará sometida a una carga puntual concéntrica se debe validar su resistencia a la torsión y a su esfuerzo cortante que posee la viga, así se evitará la ruptura del mismo. Acorde al análisis realizado en la metodología se tiene como resultado lo siguiente.

Momento cortante de la viga. - se determinó la fuerza cortante de la viga, mediante la siguiente expresión matemática:

$$R1 = R2 = \frac{1}{2} 392.4N \quad \text{Ec. (4.24)}$$

$$R1 = R2 = 196.2 N$$

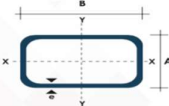
Momento flector de la viga. - para la determinación de esta variable se realiza la sumatoria de los momentos 1 y 2 existentes en la viga, que se lo realiza mediante el análisis por el método de las áreas obtenido lo siguiente.

$$\text{Momento 1} = 0.465 \text{ m} \times 196.2 \text{ N} = 92.2 \text{ Nm}$$

$$\text{Momento 2} = 92.2 \text{ Nm} + ((0.465 \text{ m} \times (-196.2 \text{ N})) = 0 \text{ Nm}$$

Con los resultados obtenidos se procede a detallar en la siguiente tabla, teniendo en cuenta que se debe evitar exponer a los valores hallados, así evitar su deformación. Se escoge un perfil tubo estructural rectangular galvanizado DIPAC 161 x 150 x 50 x 2 debido a las dimensiones requeridas para el montaje del motor y la mezcladora industrial.

Tabla 5. 11 Selección del tubo rectangular. Datos técnicos de la empresa DIPAC.



Dimensiones			Área		Ejes Y-Y'			Ejes X-X'		
A mm	B mm	Espesor (e) mm	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	40	1.2	1.09	1.32	2.61	1.30	1.12	0.88	0.88	0.83
20	40	1.5	1.35	1.65	3.26	1.63	1.40	1.09	1.09	0.81
25	40	2.0	1.78	2.14	4.04	2.02	1.37	1.53	1.33	0.79
25	50	1.5	1.71	2.10	6.39	2.56	1.74	2.19	1.75	1.02
25	60	2.0	2.25	2.74	8.37	3.35	1.75	2.80	2.24	1.01
25	60	3.0	3.30	4.14	12.56	5.02	1.74	3.99	3.19	0.99
30	50	1.5	1.88	2.25	7.27	2.91	1.80	3.32	2.21	1.21
30	60	2.0	2.41	2.94	9.52	3.81	1.80	4.28	2.85	1.21
30	60	3.0	3.30	4.21	12.78	5.11	1.74	5.66	3.77	1.16
30	70	2.0	3.03	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.48	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	60	1.5	2.29	2.91	14.90	4.97	2.26	7.94	3.97	1.65
40	60	2.0	3.03	3.74	18.08	6.13	2.22	9.81	4.90	1.62
40	60	3.0	4.48	5.41	25.31	8.44	2.16	13.37	6.69	1.57
30	70	1.5	2.34	2.91	18.08	5.17	2.49	4.76	3.17	1.28
30	70	2.0	2.93	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.25	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	80	1.5	2.76	3.74	31.75	7.94	2.91	10.77	5.39	1.70
40	80	2.0	3.66	4.54	37.32	9.33	2.87	12.70	6.35	1.67
40	80	3.0	5.42	6.61	52.16	13.04	2.81	17.49	8.75	1.63
50	100	2.0	4.52	5.74	74.94	14.99	3.61	25.65	10.26	2.11
50	100	3.0	6.71	8.41	106.34	21.27	3.56	35.97	14.39	2.07
50	150	2.0	6.17	7.74	207.45	27.66	5.18	37.17	14.87	2.19
50	150	3.0	9.17	11.41	298.35	39.78	6.11	62.54	21.02	2.15

Fuente: [30]

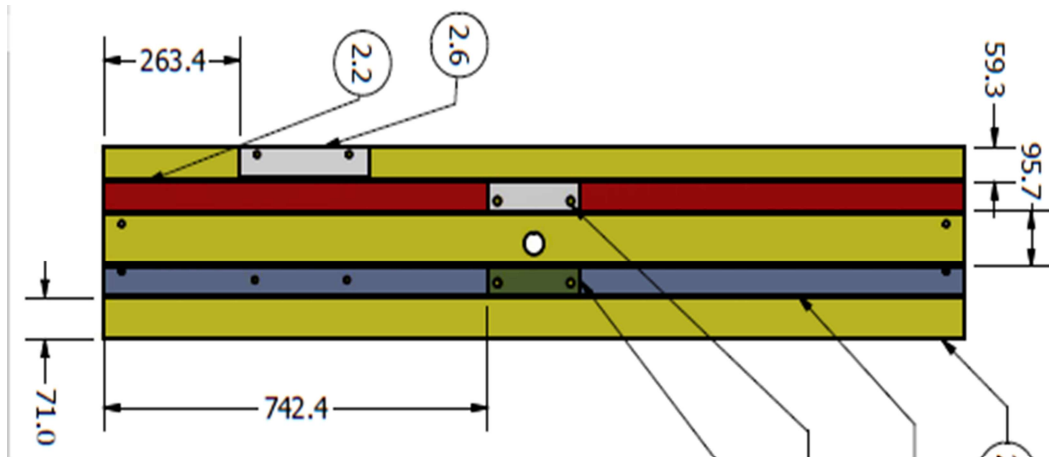


Figura 5. 7 Medidas de la estructura para el agitador
Fuente: Propia

Tabla 5. 12 Resultados de los cálculos de la estructura.

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Momento flector	$Q(N)$	4.24	$Q(N) = 196N$
Fuerza cortante	M	4.24	$M = 98.1 Nm$

Fuente: Propia

Luego se procede al cálculo de las columnas del bastidor, se diseñan las columnas con una altura $h_c = 0.94$ m y con una viga que tiene una forma de tubo estructural cuadrado de acero galvanizado, Calidad SAE J 403 1008. La figura 5.5. muestra el diagrama de cuerpo libre del bastidor.

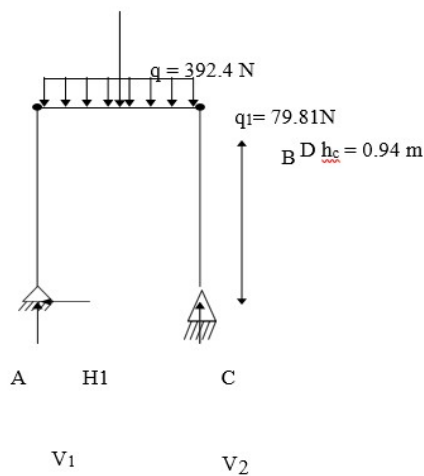


Figura 5. 8 Diagrama de cuerpo libre del bastidor
Fuente: Propia

Donde q_1 es la carga distribuida debida al peso de la viga establecida y calculada por el

catálogo de la tabla 5.10.

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$H_1 = H_2 = 0$$

$$columna\ 1 = columna\ 2 = \frac{q + q1}{2}$$

$$columna\ 1 = columna\ 2 = \frac{392.4 + 79.81}{2}$$

$$columna\ 1 = columna\ 2 = 236.1\ N$$

Por lo tanto, las columnas deben soportar una carga de compresión de 236.1 N. Entonces se procede a seleccionar según el catálogo DIAPAC, que se diseña con dimensiones de 0.935 x 0.143 x 0.43 x 0.002 m que dichas columnas, son el soporte de la viga en conjunto con los elementos que le contiene.

5.5. Diseño del sistema eléctrico y de control

Para el diseño eléctrico se consideró el dimensionamiento del eje del agitador en conjunto con los 1000 litros de leche que se encuentra en el recipiente.

5.5.1. Selección del sistema de potencia del motor eléctrico

Mediante las fórmulas y la información obtenida a través de la metodología desarrollada, se considera el resultado mediante dos posibilidades que se desglosan a continuación.

Mediante el análisis del fluido se procede a determinar el número de Reynolds mediante lo siguiente:

$$NR_e = \frac{0.50^2 * 0.55 * 1.0286}{8 \times 10^{-3}} \quad \text{Ec. (4.22)}$$

$$NR_e = 17.67$$

Potencia frente al número de Reynolds.- El consumo de la potencia se relaciona con la densidad del fluido ρ , su viscosidad μ , la velocidad rotacional N, el diámetro del rodete ϕr^2 , por medio de gráficas del número de potencia Np en función del número Reynolds. Se determina su potencia mediante la siguiente ecuación.

$$P = \left(\frac{0.6}{1}\right)(1430.3 * 0.9167^3 * 1.10^5) \quad \text{Ec. (4.23)}$$

$$P = 1064.69\ \text{watts}$$

$$P = 1.42\ \text{HP}$$

Potencia mediante análisis cinemático. - se considera como valor principal el torque máximo por su velocidad angular máxima.

$$P_{el\acute{e}ctrica}: T \times W$$

$$P_{el\acute{e}ctrica}: (26.31Nm \times 55 \text{ rpm})$$

$$P_{el\acute{e}ctrica}: 1447.05 \text{ watts}$$

$$P_{el\acute{e}ctrica}: 1.93 \text{ HP}$$

Selección del motor

Para efecto de este trabajo se considera la potencia de mayor valor, en este caso la potencia es de 1.93 HP.

$$P_{el\acute{e}ctrica}: 1.93 \text{ HP} + 10\%(0.193)$$

$$P_{el\acute{e}ctrica}: 2.1 \text{ HP}$$

A este resultado se considera por efecto de pérdida en el sistema de un 10% del valor obtenido. Y como en el mercado no se puede conseguir con ese valor entonces se procede a establecer a un valor estándar de mercado que será de 2 HP.

Con el resultado se elegirá el tipo de motor con sus características en conjunto con los equipos de protección y accionamiento para su funcionamiento ideal, donde se sintetiza en la siguiente tabla.

Tabla 5. 13 Selección de los equipos del sistema de potencia.

Equipo	Código	Anexo
Motor Eléctrico	Clinton electric de serie YC100 1 1-4 IEC 2 HP, 1800 rpm con un torque nominal de 263.13Nm	Los datos técnicos son establecidos por la empresa DINATEK. EC [26]
Contactador principal	WCT25A Contactador 2 polos, 25 A, 24 V CC – NA, NC	Para el sistema de control y protección del motor se encuentra especificado en el Anexo III figura 17
Interruptor termomagnético	MINI-INTERRUPTOR TERMOAG MDW-C25-2: 2 polos, 25 A, C curve	
Protección térmica		
Conductor	Cable flexible TW(60°C) #10 AWG con una capacidad de 30 A	

Fuente: Propia

5.5.2. Selección del variador de frecuencia

Para el control de velocidad es necesario la utilización de un variador, el cual se debe tomar en cuenta ciertos parámetros al momento de su selección tales como: la aplicación; en este caso es para el manejo de sólidos y movimientos mecánicos y como otro punto muy importante es que debe ser para un motor aplicable que tiene una potencia de 2HP, con una tensión nominal de 220 V AC trifásico y una corriente nominal de 6 A. Dicho estos datos obtenidos el cálculo se selecciona al variador que se detalla a continuación:

Tabla 5. 14 Características del variador. Datos establecidos por la empresa WEG.BRA.

Equipo	Código	Características
Variador de frecuencia	CFW300A07P3S2NB20	-Marca WEG - Parámetros: Tensión de alimentación bifásica 220V, corriente nominal de 7.3 A.

Fuente: [31].

5.5.3. Diseño del sistema de control

En el diseño de la parte de control del sistema se procede a la utilización del software CADe_SIMU, el cual nos permite simular, verificar, controlar y validar el diseño eléctrico en conjunto con el motor y variador de frecuencia.

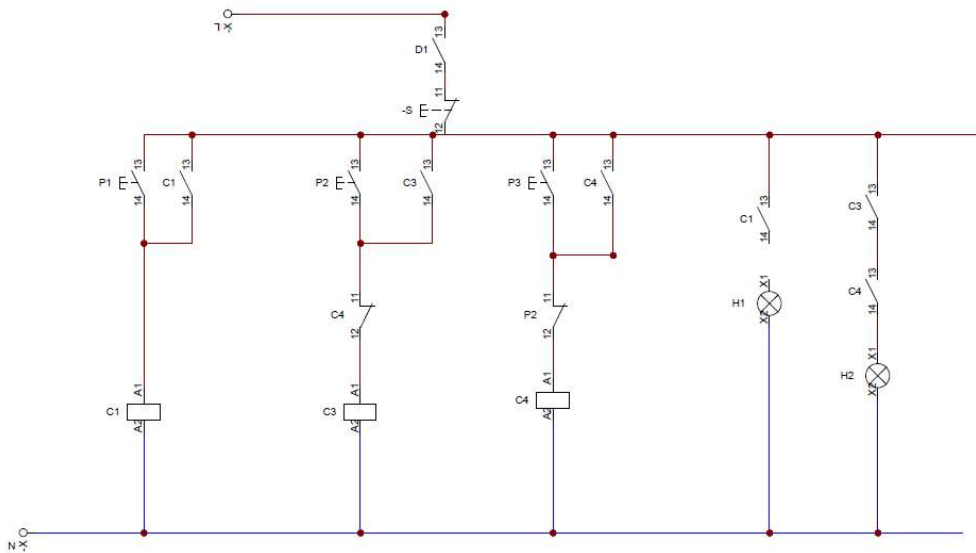


Figura 5. 9 Sistema de control de la máquina de agitación.

Fuente: Propio

5.6. Análisis de elemento finitos

Mediante la utilización del Software CAE, se verificará el comportamiento del queso al momento de la agitación con la velocidad especificada por la empresa, también se analizará los comportamientos de los componentes del sistema bajo cargas obtenidas en los cálculos anteriores.

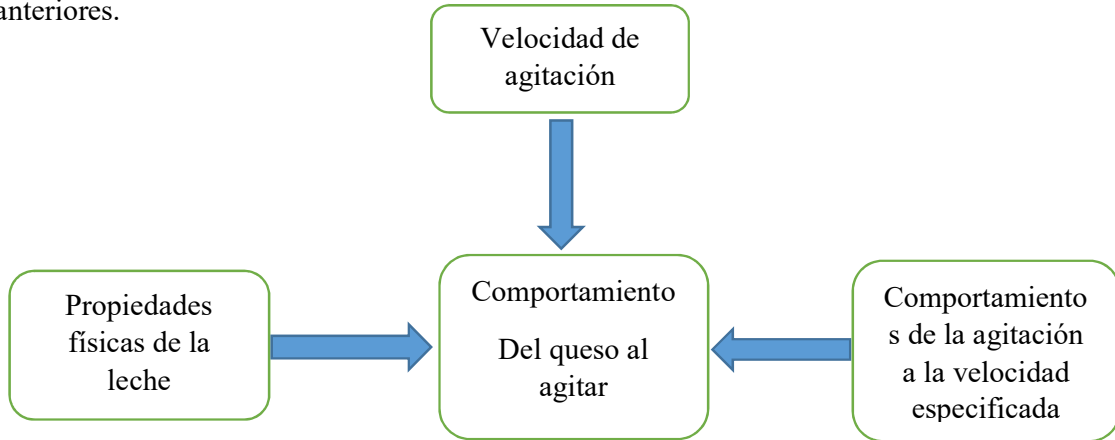
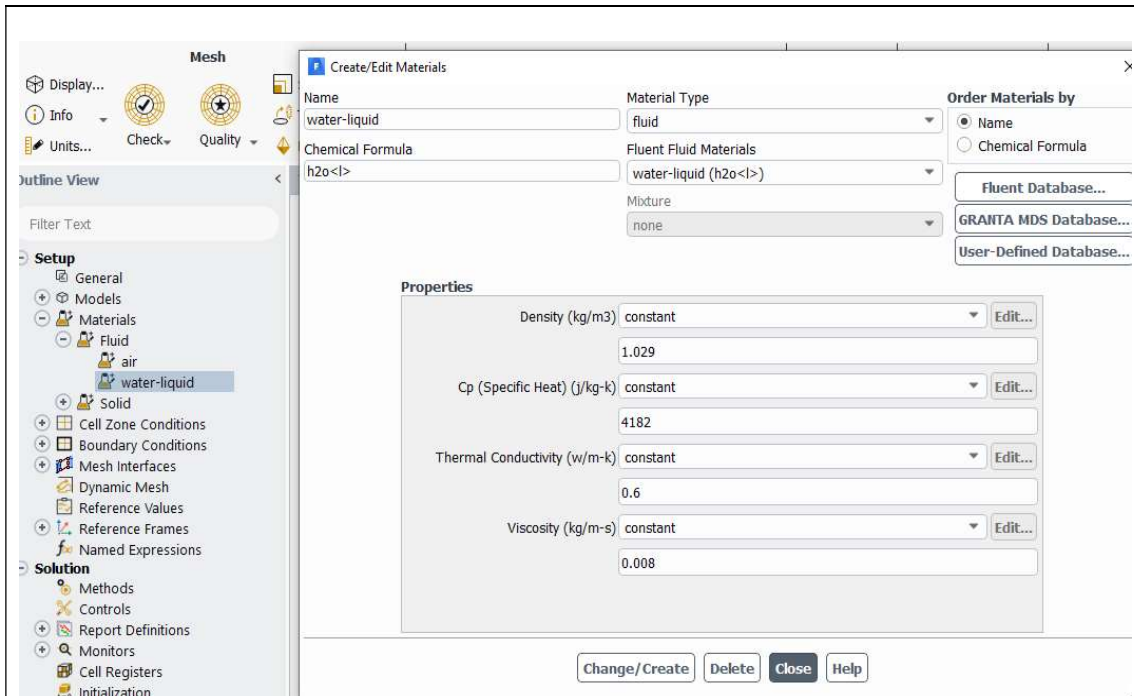


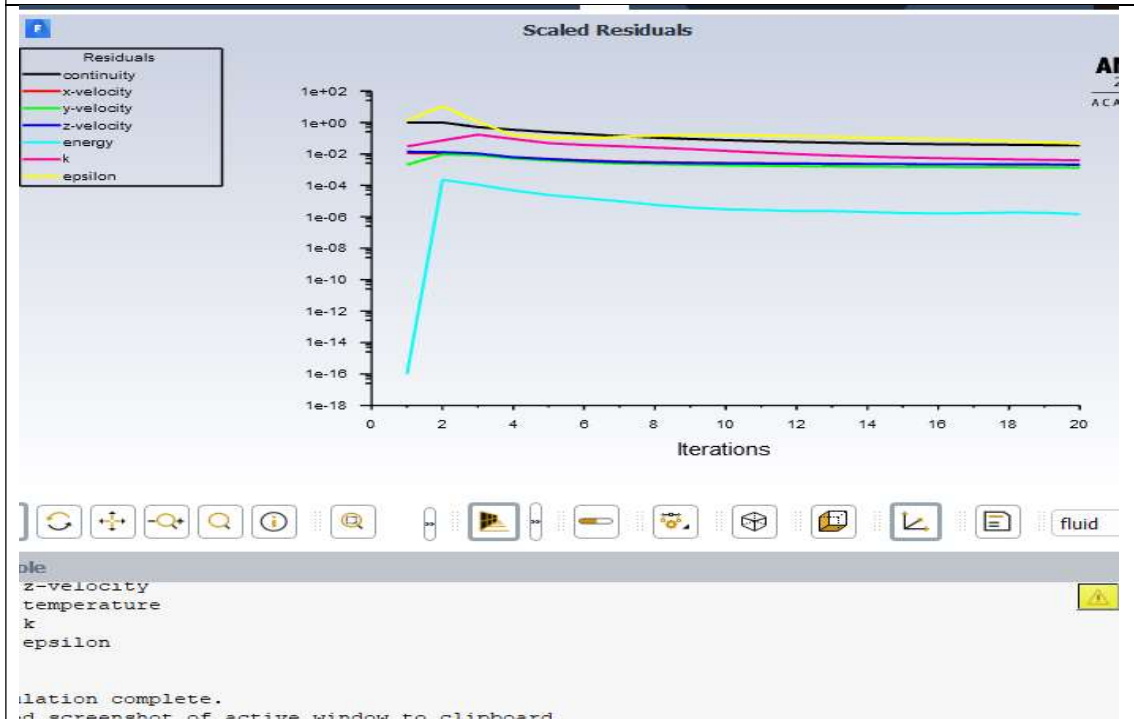
Figura 5. 10 Simulación del proceso de agitación del queso en el Software ANSYS e Inventor.
Fuente: Propia

Tabla 5. 15 Comportamiento de la agitación al momento de la elaboración del queso.

Simulación de la agitación en CFD Flow Fluyente (Fluid)
Parámetros para la agitación
Volumen del producto: $1\ m^3$
Velocidad de agitación: 20-55 RPM
Densidad: $1.0286\ g/cm^3$
Viscosidad: $8\left(\frac{Kg}{ms}\right)$

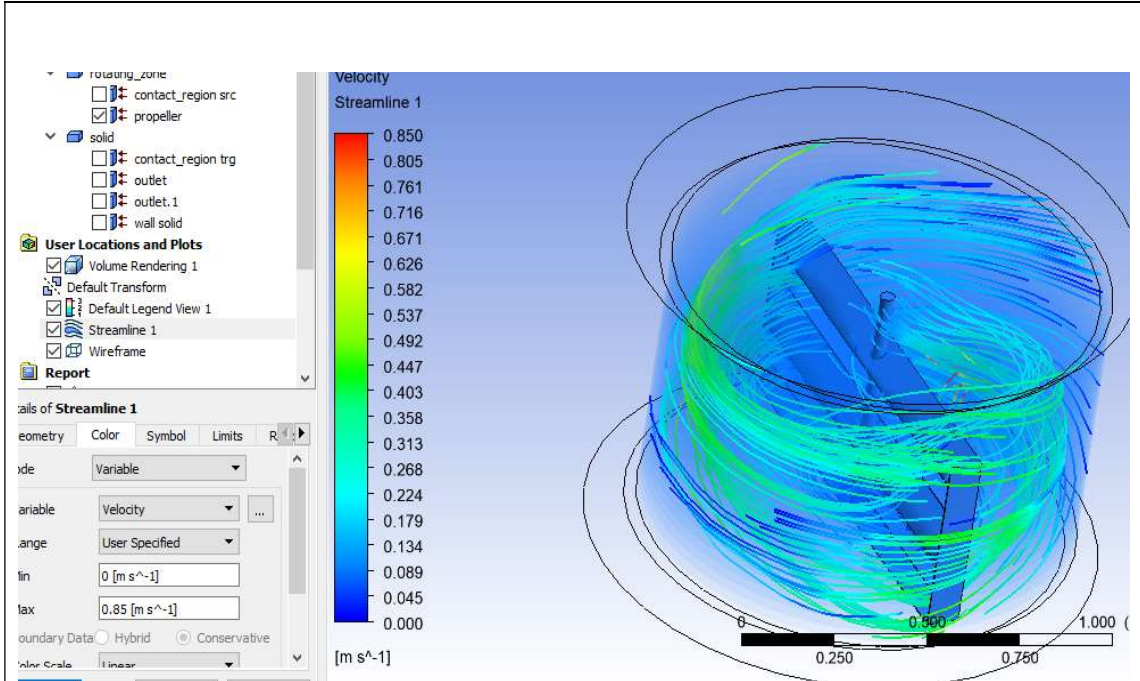


Para la simulación se tomó los datos de las propiedades del queso aplicando como una sustancia líquida en este caso el agua ya que solo el 10% es la masa del queso. Y a este líquido modifica la densidad y la viscosidad correspondiente al queso.



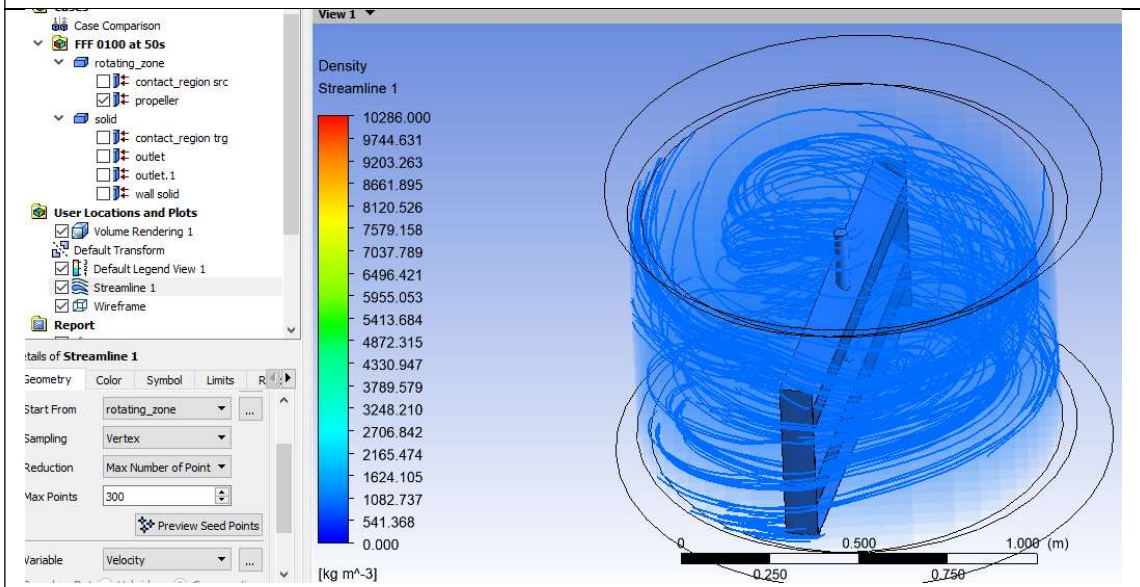
Simulación 1

En la simulación 1 muestra que la velocidad empieza bajo, pero luego se estabiliza en durante la ejecución del análisis matemático.



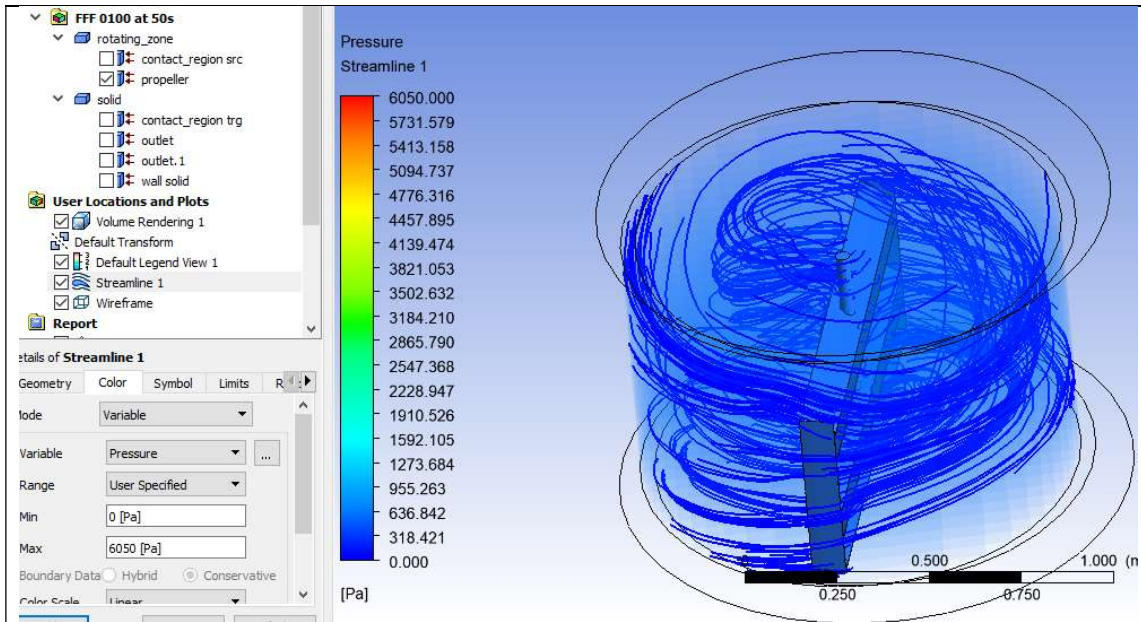
Simulación 2

Se muestra que la simulación en este ámbito, la velocidad fluye por todo el sistema de almacenamiento dando una homogeneidad uniforme.



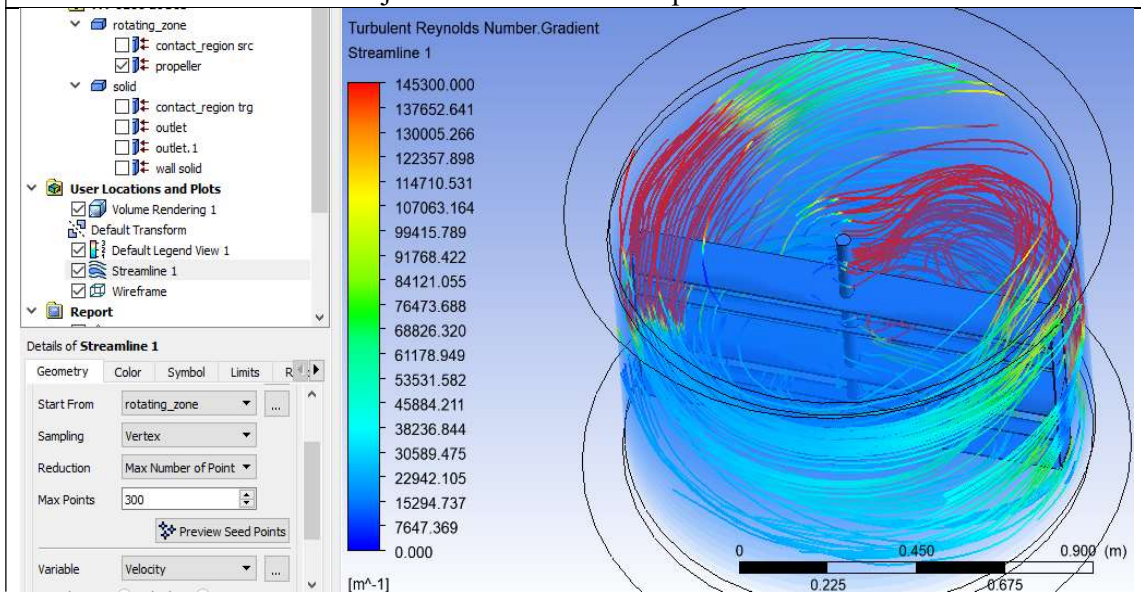
Simulación 3

En la simulación 3 muestra que la densidad del fluido tiene uniformidad del mismo.



Simulación 4

En la simulación muestra que la presión a la que ejerce el líquido, el agitador al momento de realizar el trabajo a la velocidad de 55 rpm no tiende a esforzarse.



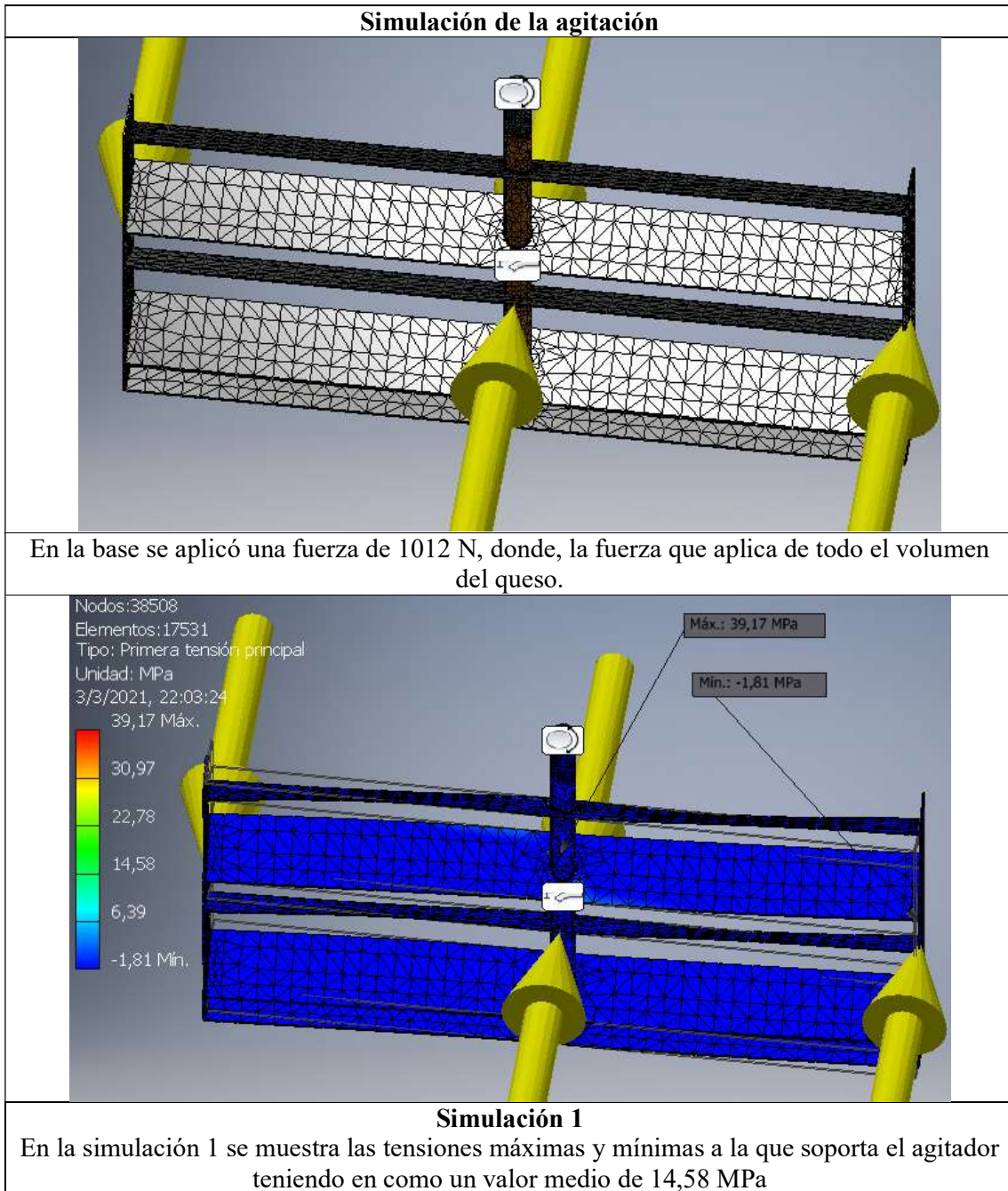
Simulación 5

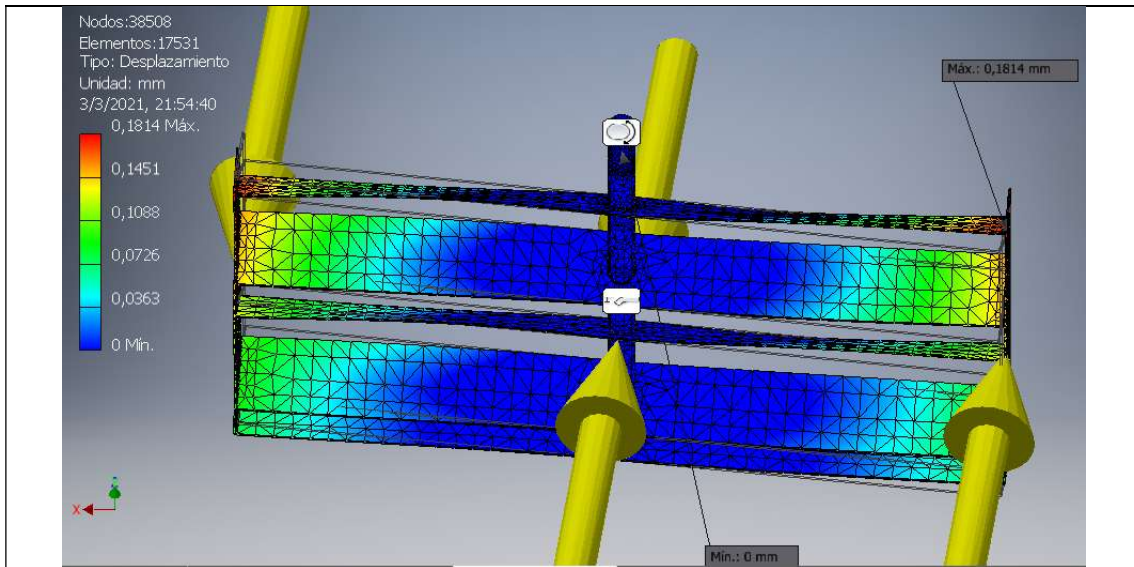
El régimen establecido nos muestra que tiene un óptimo desarrollo al momento de la agitación. Estableciendo que no hay vórtices al momento de la agitación.

5.6.1. Análisis del agitador tipo Ancla

En la siguiente simulación nos indica los parámetros que soporta el sistema bajo fuerza de 1012 N la cual es la fuerza aplicada para mover el agitador.

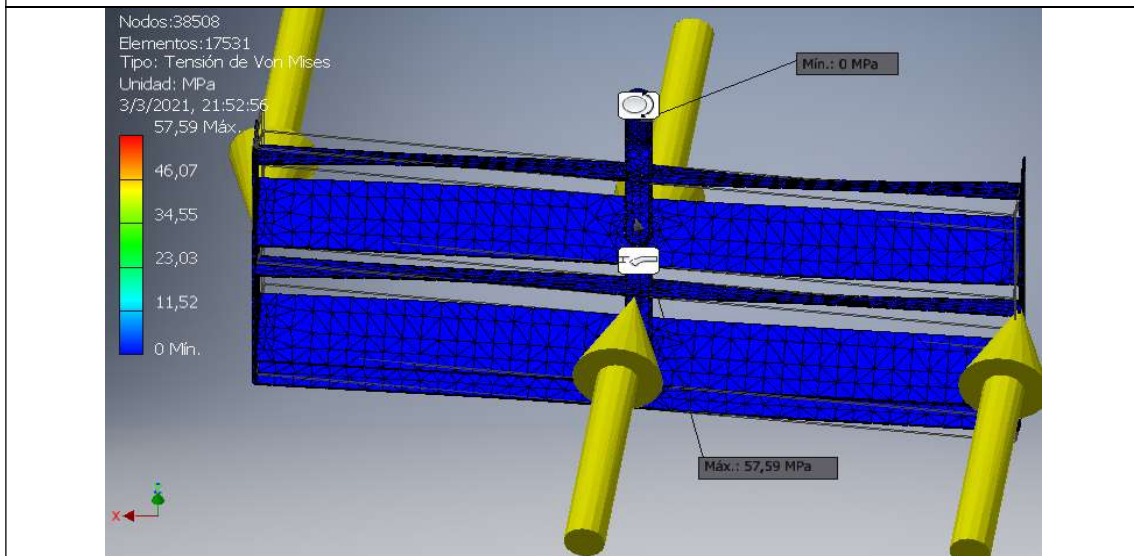
Tabla 5. 16 Análisis del agitador tipo ancla.





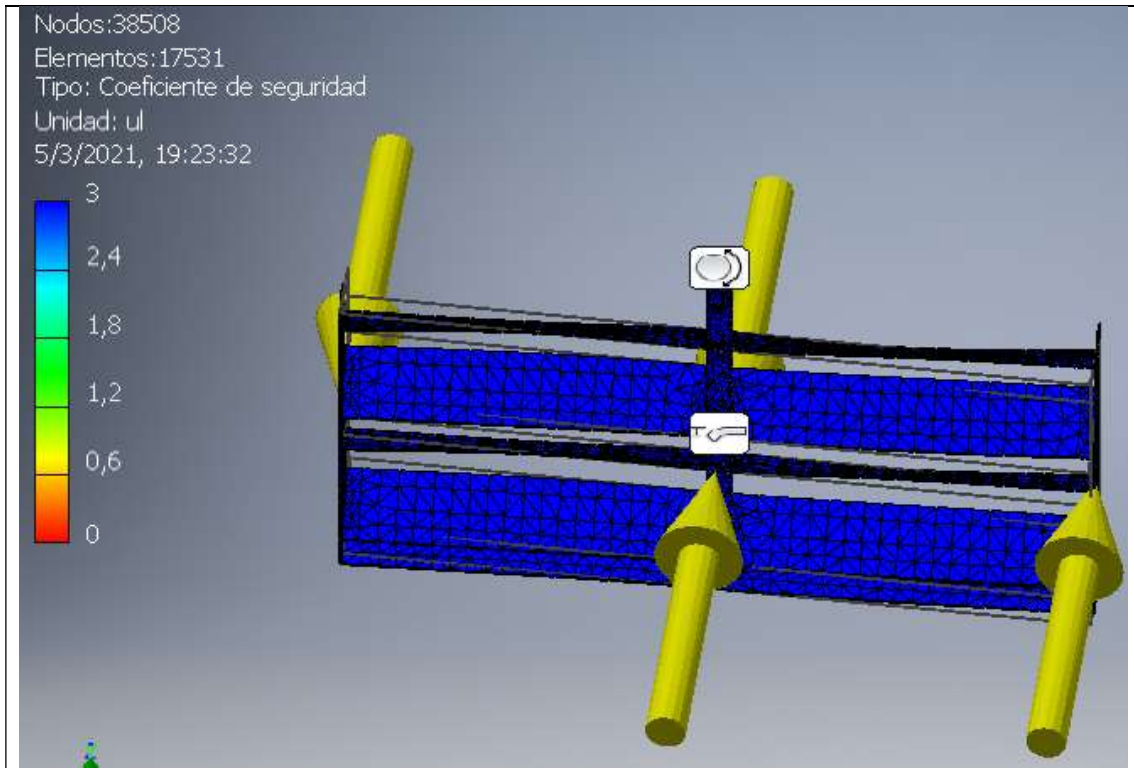
Simulación 2

Se observa que el desplazamiento máximo que tiene del sistema es bajo la cual es de 0.18mm



Simulación 3

En la simulación 2 mediante la teoría de fallas se calculó el valor de Von Mises dando como resultado de 24.27 MPa intermedio.



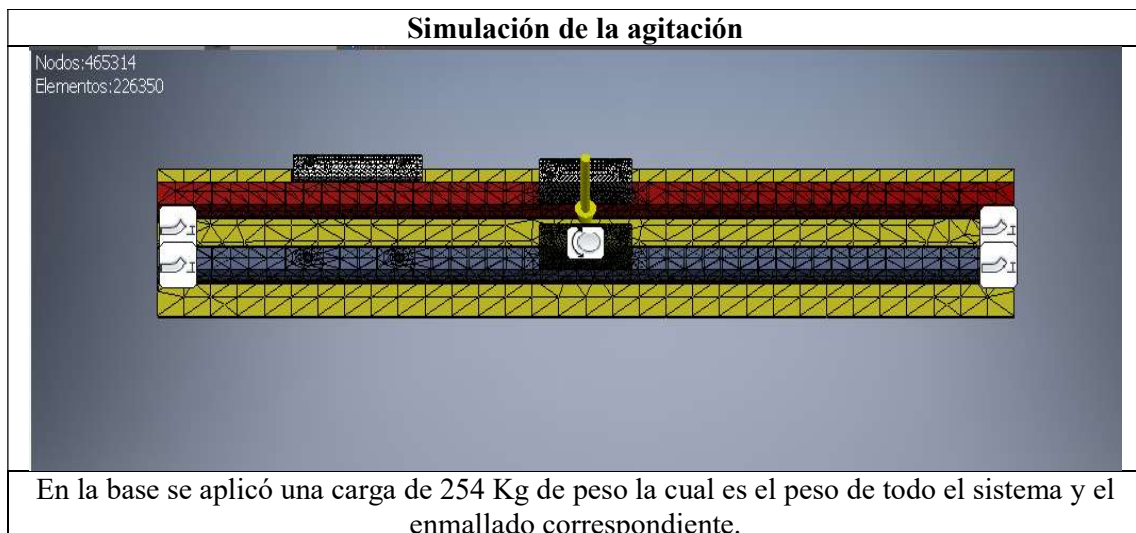
Simulación 4

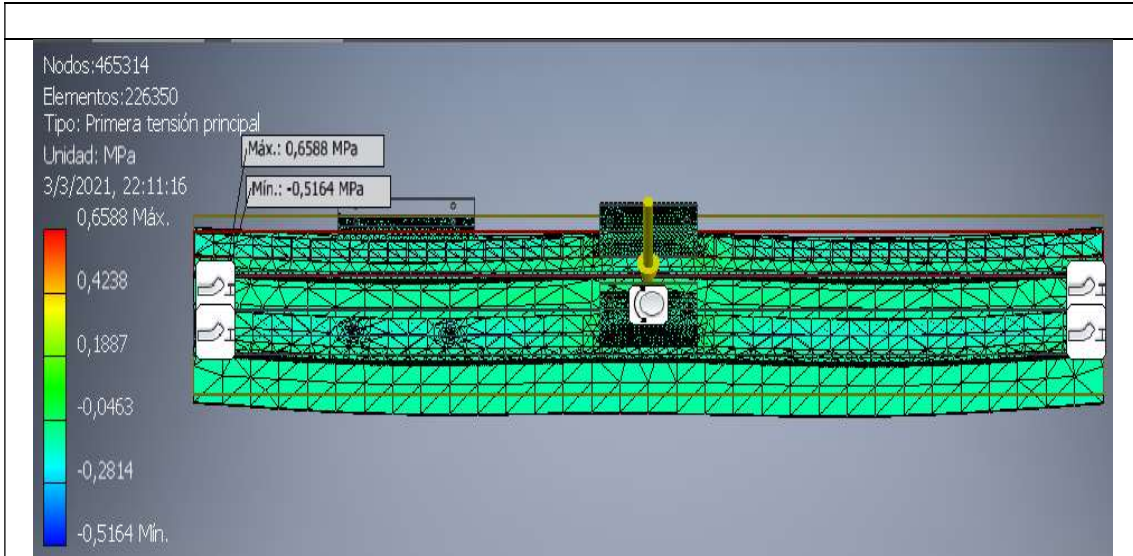
En la simulación 3, muestra el factor de seguridad indicando que es 1.8 veces a la cual soportará la base.

5.6.2. Análisis de la base del agitador

El diseño de la base del agitador debe satisfacer las cargas de 254 Kg la cual es el peso de todo el sistema que a la que tiene que soportar.

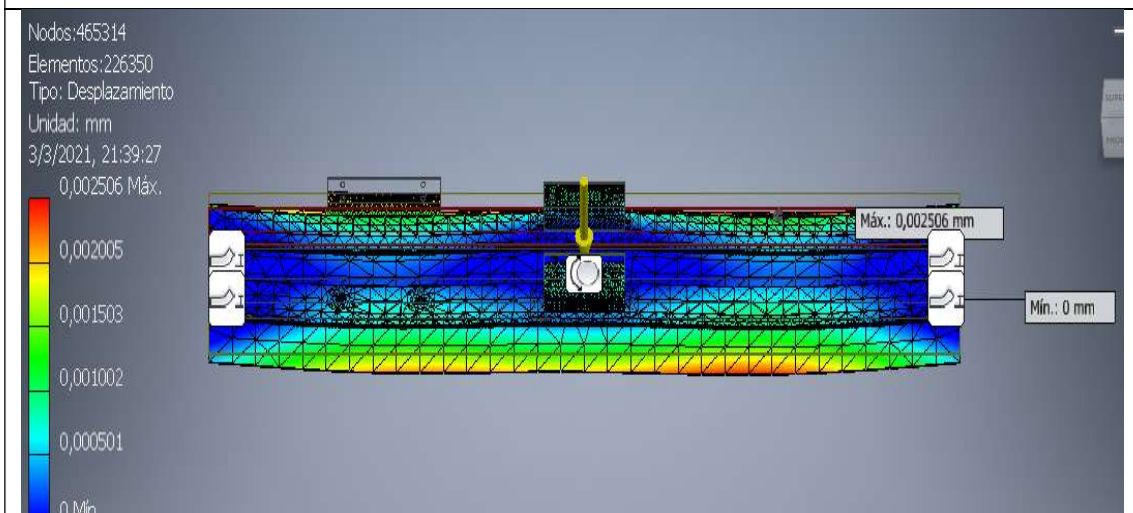
Tabla 5.17 Análisis de la base del agitador





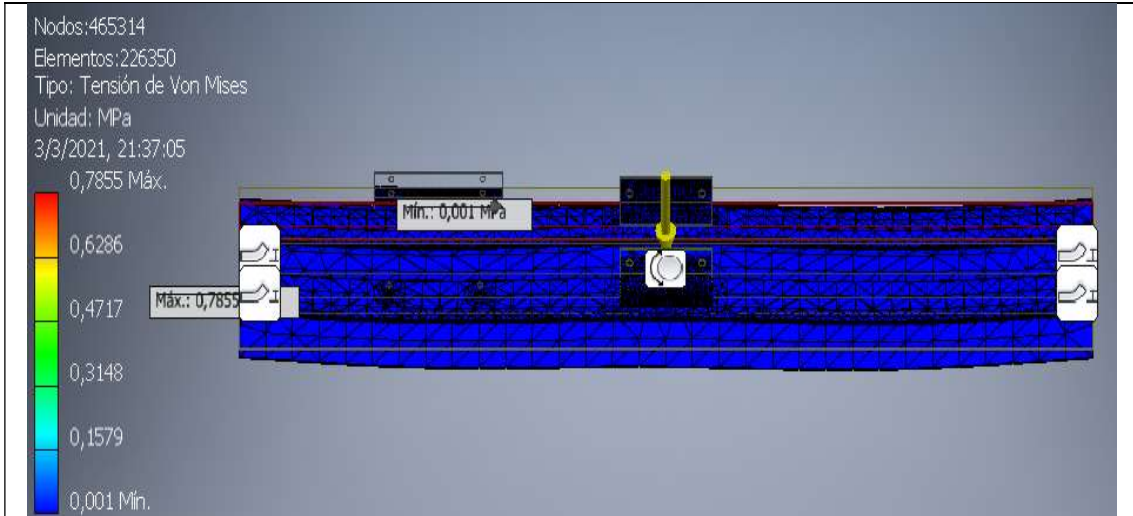
Simulación 1

En la simulación se muestra un valor medio a la tensión de 0.18 MPa la cual nos muestra que las fuerzas proporcionada son capaces de soportar la base del agitador



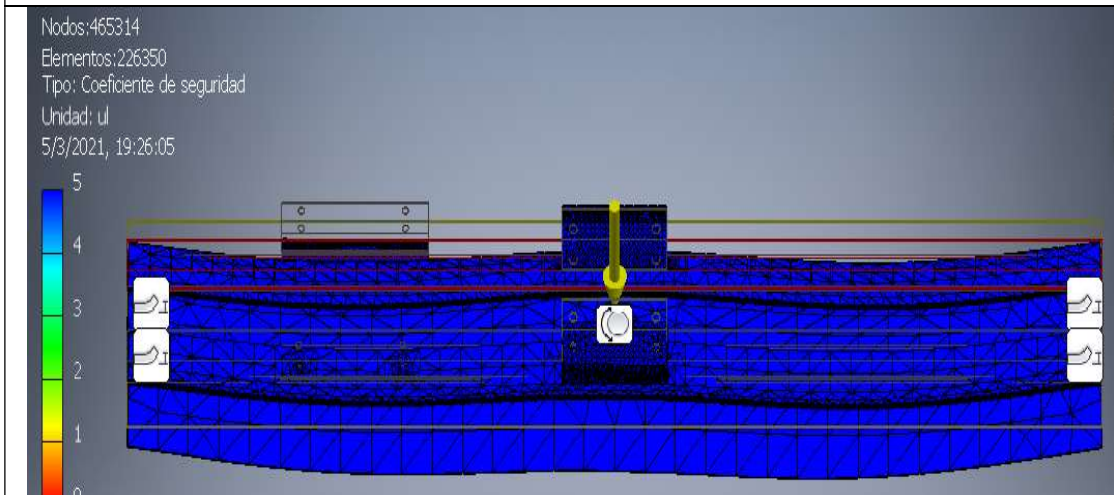
Simulación 2

Se observa que el desplazamiento del sistema es mínima la cual es 0.0010 mm



Simulaci3n 3

En la simulaci3n 2 mediante la teoría de fallas se calcul3 el valor de Von Mises dando como resultado de 0.314 MPa



Simulaci3n 4

En la simulaci3n 3 nos indica el factor de seguridad indicando que es 2 veces a la cual soportar la base.

6. PRESUPUESTO Y ANALISIS DE IMPACTOS

En este capítulo se presenta el análisis de los costos del equipo a construir en la cual ayudará a determinar el monto económico que será necesario para ejecutar el proyecto. Para realizar el presupuesto se tomará en cuenta tanto los costos directos e indirectos.

Costos Directos

Costos de materiales directos

Costos de materiales normalizados

Costos de maquinado

Costos de montaje e instalación

Costos Indirectos

Costos de materiales Indirectos

Costos de ingeniería

Otros

6.1. Análisis de costos

6.1.1. Costos de materiales directos

Estos materiales son la materia prima que es necesaria para la construcción de los elementos del agitador.

En la siguiente tabla se muestra los costos de materiales directos que se utilizan en la construcción del agitador.

Tabla 6. 1 Costos de materiales directos

Material	Descripción	Cantidad	Precio Unit.	Costo total
Barra redonda inoxidable 304	Ø1/2 de 75mm de largo	1 de 6.2 Kg	\$30.95	\$30.95
Tubo rectangular inoxidable 304	935.90 x 143 x 43 mm	1	\$80	\$80
	935.90 x 143 x 43 mm	1	\$80	\$80
Tubo pulido exterior inoxidable 304	1616 x 143 x 34 mm	1	\$95	\$95
	550 x 450 x 5 mm	1	\$90	\$90
		1	\$125.5	\$125.5
			Total	\$501.45

6.1.2. Costos de elementos normalizados

Los elementos que encontramos en el mercado y que no necesitan ser modificados para su utilización se les denomina normalizados y que se utiliza para la construcción de la mezcladora se presenta a continuación.

Tabla 6. 2 Costo de elementos normalizados

Materiales	Descripción	Cantidad	Costo total
Perno Hexagonal inoxidable 304	¼" x 1" -1 H Grueso	\$0.20	\$4.50
Variador de frecuencia	WEG	\$400	\$400
Motor	WEG 22W	\$650	\$650
3 Contactor	WCT25A	\$6.99	\$20.97

Interruptor termomagnético	MINI-INTERRUPTOR TERMOAG MDW-C25-2	\$4.50	\$4.50
Chumacera con rodamiento cónico		\$6.50	\$6.50
Abrazadera para tubo de 1/2	MINI-INTERRUPTOR TERMOAG MDW-C25-2: 2 polos, 25 A, C curve	\$1	\$8.70
Tuerca acero inoxidable 304	M14 x 2.00 mm	\$6	\$2.36
Cable # 12	10 m	\$0.90	\$9
		Sub Total	\$1106.53

6.1.3. Costos de servicios de terceros

Los costos de terceros hacen referencia al costo de la mano de obra de un servicio de terceros a eso aumenta el costo de la hora-máquina.

Tabla 6.3 Servicios de terceros

Proceso	Cantidad	Valor Hora	Costo total
Soldadura	18	\$7.80	\$140.4
Mecanizado	7	\$ 15.0	\$105
Doblado y valorado	5	\$10.0	\$50
		Total	\$295.4

6.1.4. Costos de montaje e instalación

Los costos de montaje se explican en la siguiente tabla, en la cual estos costos están directamente relacionados con la mano de obra.

Tabla 6. 4 Costos de montaje e instalación

Descripción	Tiempo (horas)	Valor hora	Costo total
Técnico soldador	4	\$13.0	\$52
Asesoramiento ingeniería	8	\$25.0	\$200
		Total	\$145

6.1.5. Costos directos totales

En la tabla posterior se muestra la sumatoria de los diferentes costos en la cual involucra a la hora de la construcción del agitador

Tabla 6. 5 Costos totales directos

Costo	Cantidad	Costo total
Material directo	1	\$501.45
Material Normalizado	1	\$1106.53
Servicios de terceros	1	\$295.4
Montaje e instalación	1	\$145
Total		\$ 2048.38

6.1.6. Costos de materiales indirectos

En la tabla 6.6. muestra los materiales indirectos que se utilizarán con sus cantidades y respectivos valores de precios de cada uno.

Tabla 6. 6 Costo material indirecto

Descripción	Cantidad	Precio Uni.	Precio Total
Lijas # 80	1	\$6.0	\$6.0
Electrodos	3	\$ 8.0	\$ 24.0
Ácido de soldadura	1	\$10.0	\$10.0
Disco de corte 1mm	1	\$3.0	\$3.0
Disco de desbaste	1	\$5.0	\$5.0
Total			\$ 48.0

6.1.7. Otros

En la siguiente tabla se enumera los gastos técnicos administrativos, ejecutables para el proyecto como a continuación se nombra:

Tabla 6. 7 Otros costos

Descripción	Cantidad	Precio Uni	Precio Total
Traslado de materiales	1	\$10.0	\$ 10
Uso de internet	10	\$0.50	\$ 5.0
Impresiones del documento	100	\$0.15	\$15.0
Energía Eléctrica	1	\$ 10.0	\$10.0
Recarga móvil	3	\$2.0	\$6.0
Gasolina	1	\$8.0	\$8.0
		Total	\$ 54

6.1.8. Costos indirectos totales

En la siguiente tabla se muestra los siguientes costos totales indirectos.

Tabla 6. 8 Costos total indirectos

Costo	Cantidad	Costo Total
Material Indirecto	1	\$48.0
Otros	1	\$54.0
	Total	\$102.0

6.1.9. Costo total del agitador

En la siguiente tabla se muestra el valor de la inversión total para la construcción del agitador como se muestra a continuación.

Tabla 6. 9 Costos total del agitador

Costo	Cantidad	Costo Total
Costo directo	1	\$ 2048.38
Costo indirecto	1	\$102.0
	Total	\$2150.38

6.1.10. Costo de rentabilidad del producto

Tabla 6. 10 Ingreso del producto diario

Número de unidades producidas (1Kg c/u)	100
Precio unidad al publico	5.50 \$
Total, de ingreso	550\$

6.1.11. Proyección de ingresos anuales

En la siguiente tabla se estima flujos mensuales y anuales hasta los 5 años

Tabla 6. 11 Proyección de ingresos

Año	Ingreso mensual	Ingreso Anual
1	\$ 16.500,00	\$198.000,00
2	\$ 16.500,00	\$198.000,00
3	\$ 16.500,00	\$198.000,00
4	\$ 16.500,00	\$198.000,00
5	\$ 16.500,00	\$198.000,00

Gastos en la elaboración

Tabla 6. 12 Inversión del producto

Sustancia	Monto \$
Leche	\$ 440,00
Cloruro de calcio	\$ 2,50
Cuajo	\$ 2,50
Sal	\$ 2,40
Fermento	\$ 0,80
Fundas	\$ 0,10
Otros	\$ 5,00
Total	\$ 453,30

Tabla 6. 13 Total, de hombres en el trabajo

Número de operarios	3
Horas laborales por día	8

Valor de hora en el trabajo	1.66
Total horas hombres	3*8(1,66\$)= 39.48\$

Tabla 6. 14 Otros gastos

Otros	Monto \$
Luz	\$ 5,00
Agua	\$ 0,50
Diésel	\$ 3,00
Internet	\$ 1,16
Transporte	\$ 10,00
Equipos de oficina	\$ 0,10
Otros	\$ 6,00
Total	25,76
Prestamos	Monto
	\$ 25,00

Total Egresos Diarios	\$ 543,90
Egresos Mensuales	\$ 16.317,00
Egresos Anuales	\$195.804,00

Dado que la inversión entre la materia prima y los trabajadores y otros gastos se tiene como el gasto anual generado de **195.804,00** dólares americanos como se muestra en la tabla 6.14.

6.1.12. Análisis de costo de capital aceptable de rendimiento (TMAR)

$$TMAR=i+f+i*f$$

Donde:

i: Premio al riesgo

f: Inflación

Se toma un valor del 43.84 % para el riesgo de inversión. Tomado en cuenta la deuda externa pública como% del PIB y la inflación anual – 0.93% según las estadísticas hasta el último mes del 2020.[29]

En la siguiente figura se muestra los indicadores económicos del Ecuador con respectivos valores teniendo como fuente el banco Central del Ecuador y el NEC.

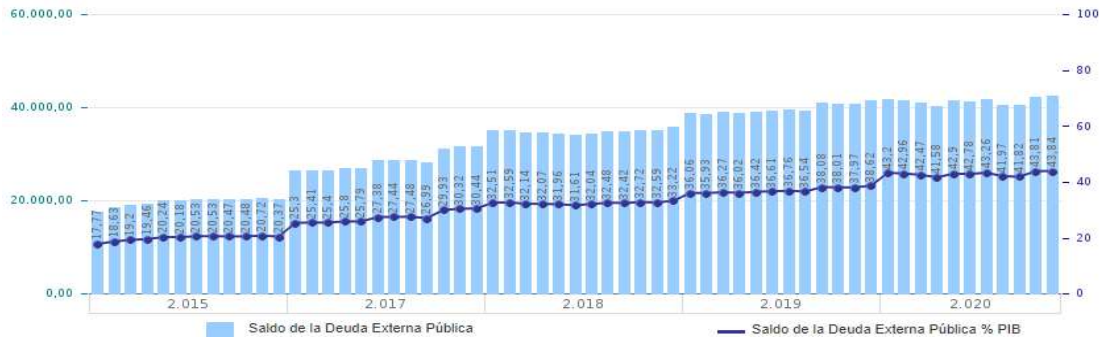


Figura 6. 1 Índices del PIB en Ecuador 2020

Fuente:[30]

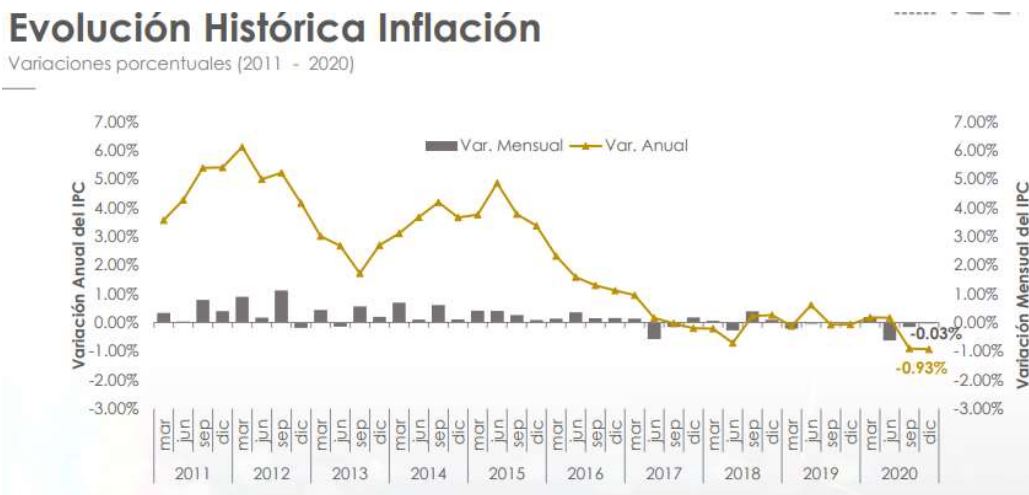


Figura 6. 2 Índices de la Inflación 2020.

Fuente: [29]

$$TMAR = 0.438 + (-0.0093) + (0.438 * -0.0093)$$

$$TMAR = 0.42 \approx 42\%$$

6.1.13. Análisis valor actual neto (VAN)

El valor anual uniforme (VA) significa que todos los ingresos y desembolsos (irregulares y uniformes) son convertidos en una cantidad anual uniforme equivalente que es la misma en cada periodo.

Para evaluar el valor del VAN se debe tener en cuenta el presente valores que se obtengan

Tabla 6. 15 Criterios de aceptación VAN

VAN > 0: Inversión Interesante	No es importante cuanto mayor a cero sea el valor, esto es una ganancia extra después de aplicar una TMAR conveniente.
--------------------------------	--

VAN=0: Inversión Indiferente	Se gana solamente lo considerado en TMAR. Se puede aceptar la inversión, pero con la ganancia mínima.
VAN<0: Inversión con pérdidas	En caso de contabilizar pérdidas, se debe rechazar el proyecto.

El VAN se obtiene de la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

I_0 : Inversión inicial del proyecto

F_t : Flujos futuros

r: Tasa de retorno

t: Número de años

6.1.14. Análisis tasa interna de retorno (TIR)

En el siguiente proyecto se verá el valor del TIR y comprobar la factibilidad del proyecto.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0$$

En la siguiente tabla se muestra el cálculo del VAN y TIR y una relación de costo y beneficio, tomando que la tasa de interés activa de interés según el Ban Ecuador es de 16% del año 2020.

Tabla 6. 16 Calculo del VAN, TIR y Costo/ beneficio

Años	Inversión	Egresos	Ingresos	Flujo efectivo	Valor presente
0	\$2.150,38			\$ -2.150,38	\$ -2.150,38
1		\$196.200,00	\$198.000,00	\$ 1.800,00	\$ 1.551,72
2		\$196.200,00	\$198.000,00	\$ 1.800,00	\$ 1.337,69
3		\$196.200,00	\$198.000,00	\$ 1.800,00	\$ 1.153,18
4		\$196.200,00	\$198.000,00	\$ 1.800,00	\$ 994,12
5		\$196.200,00	\$198.000,00	\$ 1.800,00	\$ 857,00
				VAN	\$ 8.044,11
				TIR	79%
				COSTO/BENEFICIO	2,74

Luego de realizar todos los costos para realizar el proyecto propuesto, la cual llega a una inversión financiera inicial de USD 2136,40 financiado por la Cooperativa de Producción y Mercadeo Yacubiana,

El VAN indica un valor de USD 8.030,30 este valor al ser mayor que cero, muestra que la inversión genera ganancias.

El TIR da un porcentaje del 80%, el cual es mayor a la tasa mínima de interés de ganancia (TMAR= 42%)

Así que, el proyecto llega ser rentable para la empresa.

6.2. Análisis de impacto

6.2.1. Impacto ambiental

Según las normativas de salubridad y criterios del ARCSA, establecen que el efecto ocasionado al momento del diseño del sistema de agitación no tiene mayores consecuencias ambientales, por tanto, no existe un impacto ambiental.

6.2.2. Impacto social

Al momento de la agitación se disminuye el tiempo y se incrementa la calidad de homogeneización en el proceso de la elaboración del queso y genera un incremento en la productividad y eso permite mejorar mayores condiciones de calidad de vida en las personas.

6.2.3. Impacto económico

Con la ayuda de la maquina se reduce las horas de la elaboración del queso y emplea ese tiempo al personal a realizar otras actividades que ayuden al mejoramiento de la productividad y generar un mayor ingreso económico, también se puede dirigir el personal al área investigativa o de salubridad así mejorar la calidad del queso.

6.2.4. Impacto técnico

Técnicamente ya existe este tipo de máquinas en el mercado, pero cabe señalar que en este proyecto se busca principalmente innovar a la empresa con el diseño ajustable al tipo de marmita que se encuentra acomodando a las necesidades del mismo.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- La selección del tipo de agitador a utilizarse fue determinada en base a: el tiempo de sedimentación de la masa del queso, las velocidades permisibles, el campo de flujo generado, la viscosidad y la densidad, cumpliendo así con los estándares de calidad según la norma INEN 009 y de acuerdo a la normativa CPE INEN 007 define las características de manejo de productos alimenticias, siendo el material seleccionado, el Acero Inoxidable AISI 304.
- La potencia del motor requerida en el sistema analizado es de 1.64 HP, este valor surge bajo un análisis que depende del número de Reynolds, la densidad del fluido, la viscosidad y otras variables, pero según la potencia establecida comercialmente hace necesario un motor de 2 HP, con este valor y un rango de velocidad de 22-55 RPM, se evidencia una buena homogeneización del análisis de elementos finitos (CFD) en el programa ANSYS.
- Según la simulación en CFD de ANSYS Fluid Flow (Fluent) determina que, si la velocidad es aumentada a 100 RPM, el líquido se desprende del contenedor creando un vórtice en el centro, también la masa del queso perdería homogeneidad y se convertiría en un líquido con pequeñas partículas, dañando así el producto.
- El comportamiento obtenido en base al análisis de esfuerzos realizado en el software Inventor muestra los siguientes resultados: el valor máximo de 57.59 MPa, a un punto de fluencia del material utilizado de 276 MPa, por tanto, el factor de seguridad en el punto crítico es de 1.8, y se asegura que el elemento no va a fallar, además se analiza el desplazamiento visualizando que, en la zona más crítica es de 0.18 mm tomando como despreciable en condición de las medidas del sistema.

7.2. Recomendaciones

- Para el diseño y construcción del sistema de agitación se debe seguir normas de seguridad, salubridad y todas las exigencias establecidas por el ARCSA, además, tener en cuenta normativas del CPE INEN 007 con respecto al tipo de material y la norma INEN 009 de los requisitos del fluido.
- Para la selección del tipo de agitador se debe realizar el estudio de sedimentos, establecer las propiedades del fluido con el que se va a trabajar, además se sugiere un análisis comercial de los elementos disponibles a primera mano para el proceso de diseño con la finalidad de optimización del mismo.
- Se sugiere tomar en consideración que el tiempo de análisis de un sistema CAE depende de la densidad del enmallado con el cual se trabajará, además se sugiere siempre verificar diversas características del ensamble y de las piezas como: la geometría, las intervenciones de las propiedades, la interferencia entre piezas en el ensamblaje del sistema, etc.
- En la introducción de las propiedades en CFD, se debe especificar el tipo de fluido y si no se encuentra en la librería se puede crear uno nuevo o a su vez modificar un líquido que se asemeje al tipo de fluido que se pretende analizar.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Unesco, C. Internacional, N. De, and E. Cine, “Anexo 4 : Areas Y Subáreas Del Conocimiento Unesco,” pp. 34–35, 1997.
- [2] TIMSA, “Agitadores Industriales,” 2019.
- [3] G. Brito, “Procesamiento de Alimentos: ¿Qué es y su Importancia?,” *MetalBoss*, 2019. [Online]. Available: <https://www.metalboss.com.mx/procesamiento-de-alimentos>. [Accessed: 20-Nov-2020].
- [4] R. Álvarez *et al.*, “Departamento de ciencias de la energía y mecánica,” 2014.
- [5] L. A. S. Queseras and J. P. Ulloa-morejón, “ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SECTOR QUESERO DE LA REGIÓN SIERRA DEL ECUADOR , PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA INDUSTRIAL ENFOCADO EN EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO DE,” pp. 1–11, 2018.
- [6] Instituto Ecuatoriano de Normalización, “Norma Técnica Ecuatoriana INEN 9:2008. Leche cruda. Requisitos,” 2008.
- [7] INEN, “Seguridad e higiene de maquinaria para procesamiento de alimentos,” no. 14346, pp. 1–8, 2014.
- [8] A. Negro, “Agitador de hélice Agitador de paletas,” pp. 0–8.
- [9] C. J. Geankoplis, “Proceso de transporte y operaciones Unitarias.”
- [10] “Productos.” [Online]. Available: <https://www.gunt.de/es/productos/ingenieria-de-procesos/ingenieria-de-las-operaciones-basicas-mecanicas/mezclado-y-aglomeracion/agitacion/083.32000/ce320/glct-1:pa-150:ca-236:pr-41>. [Accessed: 10-Jul-2020].
- [11] F. Mix, “Agitador Industrial Serie VTRR,” 2018. [Online]. Available: <https://www.agitadoresfluidmix.com/agitador-industrial-vtrr/>.
- [12] A. Industriales, T. D. E. Agitadores, and A. T. Ancla, “No Title,” pp. 1–9.
- [13] L. V. Vanegas Useche, *Diseño de Elementos de Máquinas*. 2018.
- [14] “¿Qué es un Rodamiento? | Tipos | Visión Técnica | Rodamientos Sorprendentes | Aplicaciones.” [Online]. Available: <https://www.nskeurope.es/es/products/what-s-a-bearing.html>. [Accessed: 08-Jan-2021].
- [15] NSK, “Tipos Y Características De Los Rodamientos,” p. 565, 2012.
- [16] S. Torres and N. Vaca, “Diseño, Construcción E Instalación De Un Tanque Marmita De 2800 Lt Y Rediseño De La Lavadora De Botellas N°1 De La Empresa Licoram,” p. 183, 2010.
- [17] L. C. M. Colina and C. Irezabal, “Mezclado De Alimentos Fluidos,” 2014.
- [18] D. P. C. C. L. E. Y. N. to K. in 20 Weeks, “濟無No Title No Title,” *Dk*, vol. 53, no. 9,

- pp. 1689–1699, 2015.
- [19] C. Vii *et al.*, “Capítulo vii,” pp. 168–169, 2008.
- [20] OMEGA, “¿Qué es un termopar? Guía completa sobre sondas termopar,” 2019. [Online]. Available: <https://es.omega.com/prodinfo/termopares.html>. [Accessed: 11-Jul-2020].
- [21] Gunther, “1. Construcción y funcionamiento.” [Online]. Available: <https://www.guenther.eu/ea1b1380-cc2c-0bb0-985a-61d8084068e7?Edition=es>. [Accessed: 11-Jul-2020].
- [22] CPE INEN 007, “INSTALACIÓN Y,” 1983.
- [23] ARCSA, “Normativa Técnica Sanitaria Para Alimentos,” pp. 1–59, 2017.
- [24] Instituto Ecuatoriano De Normalización, “NTE INEN 11. Leche. Determinación de la densidad relativa.,” vol. 3, p. 1,2, 1983.
- [25] W. McCabe, J. Smith, and P. Harriot, *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química 7ma Edición - Warren L. McCabe*. 2007.
- [26] D, “BOHMAN Catalogos,” in *Caratula Aceros Especiales*, vol. 66, pp. 37–39.
- [27] W. L. McCabe, J. C. Smith, and P. Harriott, *Operaciones Unitarias de Ingeniería Química*. 1991.
- [28] “WG20 Motorreductores hasta 18000 Nm.”
- [29] Í. De Precios, “Resultados Contenido,” 2020.
- [30] Luz Yolanda Toro Suarez, “Saldo de la Deuda externa pública como porcentaje del PIB,” pp. 1–27, 2020.
- [31] Q. Andino, M. Requisitos, and P. Edición, “NORMA TÉCNICA ECUATORIANA,” 2012.
- [32] Carbone Stainless Steel, “Ficha Técnica del Acero Inoxidable,” 2016. [Online]. Available: <https://www.empresascarbhone.com/pdf/ficha-tecnica-del-acero-inoxidable.pdf>.
- [33] “Transmisión de Potencia Mecánica.”
- [34] Jorge Carro-Suárez, Fabiola Flores-Salazar, and Irma Flores-Nav, “Estudio comparativo inferencial de esfuerzo flexionante en engranes rectos aplicando análisis teórico e Ingeniería Asistida por Computadora,” 08-Mar-2016. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61448825006/html/index.html>. [Accessed: 11-Dec-2020].
- [35] Siemens, “Lista de Precios Productos Eléctricos Industriales,” *Sist. Bombeo*, vol. 2014, no. 1, p. 42, 2014.

- [36] “Universidad de Zaragoza.” [Online]. Available: <http://www.unizar.es/dctmf/jblasco/AFTAgitacion/index.htm>. [Accessed: 21-Jan-2021].
- [37] K. J. BUDYNAS, RICHARD G. NISBETT, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, no. 1. 2014.
- [38] E. L. Gran, “Catálogo 4000.”
- [39] José Rodríguez, “Cálculo de fuerzas sobre cuerpos sumergidos by Jose Rodriguez - issuu,” 17-Dec-2016. [Online]. Available: https://issuu.com/joserodriguez577/docs/c__lculo_de_fuerzas_sobre_areas_sum. [Accessed: 12-Dec-2020].
- [40] C LISBOA, “Densidad y Peso Especifico ,” pp. 1–2, 2008.
- [41] D. Álvarez, “Caracterización de las principales propiedades reológicas de los quesos prensados frescos y amasados expandidos en la ciudad de Cuenca.,” 2013.
- [42] E. L. Acero and I. Se, “Oxida si no se limpia.”
- [43] DIPAC MANTA S.A., “Ejes Acero Inoxidable,” *Rev. Acero Inox.*, p. 51, 2006.
- [44] N. Técnica, “1973-06 1.,” pp. 4–9, 1973.

Anexos I.
Marco teórico

Anexo I
Tabla 1. Requisitos físicos químicos de la leche según norma INEN 009

Requisitos	Unidad	MIN	MAX	Método de ensayo
Densidad relativa: a 15 °C A 20°C	-	1.029 1,028	1.033 1.032	NTE INEN 11
Materia grasa	%(fracción de masa)	3.0	-	NTE INEN 12
Acidez titulable como ácido láctico	%(fracción de masa)	0.13	0.17	NTE INEN 13
Sólidos totales	%(fracción de masa)	11.2	-	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	%(fracción de masa)	8.2	-	
Cenizas	%(fracción de masa)	0.65	-	NTE INEN 14
Punto de congelación (punto crioscópico)	°C °H	-0.536 -0.555	-0.512 -0.530	NTE INEN 15
Proteínas	%(fracción de masa)	2.9	-	NTE INEN 16
Ensayo de reductasa (azul de metileno)	h	3	-	NTE INEN 018
Reacción de estabilidad proteica (prueba de alcohol)	Para leche destinada a pasteurización: No se coagula por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 68% en peso o 75% en volumen; y para la leche destinada a ultrapasteurización: No se coagula por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 71% en peso o 78% en volumen			NTE INEN 1500
Presencia de conservantes	-	Negativo		NTE INEN 1500
Presencia de neutralizantes		Negativo		NTE INEN 1500

Presencia de adulterantes	-	Negativo		NTE INEN 1500
Grasas vegetales	-	Negativo		NTE INEN 1500
Suero de leche	-	Negativo		NTE INEN 2401
Prueba de Brucelosis	-	Negativo		Prueba de anillo PAL (Ping Test)

Fuente: [6]

Anexo I

Tabla 2. Parámetros físicos-químicos de quesos según las normas.

Parámetros a analizar	Método de análisis
Extracto seco (%ES)	NTE INEN 0382:86
Materia grasa	NTE INEN 0064:74
Proteína	NTE INEN 0016: 84
Acidez titulable	NTE INEN 0013:84
Contenido de humedad	NTE INEN 0063:74
Recuento de levaduras	NTE INEN 1529
Recuento de mohos	
Recuento de coliformes totales	NTE INEN765
Recuento de E.Coli.	

Fuente:[31]

Anexo I

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE		SERIE 300		
		Acero al Cromo - Níquel	Acero al Cromo - Níquel - Molibdeno	
DESIGNACIÓN	TIPO AISI	304	316	
	COMPOSICIÓN QUÍMICA	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 18% - 20%* Ni 8% - 10,5%*	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 16% - 18%* Ni 10% - 14%* Mo 2% - 3%*	
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO A 20C (DENSIDAD) (g/cm ³)	7.9	7.95 - 8.0	
	MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm ²)	193,000	193,000	
	ESTRUCTURA	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	
	CALOR ESPECÍFICO A 20C (J/Kg K)	500	500	
	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 20C/100C (W/m K)	15 / 16	15 / 16	
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN A 100C (x 10 ⁶ C ⁻¹)	16.0 - 17.30	16.02 - 17.30	
INTERVALO DE FUSIÓN (C)	1398/1454	1371/1411		
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	PERMEABILIDAD ELÉCTRICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO	AMAGNÉTICO	AMAGNÉTICO	
	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20C (μΩm)	0.72 - 0.73	0.73 - 0.74	
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20C	DUREZA BRINELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	130150 / 180330	130180 / 180330	
	DUREZA ROCKWELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	7088 / 1035	7085 / 1035	
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN RECOCIDO / DEFORMACIÓN EN FRÍO (Rm) (N/mm ²)	520 - 720 / 540 - 750	54069 / 750	
	ELASTICIDAD RECOCIDO / CON DEFORMACIÓN EN FRÍO (Rp) (N/mm ²)	210 / 230	20541 / 230	
	ELONGACIÓN (A ₅) MIN (%)	≥ 45	≥ 45	
	RESILIENCIA KCUL / KVL (J/cm ²)	160 / 180	160 / 180	
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	ELASTICIDAD	RP(0.2) A 300C/400C/500C (N/mm ²)	125 / 97 / 93	140 / 127 / 107
		RP(1) A 300C/400C/500C (N/mm ²)	147 / 127 / 107	166 / 147 / 107
	LÍMITE DE FLUENCIA A 500C/600C/700C/800C (σ _{1/10⁵t}) (N/mm ²)	68 / 42 / 14.5 / 4.9	82 / 62 / 14.5 / 4.9	
TRATAMIENT. TÉRMICOS	RECOCIDO COMPLETO RECOCIDO INDUSTRIAL (OC)	ENFR. RÁPIDO 1008/1120	ENFR. RÁPIDO 1008/1120	
	TEMPLADO	NO ES POSIBLE	NO ES POSIBLE	
	INTERVALO DE FORJA INCIAL / FINAL (C)	1200 / 925	1200 / 925	
	FORMACIÓN DE CASCARILLA, SERVICIO CONTINUO / SERVICIO INTERMITENTE	925 / 840	925 / 840	
OTRAS PROPIEDADES	SOLDABILIDAD	MUY BUENA	MUY BUENA	
	MAQUINABILIDAD COMPARADO CON UN ACERO BESSEMER PARA a. B1112	45%	45%	
	EMBUTICIÓN	MUY BUENA	MUY BUENA	

* Son aceptables tolerancias de un 1%

Figura 1. Características técnicas del acero Inoxidable

Fuente:[32]

Anexos II.

Metodología

Anexo II

Sistema mecánico

Tabla 1. Selección de la densidad de la leche

Principios	Materiales	Procedimientos	Cálculo
Un densímetro es un aerómetro de volumen variable y peso constante, que determina si la leche es aguada.	Densímetro	Se coloca la muestra en una probeta. Medir la temperatura de la muestra. Se introduce el densímetro en la muestra y deja que el mismo flote , y se leerá la cifra que se indique en el flotador.	$T_m > 15^\circ\text{C}$ $T_m(\text{muestra})$ $\rho_m(\text{muestra})$ lectura de la densidad. $\rho_m + (T_m - 15^\circ\text{C}) * 0.0002$ $T_m < 15^\circ\text{C}$ $\rho_m - (15^\circ\text{C} - T_m) * 0.0002$

Fuente:[24]

Anexo II

Tabla 2. Cálculo masa de la fabricación del queso

Para calcular la densidad de la leche es necesario determinar la temperatura a la que se encuentra la leche.

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Cálculo de la densidad relativa	$\rho = \frac{m}{v}$	ρ = densidad	g/cm ³	4.2
		V= volumen	cm ³	
		m= masa	Kg	
Masa de la leche	$m_L = \rho * v$	m_L = masa de la leche	Kg	4.2
Masa total del queso	$m_{Lec} + m_{CaCl_2} + m_{Cuajo} + m_{Sal} = m_{queso} + m_{perdidas}$	m_{Leche} = masa de la leche	Kg	4.3
		m_{CaCl_2} = masa del cloruro de calcio	Kg	
		m_{Cuajo} = masa del cuajo	Kg	
		m_{Sal} = masa de la sal	Kg	
		m_{queso} = masa del queso	Kg	
		$m_{pérdidas}$ = masa otras pérdidas	Kg	

Anexo II

Tabla 3. Propiedades características del acero

Aceros	AISI 304	AISI 3016	AISI 430
Precio			
Equipos para lácteos			
Resistencia a la tracción (kg/mm ²)			
Corrosión			

Tabla 3.1. Características de los agitadores

Tipos de agitadores	Agitador Hélice	Agitadores de paletas tipo ancla	Turbina
Viscosidad			
Velocidad de giro			
Aplicación			
Efectos			

Anexo II

COMPOSICIÓN QUÍMICA %

AISI	C	Si	Mn	P Max	S	Cr	Ni	Mo
304	≤0,08	≤1,00	≤2,00	≤0,045	≤0,015	18.0-20.0	8.0-10.5	--
316 L	≤0,03	≤1,00	≤2,00	≤0,045	≤0,015	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0
430	≤0,08	≤1,00	≤1,00	≤0,040	≤0,015	16.0-18.0	--	--

EQUIVALENCIAS Y PROPIEDADES

AISI	Resistencia a la tracción (kg/mm ²)	Resistencia a la cedencia (kg/mm ²)	Elongación %	Dureza HB (max)	W.Nr	AF NOR	Designación europea	SS
304	54-75	23	40-50	190	1.4301	Z7C N18-09	X5CrNi18-10	2332
316 L	53-68	24	40-50	200	1.4404	Z3CND17-11-02	X2CrNiMo17-12-2	2343
430	45-60	26	20	180	1.4016	Z8C17	X6Cr 17	2320

Figura: 1 Composición del acero inoxidable AISI

Fuente: [26]

Anexo III

Tabla 4. Cálculo de la fuerza del eje del agitador.

Selección del diámetro del eje				
Parámetro	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Diferencial de la fuerza	$df = \rho * g * h^* * dA$	df : diferencial de la fuerza	N	4.4
		g : gravedad (constante)		
		ρ : densidad		
		h^* : altura desde el líquido hasta la parte superior del agitador		
		dA : diferencia de altura		
Fuerza	$F = \int_a^b \rho * g * (h - y) * f(y) dy$	ρ : densidad	N	4.5
		g : gravedad de la tierra constante		
		h : altura de la marmita		
		y : distancia entre el fondo de la marmita y el agitador		
		dy : ancho del agitador		

Anexo II

Tabla 5. Cálculo del eje de carga estática

Selección del motor				
Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	Nº
Esfuerzo cortante	$\tau = \frac{t \cdot r}{J}$	τ = esfuerzo cortante		4.7
		t = torque	N	
		r= radio	m	
	$J = \frac{\pi r^2}{2}$	J =momento polar		4.8
Esfuerzo máximo	$\tau_{MAX} = \frac{2t}{2\pi r^3} = Sy'$	τ_{MAX} : esfuerzo máximo		4.9
		$Sy' = \frac{Sy}{2}$	t=torque	Nm
			r: radio	m
			Sy': punto de fluencia cortante	
		Sy: punto de fluencia		
Radio	$r = \sqrt[3]{k \frac{2tFs}{\pi Sy'}}$	r: radio	m	4.10
		k: concentradores de esfuerzo		
		Fs: factor se seguridad		
		Sy': punto de fluencia cortante		

Anexo III

Tabla 6. Cálculo del diámetro del eje del agitador.

Selección del diámetro del eje				
Parámetro	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Torque medio	$Tm = \frac{P}{W}$	Tm: torque medio P: potencia W: velocidad angular	-Nm -Watts - $\frac{\text{rev}}{\text{s}}$	4.15
Diámetro del eje	$d = \left\{ \frac{32n}{\pi} \sqrt{\left(\frac{3}{4} \left(\frac{Tm}{Sy} \right)^2 \right)} \right\}^{1/3}$	d: diámetro del eje n: Factor de seguridad (2.5) Tm: Torque medio Sy: Resistencia a la fluencia del material, se usar acero inoxidable donde el punto de fluencia cortante del acero AISI 304 es Sy = 276 MPa	m	4.14

Anexo II

Tabla 7. Cálculo del eje de carga dinámica

En esta sección se pretende analizar la estructura del agitador

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Cálculo por fatiga del eje del agitador	$Se = SE' * Ka * Kb * Kc * Kd * Ke * kf$	Ka: Factor de superficie		4.12
		Kb: Factor de tamaño		
		Kc: Factor de carga		
		Kd: Factor de temperatura		
		Ke: Factor de confiabilidad		
		Kf: Factor de modificación de efectos varios		
		Se: Limite de resistencia a la fatiga (MPa)	MPa	
		Se': Límite de resistencia a la fatiga de una probeta (MPa)	MPa	
Factor de superficie	$Ka = a \times S_{utr}^b$	Ka: factor de superficie		4.12
		a: Sut _r		
Factor de tamaño	$Kb = (1.51d)^{-0.157}$	Kb: factor de tamaño		4.12
		d: diámetro del eje		
Factor de temperatura		Kc: Factor de temperatura		

Factor de temperatura		Kd: Factor de temperatura	
Factor de confiabilidad	$K_e = \frac{1}{K_f}$	Ke: factor de confiabilidad	
		Kf: factor de modificación de efectos varios	
Factor de modificación de efectos varios	$K_f = 1 + q^*(k_t - 1)$	Kf: Concentración de esfuerzos	
		q: Sensibilidad de la muesca	
		Kt: Factor de concentración	
Sensibilidad de la muesca	$q = \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{r}}}$	\sqrt{a} : Constante de Neuber para el material	
		\sqrt{r} : Radio de la muesca	mm

Anexo II

Tabla 8. Diseño de la aleta de agitación

En este método se pondrá las ecuaciones para el sistema de ecuaciones

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Espesor del agitador	$E_r = \frac{1}{10} * L_B$	E_r : espesor del rodete	m	4.16
		L_B : longitud del brazo	m	
Altura de la paleta	$A_p = \frac{1}{5} * L_B$	L_B : longitud del brazo	m	4.17
		A_p : alto de la paleta	m	
Distancia entre rejillas	$x_p = \frac{L_B}{4}$	x_p : distancia entre rejilla	m	4.18
		L_B : longitud del brazo del rodete	m	
		4: número de palas que tiene el agitador		
Longitud del brazo	$L_B = \frac{5}{8} * \phi i$	L_B : longitud del brazo	m	4.19
		ϕi : diámetro interno del tanque	m	
Diámetro del rodete	$x = \frac{3}{4} * \phi i$	ϕ_r : diámetro del rodete	m	4.20
		ϕi : diámetro interno del tanque	m	

Distancia entre el rodete y el tanque	$y = h - l_B$	x: distancia entre el fondo del tanque y el rodete	M	4.21
		h: altura del líquido	M	
		l_B : longitud del brazo	m	

Anexo II

Tabla 9. Cálculo de la potencia para la agitación

Para la obtención de la potencia consumida es necesario obtener datos muy importantes como es el número adimensional de Reynolds y la potencia obtenida en tablas en función al tipo del agitador y las dimensiones del mismo.

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Cálculo del número de Reynolds	$NR_e = \frac{\phi r^2 * N * \rho}{\mu}$	NR_e : Numero de Reynolds		4.22
		ρ : Densidad del fluido	$\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$	
		ϕr^2 Diámetro del rodete	m^2	
		N: Velocidad rotacional	rps	
		μ : Viscosidad del fluido	$\frac{Kg}{ms}$	
Cálculo necesaria para el agitador	$P = \left(\frac{Npo}{g_c}\right)(\rho * N^3 * \phi r^5)$	Npo : Número de potencia obtenida		4.23
		g_c : Constante dimensional gravitatoria	$(kgm.m/N.s^2)$	
		ρ : Densidad del fluido	$\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$	
		μ : Viscosidad del fluido	$\left(\frac{Kg}{ms}\right)$	
		N: Velocidad rotacional	(rps)	

Anexo II

Tabla 10. Cálculo del bastidor

Para la obtención de las cargas que actúan en el bastidor y saber si la vida resiste a las distintas cargas se verifica mediante las siguientes ecuaciones.

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Vigas del bastidor	$R1 = R2 = \frac{1}{2}q$	R1: resistencia 1		4.24
		R2: resistencia 2		
		q: cargas		

Anexo II

Sistema eléctrico y de control

Tabla 11. Cálculo del sistema eléctrico y de control

Para la obtención de las cargas que actúan en el bastidor y saber si la vida resiste a las distintas cargas se verifica mediante las siguientes ecuaciones.

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Cálculo de la potencia	Pot_E $= V * I$ $+ 10\% \text{ pérdidas}$	Pot_E : potencia eléctrica	Watts	4.25
		V: voltaje	Voltios	
		I: corriente	Amperios	
Intensidad requerida	I $= \left(\frac{Pot_E}{V} \right)$ $- 10\% \text{ pérdidas}$	I: corriente	Amperios	4.26
		V: voltaje	Voltaje	
		Pot_E : potencia eléctrica	Watts	

Anexo II

Tabla 12. Selección de transmisión de potencia

Transmisión de potencia	Poleas	Cadenas y piñones	Engranajes
Precio			
Uso alimenticio			
Distancia entre ejes			
Capacidad y montaje			
Potencia			
Torque			
Velocidad angular			

En la tabla 8 se muestra un resumen de las propiedades de los diferentes tipos de equipos de transmisión de potencia. Siendo la valoración entre el 0 a menor, el 5 el mediano y el 10 máximo o más costoso, difícil o no es conveniente.

Fuente:

Anexo II

Componentes de transmisión

Los componentes de transmisión mecánica Dodge® afectan y mejoran la forma en que se transfiere la potencia. Las transmisiones síncronas Dodge no sólo conectan un eje accionado a otro, sino que aíslan la carga de impacto y la vibración, corrigen los desalineamientos menores, sincronizan el movimiento entre ejes, con una mayor eficiencia y desempeño energéticos.

**Principales
industrias:**

- Manejo de material a granel / cereales
- Forestal / pulpa y papel
- Alimentos y bebidas
- Manipulación de fluidos
- Cemento
- Ingenio azucarero / bananero
- Ventilación
- Químicos / petróleo / gas
- Áridos
- Minería
- Manipulación de unidades

Beneficios de las transmisiones síncronas vs. las transmisiones con correa en V



- 5% más de eficiencia energética
- Más torsión con menos correas
- Diseño compacto
- Menos mantenimiento
- Menor tensión en las correas
- No hace falta retensionar las correas síncronas tras la instalación
- Incluye bujes Taper-Lock® que ofrecen más torsión, requieren menos espacio para el eje, reducen las cargas de los rodamientos y están listos para montarse y desmontarse.

Figura 2 Sistema de transmisión de potencia por correas o poleas

Fuente: [33]

Anexo II

Vitessees maximales de la chaîne.		
Pas mm	Vitesse de rotation tr/min	Vitesse linéaire m/s
9,525	10 000	30
12,7	7 000	28
15,875	5 000	24
19,05	4 000	24
25,4	2 500	18
31,75	1 600	16
38,1	1 300	16
44,45	1 000	14
50,8	700	11
63,5	500	10
76,2	400	9,5

Figura 3 Velocidades máximas en cadenas

Fuente: [33]

Anexo II

Estudio	Variables					
	Potencia de diseño Hp	Velocidad rpm	Paso diametral, P_d	Número de dientes, N	Ancho de la cara, F (in)	Carga tangencial W_t (lb)
1	20	1750	20	21	1.25	685.99
2	4	600	4	17	1.50	494.32
3	10	3000	10	55	1.00	91.67
4	18	2400	18	25	2.13	378.15
5	4	1800	4	30	2.00	149.39
6	45	600	45	26	2.50	1818.03
7	40	1200	40	35	2.00	720.29
8	25	1750	25	20	1.50	720.29
9	5	1750	5	18	1.00	240.10
10	10	1600	10	18	1.50	437.68

Figura 4 Datos de los engranes con el número de dientes

Fuente: [34]

Anexo II

Tabla 13. Selección del sistema de rodadura

Tipos de rodamientos	Bolas	Rodaduras	Agujas
Precio			
Uso alimenticio			
Carga axial			
Capacidad para soportar cargas			
Velocidad máxima			
Facilidad de montaje y desmontaje			

Fuente:

Anexo II

Tabla 14. Selección de tipo de variadores

Variadores de frecuencia	SINAMICS G110	MICROMASTER MM4	SINAMICS G120C
Precio			
Grado de protección			
Rango de Potencia			
Factor de potencia y eficiencia			
Tipo de aplicación alimenticio			
Voltaje de empleo			

En la tabla 10 se muestra un resumen de las propiedades de los diferentes tipos de equipos de variadores. Siendo la valoración entre el 0 a menor, el 5 el mediano y el 10 máximo o más costoso, difícil o no es conveniente.

Fuente:

Anexo II

Los variadores MICROMASTER se pueden emplear en todos los sectores de las industrias manufactureras y de procesos ofreciendo una variada funcionalidad, sencillo montaje y puesta en servicio.

- MICROMASTER 420: Aplicaciones básicas con conectividad opcional por bus de campo. Ejm: Cintas transportadoras, bombas, ventiladores
- MICROMASTER 440: Aplicaciones que demandan una funcionalidad y dinamismo mayores de lo habitual tal como se da en: transporte de materiales, ascensores, aparatos de elevación, sector textil y de alimentos.



MICROMASTER MM4

	MM420	MM440
Tensión de alimentación	3 x 200 ... 240 VAC ± 10%	3 x 200 ... 240 VAC ± 10%
Grado de Protección	IP20	IP20
Entradas digitales	3 parametrizables	6 parametrizables
Entradas analógica	1 escalable en tensión (0V a 10V)	2 escalables en tensión ó corriente
Salida digital	1 tipo relé parametrizable	3 tipo relé parametrizable
Salida analógica	1 escalable (0 mA a 20 mA)	2 escalable (0/4 mA a 20 mA)
Factor de potencia / Eficiencia	≥ 0,95 / ≥ 96%	≥ 0,95 / ≥ 96%
Capacidad de sobrecarga	150 % durante 60 s (ciclos de 300 s)	150 % por 60 s, 200% por 3 s (ciclos de 300 s)
Longitud del cable al motor	100 m (No apantallado) / 50 m (apantallado). Hasta 300 m con bobina de salida	
Frenado	Corriente continua. No opción de resistencia de frenado.	Corriente continua, chopper de frenado Integrado. Opción de resistencia de frenado
Reguladores	PI interno	PID interno (autotuning)
Método de control	V/f, FCC	V/f, FCC, Vector Control, Regulación de par
Temperatura de empleo	-10 ... +40 °C (hasta +50 °C con derating)	
Funciones de protección	Subtensión, sobretensión, sobrecarga, defecto a tierra, cortocircuito, vuelco del motor, protección térmica del motor y del variador, bloqueo de parámetros	

Figura 5: Datos del variador de frecuencia del MICROMASTER MM4

Fuente: [35]

Anexo II

SINAMICS G120C define nuevos estándares en su clase gracias al pequeño tamaño, alta densidad de potencia, breves tiempos de puesta en marcha, extrema facilidad de manejo, y gran funcionalidad integrada.

Satisface las exigencias de numerosas aplicaciones, pudiéndose utilizar, por ejemplo: cintas transportadoras, mezcladoras, extrusoras, bombas, ventiladores, compresores y manipuladores.

El manejo y la puesta en marcha se realizan de forma rápida y sencilla por medio de los cómodos paneles operadores BOP-2 (Basic Operator Panel-2), IOP - 2 (Intelligent Operator Panel) o con el PC a través del puerto USB integrado (software STARTER).¹⁾

Integra una ranura para uso opcional de tarjeta SD Card (respaldo de parametrización de hasta 100 juegos de parámetros).



SINAMICS G120C con BOP-2

Especificaciones técnicas

Tensión de alimentación / frecuencia	Trifásica 380-480 VAC -20% + 10% con 50/60 Hz +/- 5%
Rango de potencia	0,55 - 18,5 kW / 0,75 - 25 Hp
Grado de protección	IP20
Temperatura de operación	0° a 40°C sin derating/hasta 60°C con derating
Longitud del cable al motor	Tamaño F5AA: 100 m (no apantallado) / 50 m (apantallado). Tamaño F5A-F5C: 150m (cable no apantallado/apantallado). Hasta 225 m, con bobina de salida (consultar manual)
Entradas / Salidas de señal	6 entradas digitales; 2 salidas digitales; 1 entrada analógica; 1 salida analógica
Métodos de regulación	Vector (sin sensor), U/f, U/f ECO
Funciones de energía	Calculadora de ahorro y consumo energético, reducción automática de flujo.
Funciones de seguridad	Safe Torque Off (STO)
Frenado	Chopper de freno integrado en todos los tamaños.
Comunicación	USS / Modbus RTU, PROFIBUS DP, PROFINET, EtherNet / IP, CANopen. Versiones distintas
Configurador	www.siemens.com/dt-configurator

Figura 6: Datos del variador de frecuencia del SINAMICS G120C

Fuente: [35]

Anexo II

Los SINAMICS G110 son especialmente adecuados para aplicaciones de variación de velocidad simples con bombas, ventiladores, sistemas de embalaje, accionamientos de puertas de fábricas, garajes, paneles publicitarios en diversos sectores industriales y residenciales.

Es un convertidor de frecuencia robusto con funcionalidad básica compacto que funciona con control de tensión y frecuencia (V/f) en redes monofásicas de 200 V a 240 V (conocido en nuestro medio como alimentación "bifásica")



SINAMICS G110 con panel BOP

Especificaciones Técnicas

Tensión de alimentación / Frecuencia	1 x 200...240VAC \pm 10% con 50/60Hz \pm 5 %
Rango de potencia	0,37 - 3 kW/ 0,5-4HP
Grado de Protección	IP20
Entradas / Salidas	3 entradas digitales; 1 salida digital
Entradas analógica	1 entrada analógica escalable en tensión (0 V a 10 V)
Factor de potencia y Eficiencia	\geq 95%
Capacidad de sobrecarga	150% de sobrecarga durante 60s (ciclos de 300s)
Longitud del cable al motor	50 m (No apantallado) / 25m (apantallado)
Método de control	Características U/f lineal, cuadrática y multipunto
Temperatura de empleo	-10...+40°C (hasta +50 °C con derating)
Funciones de protección	Subtensión, sobretensión, defecto a tierra, cortocircuito, vuelco del motor, protección térmica del motor y variador.

Figura 7: Datos del variador de frecuencia del SINAMATICS G110

Fuente: [35]

Anexo II

Tabla .15 Recomendaciones para la construcción del agitador tipo ancla con rejillas

Descripción	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura de rejillas • 4-6 palas rectas
Campo de flujo generado	Axial/ radial
Régimen de flujo	Transición y turbulento
Velocidad tangencial	3-15 m/s
Velocidad del medio	Hasta 20 Pa.S
Posición del rodete $d2/d1$	0.2-0.5 m (alejado de la pared)
Aplicación	Homogeneizar

Fuente:[36]

Anexos III.
ANÁLISIS DE
RESULTADOS

Anexo III

Tabla 1. Datos experimentales de la tina y la leche.

Datos de la tina				
$V_T(L)$	$r_{T\text{ interno}}(m)$	$\phi_{T\text{ interno}}(m)$	$h_{T\text{ interno}}(m)$	$e_{camisa}(m)$
1032.2	0.74	1.48m	0.60	0.025
$r_{T\text{ externo}}(m)$	$\phi_{T\text{ externo}}(m)$	$h_{Tina}(m)$		
0.765	1.53	0.835		

Datos para la elaboración del queso				
$V_l(L)$	$m_{CaCl_2}(g)$	$m_{Cuajo}(g)$	$m_{Sal}(g)$	$T_l(^{\circ}C)$
1000	20	20	3000	18
$T_{H_2O}(^{\circ}C)$	$T_{Pasteu}(^{\circ}C)$	$m_{Queso}(g)$	$t_{Queso}(h)$	
42	67	1028600	5	

Anexo III



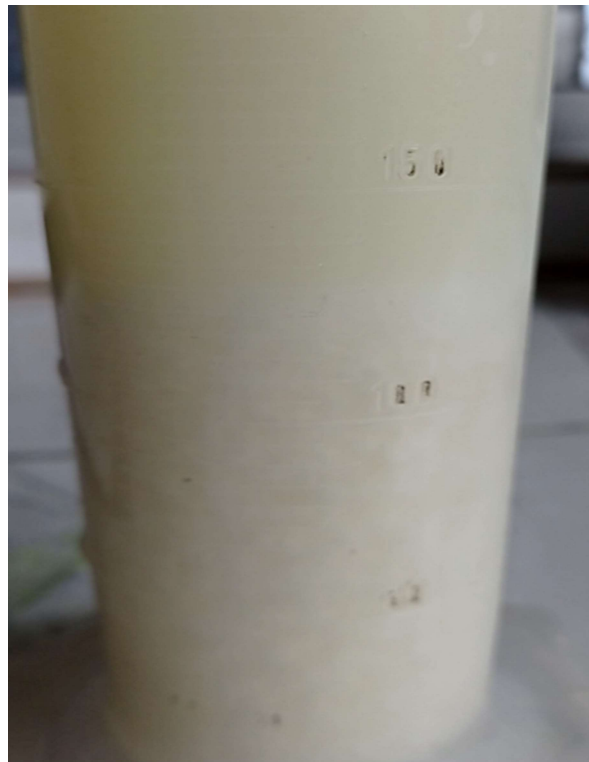


Figura.1 Estudio de sedimentación del queso
Fuente: Propia

Anexo III

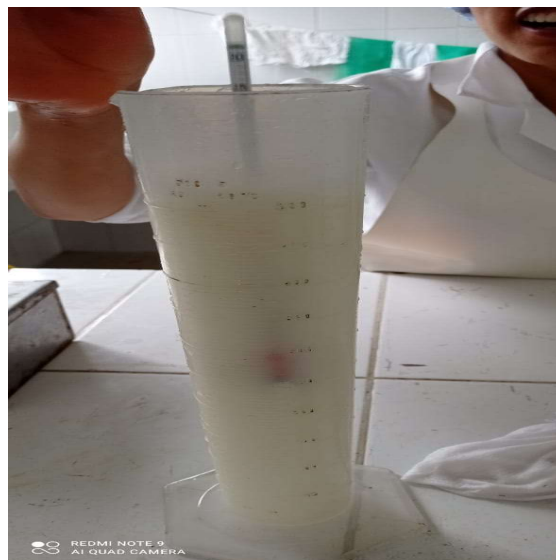
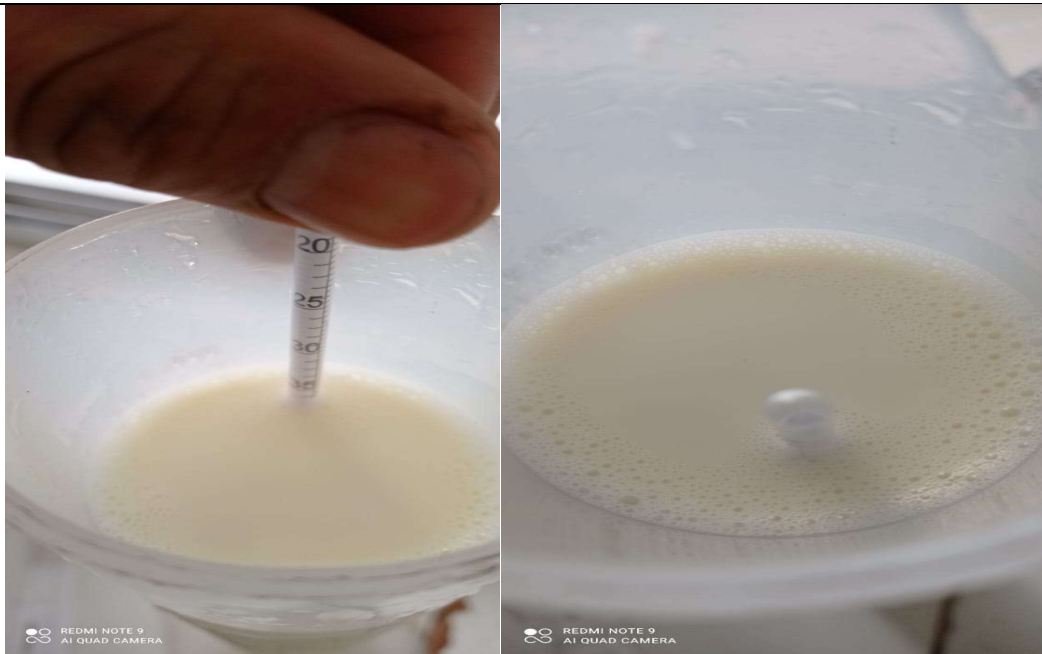


Figura 1.2. Obtención de datos del fluido (leche) densidad.

Fuente. Propia

Anexo III

Tabla 2. Cálculo de la densidad y masa del queso

<p>Para la determinación de la densidad de la leche se realizó con un lactodensímetro la cual a una temperatura de 28°C dio una densidad de 28. Luego se procedió a realizar con la sustitución de la fórmula y saber si está en los estándares de calidad según la norma INEN.</p>	<p>ρ_m (muestra) lectura de la densidad. $\rho_m + (T_m - 15^\circ\text{C}) * 0.0002$ $\rho = 1.028 + (18^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) * 0.0002$ $\rho = 1.0286\text{g}/\text{cm}^3$</p>		
<p>Para la determinación de la masa del queso se ocupa la ecuación 4.2 en la cual nos mostrará la masa del queso en kg</p>	<p>$m_L = \rho * v$ $m_L = 1000000\text{cm}^3 * 1.0286\text{g}/\text{cm}^3$ $m_L = 1028600\text{g}$</p>		
<p>Se procede a verificar la capacidad de la tina con la ecuación 4.4</p>	<p>$v = \pi * r^2 * h$ $v = \pi * 0.74^2 * 0.60$ $v = 1.0322\text{m}^3$</p>		
<p>La masa total del queso es la suma de todas las masas que se introducen a la leche menos las pérdidas o suero del queso. Se tiene como dato que por cada 10 litros de leche se obtiene 1 Kg de queso. Entonces el 90% se desperdicia en el suero.</p>	<p>$m_{Leche} + m_{CaCl_2} + m_{Cuajo} + m_{Sal}$ $= m_{queso} + m_{perdidas}$ $m_{Q\ T=} = 1028600 + 80 + 11.5 + 310 + 3000$ $m_{Q\ T=} = 1032001.5\text{g} - 928801.35\text{g}$ $m_{Q\ T=} = 103200.15\text{g}$</p>		
<p>Nombre</p>	<p>Símbolo</p>	<p>Ecuación</p>	<p>Resultado</p>
<p>Densidad</p>	<p>ρ</p>	<p>4.2.1</p>	<p>$\rho = 1.0286\text{g}/\text{cm}^3$</p>
<p>Masa</p>	<p>m_L</p>	<p>4.2</p>	<p>$m_L = 1028600\text{g}$</p>
<p>Masa total</p>	<p>m_{queso}</p>	<p>4.3</p>	<p>$m_{Q\ T=} = 103164\text{g}$</p>
<p>Volumen tina</p>	<p>v</p>	<p>4.1</p>	<p>$v = 1.0322\text{m}^3$</p>

Anexo III

Tabla 3. Determinación de la fuerza

<p>Para la determinación de la diferencia de fuerza es necesario establecer medidas según la figura 4.6 dependiendo del plano en que se encuentre. La densidad aumenta ya que más masa del queso se separa del suero.</p>	$df = \rho * g * h^* * dA$ $h^* = (60cm - y)$ $dA = (55cm \cdot dy)$ $df = \rho x g (60cm - y) (55cdy)$ $df = 55x\rho x g \int_{0cm}^{0.60cm} (60 - y)dy$
---	---

<p>Para determinar la fuerza es necesario poner datos de la densidad según la ecuación 4.2 y la gravedad constante que es 9.81m/s²</p>	$F = \int_a^b \rho * g * (h - y) * f(y)dy$ $F = 0.55x\rho x g \int_{0c}^{0.60cm} (0.60 - y)dy$ $F = 0.55cmx \rho x g \left(0.60y - \frac{y^2}{2} \right) \Big _0^{60cm}$ $F = 55cmx \rho x g (0.36 - 0.18) $ $F = 0.55mx \rho x g (0.18m)$ $F = 0.099mx \rho x g$ $F = 0.099x1043.03Kg/m^3x9.81m/s^2$ $F = 1012N$
---	---

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Diferencial de fuerza	df	4.4	df $= 0.55x\rho x g \int_{0cm}^{0.60cm} (60 - y)dy$
Fuerza	F	4.5	F = 1012 N

Anexo III

Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales* Fuente: J. Daisko, "Solid Materials", capítulo 32, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown, Jr. (editores en jefe). *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004, pp. 32.49-32.52.

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)					Resistencia a la deformación, exponente m	Resistencia a la fractura ϵ_f
			Fluencia S_y MPa (kpsi)	Última S_u MPa (kpsi)	A la fractura, σ_u MPa (kpsi)	Coficiente σ_u MPa (kpsi)			
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) [†]	620 (90.0)	0.25	1.05	
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) [†]	992 (144)	0.14	0.49	
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) [†]	758 (110)	0.24	0.85	
1045	Acero	TyR 600°F	1 520 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)	1 880 (273) [†]	0.041	0.81	
4142	Acero	TyR 600°F	1 720 (250)	1 930 (210)	2 340 (340)	1 760 (255) [†]	0.048	0.43	
303	Acero Inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1 520 (221) [†]	1 410 (205)	0.51	1.16	
304	Acero Inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1 600 (233) [†]	1 270 (185)	0.45	1.67	
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) [†]	620 (90)	0.28	0.10	
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) [†]	689 (100)	0.15	0.18	
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) [†]	882 (128)	0.13	0.18	

*Los valores se tomaron de uno o dos calados y se considera que pueden obtenerse usando especificaciones de compra. La deformación por fractura puede variar hasta en 100%.

Figura 2: Punto de fluencia cortante del acero AISI 304
Fuente: [37]

Anexo III

Tabla 4. Carga estática

Para realizar el cálculo es necesario calcular el torque y sacar el diámetro del eje del agitador.	$T = F \cdot r$ $T = (1012 \text{ N}) \times 0.026 \text{ m}$ $T = 26.312 \text{ Nm}$
El momento polar se realiza con la siguiente ecuación.	$J = \frac{\pi r^2}{2}$ $J = \frac{\pi * 0.026^2}{2}$ $J = 1.01618 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
Para realizar el esfuerzo cortante se realiza con la siguiente ecuación	$\tau = \frac{t * r}{J}$ $\tau = \frac{26.312 \text{ Nm} * 0.026 \text{ m}}{1.01618 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$ $\tau = 6.73244 \times 10^{-4} \text{ N}$
Para el esfuerzo máximo se realiza con los datos del ANEXO III figura 1	$\tau_{MAX} = \frac{2t}{2\pi r^3} = S_y'$ $S_y' = \frac{S_y}{2}$ $S_y' = \frac{276 \text{ Mpa}}{2}$ $S_y' = 138 \text{ MPa}$
Se realiza el cálculo del radio del eje Para el concentradores de esfuerzos se toma de la figura 9. Para el factor de seguridad se realiza mediante la figura 2.2 del catálogo de Martin anexo i9. Para cargas aplicadas repentinamente solo para impactos menores en este caso se escogió como n=2 Para los concentradores de esfuerzos se escoge del anexo III figura 8.	$r = \sqrt[3]{k \frac{2TFs}{\pi S_y'}}$ $r = \sqrt[3]{2.42 \frac{2(26.312 \text{ Nm})(2.00)}{\pi \times 138 \text{ MPa}}}$ $r = 0.0084 \text{ m}$ $d = 0.0168$

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Torque	T	4.6	T= 26.31Nm
Momento polar	J	4.8	J = 1.01618x10 ⁻³ m ²

Esfuerzo cortante	τ	4.7	$\tau = 6.73244 \times 10^{-4} \text{N}$
Esfuerzo máximo	τ_{MAX}	4.9	$Sy' = 138 \text{MPa}$
radio	r	4.10	$r = 0.0084 \text{m}$

Tipo de Carga	Factores de Servicio	
	Flexión	Torsión
Ejes Estacionarios –		
Cargas aplicadas gradualmente	1.0	1.0
Cargas aplicadas repentinamente	1.5 a 2.0	1.5 a 2.0
Ejes Rotatorios –		
Cargas aplicadas gradualmente o fijas	1.5	1.0
Cargas aplicadas repentinamente –		
Sólo para impactos menores	1.5 a 2.0	1.0 a 1.5
Cargas aplicadas repentinamente –		
Impactos pesados	2.0 a 2.5	1.5 a 2.5

Figura 2.2. Factor de servicio.

Fuente: [38]

Anexo III

Tabla 5. Características de los agitadores

Tipos de agitadores	Agitador Hélice	Agitadores de paletas tipo ancla	Turbina
Viscosidad	5	5	5
Velocidad de giro	5	5	5
Aplicación	0	10	0
Efectos(homogenización)	0	10	5
Total	10	<u>30</u>	15

El puntaje más bajo como es el 0 se basa a que el agitador no cumple según las necesidades.
5 significa que se asemeja o está en un rango semejante a la necesidad.
10 cumple con las necesidades del fluido

Anexo II

Tabla 5.1 Propiedades características del acero

Aceros	AISI 304	AISI 3016	AISI 430
Precio	5	0	10
Equipos para lácteos	10	10	0
Resistencia a la tracción (kg/mm ²)	10	10	0
Corrosión	10	10	0
Total	35	30	10

El puntaje para el precio es que a menor costo es el 10, el costo intermedio es el 5 y el de mayor costo es el 0

Anexo III

Tabla 6. Cálculo de las fuerzas horizontales

Fatiga del agitador	
Con este cálculo nos permite determinar el límite de resistencia a la fatiga	$Se = SE' * Ka * Kb * Kc * Kd * Ke * kf$
<p>Cálculo de la superficie Ka</p> <p>En la cual los datos se extrae de la figura 4 anexo III y la figura 2 anexo III las cuales son las propiedades del AISI 304</p>	$Ka = a \times St_u^b$ $a = 4.51$ $b = -0.265$ $S_{ut} = 568 \text{ MPa}$ $S_y = 276 \text{ MPa}$ $Ka = 4.51 \text{ MPa} \times 568 \text{ MPa}^{-0.265}$ <p>Ka = 0.839</p>
<p>Factor de tamaño Kb</p> <p>Según [37] nos dice que para diámetros $51 < d \leq 254$ se realiza la siguiente ecuación y considerando un diámetro del eje de 52mm</p>	$Kb = (1.51d)^{-0.157}$ $Kb = (1.51 * 52)^{-0.157}$ <p>Kb = 0.504</p>
<p>Factor de temperatura Kc</p> <p>Según [37] es necesario establecer la siguiente consideración.</p>	$Kc \begin{cases} 1 \text{ flexión} \\ 0.85 \text{ axial} \\ 0.59 \text{ torsión} \end{cases}$ <p>En este caso se escoge 0.59 ya que es torsión</p>
<p>Factor de temperatura Kd</p>	<p>Para este caso se estima que la temperatura máxima que alcanzará será a 100°C en donde según la figura 5 anexo III nos dice que:</p> <p>Kd = 1.020</p>
<p>Factor de confiabilidad Ke</p>	$Ke = \frac{1}{Kf}$ $Ke = \frac{1}{1.378}$ <p>Ke = 0.725</p>
<p>Factor de modificación Kf</p> <p>Todos los cálculos se realizan según parámetros de D/d y r/d. Donde los valores son D mayor del eje = 52mm, d menor del eje = 49 y r = 1.5mm. En la figura 6 anexo III se puede determinar el valor aproximado del factor de concentración. Según la figura ya</p>	$Kf = 1 + q * (kt - 1)$ $D/d = 1.06$ $r/d = 0.0306$ $q = \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{r}}}$

<p>mencionada se tiene un valor aproximado 1.4</p>	$q = \frac{1}{1 + \frac{0.070}{\sqrt{1.5}}}$ $q = 0.946$ $K_f = 1 + 0.946 * (1.4 - 1)$ $K_f = 1.378$
<p>Luego de realizar todos los ejercicios se calcula el límite de resistencia a la fatiga</p> <p>$S_e < S_y$ 57.26 MPa < 276 MPa</p>	$S_e' = 0.5 S_{ut}$ $S_e = \frac{568 MPa}{2} = 284 MPa$ $S_e = 284 MPa * 0.839 * 0.504 * 0.59 * 1.020 * 0.575 * 1.378 = 57.26$

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Superficie	Ka	4.13	Ka = 0.839
Tamaño	Kb		Kb = 0.504
Temperatura	Kc		0.59
Temperatura	Kd		K_d = 1.020
Confiabilidad	Ke		Ke = 0.725
Modificación	Kf		Kf = 1.378



Anexo III

Tabla 7. Cálculo del diámetro del eje de transmisión

Diámetro	Resolución
$Tm = \frac{P}{W}$	$Tm = \frac{1171.159 \text{ w}}{55 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}}}$ $Tm = 26.31 \text{ Nm}$
$d = \left\{ \frac{32}{\pi} \sqrt{\left(\frac{3}{4} \left(\frac{Tm}{Se} \right)^2 \right)} \right\}^{1/3}$	$d = \left\{ \frac{32 \cdot 2.0}{\pi} \sqrt{\left(\frac{3}{4} \left(\frac{26.31 \text{ Nm}}{57.26 \times 10^6 \text{ Pa}} \right)^2 \right)} \right\}^{1/3}$ $d = 0.01915 \text{ m}$ $r = \frac{d}{2}$ $r = \frac{0.01915}{2} = 0.009575 \text{ m}$

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Torque medio	T	4.15	$Tm = 26.31 \text{ Nm}$
Diámetro	d	4.12	$d = 48.57 \text{ mm}$

Anexo III

La presión que soporta la placa está dada por la relación

$$P = \gamma \Delta h \quad (1)$$

Donde:

γ es el peso específico del fluido y

Δh es el cambio de altura desde la superficie del fluido en donde la presión relativa es cero.

La fuerza que actúa sobre la placa se calcula mediante la ecuación

$$F = P \times A \quad (2)$$

Si sustituimos la ecuación (1) en la (2), y considerando que el cambio de altura Δh para este ejercicio es igual a la profundidad del tanque H, tenemos:

$$F = \gamma H \times A \quad (3)$$

Sabemos que el producto $H \times A$ es el volumen de fluido que se encuentra sobre la placa hasta llegar a la superficie del fluido, tal como se muestra en la figura 2, de modo que podemos expresar la fuerza como:

$$F = \gamma \times V \quad (4)$$

Figura 3: Ecuaciones para establecer la fuerza horizontal
Fuente:[39]



Anexo III

AGUNOS EJEMPLOS DE DENSIDAD
Y PESO ESPECIFICO DE LIQUIDOS

LIQUIDO	DENSIDAD	PESO ESPECIFICO
	grs/cm ³	N/m ³
GASOLINA	0,68	6.660
ALCOHOL ETILICO	0,78	7.640
ACETONA	0,79	7.740
PETROLEO	0,8	7.840
ETANOL	0,81	7.940
ACEITE	0,92	9.015
AGUA DESTILADA	1	9.800
CERVEZA	1,010	9.900
AGUA DE MAR	1,027	10.065
LECHE	1,03	10.100
GLICERINA	1,26	12.350
CLOROFORMO	1,475	14.485
SANGRE	1,48 - 1,60	14.500-15.680
MERCURIO	13,58	133.085

Figura 4: Peso específico de la leche

Fuente: [40]



Anexo III

Acabado superficial	Factor <i>a</i>		Exponente <i>b</i>
	S_{ut} kpsi	S_{ut} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Figura 5: Factor de superficie K_a
Fuente: [37]

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Figura 6: Factor de temperatura
Fuente:[37]

Anexo III

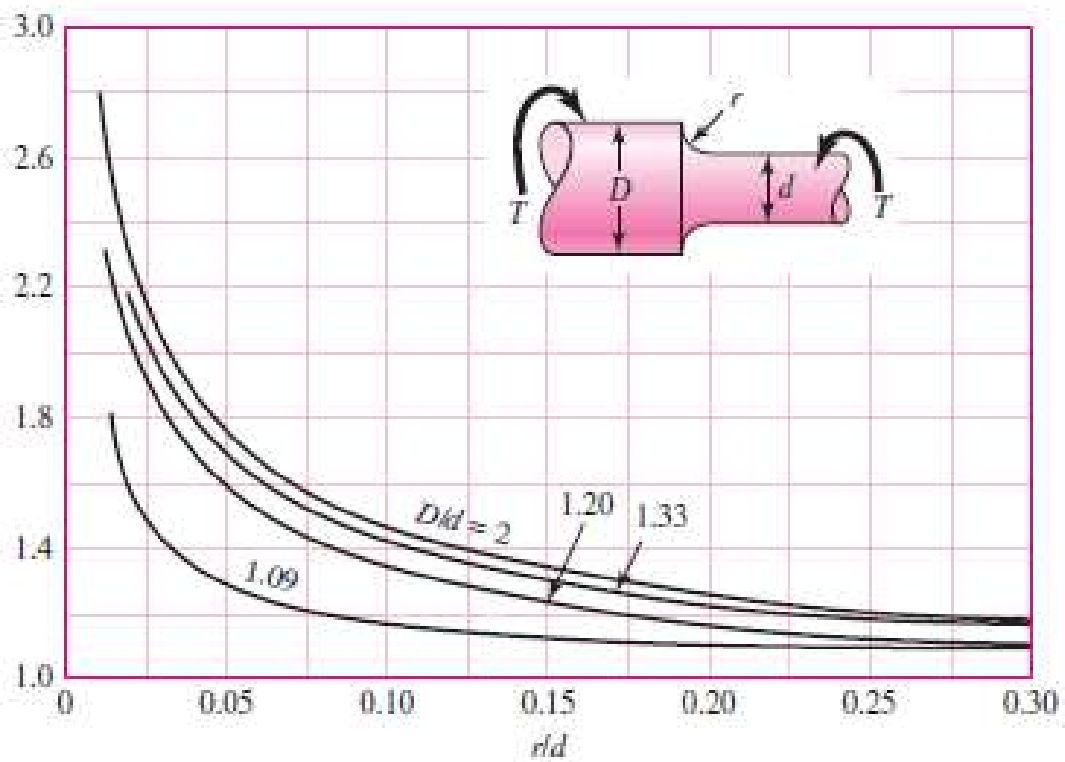


Figura 7: Factor de temperatura
Fuente:[37]

Anexo III

Los valores de A se listan en la tabla. En el caso de una barra sólida use $d = 0$

a/D	d/D					
	0.9		0.6		0	
	A	K_t	A	K_t	A	K_t
0.050	0.92	2.63	0.91	2.55	0.88	2.42
0.075	0.89	2.55	0.88	2.43	0.86	2.35
0.10	0.86	2.49	0.85	2.36	0.83	2.27
0.125	0.82	2.41	0.82	2.32	0.80	2.20
0.15	0.79	2.39	0.79	2.29	0.76	2.15
0.175	0.76	2.38	0.75	2.26	0.72	2.10
0.20	0.73	2.39	0.72	2.23	0.68	2.07
0.225	0.69	2.40	0.68	2.21	0.65	2.04
0.25	0.67	2.42	0.64	2.18	0.61	2.00
0.275	0.66	2.48	0.61	2.16	0.58	1.97
0.30	0.64	2.52	0.58	2.14	0.54	1.94

Figura 8: Concentradores de esfuerzos pag 1013

Fuente:[37]

Anexo III

Tabla 8. Sistema de agitación

<p>Longitud del brazo Se tiene la siguiente ecuación en la cual</p>	$L_B = \frac{5}{8} * \phi_i$ $L_B = \frac{5}{8} * 1.48m =$ $L_B = \mathbf{0.925}$		
<p>Espesor del agitador</p>	$E_r = \frac{1}{10} * L_B$ $E_r = \frac{1}{10} * 0.925$ $E_r = \mathbf{0.0925 m}$		
<p>Diámetro del rodete</p>	$= \frac{3}{4} * \phi_i$ $= \frac{3}{4} * 1.48m$ $\phi_r = \mathbf{1.11m}$		
<p>Distancia entre el fondo del tanque y el rodete</p>	$y = L_B - h$ $y = 0.625 - 0.60$ $y = \mathbf{0.0325m}$		
<p>Altura de la paleta</p>	$A_p = \frac{1}{5} * L_B$ $A_p = \frac{1}{5} * 0.925$ $A_p = \mathbf{0.185m}$		
<p>Distancia entre rejillas Para escoger el número de rejillas se tomó en cuenta las recomendaciones como se muestra en el anexo II tabla 15. En la cual nos dice que puede ser de 4-6 paletas rectas. En este caso se tomó 4 paletas.</p>	$x_p = \frac{L_B}{4}$ $x_p = \frac{0.925}{4} = 0.23m$		
Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Longitud del brazo	L_B	4.19	$L_B = \mathbf{0.925}$
Espesor del agitador	E_r	4.16	$E_r = \mathbf{0.0925 m}$
Diámetro del rodete	x	4.20	$x = \mathbf{1.11 m}$
Distancia entre el fondo del tanque y el rodete	y	4.21	$y = \mathbf{0.325}$
Altura de la paleta	A_p	4.17	$A_p = \mathbf{0.185m}$
Distancia entre rejillas	x_p	4.18	$x_p = 0.23m$

Anexo III

Tabla 9. Sistema de transmisión de potencia

<p>En primera instancia se debe calcular el número de Reynolds como en la siguiente ecuación. Para la ecuación se cogió la viscosidad del Anexo III figura 9. Y la densidad de la ecuación 4.2.</p>	$NR_e = \frac{\phi r^2 * N * \rho}{\mu}$ $NR_e = \frac{1.11^2 * 0.9167 * 1029.2}{8 * 10^{-3}}$ $NR_e = 14.53x10^4$
<p>De los resultados obtenidos según la potencia mediante el gráfico del anexo II figura 4.6 se obtiene como el NPO igual a 6 y se realiza la siguiente ecuación</p>	$P = \left(\frac{Np\phi}{g_c}\right)(\rho * N^3 * \phi r^5)$ $P = \left(\frac{0.6}{1}\right)(1430.3 * 0.9167^3 * 1.11^5)$ $P = 1113.973 \text{ W}$ <p>Al valor obtenido se le aumenta el 10% de su capacidad ya que esto sería de las pérdidas</p> $P = 1113.973 \text{ W} * 10\%$ $= 111.3973 \text{ W}$ $P = 1113.973 \text{ W} + 111.3973 \text{ W} = 1225.37 \text{ W}$ $P = 1225.37 \text{ W} * \left(\frac{1 \text{ HP}}{746 \text{ W}}\right)$ 1.643 HP

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Numero de Reynolds	NR_e	4.22	$NR_e = 14.53x10^4$
Potencia del motor	P	4.23	1.643 HP

Anexo III

**Valores Empíricos de Parámetros de Textura/ Reología usados en la
clasificación de quesos**

Tipo de queso	Humedad (%)	Valores escala logarítmica		
		Viscosidad	Elasticidad	Flexibilidad
Muy duro	<25	>9	>6.3	>2.3
Duro	25-36	8-9	5.8-6.3	2-2.3
Semi-blando	36-40	7.4-8	<5.8	1.8-2
Blando	>40	<7.4	<5.8	<1.8

Figura 9. Valores de viscosidad de los quesos

Fuente: [41]

Anexo III

Sistema eléctrico y de control

Tabla 10. Cálculo del sistema eléctrico y de control

Torque	Potencia del motor
$T = F \times r$ $T = F \times r$ $t = (1012\text{N}) \times 0.026\text{m}$ $t = 20,816\text{Nm}$	$P = \frac{T \times RPM}{716}$ $P = \frac{20,816\text{Nm} \times 55\text{rpm}}{716}$ $P = 1.598\text{HP}$ $P = 1192.36\text{ Watt}$
<p>Corriente</p> $I = \left(\frac{Pot_E}{V} \right) - 10\%_{p\acute{e}rdidas}$ $I = \left(\frac{1192.36\text{W}}{220\text{V}} \right)$ $I = 5.41\text{ A}$	

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Torque	T	4.6	$t = 20.816\text{Nm}$
Potencia	P	4.25	$P = 1192.36\text{ Watt}$
Corriente	I	4.26	$I = 5.42\text{ A}$

Anexo III

Tabla 11 Selección de transmisión de potencia

Transmisión de potencia	Poleas	Cadenas y piñones	Engranajes
Precio	10	0	0
Uso alimenticio	0	10	10
Distancia entre ejes	0	0	5
Capacidad y montaje	10	5	10
Potencia	0	10	10
Torque	0	5	10
Velocidad angular	0	5	10
Total	20	35	55

El puntaje para el precio es que a menor costo es el 10, el costo intermedio es el 5 y el de mayor costo es el 0

Fuente:

Anexo III

Tabla 12 Selección de tipo de variadores

Variadores de frecuencia	SINAMICS G110	MICROMASTER MM4	SINAMICS G120C
Precio	10	5	0
Grado de protección	10	10	10
Rango de Potencia	0	5	10
Factor de potencia y eficiencia	10	5	0
Tipo de aplicación alimenticio	0	10	0
Voltaje de empleo	10	0	5
Total	40	35	25

El puntaje para el precio es que a menor costo es el 10, el costo intermedio es el 5 y el de mayor costo es el 0

Fuente:

Anexo II

(Espesor) mm	Ancho x longitud mm	Peso Aprox. (kg)	304	316 - L	430	Acabado
0.4	1220X2440	9.4	*		*	2B o N° 4
0.5	1220X2440	11.8	*		*	2B o N° 4
0.6	1220X2440	14.2	*			2B
0.7	1220X2440	17.0	*		*	2B o N° 4
0.8	1220X2440	18.7	*			2B
0.9	1220X2440	21.03	*			2B
1.0	1220X2440	24.0	*			2B o N° 4
1.2	1220X2440	28.2	*		*	2B o N° 4
1.5	1220X2440	35.0	*			2B o N° 4
2.0	1220X2440	48.0	*	*		2B o N° 4
2.5	1220X2440	60.0	*	*		2B
3.0	1220X2440	71.0	*	*		2B
4.0	1220X2440	97.0	*	*		N°1
5.0	1220X2440	118.8	*	*		N°1
6.0	1220X2440	144.0	*	*		N°1
8.0	1220X2440	187.0	*	*		N°1
10.0	1220X2440	234.0	*			N°1
12.0	1220X2440	282.0	*			N°1

Figura.10. Medidas de planchas Acero inoxidable AISI 304

Fuente: [26]

Tubo rectangular
Calidad AISI 304 y 316



sección mm	espesor mm	304		316	
		mate	brillo	mate	brillo
20x10	1.0	60140400	60140800		60141490
20x10	1.5	60140415	60140810		60141495
30x15	1.0	60140430	60140830		
30x15	1.5	60140445	60140835	60141200	60141500
40x10	1.5		60140850		60141520
40x20	1.0	60140460	60140860	60141230	
40x20	1.5	60140470	60140890	60141245	60141530
50x10	1.5		60140900		60141545
50x10	2.0		60140910		
50x20	1.5		60140915		
50x25	1.5	60140505	60140920		60141548
50x30	1.5		60140930		
60x10	1.5		60140940		60141555
60x20	1.5		60140945		
60x30	1.5	60140520	60140950	60141260	60141560
60x40	1.5	60140525	60140960		60141570

Figura.11. Medidas de tubos rectangulares AISI 304

Fuente: [42]

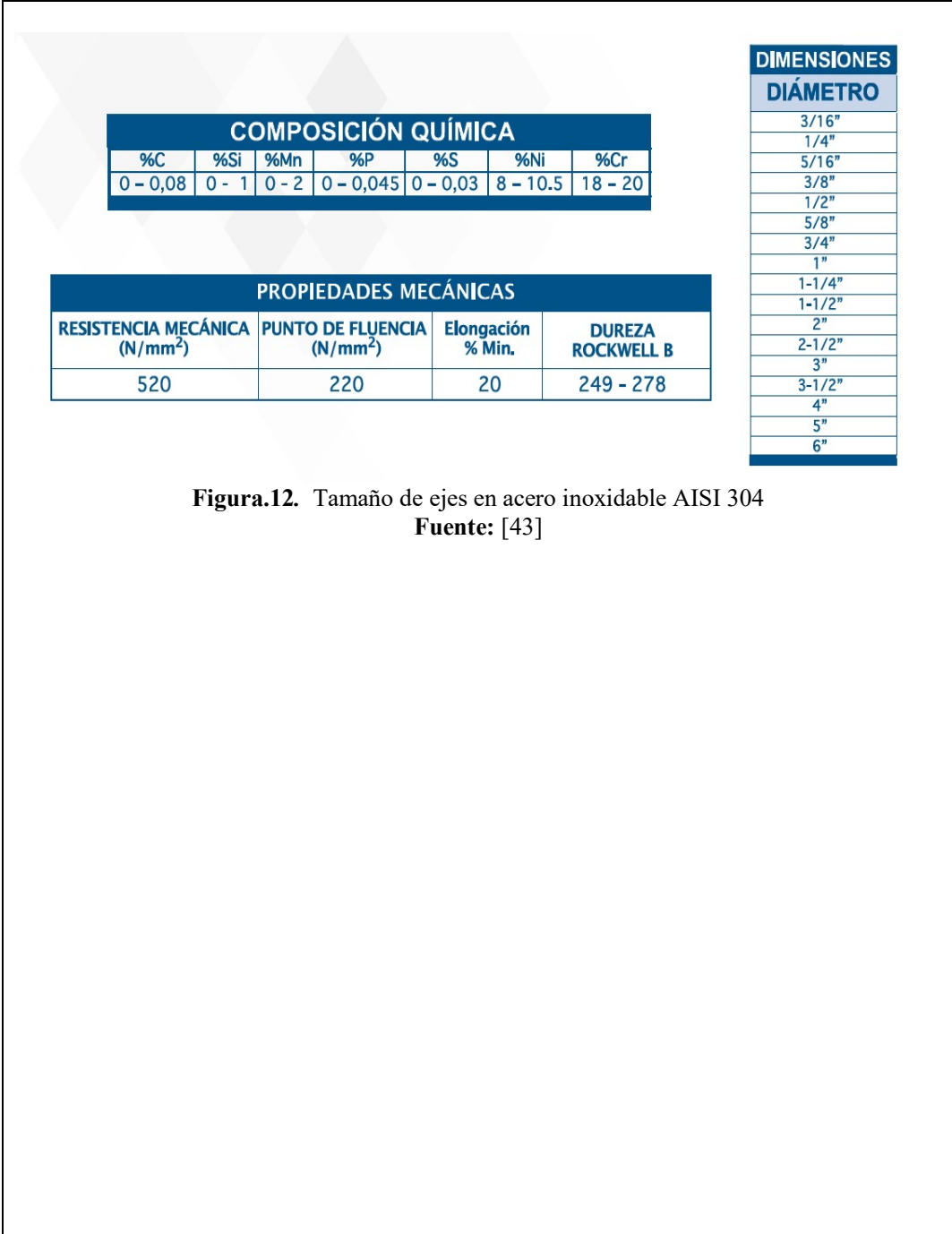
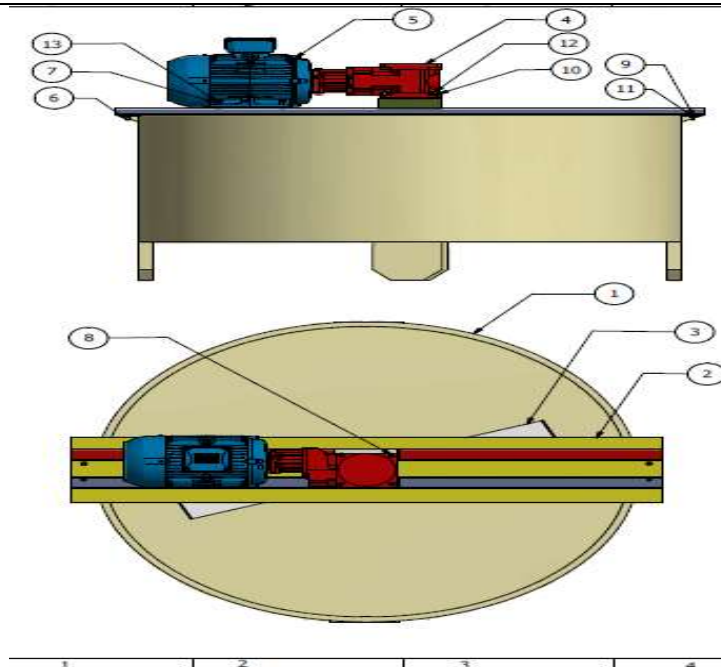


Figura.12. Tamaño de ejes en acero inoxidable AISI 304
Fuente: [43]

Anexo III



ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	MATERIAL	DESCRIPCIÓN
1	1	Tina Tipo marmita	Acero Inoxidable AISI 304	
2	1	Ensamblaje Base	Acero Inoxidable AISI 304	
3	1	Ensamble del agitador	Acero Inoxidable	
4	1	BSFS02REBH05_20210131_13 4740_NW_6XgQRZkqRQ2yWu zRtgQ	Acero	3D InterOp IGES (v. 2017 1.0.0), Spatial Corp. Copyright (C) 1999-2016.
5	1	215T_TOP	Acero, carbono	
6	4	AS 1110 - M8 x 30	Acero, suave	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
7	4	AS 1110 - M10 x 35	Acero, suave	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
8	4	AS 1110 - M12 x 35	Acero, suave	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
9	4	IFI - 10	Acero, suave	Arandela de prueba redonda
10	3	IFI - 12	Acero, suave	Arandela de prueba redonda
11	4	AS 1112 - M8 Tipo 5	Acero, suave	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas tuercas delgadas, tuercas ranuradas y tuercas entalladas
12	3	AS 1112 - M12 Tipo 5	Acero, suave	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas tuercas delgadas, tuercas ranuradas y tuercas entalladas
13	4	AS 1112 - M10 Tipo 5	Acero, suave	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas tuercas delgadas, tuercas ranuradas y tuercas entalladas

LISTA DE PIEZAS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.:	TUAPANTA, D	1:12		
Rev.:	DOCENTE			
Aprob.:	PROFESOR			
Materiales:	Tolerancia:	Número Lámina 1	Asignatura:	Denominación:
				DIBUJO

Figura.11. Sistema de agitación.

Fuente: Propio

Anexo III

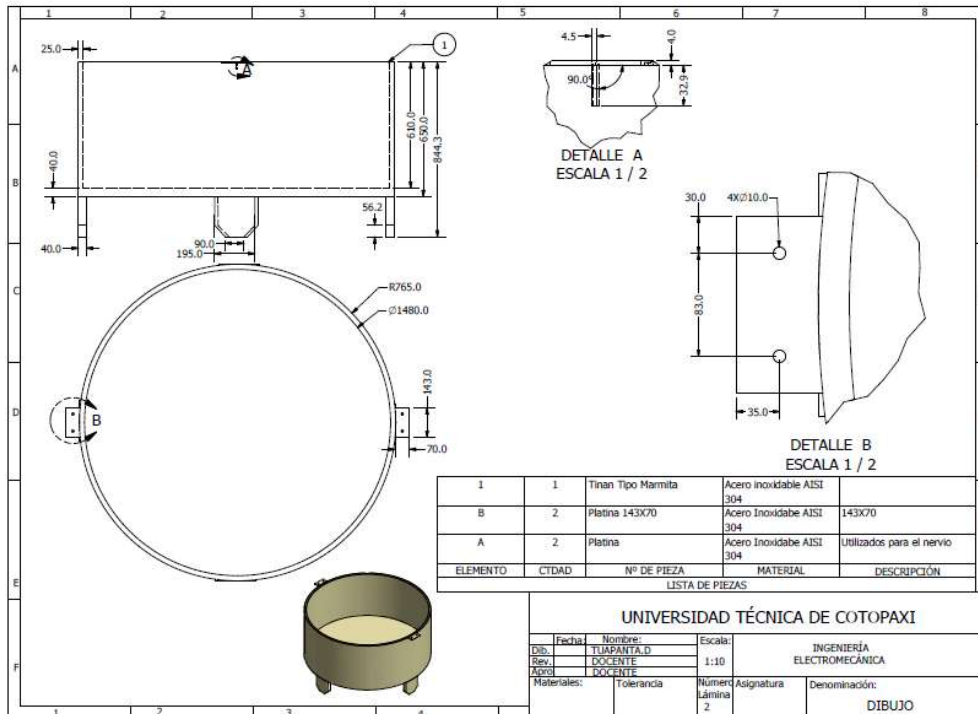


Figura.12. Dimensiones de la tina

Fuente: Propio

Anexo III

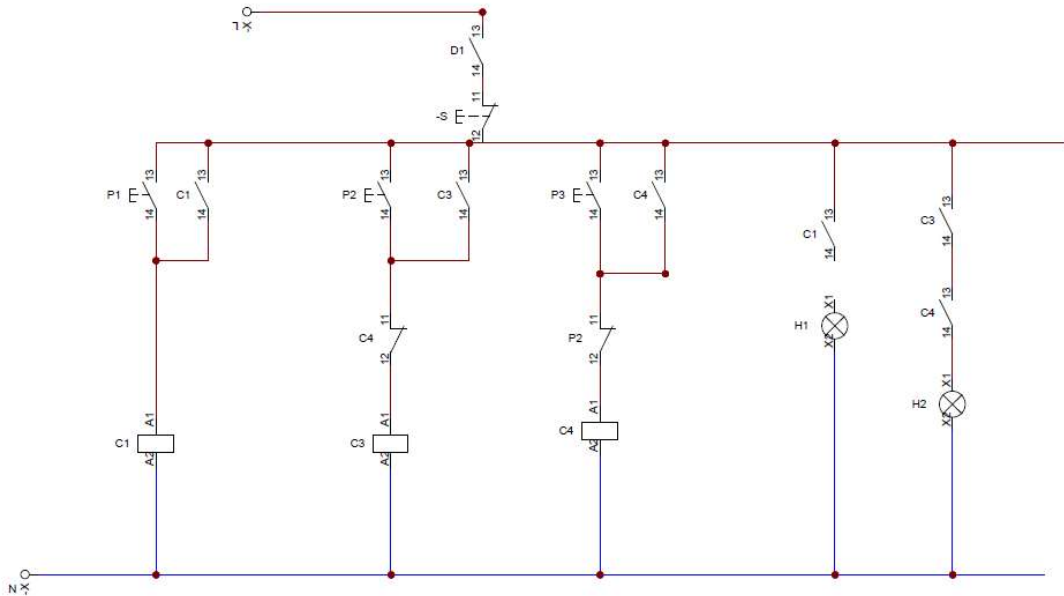


Figura.13. Esquema de control del motor trifásico para el agitador con el variador de velocidad

Fuente: Propio

Anexo III

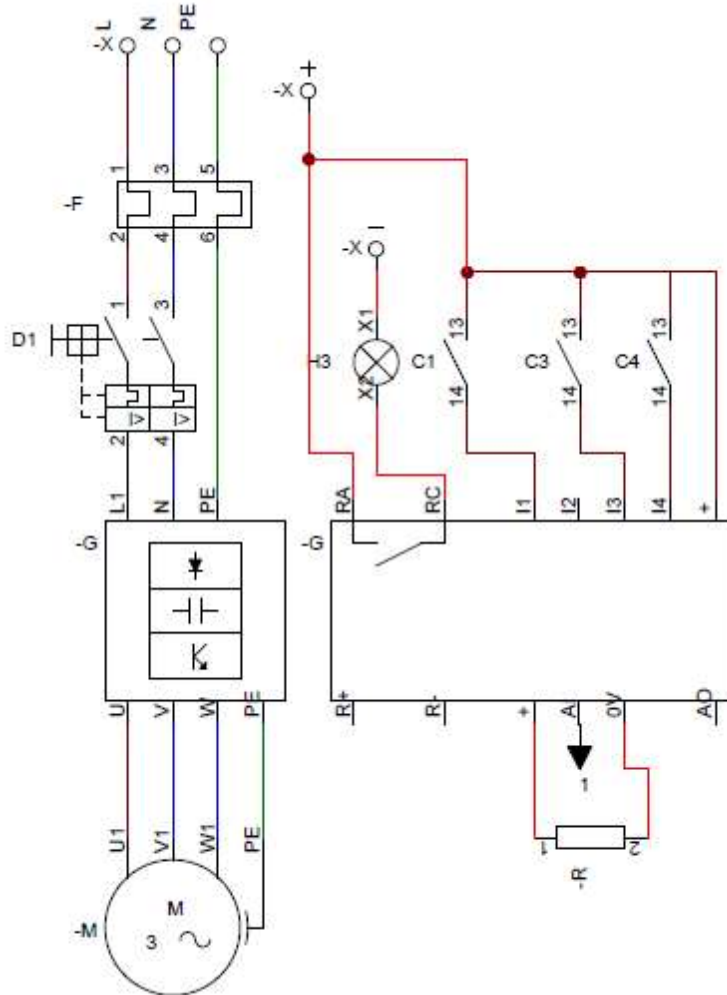


Figura.14. Esquema de potencia del motor trifásico del agitador con el variador de velocidad

Fuente: Propio

Anexo III

INEN

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

**CODIGO
DE PRÁCTICA**

**INSTALACIÓN Y
SERVICIO DE TANQUES
REFRIGERADOS
PARA LECHE**

1983

Quito - Ecuador

clase II: tanque para cuatro ordeños, que se descarga en el 100% de su capacidad útil una vez cada dos días, diseñado para enfriar un cuarto de su capacidad útil dos veces en 24 horas.

4.2.3 Materiales:

4.2.3.1 Acero inoxidable. Todas las superficies que se diseñen para estar en contacto con leche deben ser de acero inoxidable austenítico, conforme a ANSI 304 o de aceros inoxidables equivalentes, de grado aceptable, austeníticos y soldables. La tipificación del acero utilizado deberá ser comprobable por la certificación del proveedor, de conformidad con normas relevantes.

4.2.3.2 Otros metales. Los metales para otros componentes que intervengan en el diseño de partes en contacto con agua, deberán ser tales que el efecto de corrosión eléctrica sea mínimo, y no afecte la funcionalidad del equipo durante la vida útil especificada por el fabricante.

4.2.3.3 Caucho. Los componentes de caucho diseñados para tener contacto con la leche deben reunir los requisitos de INEN 890.

4.2.3.4 Otros materiales. Los materiales utilizados en el diseño de partes que no tienen contacto con la leche deben ser de calidad usualmente aceptable y, de existir normas específicas, deberán cumplir los requisitos que se establezcan en dichas normas, en el grado convenido por las partes interesadas y con la aceptación del INEN.

4.2.4 Dimensiones:

4.2.4.1 Altura. La altura del tanque, desde el nivel del piso hasta la parte superior del cuerpo, no debe exceder 1 400 mm.

4.2.4.2 Puente y aberturas. El ancho del puente no debe exceder 700 mm y la suma de las distancias entre:

- a) los extremos anteriores del recipiente interior de un tanque rectangular (medido sobre el eje del tanque); y
- b) la periferia del recipiente interior de un tanque circular (medido sobre un diámetro perpendicular al puente) no debe ser menor a 600 mm.

4.2.4.3 Espacio libre inferior. Entre el nivel del piso y el punto más bajo del tanque (incluida la cañería de salida) debe ser por lo menos 150 mm en el caso de tanques de anchura/diámetro igual o menor a 1 600 mm, y por lo menos de 200 mm para tanques mayores. El espacio libre inferior entre el piso y la cañería de salida debe ser en todo caso mayor a 100 mm.

Figura.15. Norma CPE INEN 007:1983

Fuente: [22]

Anexo III

INEN		QU 03.01-306
COLI 1811.06	LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS. EXAMEN MICROBIOLÓGICO DISPOSICIONES GENERALES	INEN 17 1973-06
Instituto Ecuatoriano de Normalización, IEN - Casilla 17-01-3918 - Santiago Moreno Es.29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción	<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer las disposiciones generales que deben cumplirse al realizar el examen microbiológico de la leche o de los productos lácteos.</p> <p style="text-align: center;">2. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>2.1 Características de los reactivos</p> <p>2.1.1 En todos los ensayos deberán usarse reactivos de grado analítico, y las sustancias orgánicas empleadas en la preparación de los medios de cultivo deberán ser adecuadas para examen microbiológico.</p> <p>2.1.2 Podrán usarse medios de cultivo preparados comercialmente, siempre que estos cumplan con los requisitos establecidos por la norma de ensayo para cada caso particular o se compruebe que producen resultados equivalentes. Los medios de cultivo deberán mantenerse en condiciones estériles.</p> <p>2.1.3 Salvo que se especifique lo contrario, deberá usarse agua destilada en los ensayos.</p> <p>2.2 Características del Instrumental</p> <p>2.2.1 Material de vidrio. Todo el material de vidrio que se use para los ensayos deberá esterilizarse previamente mediante uno de los métodos descritos en 2.6. Los matraces aforados, las buretas y pipetas deberán ser del mayor grado de precisión y exactitud posible.</p> <p>2.2.2 Tapones. Deberán usarse tapones de goma adecuadamente preparados (ver 2.3.4) y esterilizados, o tapones de algodón fabricados con algodón no absorbente en fibra.</p> <p>2.2.3 Estufas de cultivo. Deberán estar provistas con regulador de temperatura. La temperatura deberá registrarse mediante un termómetro cuyo bulbo esté insertado en un pequeño frasco o matraz herméticamente cerrado y lleno de agua destilada estéril.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p>	

Figura.16. NORMA INEN 17: 1975

Fuente: [44]



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE LAS CIENCIAS

DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



Ingeniería
Electromecánica

Anexo III

INEN

Activa
Ve a C

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2607:2012

QUESO ANDINO MADURADO. REQUISITOS.

Primera Edición

ANDEAN MATURED CHEESE. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, queso, queso andino madurado, requisitos.
AL 63.01-449
CDU: 637.354
CIIU: 3112
ICS: 67.100.30

- a) Cultivos iniciadores de bacterias inocuas del ácido láctico y/o productoras de aroma;
- b) Cuajo u otras enzimas coagulantes inocuas e idóneas;
- c) Cloruro de sodio y/o cloruro de potasio como sucedáneo de la sal;

4.1.5 La prueba de fosfatasa será negativa para el queso Andino madurado, (ver NTE INEN 065).

4.1.6 *Requisitos fisicoquímicos.* El queso Andino madurado, ensayado de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes debe cumplir con lo establecido en la tabla 1.

TABLA 1. Requisitos fisicoquímicos

REQUISITO	Min.	Max.	METODO DE ENSAYO
Grasa láctea en extracto seco, % (m/m)	35,0	--	NTE INEN 63
Extracto seco:	Según el contenido de grasa en el extracto seco, de acuerdo a la siguiente tabla		NTE INEN 64
	Contenido de grasa en el extracto seco (m/m):		Contenido de extracto seco mínimo correspondiente (m/m):
	>30,0% < 40,0%		38,0 %
	>40,0% < 48,0%		52,0%
	>48,0% <60,0%		55,0%
	>60,0%		62,0%

4.1.7 *Requisitos microbiológicos.* Al realizar el análisis microbiológico correspondiente, el queso Andino madurado debe dar ausencia de microorganismos patógenos, de sus metabolitos y toxinas.

4.1.7.1 El queso Andino madurado, ensayado de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes deben cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos microbiológicos

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
Enterobacteriaceas, UFC/g	5	2×10^2	10^2	2	NTE INEN 1529-13
Staphylococcus aureus UFC/g	5	10^2	10^2	1	NTE INEN 1529-14

Donde:

n = Número de muestras a examinar.

m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.

c = Número de muestras permisibles con resultados entre m y M.

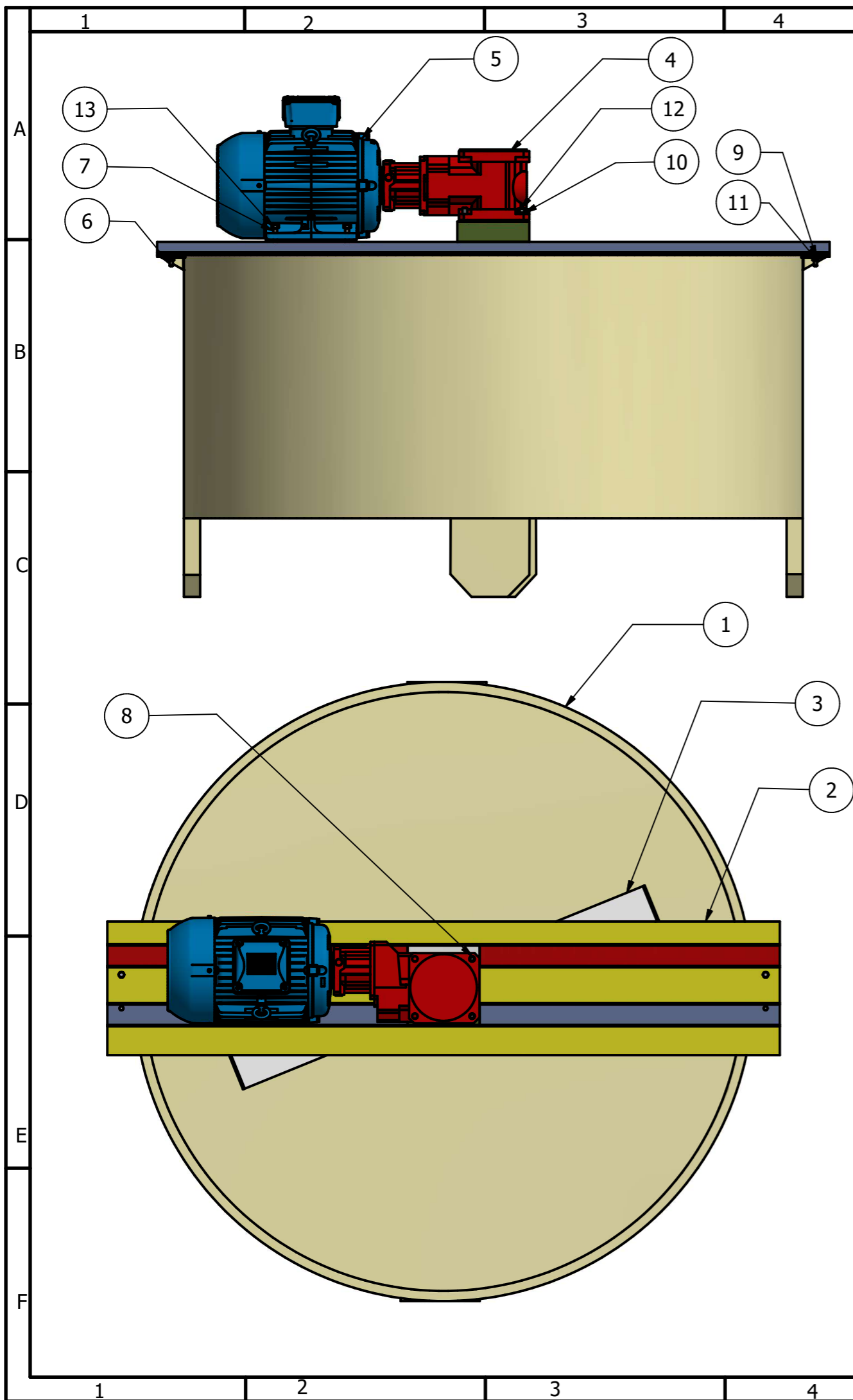
4.1.8 *Aditivos.* Se pueden utilizar los aditivos permitidos y en las cantidades especificadas en la NTE INEN 2 074, además de: Enzimas inocuas idóneas para potenciar el proceso de maduración; Coadyuvantes de elaboración inocuos idóneos y harinas y almidones de arroz, maíz, trigo y papa, las harinas y almidones pueden utilizarse en la misma función como agentes antiaglutinantes para tratamiento de la superficie, sólo en productos cortados, rebanados y rallados, siempre que se añadan únicamente en las cantidades funcionalmente necesarias establecidas por las buenas prácticas de fabricación (BPF).

4.1.9 *Contaminantes.* El límite máximo permitido debe ser el que establece el Codex alimentarius de contaminantes CODEX STAN 193-1995, en su última edición.

Figura.17. NORMA: NTE INEN 2607:2012

Fuente: [31]

Anexos IV.
PLANOS

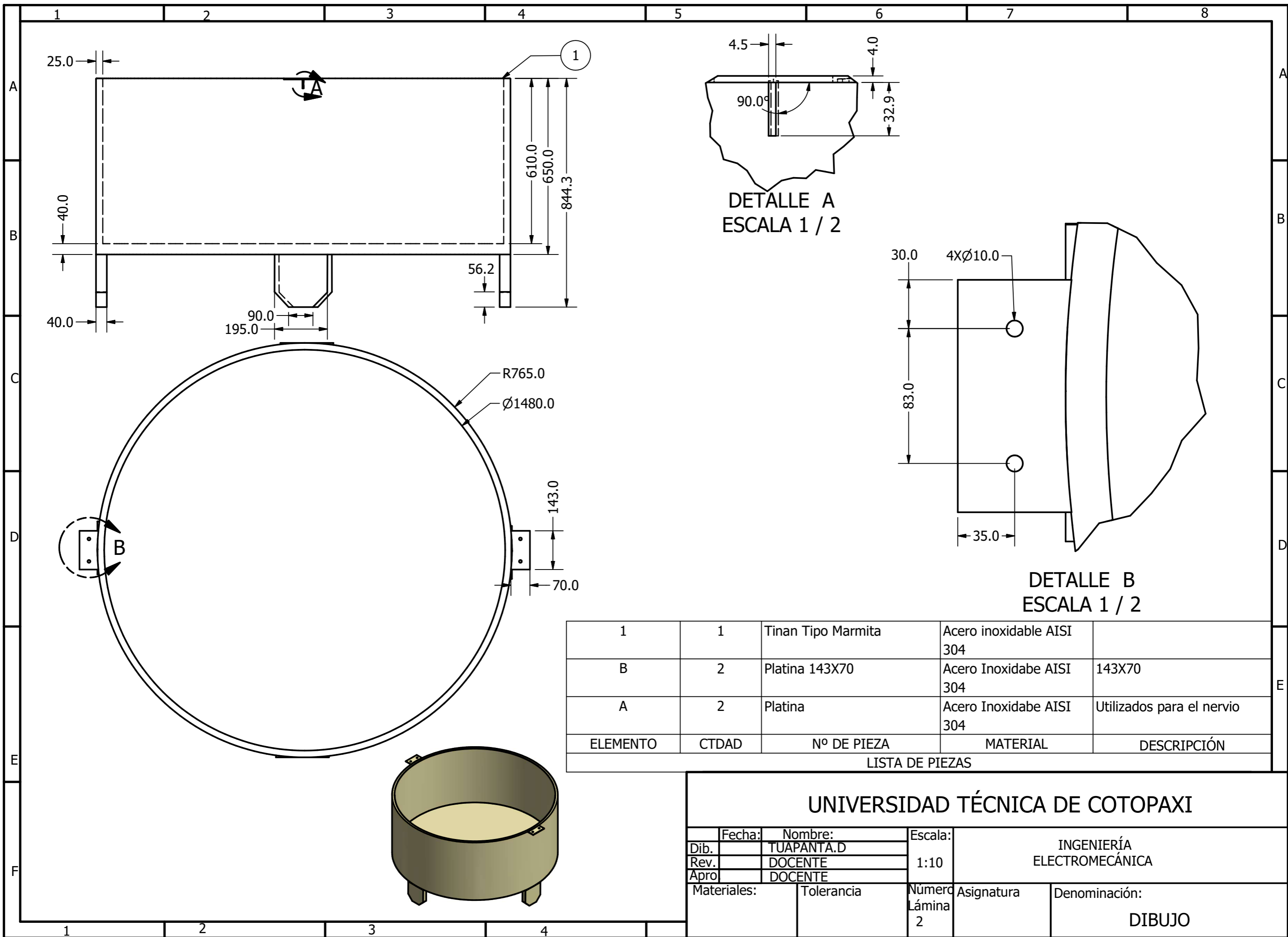


1	1	Tina Tipo marmita	Acero inoxidable AISI 304	
2	1	Ensamblaje Base	Acero inoxidable AISI 304	
3	1	Ensamble del agitador	Acero inoxidable	
4	1	BSF502REBH05_20210131_13 4740_NW_6XgQRZkqRQ2yWu zRtgQ	Acero	3D InterOp IGES (v. 2017 1.0.0), Spatial Corp. Copyright (c) 1999-2016.
5	1	215T_TOP	Acero, carbono	
6	4	AS 1110 - M8 x 30	Acero, suave	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
7	4	AS 1110 - M10 x 35	Acero, suave	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
8	4	AS 1110 - M12 x 35	Acero, suave	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
9	4	IFI - 10	Acero, suave	Arandela de prueba redonda
10	3	IFI - 12	Acero, suave	Arandela de prueba redonda
11	4	AS 1112 - M8 Tipo 5	Acero, suave	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas tuercas delgadas, tuercas ranuradas y tuercas entalladas
12	3	AS 1112 - M12 Tipo 5	Acero, suave	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas tuercas delgadas, tuercas ranuradas y tuercas entalladas
13	4	AS 1112 - M10 Tipo 5	Acero, suave	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas tuercas delgadas, tuercas ranuradas y tuercas entalladas
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	MATERIAL	DESCRIPCIÓN

LISTA DE PIEZAS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	TUAPANTA.D	1:12			
Rev.	DOCENTE				
Apro	DOCENTE				
Materiales:		Tolerancia	Número Lámina 1	Asignatura	Denominación: DIBUJO



DETALLE A
ESCALA 1 / 2

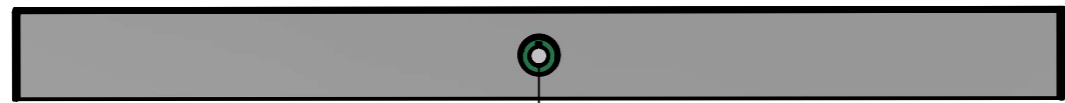
DETALLE B
ESCALA 1 / 2

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	MATERIAL	DESCRIPCIÓN
1	1	Tinan Tipo Marmita	Acero inoxidable AISI 304	
B	2	Platina 143X70	Acero Inoxidabe AISI 304	143X70
A	2	Platina	Acero Inoxidabe AISI 304	Utilizados para el nervio

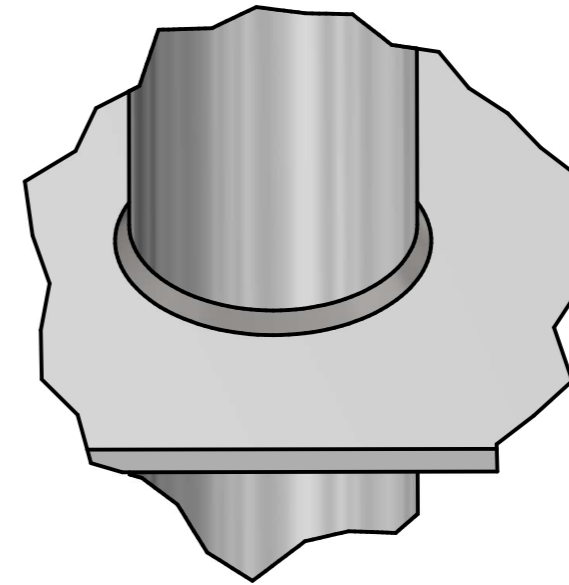
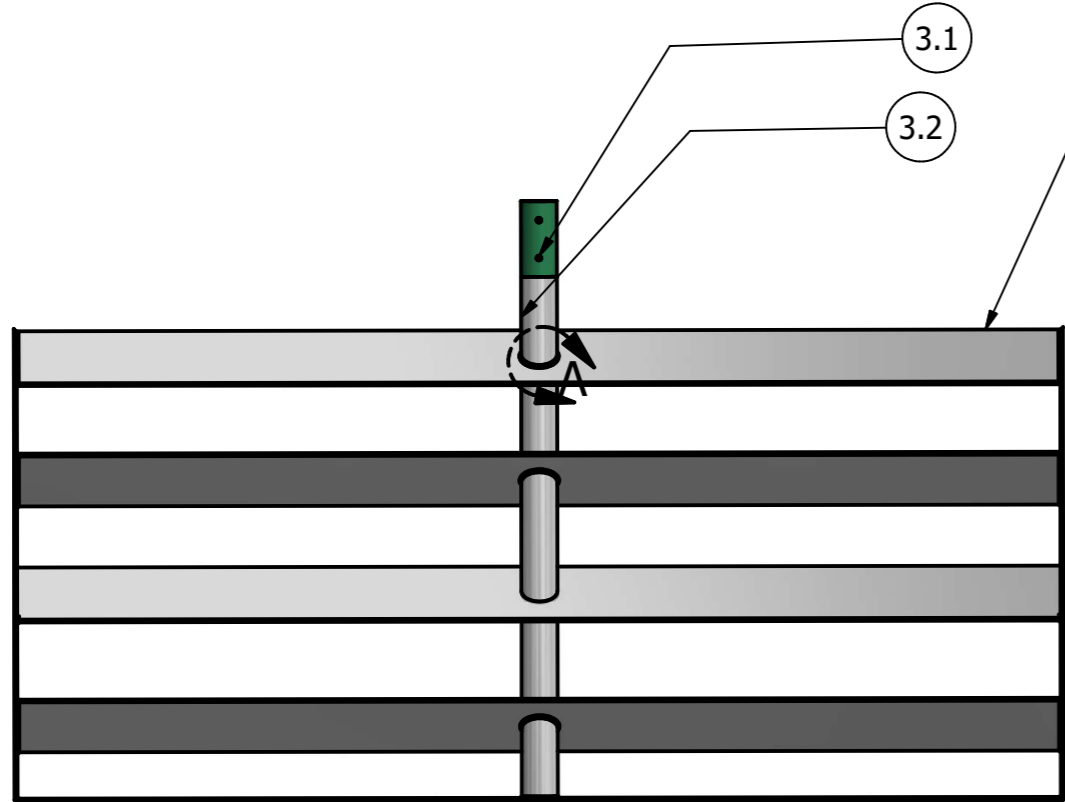
LISTA DE PIEZAS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. TUAPANTA.D	DOCENTE	1:10			
Rev. DOCENTE					
Apro. DOCENTE					
Materiales:		Tolerancia	Número Lámina 2	Asignatura	Denominación:
					DIBUJO



568



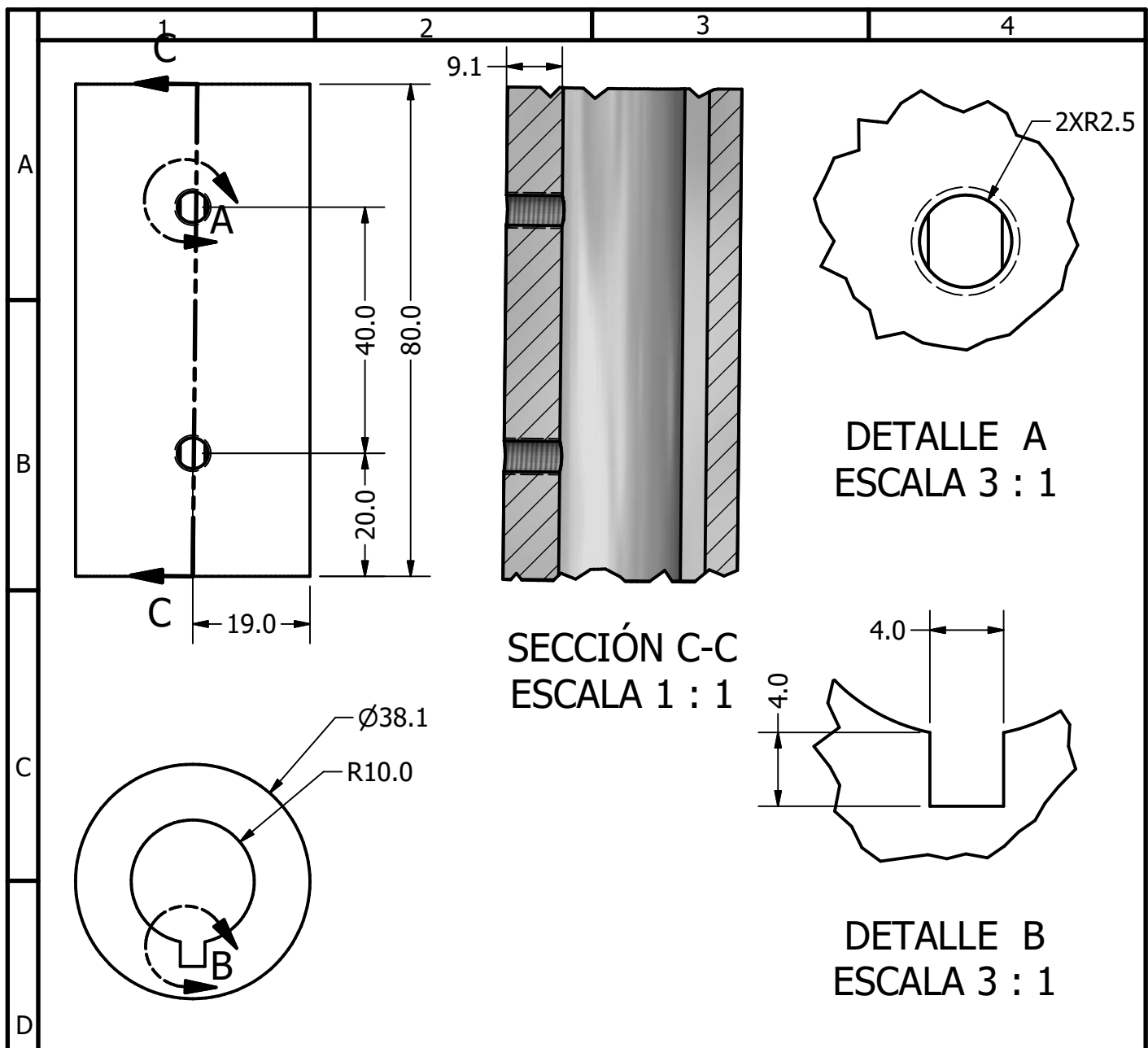
DETALLE A
ESCALA 1 / 1

3.2	1	Eje	Acero inoxidable AISI 304	
3.3	1	Tipo ancla	Acero inoxidable AISI 304	
3.1	1	Prisionero	Acero inoxidable AISI 304	
A	4	Soldadura Electrodos recubiertos	AWS E308L-17 (ESAB - OK 61.30)	Soldadura con electrodos para acero inoxidable AISI 304 de 2 mm
3	1	Agitador Ancla	Acero inoxidable AISI 304	
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	MATERIAL	DESCRIPCIÓN

LISTA DE PIEZAS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. TUAPANTA.D		1:8			
Rev. DOCENTE					
Apro. DOCENTE					
Materiales:		Tolerancia	Número Lámina 3	Asignatura	Denominación:
					DIBUJO



3.1	1	Prisioneros	ISO	Acero inoxidable AISI 304	0,516	
A	2	Ahujero para tornillos				
B	1	Ranura Para el ensamble				
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	Nº de Norma/ Dibujo	MATERIAL	PESO Kg/ Piesa	DESCRIPCIÓN

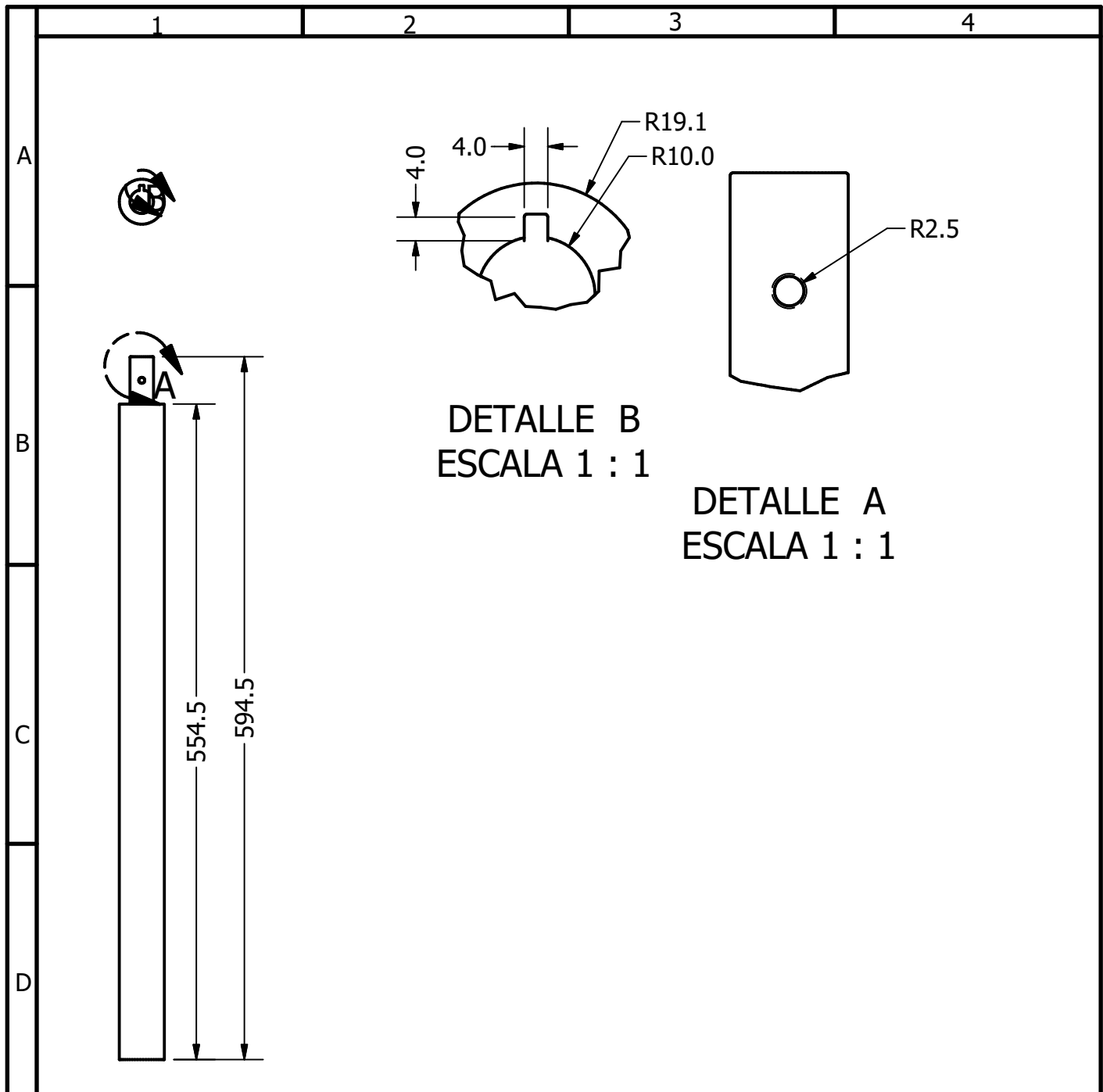
LISTA DE PIEZAS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA			
Dib.	TUAPANTA.D	1:1	Asignatura Denominación: DIBUJO			
Rev.	DOCENTE					
Apro	DOCENTE					
Materiales:		Tolerancia	Número Lámina 4			



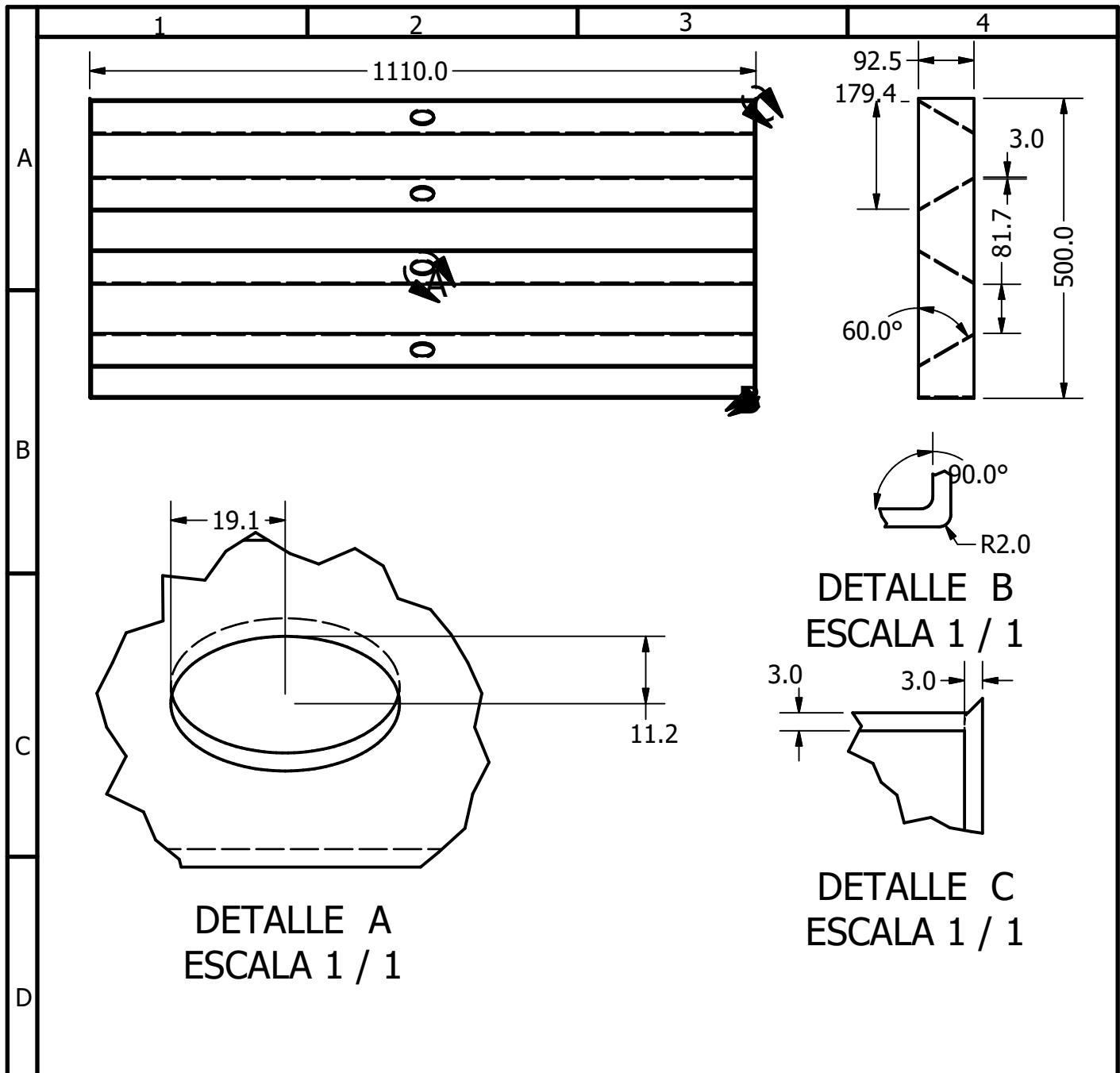
3.2	Eje	ISO	AISI 304	1		8.48		
A	Mueza para el pisionero							
B	Ahujero							
E	Nº de Pieza	Denominación	Nº de Norma/ Dibujo	Material	Nº Orden	Nº Modelo/ Semiproducto	Peso Kg/ Pieza	Observaciones
LISTA DE PIEZAS								



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	TUAPANTA.D	1:5			
Rev.	DOCENTE				
Apro	DOCENTE	Número Lámina	Asignatura	Denominación:	
Materiales:		Tolerancia	5		DIBUJO



DETALLE A
ESCALA 1 / 1

DETALLE B
ESCALA 1 / 1

DETALLE C
ESCALA 1 / 1

3.3	Agitador	ISO	AISI 304	1		14,331		
A	Óvalo para el eje							
B	Ángulo						Esquinas del agitador	
C	Espesor del material							
E	Nº de Pieza	Denominación	Nº de Norma/ Dibujo	Material	Nº Orden	Nº Modelo/ Semiproducto	Peso Kg/ Pieza	Observaciones

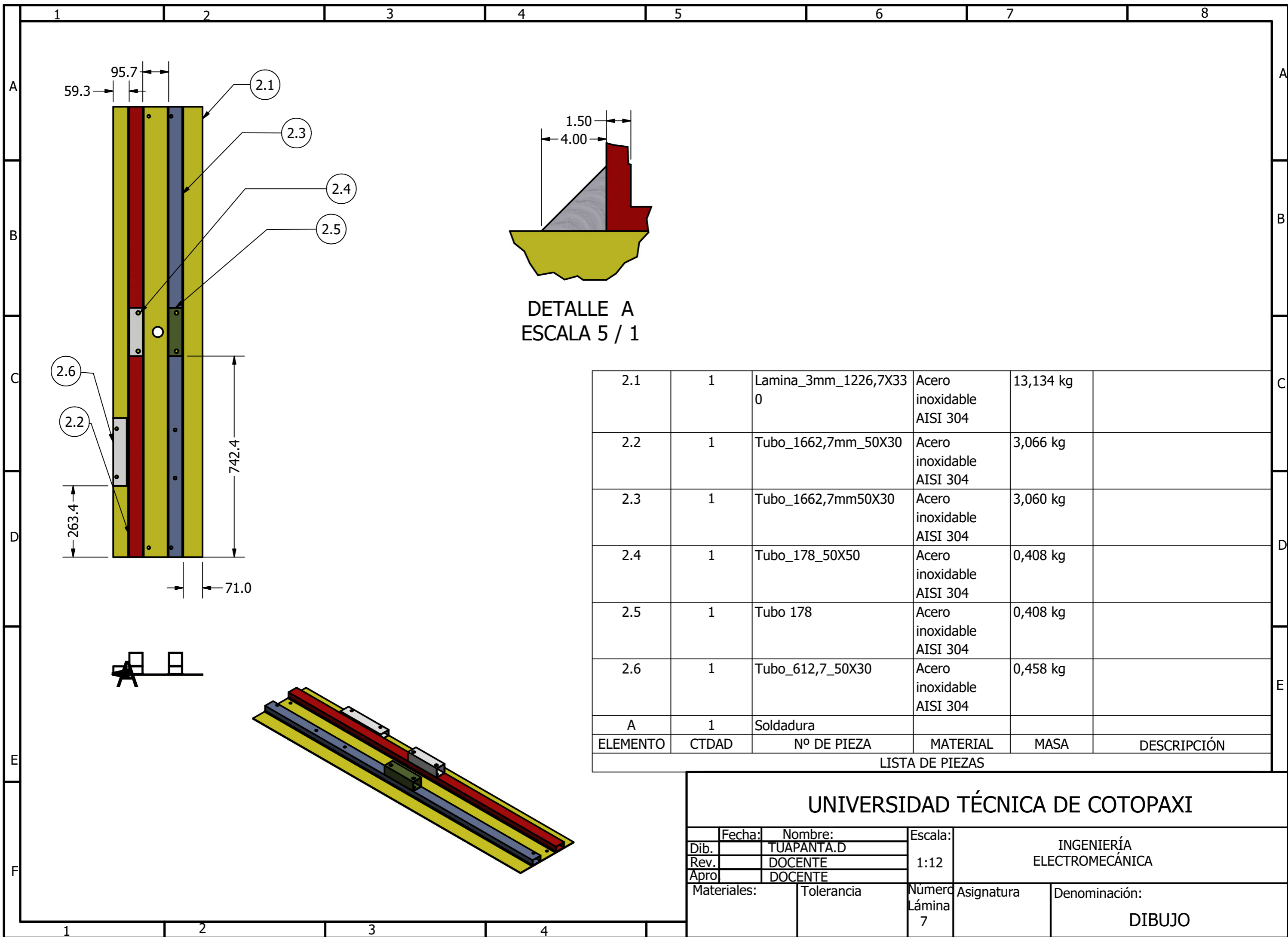
LISTA DE PIEZAS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	TUAPANTA.D	1:10	Asignatura Denominación: DIBUJO	
Rev.	DOCENTE			
Apro	DOCENTE			
Materiales:		Tolerancia	Número Lámina 6	



DETALLE A
ESCALA 5 / 1

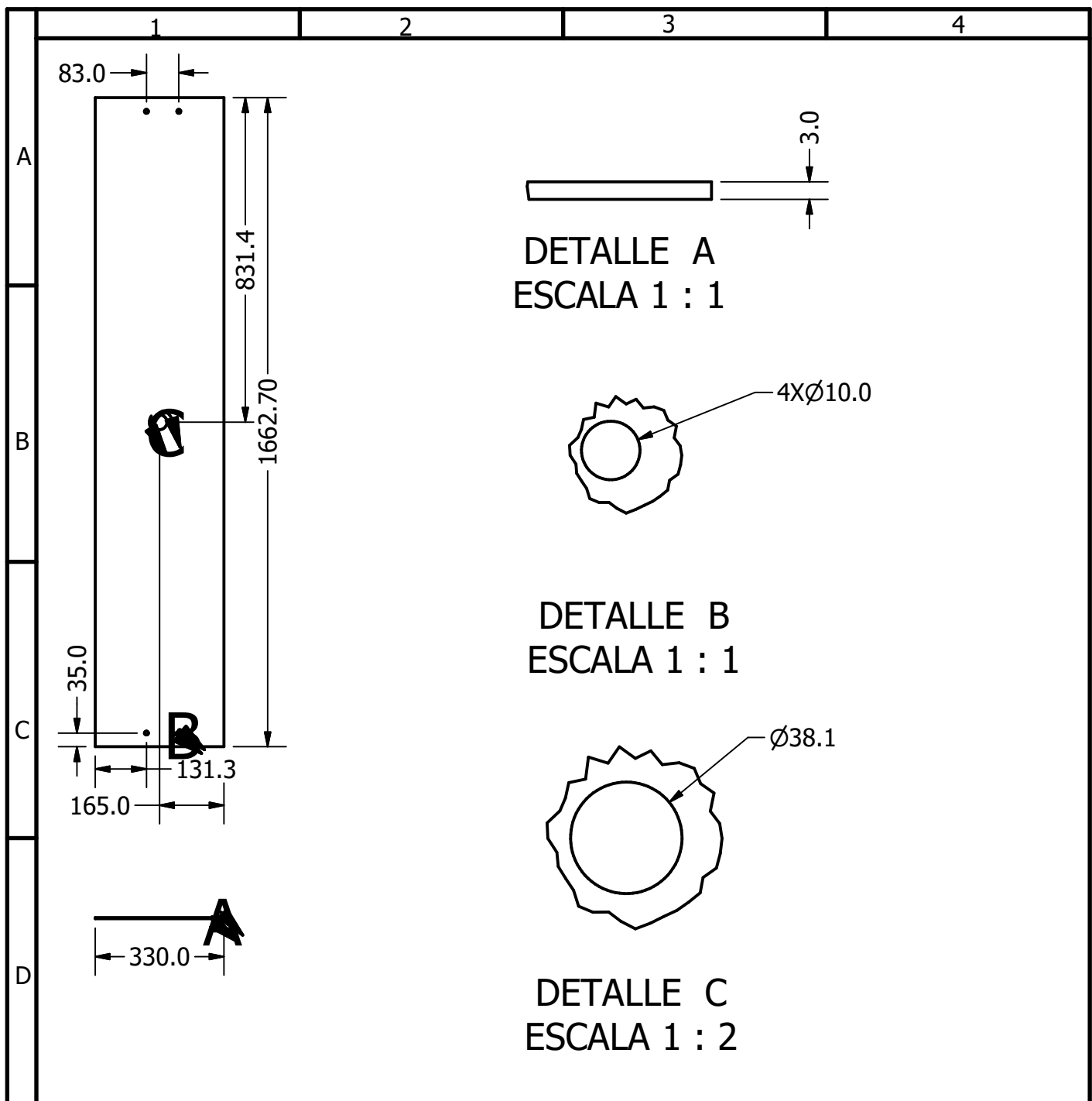
2.1	1	Lamina_3mm_1226,7X330	Acero inoxidable AISI 304	13,134 kg	
2.2	1	Tubo_1662,7mm_50X30	Acero inoxidable AISI 304	3,066 kg	
2.3	1	Tubo_1662,7mm50X30	Acero inoxidable AISI 304	3,060 kg	
2.4	1	Tubo_178_50X50	Acero inoxidable AISI 304	0,408 kg	
2.5	1	Tubo 178	Acero inoxidable AISI 304	0,408 kg	
2.6	1	Tubo_612,7_50X30	Acero inoxidable AISI 304	0,458 kg	
A	1	Soldadura			

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	MATERIAL	MASA	DESCRIPCIÓN
----------	-------	-------------	----------	------	-------------

LISTA DE PIEZAS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. TUAPANTA.D	DOCENTE	1:12			
Rev. DOCENTE	DOCENTE				
Apro. DOCENTE					
Materiales:		Tolerancia	Número Lámina 7	Asignatura	Denominación:
DIBUJO					



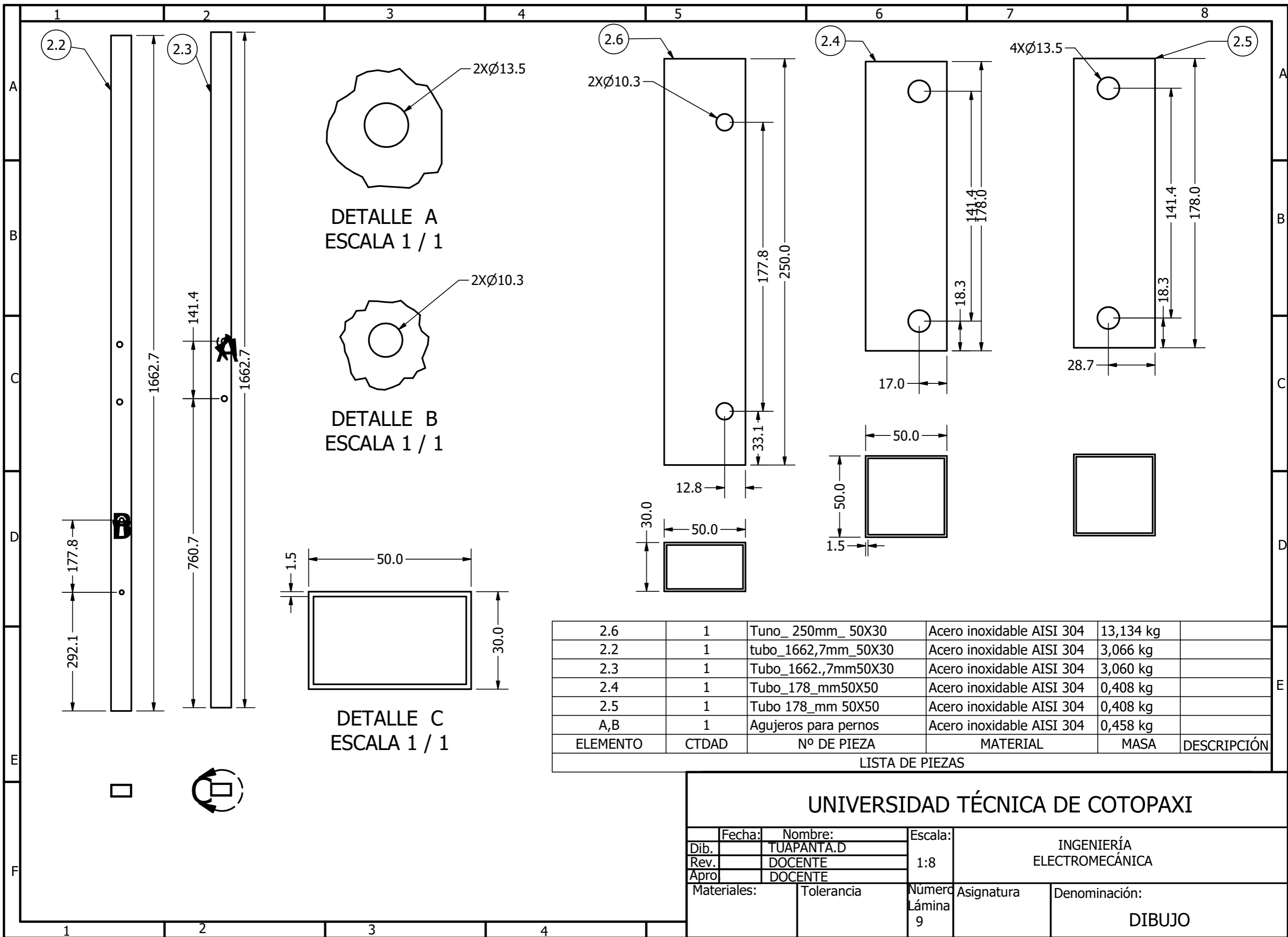
2.1	1	Lamina_3mm_1226,7X330	Acero inoxidable AISI 304	13,13 4 kg	
A	1	Espesor de la lámina			
B	1	Agujeros para la tina			
C	1	Agujero para el eje			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	MATERIAL	MASA	DESCRIPCIÓN
LISTA DE PIEZAS					



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	TUAPANTA.D	1:15			
Rev.	DOCENTE				
Apro	DOCENTE				
Materiales:	Tolerancia	Número Lámina 8	Asignatura	Denominación: DIBUJO	



DETALLE A
ESCALA 1 / 1

DETALLE B
ESCALA 1 / 1

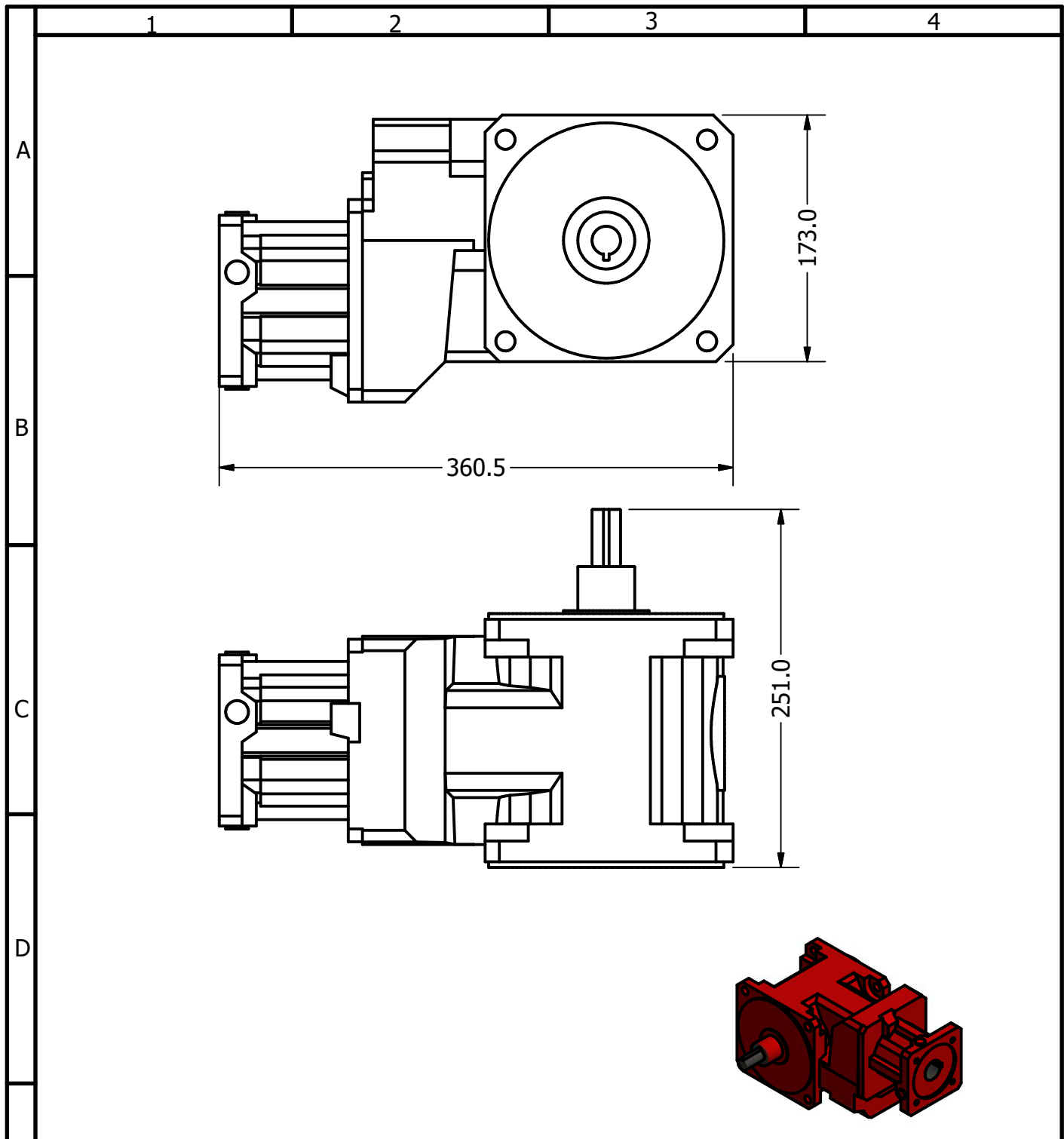
DETALLE C
ESCALA 1 / 1

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	MATERIAL	MASA	DESCRIPCIÓN
2.6	1	Tuno_ 250mm_ 50X30	Acero inoxidable AISI 304	13,134 kg	
2.2	1	tubo_1662,7mm_50X30	Acero inoxidable AISI 304	3,066 kg	
2.3	1	Tubo_1662.,7mm50X30	Acero inoxidable AISI 304	3,060 kg	
2.4	1	Tubo_178_mm50X50	Acero inoxidable AISI 304	0,408 kg	
2.5	1	Tubo 178_mm 50X50	Acero inoxidable AISI 304	0,408 kg	
A,B	1	Agujeros para pernos	Acero inoxidable AISI 304	0,458 kg	

LISTA DE PIEZAS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib. TUAPANTA.D	DOCENTE	1:8			
Rev. DOCENTE					
Apro. DOCENTE					
Materiales:		Tolerancia	Número Lámina 9	Asignatura	Denominación:
DIBUJO					



4	1	Acero	BSF502REBH05_2021 0131_134740_NW_6X gQRZkqRQ2yWuzRtgQ	58.59 Kg	3D InterOp IGES (v. 2017 1.0.0), Spatial Corp. Copyright (c) 1999-2016.
---	---	-------	---	----------	---

ELEMENTO	CTDAD	MATERIAL	Nº DE PIEZA	MASA	DESCRIPCIÓN
----------	-------	----------	-------------	------	-------------

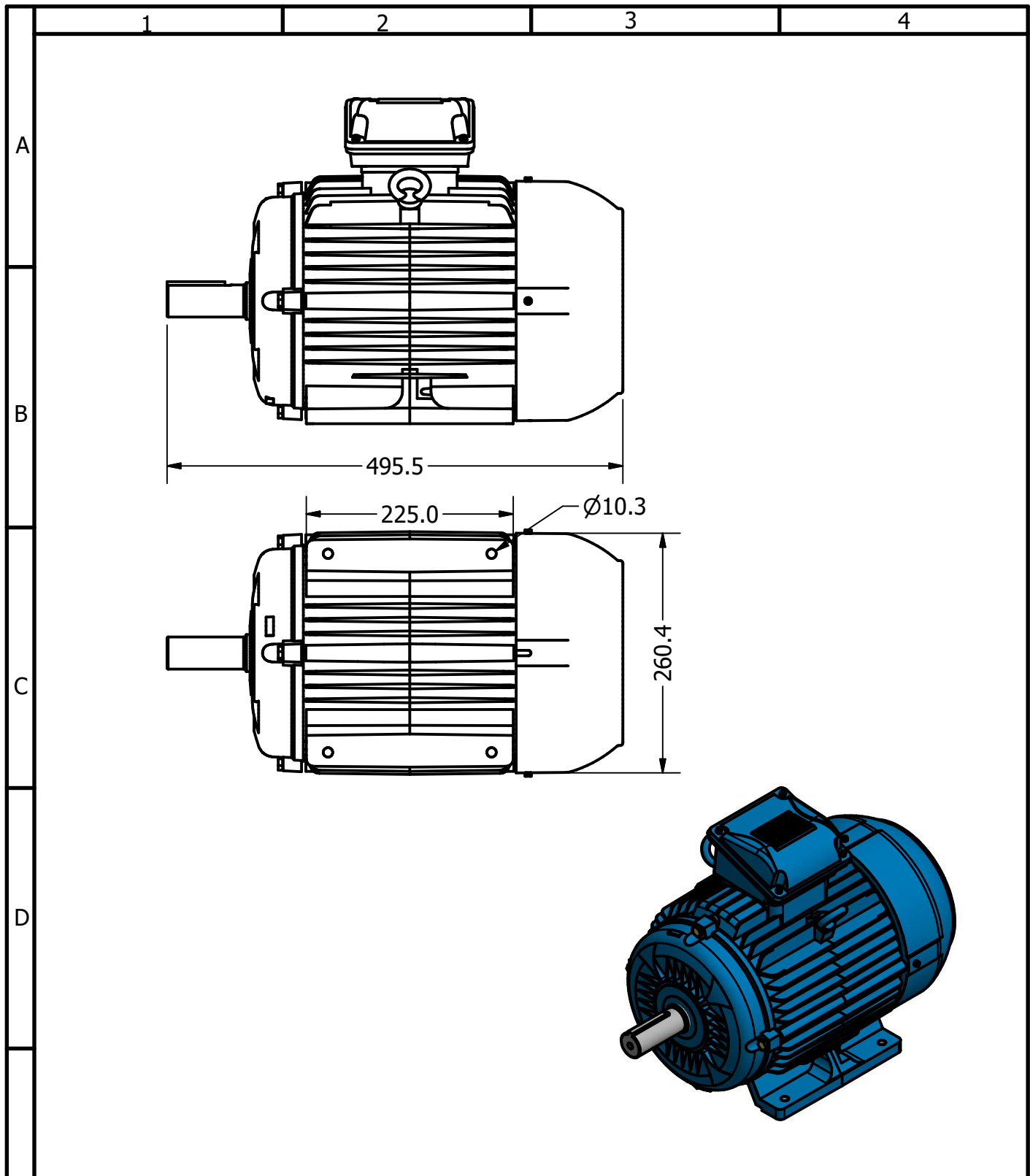
LISTA DE PIEZAS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	TUAPANTA.D	1:5			
Rev.	DOCENTE				
Apro	DOCENTE		Asignatura	Denominación:	
Materiales:		Tolerancia	Número Lámina 10	DIBUJO	



E	5	1	215T_TOP	Acero, carbono	161 Kg	
	ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	MATERIAL	MASA	DESCRIPCIÓN

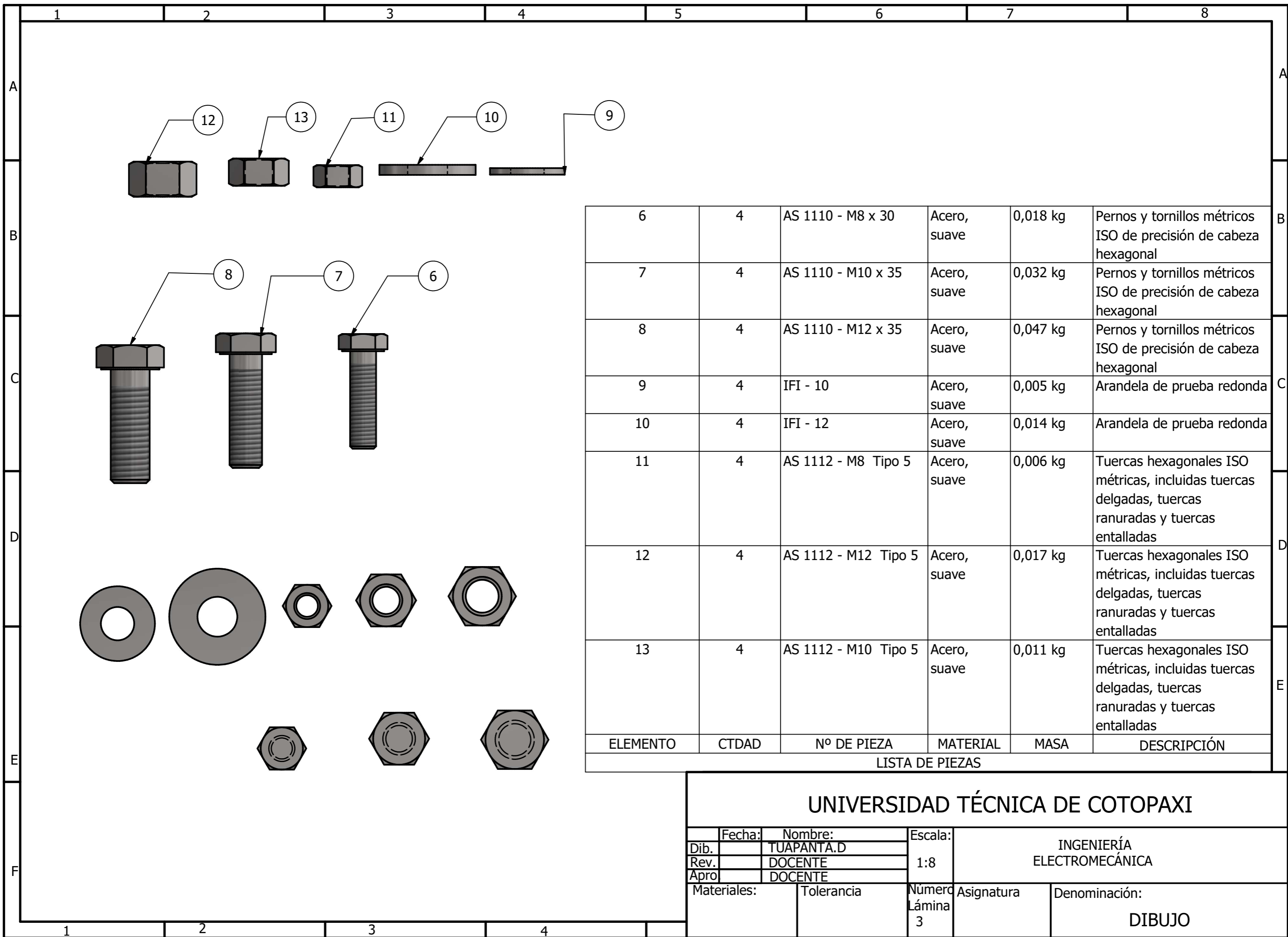
LISTA DE PIEZAS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Dib.	TUAPANTA.D	1:6			
Rev.	DOCENTE				
Apro	DOCENTE				
Materiales:		Tolerancia	Número Lámina	Asignatura	Denominación:
			11		DIBUJO



6	4	AS 1110 - M8 x 30	Acero, suave	0,018 kg	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
7	4	AS 1110 - M10 x 35	Acero, suave	0,032 kg	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
8	4	AS 1110 - M12 x 35	Acero, suave	0,047 kg	Pernos y tornillos métricos ISO de precisión de cabeza hexagonal
9	4	IFI - 10	Acero, suave	0,005 kg	Arandela de prueba redonda
10	4	IFI - 12	Acero, suave	0,014 kg	Arandela de prueba redonda
11	4	AS 1112 - M8 Tipo 5	Acero, suave	0,006 kg	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas tuercas delgadas, tuercas ranuradas y tuercas entalladas
12	4	AS 1112 - M12 Tipo 5	Acero, suave	0,017 kg	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas tuercas delgadas, tuercas ranuradas y tuercas entalladas
13	4	AS 1112 - M10 Tipo 5	Acero, suave	0,011 kg	Tuercas hexagonales ISO métricas, incluidas tuercas delgadas, tuercas ranuradas y tuercas entalladas

LISTA DE PIEZAS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	TUAPANTA.D	1:8	Asignatura Denominación: DIBUJO	
Rev.	DOCENTE			
Apro	DOCENTE			
Materiales:		Tolerancia	Número Lámina 3	