



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**DISEÑO DE EQUIPO HILADORA DEL QUESO  
PARA LA PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS  
QUESEROS A ESCALA INDUSTRIAL.**

Autor

Esteban De Vargas Cueter

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica

Medellín, Colombia

2021



Diseño de equipo hiladora del queso para la producción de productos queseros a escala industrial.

**Esteban De Vargas Cueter**

Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Ingeniero Mecánico**

Asesor:

Junes Abdul Villarraga Ossa  
Ing. Mecánico

Línea de Investigación:  
Diseño en Ingeniería Mecánica

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica  
Medellín, Colombia  
2021.

# Índice

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>7</b>
2.1	OBJETIVO GENERAL .....	7
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
<b>3</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>8</b>
3.1	DEFINICIONES PARA LA PRODUCCIÓN DEL HILADO DE QUESO .....	8
3.1.1	<i>Cuajada</i> .....	8
3.1.2	<i>Queso</i> .....	8
3.1.3	<i>Fabricación del queso</i> .....	8
3.1.4	<i>Hilado de queso</i> .....	9
3.1.5	<i>Parámetros para el hilado de queso</i> .....	9
3.2	DEFINICIONES PARA EL DISEÑO DE LA MÁQUINA .....	10
3.2.1	<i>Fuerza hidrostática</i> .....	10
3.2.2	<i>Motorreductores</i> .....	10
3.2.3	<i>Diseño de ejes</i> .....	13
3.2.4	<i>Espesor de lámina en tanques atmosféricos</i> .....	14
3.2.5	<i>Espesores de lámina de tanques sometidos a presión</i> .....	16
<b>4</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>17</b>
4.1	PRIMERA ETAPA .....	17
4.1.1	<i>Búsqueda de Información</i> .....	17
4.2	SEGUNDA ETAPA .....	18
4.2.1	<i>Diseño conceptual</i> .....	18
4.1	TERCERA ETAPA .....	18
4.1.1	<i>Diseño a detalle</i> .....	18
<b>5</b>	<b>ESTADO DEL ARTE</b> .....	<b>18</b>
5.1	MÁQUINAS MALAXADORAS .....	19
5.2	MÁQUINAS DE HILADO CON TORNILLO SIN FÍN .....	20
5.3	HILADORA DE PALETAS .....	21
5.4	PATENTE DE HILADO CON PRESIÓN NEGATIVA .....	21
<b>6</b>	<b>REQUERIMIENTOS DE DISEÑO</b> .....	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>CÁLCULOS, RESULTADOS Y ANÁLISIS</b> .....	<b>25</b>
7.1.1	<i>Potencia de motor</i> .....	27
7.1.2	<i>Factor de servicio</i> .....	29
7.1.3	<i>Cálculos de ejes</i> .....	31
7.1.4	<i>Rodamientos y chumaceras</i> .....	44
7.1.5	<i>Cálculo de Estructura de soporte</i> .....	47
7.1.6	<i>Cálculo de espesor de láminas</i> .....	51
7.1.7	<i>Cálculo del espesor de la chaqueta de vapor</i> .....	51
<b>8</b>	<b>PRESUPUESTO DE MÁQUINA</b> .....	<b>52</b>
<b>9</b>	<b>RENDER</b> .....	<b>53</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>54</b>

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Motorreductor Sinfín-Corona.....	11
Ilustración 2. Tipo de Montaje de motorreductores .....	12
Ilustración 3 Máquina de hilado con agitador de aspas helicoidales.....	19
Ilustración 4 Maquina de hilado con tornillo Sinfín .....	20
Ilustración 5. Hiladora de paletas .....	21
Ilustración 6, Hiladora de presión negativa .....	22
Ilustración 7. Cámaras internas de recipiente .....	26
Ilustración 8. Esquema general de configuración de eje central .....	27
Ilustración 9. diagrama de cuerpo libre de recipiente .....	27
Ilustración 10. Dimensiones de paleta.....	28
Ilustración 11. Gráfico de selección de servicio (tomado del Catálogo de SEW) .....	29
Ilustración 12. Catálogo de SEW .....	30
Ilustración 13. Parámetros de entrada de selección de motorreductor .....	30
Ilustración 14. Ejes de maquina .....	31
Ilustración 15. Carga recibida por los rodamientos .....	32
Ilustración 16. Parámetros de entrada de acero Inoxidable 304 .....	32
Ilustración 17 Dimensiones de eje 1 .....	33
Ilustración 18. Diagrama de eje 1.....	33
Ilustración 19. Resultados de AutoCAD Mechanical .....	34
Ilustración 20 Resultados para Chequeos.....	35
Ilustración 21 Resultados de factor por fatiga .....	36
Ilustración 22. Dimensiones eje 2 .....	37
Ilustración 23. Diagrama de eje 2.....	37
Ilustración 24 . Resultados Autodesk Inventor- Grafico de Deflexión.....	38
Ilustración 25 Entorno de AutoCAD Mechanical -Grafico de Von Mises VS mm .....	40
Ilustración 26. Dimensiones de eje 3 .....	41
Ilustración 27. Asignaciones en eje 3.....	41
Ilustración 28. Resultados de Autodesk Inventor .....	42
Ilustración 29. Resultados AutoCAD eje 3 .....	43
Ilustración 30. Selección de rodamiento.....	44
Ilustración 31. Selección de chumacera eje 1 .....	45
Ilustración 32. Selección de Rodamiento eje 3 .....	46
Ilustración 33. Selección de chumacera.....	47
Ilustración 34 Diagrama eje 1-Estatica de fuerzas .....	48
Ilustración 35 Estática de eje 3 .....	49
Ilustración 36. Simplificaciones de fuerzas.....	49
Ilustración 37 Maxima tension de corte .....	50
Ilustración 38 Tensión normal máxima.....	50
Ilustración 39. Render uno .....	53

Ilustración 40. Render dos .....	53
Ilustración 41 Render tres .....	54

### Índice de tablas

Tabla 1. Diseño conceptual.....	26
Tabla 2 Resultados de la selección según catálogo de motorreductor .....	30
Tabla 3 Tablas de resultados de eje 1 en Autodesk Inventor.....	34
Tabla 4 Resultaos de soportes de eje 1 por Autodesk Inventor .....	36
Tabla 5. Resultados de reacciones en los soportes.....	38
Tabla 6. Resultados de eje 2- Autodesk Inventor.....	38
Tabla 7 Resultados de factor de seguridad correspondiente a fallo por fatiga.....	40
Tabla 8. Resultados en soportes eje 3.....	43
Tabla 9 Tabla de resultados de esfuerzos .....	50
Tabla 10. Datos correspondientes para encontrar el espesor del recipiente.....	51
Tabla 11. Parámetros de diseño chaqueta de vapor.....	51

# 1 Introducción.

Desde tiempos inmemorables, desde que el hombre aprendió a domesticar animales en los años 3000 a. c el queso ha jugado un papel importante en su alimentación. A través de la historia de la humanidad el queso se ha almacenado para las épocas de escasez y en épocas de guerra; es considerado un alimento con numerosos beneficios, como su facilidad de transporte, buena conservación y su alto contenido en grasa, proteínas, calcio y fósforo. En el siglo XIX el queso se convierte en un alimento indispensable en las mesas de los más ricos y con ello se inicia la industria quesera y sus diferentes tipos. La primera fábrica para la producción industrial de queso fue en el año 1815 en Suiza, años más tarde con el descubrimiento de Louis Pasteur en 1864 descubre la técnica de pasteurización, que permitía reducir microorganismos que pudieran estropear el proceso o eliminar agentes infecciosos; este gran avance permitió que se mezclase leche de distintas procedencias y rebaños de animales para producción de queso en mayor cantidad. En el siglo XX trajo consigo numerosos avances que aceleraron la modernización de esta industria hasta convertirla en la que tenemos en nuestros días. En el día de hoy existen aproximadamente 2.000 variedades de quesos en todo el mundo. [1]

La industria quesera colombiana cuenta con más de 12 variedades de quesos y en los últimos años, los quesos son cada vez menos artesanales y caseros, esto es a causa de la gran demanda y crecimiento industrial en el país. Colombia cuenta con grandes regiones ganaderas, donde el sector agropecuario contribuye aproximadamente con el 8.5% del PIB nacional. Así mismo, la ganadería participa con el 1.6%, el 20% y el 53% sobre el crecimiento nacional, el sector agropecuario y el sector pecuario, respectivamente [2]. Esto significa una gran influencia en la economía del país.

Por otro lado, hoy en día la producción de maquinaria que impulsen la industria quesera cumpliendo con los requerimientos alimenticios por las organizaciones gubernamentales es una necesidad. Hilar el queso es un proceso térmico que requiere gran esfuerzo humano cuando es producido artesanalmente, este proceso permite la producción de varios tipos de quesos entre los más conocidos el queso mozzarella. La creación y puesta en marcha de esta máquina hará posible reducir costos de producción, disminuir tiempos de entrega del producto final, producción en masa y seguridad. Por último, la máquina deberá recibir la cuajada que se obtiene por medio de la coagulación láctica de la leche y deberá hacer un tratamiento térmico y amasado para estirar y comprimir la guajada.

DSMAQ S.A.S es una empresa de diseño y suministro de maquinaria con experiencia en la industria alimenticia y con una vasta trayectoria en la fabricación de máquinas adaptadas al mercado colombiano.

El informe presenta la información técnica y condiciones para realizar el hilado del queso además el estado del arte respectivo de máquinas queseras similares y se usa el software de Autodesk inventor Professional 2021, cálculos a partir de los conocimientos de resistencia mecánica a partir de los textos de “Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2010). Mecánica de materiales (No. TA405. B43 1994.). México, DF-México: McGraw-Hill.” y “Shigley, J. E., Mischke, C. R., Bocanegra, F. P., & Correa, C. O. (1990). Diseño en ingeniería mecánica.” con ayuda de Excel para la parametrización y labores de calculadora.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Diseño de equipo para la elaboración de hilado del queso.

### **2.2 Objetivos específicos**

Comprender el proceso de hilado del queso y definir las variables presentes que están involucradas en el proceso que determinaran la calidad de este.

Diseño del equipo con cálculos de resistencia de materiales que garanticen la integridad de la estructura, cálculos de potencia del motor para la carga máxima, los cálculos térmicos respectivos serán realizados por la línea de térmica de la empresa y por este motivo no se incluirá.

Elaborar CAD 3D por medio de Autodesk inventor, con renderizado para entrega al cliente.

Realizar un presupuesto total para la fabricación de un equipo dentro de las instalaciones de la empresa DSMAQ S.A.S.

## **3 Marco Teórico**

### **3.1 Definiciones para la producción del hilado de queso**

#### **3.1.1 Cuajada**

Se hablará de cuajada en este trabajo a la coagulación que se produce cuando se añade cuajo a la leche. El cuajo contiene una enzima llamada quimosina que cataliza la rotura de la leche y hace que se forme la cuajada.

#### **3.1.2 Queso**

El queso es un alimento derivado de la leche, el cual se obtiene por medio de la maduración de la cuajada de la leche y escurrir el suero. [3]

Antes de la fabricación de cualquier clase de queso para la venta en Colombia la leche debe ser tratada. El Invima y el Ministerio de Agricultura de la República de Trinidad y Tobago definen los criterios necesarios para el consumo de los derivados lácteos. El Invima hace mención que la leche usada debe tener un proceso llamado pasteurización y debe tener uno de los siguientes tipos:

Ultra pasteurización (UHT / UAT) a una temperatura de 135°C a 150°C durante 2 a 4 segundos.

Pasteurización rápida alta temperatura por un tiempo breve (HTST) por lo menos 72°C durante por lo menos 15 segundos, si el pH es inferior a 7.

Si el pH de la leche es igual o superior a 7, pasteurización rápida a alta temperatura dos veces consecutivas. [6]

La pasteurización es un proceso de calentamiento para eliminar o reducir agentes patógenos.

#### **3.1.3 Fabricación del queso**

Una vez extraída y tratada la leche del animal, llega el segundo paso: la coagulación, una de las etapas claves en el proceso de elaboración del queso. La coagulación consiste en una serie de modificaciones fisicoquímicas de la caseína (proteína de la leche), que conducen a la formación de un coágulo. La cuajada que se obtiene por medio de la coagulación láctica se rompe con mucha facilidad; es muy permeable, es decir, contiene mucho suero; los grumos no se contraen mucho y es muy húmeda. [4]

Sabiendo que el suero es el líquido derivado del proceso de la rotura de la leche, este suero es eliminado quedando así la cuajada, dicho cuajada es transferido al proceso de hilado del queso.



### 3.1.4 Hilado de queso.

Es un tipo proceso de fabricación de queso que consiste en un tratamiento térmico que tiene como objetivo fundir las proteínas y alinear sus fibras amasándola constantemente. En otras palabras, consiste en el calentamiento de la cuajada mientras que está sometida a movimientos que la amasan estirándola y comprimiéndola.

El Instituto Colombiano de Tecnología de Alimentos, Icta, de la Universidad Nacional de Colombia, clasificó a los quesos colombianos en tres categorías las cuales son quesos frescos no ácidos, quesos frescos ácidos y quesos madurados.

“Los frescos no ácidos son de contextura blanda, no necesitan maduración, pero pueden ser de pasta prensada, no prensada, de pasta amasada y molida, como lo son la cuajada, el queso campesino, el queso antioqueño, el queso costeño y el queso molido nariñense”, expone la Icta.

Por su parte, quesos como la doble crema, los quesillos huilenses y tolimenses, el queso pera, el queso de Caquetá y el quesadillo, hacen parte de los conocidos como quesos frescos ácidos, los cuales para su preparación deben someterse a un procedimiento más elaborado. Estos quesos son de pasta hilada, por lo que en su proceso de elaboración se someten a un tratamiento térmico especial para que la cuajada tenga una consistencia y textura fibrosa y elástica.

El queso madurado consiste en un proceso bastante extenso, lo cual le permite estar expuesto sin empaque y puede durar varias semanas en ese estado, sin riesgo de perder sus características organolépticas. [5]

En este informe se hará énfasis a los quesos no ácidos, los cuales como se dijo antes debe ser hilado por medio del calor y amasado.

### 3.1.5 Parámetros para el hilado de queso

El control de los parámetros a la hora hilar el queso determinara el sabor, calidad, consistencia, entre otros. Los parámetros de interés para la fabricación de la máquina de hilado son principalmente:

*Temperatura de hilado:* Es la temperatura a la cual debe llevarse en el proceso de amasado de la cuajada. Según los fabricantes de queso esta temperatura puede cambiar según el tipo de queso, composiciones químicas especiales y contexturas. El rango general de hilado es de 60 a 75 °C.

*Velocidad de amasado y forma de amasar:* Estos parámetros están relacionados con la consistencia y la alineación de las fibras del queso.

## 3.2 Definiciones para el diseño de la máquina.

### 3.2.1 Fuerza hidrostática.

La presión de un fluido ejerce una fuerza sobre una superficie de contacto perpendicular a ella. Estas fuerzas que son ejercidas por fluidos son conocidas como fuerza hidrostática y se puede calcular de la siguiente manera:

Por definición se sabe que la fuerza es igual a la presión multiplicada por el área así que:

$$F = \text{Presion} \times \text{area donde se ejerce la fuerza.}$$

En términos de Mecánica clásica, la presión de un fluido incompresible en estado de equilibrio se puede expresar mediante la siguiente fórmula:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h_c \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$P_h$ : Presión Hidrostática

$\rho$ : Densidad del fluido.

$h_c$ : profundidad desde la superficie del fluido hasta el centroide de la superficie.

$$F_h = P_h * A = \rho \cdot g \cdot h_c * A \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$F_h$ : Fuerza hidrostática.

$A$ : Area de superficie

[7]

### 3.2.2 Motorreductores

Es una unidad constituida por un motor y una caja reductora unidas y compacta. Los motores normalmente usados en las aplicaciones de alimentos e industriales son eléctricos. "Añadir" una caja reductora a un motor se remonta a la patente en Bruchsal del ingeniero Albert Obermoser en 1928: Él inventó el "Vorlegemotor" (motorreductor).

Desde entonces, los motorreductores han evolucionado para la aplicación de diferentes funciones a nivel industrial principalmente, y se han inventado nuevos tipos de reductor. En la actualidad, motorreductores funcionan en su mayoría con corriente AC.

### **3.2.2.1 ¿Cómo trabaja un motorreductor?**

La caja reductora funciona como un variador de velocidad y de torque, es decir la caja reductora disminuye la velocidad (En su mayoría) transmitiendo un torque mucho mas alto que los que el motor eléctrico puede ofrecer. Teniendo eso en cuenta, el diseño del reductor determina si un motorreductor es adecuado para cargas ligeras, medias o pesadas y para tiempos de corta o larga duración.

La relación de transmisión de una caja reductora permite reducir o aumentar la velocidad del motor (conocido como velocidad de entrada). Así que definiendo la relación de entrada con respecto a la velocidad de salida tiene el nombre de relación de transmisión.

Otro parámetro importante en los motorreductores es el toque máximo o par máximo en la salida del mismo. Esto indica básicamente la capacidad de fuerza o de carga que puede mover con dicha fuerza. [8]

### **3.2.2.2 ¿Qué tipos de motorreductor hay disponibles?**

El factor principal en determinar el tipo de motorreductor es la dirección del sentido de giro del reductor. Hay tres diseños básicos a este respecto: reductores de ejes paralelos, reductor de ejes perpendiculares, y reductores planetarios. Se definirá el reductor de ejes perpendicular sinfín corona ya que es de interés para la maquina.

### **3.2.2.3 Sinfín-corona**



*Ilustración 1. Motorreductor Sinfín-Corona*

El sinfín corona es un reductor de ejes perpendiculares, el movimiento y torque es transmitido a través de un Sinfín-corona, es decir el movimiento de la corona. La reducción de velocidad que provoca se calcula en función de la cantidad de dientes de la corona y las entradas del tornillo.

La gran ventaja es su alto induce de reducción algo para lo que deberían emplearse múltiples reducciones en los engranajes convencionales.

#### 3.2.2.4 Selección de motor

La selección de los motorreductores se hace a partir de dos parámetros principales: Torque y velocidad angular.

$$\text{Torque} = \text{brazo} \times \text{Fuerza} \quad \text{Ecuación 3.}$$

Otros parámetros son el tipo de montaje como se muestra en la siguiente figura

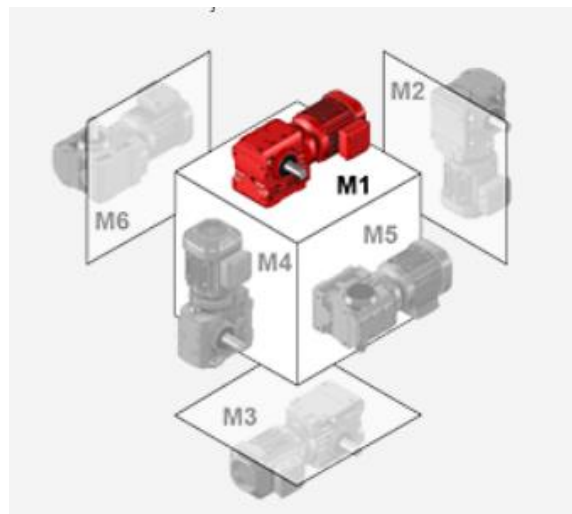


Ilustración 2. Tipo de Montaje de motorreductores

### 3.2.2.5 **Factor de servicio**

NEMA (National Electrical Manufacturers Association) define el factor de servicio del motor (SF) como porcentaje de sobrecarga que el motor puede manejar durante períodos cortos cuando funciona normalmente dentro de las tolerancias de voltaje correctas.

Este índice permite cuantificar la influencia de las condiciones externas sobre el funcionamiento del reductor. Así, en primera instancia, el factor de servicio se relaciona con las propiedades del servicio de la máquina a ser accionada.

El estudio de este factor nos permite conocer el grado de seguridad con el que operan los reductores de velocidad y depende básicamente del tiempo de operación diaria y todos los factores que indican la cuantía por la que puede sobrecargarse un motor en condiciones ambientales ideales. El factor de servicio, sirve para determinar la vida útil del producto conociendo su funcionamiento. [9]

### 3.2.3 **Diseño de ejes.**

Una flecha o eje es un elemento rotatorio, por lo general, de sección transversal circular, que se emplea para transmitir potencia o movimiento. Constituye el eje de rotación u oscilación de elementos como engranes, poleas, volantes de inercia, manivelas, ruedas dentadas o catarinas y miembros similares y, además, controla la geometría de su movimiento. Los ejes giratorios que están sometidos a carga por fatiga. Sin embargo, debido a la ubicuidad de las flechas en muchas aplicaciones de diseño de máquinas, es conveniente realizar un estudio más a fondo de la flecha y su diseño. El diseño de una flecha completa tiene mucha interdependencia con el diseño de los componentes. El diseño de la propia máquina dictará que ciertos engranes, poleas, cojinetes y otros elementos se tendrán que analizar.

Los parámetros referentes al diseño de ejes son los siguientes:

- Selección del material
- Configuración geométrica
- Esfuerzo y resistencia
- Resistencia estática
- Resistencia por fatiga
- Deflexión y rigidez
- Deflexión por torsión
- Pendiente en los cojinetes y elementos soportados por el eje
- Deflexión por cortante debida a cargas transversales sobre ejes cortos

En diseño, por lo general, se localizan las áreas críticas, se dimensionan para cumplir los requisitos de resistencia y después se dimensiona el resto del eje para satisfacer las necesidades de los elementos soportados por éste. Los análisis de deflexión y de

pendiente no pueden hacerse hasta que se haya definido la geometría de todo el eje. De esta manera, la deflexión es una función de la geometría de todas partes, mientras que el esfuerzo en una sección de interés es una función de la geometría local. Por esta razón, el diseño de ejes permite primero una consideración de esfuerzo y resistencia. Una vez que se hayan establecido valores tentativos para las dimensiones del eje, se pueden determinar las deflexiones y las inclinaciones.[11]

### **3.2.3.1 Selección de materiales en el eje.**

La deflexión no se ve afectada por la resistencia sino por la rigidez, representada por el módulo de elasticidad, que es esencialmente constante en todos los aceros. Por esa razón, la rigidez no puede controlarse mediante decisiones sobre el material, sino sólo por decisiones geométricas.

La resistencia necesaria para soportar esfuerzos de carga afecta la elección de los materiales y sus tratamientos. La falla por fatiga se reduce moderadamente mediante el incremento de la resistencia, y después sólo a cierto nivel antes de que los efectos adversos en el límite de resistencia a la fatiga y la sensibilidad a la muesca comience a contrarrestar los beneficios de una resistencia mayor. [11]

Así como la resistencia es un factor predominante en la selección del material el tipo de aplicación donde trabajará también determinará un campo de selección. Ejes que funcionarán en aplicaciones alimenticias son materiales no corrosivos como el acero inoxidable o compuestos que sirven para la industria alimenticia, es decir, pueden estar en contacto con alimentos de consumo humano. Los ambientes que están altamente expuestos a químicos, materiales abrasivos, corrosivos entre otros, requieren materiales especializados.

## **3.2.4 Espesor de lámina en tanques atmosféricos**

### **3.2.4.1 Cálculo de espesor por el método de 1 pie.**

Según el código API 650 Este método calcula el espesor requerido en puntos de diseño localizados 0.3 m (1 *ft*) por encima del borde inferior de cada anillo del cuerpo. Este método no se debe usar para calcular tanques de diámetros mayores de 60 m (200 *ft*) de diámetro. El mínimo espesor requerido de cada anillo del cuerpo deberá ser el mayor valor entre los calculados por las fórmulas.

- Para condición de diseño:

$$t_d = \frac{4.9 * D * (H - 0.3) * G}{S_d} + ca \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

$t_d$ : Espesor de diseño del cuerpo [mm]

$D$ : Diámetro nominal del tanque [m]

$H$ : Nivel de diseño del líquido [m]

$G$ : Gravedad específica de diseño del líquido almacenado, definido por el cliente.

$ca$ : Tolerancia para la corrosión, definidos por el cliente y aplicación.

$S_d$ : Esfuerzo admisible para la condición de diseño [Mpa].

– Para condición de prueba hidrostática:

$$t_t = \frac{4.9 * D * (H - 0.3)}{S_t} \quad \text{Ecuación 5}$$

$t_t$ : Espesor de prueba hidrostática del cuerpo [mm].

$D$ : Diámetro nominal del tanque [m]

$H$ : Nivel de diseño del líquido [m]

$S_t$ : Esfuerzo admisible para la condición de prueba hidrostática, [Mpa].

$$S_d = \frac{2}{3} F_y, \frac{2}{5} F_u \quad \text{Ecuación 6}$$

$$S_d = \frac{3}{4} F_y, \frac{3}{7} F_u \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

$F_y$ : Resistencia a la Fluencia [MPa]

$F_u$ : Resistencia última [MPa]

Los esfuerzos de diseño máximos admisibles de producto  $S_d$  son los mostrados en la Tabla 5-2 del código API 650. El espesor neto de la lámina, el espesor real menos la tolerancia a la corrosión, deberá ser usado en los cálculos

El esfuerzo de diseño máximo admisible de producto,  $S_d$  deberá ser el menor entre los siguientes valores:

– Dos tercios de la resistencia a la fluencia del material.

- Dos quintos de la resistencia de tensión del material

Los esfuerzos de diseño máximos admisibles de prueba hidrostática,  $S_t$  son los mostrados en la Tabla 3-2. El espesor bruto de la lámina, incluyendo la tolerancia a la corrosión, deberá ser usado en los cálculos. El esfuerzo de diseño máximo admisible de prueba hidrostática,  $S_t$  deberá ser el menor entre los siguientes valores:

- Tres cuartos de la resistencia a la fluencia del material.
- Tres séptimos de la resistencia de tensión del material.

El apéndice A del código API 650 permite un método alternativo de cálculo con un esfuerzo admisible fijo de 145 *Mpa* (21,000 *psi*) y una eficiencia de la junta de 0.85 o 0.70. Este diseño solo se puede utilizar para tanques con espesores de cuerpo de 12.5 *mm* (½ *in*) o menores. [12]

### 3.2.5 Espesores de lámina de tanques sometidos a presión.

El Código ASME Sección VIII Div. 1, define como Recipiente a Presión, cualquier contenedor cerrado capaz de almacenar un fluido a Presión Manométrica, sea esta interna o externa. Esta Presión puede ser obtenida desde una fuente interna o externa, o por la aplicación de calor desde una fuente directa o indirecta, o cualquier combinación de ellas. [13]

Los recipientes sometidos a presión interna o externa mayor a 15 PSI y diámetro interior mayor a 6 pulgadas deben ser considerados recipientes a presión. Para encontrar los espesores de recipientes a presión se utiliza las siguientes ecuaciones.

- Esfuerzo circunferencial (juntas longitudinales)

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0.6 \cdot P} \text{ Ecuación 8}$$

- Esfuerzo Longitudinal (Juntas circunferenciales)

$$t = \frac{P \cdot R}{2 \cdot S \cdot E - 0.4 \cdot P} \text{ Ecuación 9}$$

Donde:

E: Eficiencia de la junta.

P: Presión de diseño interna.

R: Radio interno del recipiente.

S: Esfuerzo admisible del material.



t: Espesor mínimo requerido.

Los valores P y R son valores definidos en el diseño, el valor de E se encuentra en la Tabla UW-12 del código ASME sección VIII div 1 y el valor de S se encuentra en la tabla 1 del Código ASME sección II parte D tabla 1A

## **4 Metodología**

### **4.1 Primera etapa**

#### **4.1.1 Búsqueda de Información.**

La búsqueda de información útil para el diseño de la maquina consistió en la investigación bajo tres campos principales; material bibliográfico, información extraída del cliente, información basada en la experiencia. A continuación se describe en que consistió cada uno de estos.

##### **4.1.1.1 *Material bibliográfico***

Es todo el material informativo encontrado por fuentes externas y confiables que ayudan al cumplimiento de los objetivos del trabajo, desde definiciones básicas sobre el producto a fabricar hasta artículos científicos en bases bibliográficas reconocidas internacionalmente. Esta información fue necesaria para comprender el proceso de hilado, reconocer los parámetros involucrados en el hilado, estado del arte, requerimientos de diseño en maquinarias de productos de consumo humano, cálculos pertinentes para el diseño, entre otros.

##### **4.1.1.2 *Información extraída del cliente***

El cliente como fabricante de queso, entregó varios de los requerimientos de diseño, los cuales fueron comparados y contrastados con todo el material bibliográfico encontrado. En este punto se llegaron a acuerdos con el cliente sobre las necesidades del cliente y las sugerencias de la empresa DSMAQ S.A.S.

##### **4.1.1.3 *Información basada en la experiencia***

La experiencia representa un factor muy importante a la hora de hacer realidad los proyectos. En el diseño se consultó con especialistas en fabricación de tanques en acero, con el encargado del taller de soldadura en la empresa DSMAQ S.A.S y con ingeniera

de alimentos; compañera y cliente de la empresa. Estos datos fueron útiles para la selección del formato en que vienen las láminas, el mejor calibre de lámina para soldar entre otros.

## **4.2 Segunda etapa**

### **4.2.1 Diseño conceptual**

Se procedió después de la búsqueda del material a realizar un diseño conceptual y general donde se hicieron toma de decisiones para el diseño y selección de algunos elementos generales. Este proceso se hizo para cerrar la brecha y traer un enfoque al diseño con bosquejos a mano alzada y escritos a borrador que no se encuentran en este documento.

## **4.1 Tercera etapa**

### **4.1.1 Diseño a detalle**

Principalmente estará contemplada en la sección de resultados de este documento. El diseño a detalle se realizó después de la toma de decisiones en el diseño y acuerdos con el cliente. Este consistió en realizar los cálculos pertinentes para el diseño que garantice la integridad funcional y estructural como se prometió en los objetivos.

## **5 Estado del arte**

En la actualidad, es impostergable la necesidad de equipos mecánicos, semiautomáticos con tecnología de control en la producción del queso. Las máquinas queseras existentes hoy permiten al productor quesero optimizar procesos y los parámetros que este conlleva. En los últimos años Colombia ha venido apostando a la industrialización en masa del queso para lograr mayores rendimientos en cuanto a calidad, rentabilidad y así generando un comercio sostenible a través del tiempo.

El estado del arte del hilado del queso comienza desde aplicar un proceso térmico con leña y mano de obra humana. Donde el movimiento era suministrado con un bastón de madera. Esta forma casera del hilado del queso ha llegado hasta los días de hoy con la diferencia que algunos con estufas a gas.

A pesar de que algunos han optado por no cambiar las formas clásicas y caseras de producción, otros han evolucionado a las diferentes tecnologías. Algunas de estas surgieron de la necesidad de producir a grandes escalas, aumentar su rentabilidad y

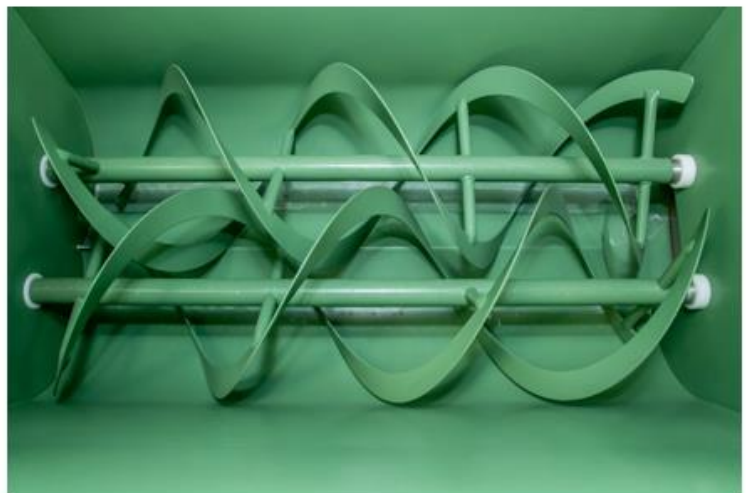
otras de necesidades especializadas dadas por los clientes y las organizaciones sanitarias.

En el trabajo de titulación “Diseño y construcción de un prototipo de amasadora e hiladora para queso mozzarella” de la Universidad Escuela superior politécnica de Chimborazo en Ecuador. [14] se concluyó las siguientes comparaciones en cuanto a hilar queso manual versus hilado del queso en máquina. Para el procesamiento de 40 kg de masa de queso mozzarella con la máquina hiladora se requiere de una sola persona, a diferencia del método manual que se lo realiza con 3 personas, por lo que se establece un ahorro en el costo de mano de obra de 2.24 dólares. En el tiempo de procesamiento del hilado se estableció que con el uso de la máquina para hilar 40 kg de masa de queso se requiere de 12.21 minutos, a diferencia que cuando se lo realiza manualmente que es de 24.32 minutos, consiguiéndose reducir el tiempo de procesamiento en 12.13 minutos.

La importancia de la industrialización del hilado del queso aparte de lo antes mencionado, es que el hilado del queso no es una tarea fácil, requiere un esfuerzo físico y tiempo considerable levantando y bajando hilos de cuajada durante más de 8 horas de trabajo con temperaturas cercanas a 70 grados Celsius.

Algunos de las máquinas existentes nacieron de derivaciones del amasado del pan tipo rodillos o brazos giratorios que permitían estirar los hilos. A continuación, se verá algunos de los tipos de máquina que existen en el mercado.

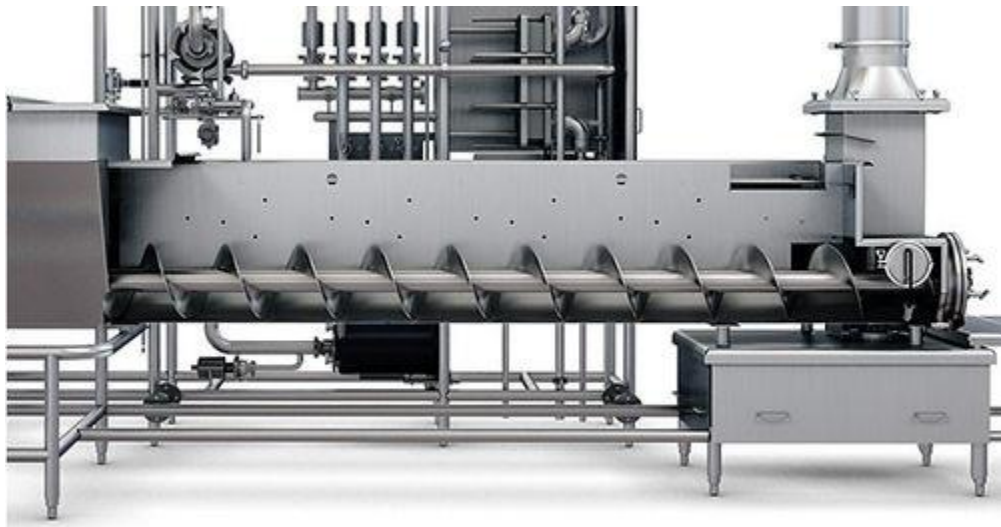
## 5.1 Máquinas malaxadoras.



*Ilustración 3 Máquina de hilado con agitador de aspas helicoidales*

Las Malaxadoras de Serie AMG, son equipos diseñados y patentados por la empresa AMG INDUSTRIAL, de origen mexicano y su característica principal es el agitador tipo helicoidal. La Máquina Malaxadora CREMEX ha sido diseñada específicamente para fabricar quesos que requieran un cocimiento, amasado, malaxado e hilado de la pasta, y que tengan como característica un excelente fundido y hebra. Cuenta con un sistema de agitación de doble listón entrelazado diseñado especialmente para amasar la pasta o cuajada, de tal manera que las proteínas y los demás componentes de la leche sean desdoblados al máximo proporcionando al producto final una excelente consistencia en textura y hebra, así como también se obtiene un mayor rendimiento de producto. [15]

## 5.2 Máquinas de hilado con tornillo Sinfín



*Ilustración 4 Máquina de hilado con tornillo Sinfín*

Formadora de queso con tornillo sinfín.

- Una unidad de alta capacidad que alimenta múltiples máquinas de moldeado.
- Distribución suave de la cuajada, con un solo tornillo sin fin de baja velocidad en la cámara deflectora.

Las características múltiples permiten garantizar un rendimiento alto en los ingredientes, incluido el depósito de crema, el tornillo sin fin individual y el sistema de intercambiador de calor dual. Este equipo cuenta de forma exclusiva con un único tornillo sinfín, en vez de dos. Las placas deflectoras limitan la masa de la cuajada cuando pasa a través de la carcasa del tornillo sin fin, estirando y alineando las fibras a medida que avanza. [16]

### **5.3 Hiladora de paletas.**

Esta hiladora consiste en un recipiente horizontal en forma de U donde el calentamiento es suministrado por vapor de agua o quemadores y el proceso de amasado por medio de unas paletas que giran bajo el movimiento giratorio de un eje.

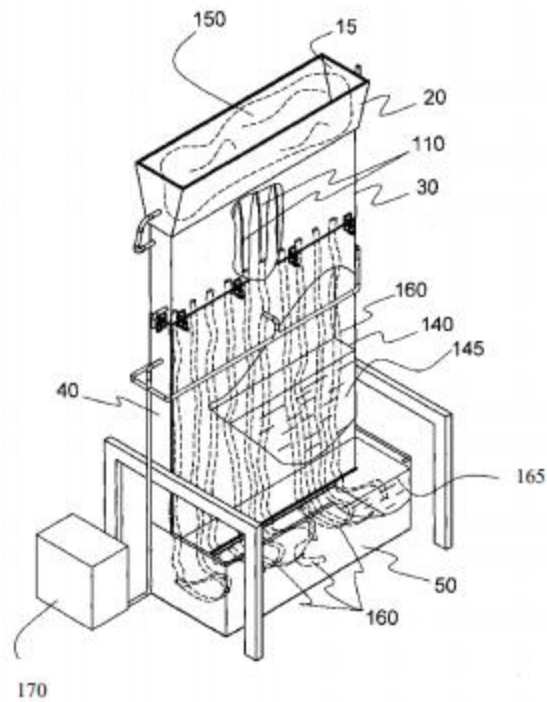


*Ilustración 5. Hiladora de paletas*

Imagen tomada de publicidad comercial.

### **5.4 Patente de hilado con presión negativa.**

Un aparato y método para elaborar tiras de queso hilado a partir de una pasta de queso caliente, el aparato está formado por una tolva para contener la pasta de queso caliente, al menos una boquilla conectada en la parte inferior de la tolva, una cámara de vacío conectada herméticamente a la boquilla para generar una presión negativa que estire la pasta de queso caliente para formar una tira de queso hilado conforme pasa por la boquilla, y un recipiente con líquido frío conectado a la cámara de vacío para recibir la tira de queso hilado. El método consiste en alimentar la pasta de queso caliente a al menos una boquilla, estirar por presión negativa la pasta de queso caliente a través de la boquilla para formar una tira de queso hilado, y enfriar la tira de queso hilado conforme sale de la boquilla. [17]



*Ilustración 6, Hiladora de presión negativa*

## 6 Requerimientos de diseño

### 6.1.1.1 Condiciones Generales:

Los equipos y utensilios utilizados en el procesamiento, fabricación, preparación de alimentos; dependen del tipo del alimento, materia prima o insumo de la tecnología a emplear y de la máxima capacidad de producción prevista. Todos ellos deben estar diseñados, construidos, instalados y mantenidos de manera que se evite la contaminación del alimento, facilite la limpieza y desinfección de sus superficies y permitan desempeñar adecuadamente el uso previsto.

### 6.1.1.2 Condiciones específicas:

Los equipos y utensilios utilizados deben cumplir con las siguientes condiciones específicas:

- a. Los equipos y utensilios empleados en el manejo de alimentos deben estar fabricados con materiales resistentes al uso y a la corrosión, así como a la utilización frecuente de los agentes de limpieza y desinfección.
- b. Todas las superficies de contacto con el alimento deben ser inertes bajo las condiciones de uso previstas, de manera que no exista interacción entre estas o de estas con el alimento, a menos que este o los elementos contaminantes migren al producto, dentro de los límites permitidos en la respectiva legislación. De esta forma, no se permite el uso de materiales contaminantes como: plomo, cadmio, zinc, antimonio, hierro, u otros que resulten de riesgo para la salud.
- c. Todas las superficies de contacto directo con el alimento deben poseer un acabado liso, no poroso, no absorbente y estar libres de defectos, grietas, intersticios u otras irregularidades que puedan atrapar partículas de alimentos o microorganismos que afectan la calidad sanitaria del producto. Podrán emplearse otras superficies cuando exista una justificación tecnológica específica.
- d. Todas las superficies de contacto con el alimento deben ser fácilmente accesibles o desmontables para la limpieza e inspección.
- e. Los ángulos internos de las superficies de contacto con el alimento deben poseer una curvatura continua y suave, de manera que puedan limpiarse con facilidad.
- f. En los espacios interiores en contacto con el alimento, los equipos no deben poseer piezas o accesorios que requieran lubricación ni roscas de acoplamiento u otras conexiones peligrosas. Las superficies de contacto directo con el alimento no deben recubrirse con pinturas u otro tipo de material desprendible que represente un riesgo para la inocuidad del alimento.
- g. En lo posible los equipos deben estar diseñados y contruidos de manera que se evite el contacto del alimento con el ambiente que lo rodea.
- h. Las superficies exteriores de los equipos deben estar diseñadas y contruidas de manera que faciliten su limpieza y eviten la acumulación de suciedades, microorganismos, plagas u otros agentes contaminantes del alimento.
- i. Las mesas y mesones empleados en el manejo de alimentos deben tener superficies lisas, con bordes sin aristas y estar contruidas con materiales resistentes, impermeables y lavables.
- j. Los contenedores o recipientes usados para materiales no comestibles y desechos, deben ser a prueba de fugas, debidamente identificados, contruidos de metal u otro material impermeable, de fácil limpieza y de ser requerido provistos de tapa hermética. Los mismos no pueden utilizarse para contener productos comestibles.
- k. Las tuberías empleadas para la conducción de alimentos deben ser de materiales resistentes, inertes, no porosas, impermeables y fácilmente desmontables para su limpieza. Las tuberías fijas se limpiarán y desinfectarán mediante la recirculación de las sustancias previstas para este fin.

**6.1.1.3 Artículo 101 de normativas del INVIMA: equipos requeridos para el proceso del queso.**

- a. Tanque apropiado para coagulación de leche.
- b. Equipo apropiado para almacenamiento entre 4°C y 6°C del cultivo láctico iniciador si el proceso lo requiere.
- c. Sistema apropiado para control de la temperatura en tanques de coagulación
- d. Lira para el COLF de la cuajada
- e Tamiz para escurrido de la cuajada, cuando se efectúe esta operación
- f. Sistema apropiado para evacuación o recuperación del suero.
- g. Mesa y moldes para las operaciones de escurrido y moldeado de la cuajada.
- k. Sistema apropiado para prensado mecánico de la cuajada, si el proceso lo requiere T Tanques para la operación de salado.
- T. Cavas para maduración del queso, cuando se requiera esta operación.
- J. Sistema apropiado para lavado del queso, si se requiere
- K. Equipo para maduración del queso que vaya a ser fundido m Sistema apropiado para cocción Y fundido del queso, cuando se efectúe este proceso. (Tomado de la página oficial del INVIMA).

[18]

**6.1.1.4 Parámetros iniciales de diseño:**

- Temperatura de hilado del queso: 70°C, esta temperatura fue tomada de la literatura antes mencionada y además aprobado por una ingeniera de alimentos cliente de la empresa DSMAQ SAS
- Material de fabricación: Acero Inoxidable AISI 304, fue seleccionado por las recomendaciones del INVIMA de materiales anticorrosivos y resistentes a agentes de limpieza.
- Volumen de Máquina: 2000 litros, El volumen del recipiente de maquina fue propuesto por el cliente.
- Volumen máximo de cuajada en una operación: 900 Kg.
- Sistema de calentamiento: Vapor de agua suministrada por caldera.



### 6.1.1.1 Consideraciones:

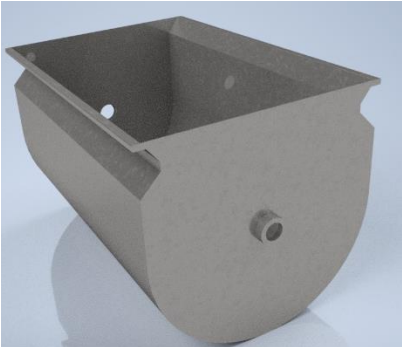
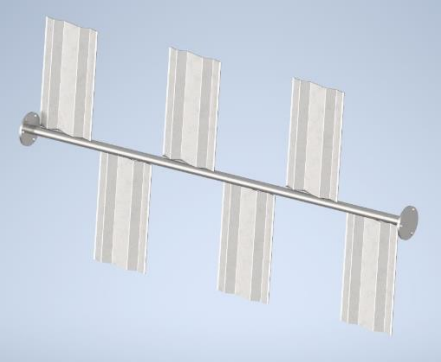
Como se mencionó en el ítem anterior la masa de cuajada de hilado por ciclo de operación será de máximo de 900 Kg, Esta masa representa un volumen equivalente de  $0.863\text{m}^3$  (863 litros) con una densidad de referencia de leche de  $1046 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$  [10] ya que la densidad de la cuajada es muy cercana a la leche se hará la siguiente suposición:

$$\text{Densidad de leche} = \text{densidad de la cuajada}$$

## 7 Cálculos, resultados y análisis

El tipo de hiladora que se diseñó fue tipo paletas y esta elección fue dada por el cliente de acuerdo sus requerimientos específicos y consistencia del queso.

Se muestran en los siguientes ilustraciones genéricas los componentes y el tipo de hiladora que fue seleccionada.

Recipiente principal	Agitador
	
<p>Propuesta con tres cámaras internas y cuatro capas de lamina, la primera cámara consiste en almacenar un aislante térmico, la segunda almacena el vapor de agua para el calentamiento y por último la tercera consiste en contener la cuajada.</p>	<p>La selección del tipo de agitador fue dada por el cliente (tipo paletas), se propuso fabricar la paleta con dobleces para aumentar su rigidez.</p>


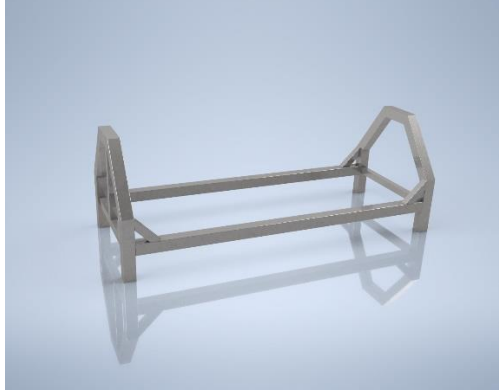
Sistema de potencia.	Soporte
 <p data-bbox="203 745 766 955">Motorreductor eléctrico de tornillo Sinfín donde el eje de entrada es perpendicular al eje de salida. Esto permite un montaje más sencillo, cómodo y ocupa menos espacio</p>	 <p data-bbox="792 745 1352 871">Tubería cuadrada inoxidable en calidad 304, permitiendo el volcamiento del recipiente.</p>

Tabla 1. Diseño conceptual.

El recipiente estará compuesto con tres cámaras como se mencionó antes así:

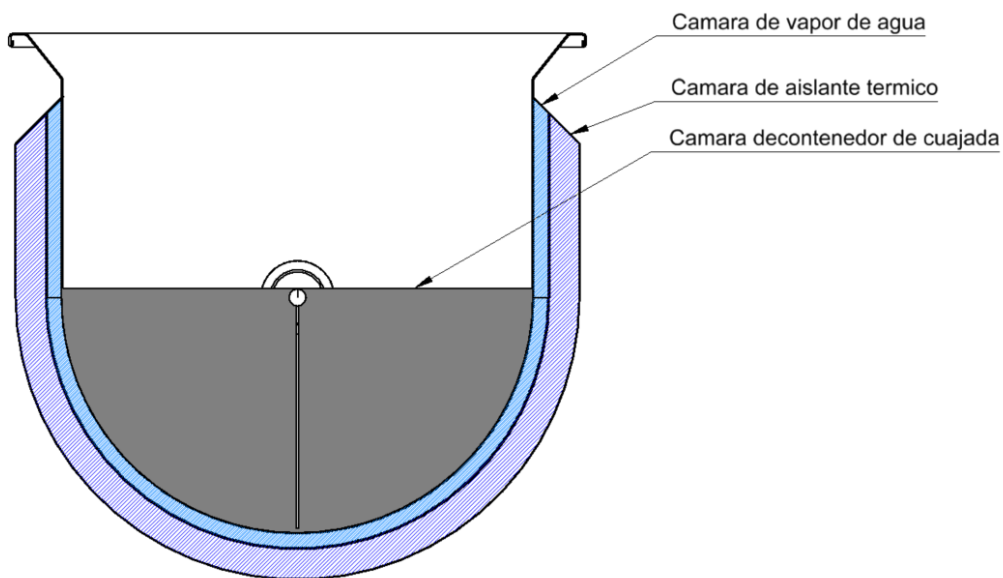
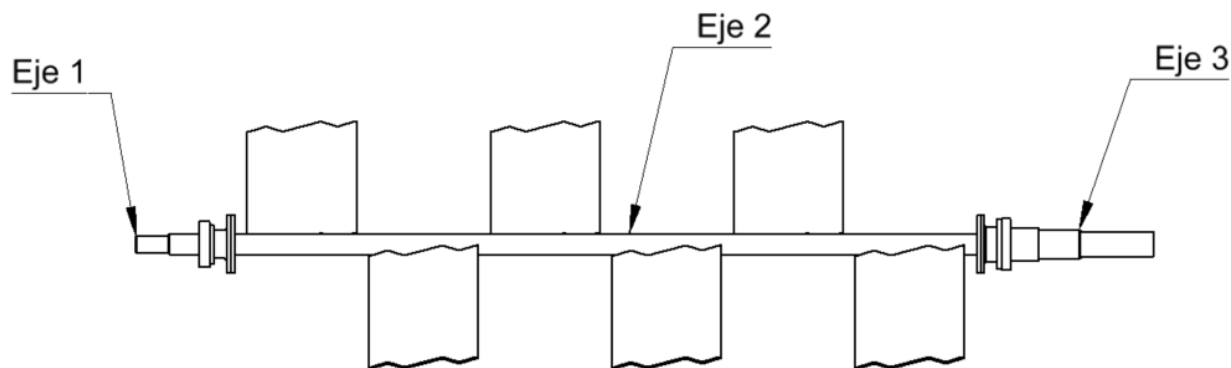


Ilustración 7. Cámaras internas de recipiente



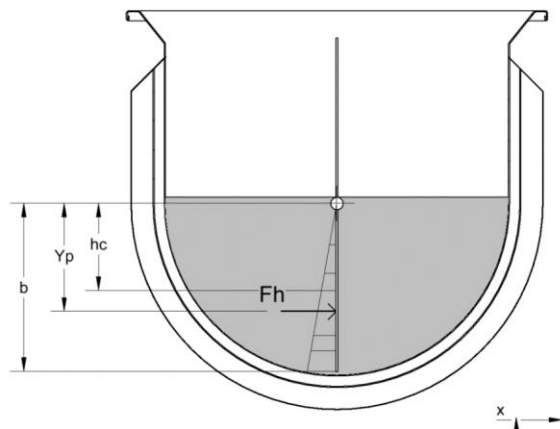
*Ilustración 8. Esquema general de configuración de eje central*

El eje central de la maquina estará compuesto por 3 ejes, esto permitirá limpiar el eje central que estará en contacto con la cuajada ya que el INVIMA es muy riguroso en estos aspectos, permitirá que la deflexión total sea menor en comparación si es un solo un eje largo, Además ayudara con un mantenimiento general mas sencillo y practico.

### 7.1.1 Potencia de motor

Se encontró la potencia del motorreductor teniendo las siguientes consideraciones:

Se realizó un cálculo estático de fluidos, donde el fluido es la leche o más exactamente la cuajada (derivado de la leche). El torque del motor debe vencer las fuerzas de hidrostáticas del fluido ejercidas sobre las superficies de las paletas de contacto. Donde tres de seis paletas estarán en contacto con el fluido simultáneamente por la configuración geométrica del diseño. En la siguiente imagen se muestra el diagrama de cuerpo libre del cálculo estático.



*Ilustración 9. diagrama de cuerpo libre de recipiente*

Donde:

$F_h$ : Fuerza hidrostática

$Y_p$ : Posición de la fuerza

$h_c$ : Distancia desde la superficie libre del fluido hasta la superficie de la paleta.

$b$ : Longitud de paleta.

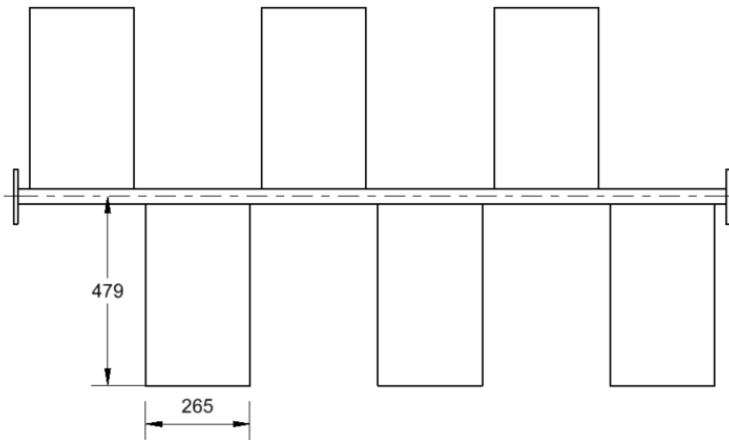


Ilustración 10. Dimensiones de paleta

Según la ecuación 2 tenemos que:

$$\rho_{cujada} = 1046 \frac{Kg}{m^3}$$

$A = 0.479m * 0.265m * 3 = 0.381m^2$  , donde A es el área de las 3 paletas en contacto simultáneamente.

$$h_c = \frac{0.479m}{2} = 0.24$$

Remplazando en la ecuación 2:

$$F_h = 1046 \frac{Kg}{m^3} * \frac{9.81m}{s^2} * 0.24m * 0.381m^2 = 940.98N$$

A esta fuerza estática se aplicará un factor de seguridad por motivos de que en ocasiones el operario coloque más de la cantidad de diseño y en el proceso del hilado se suele agregar suero para mantener la cuajada húmeda, por esto y cualquier otro aditivo cuenta como una masa extra aparte de los 900Kg de cuajada.

$$F_h = 940.98N * 1.35 = 1270.323N$$

$$Torque = T = F_h * Brazo = F_h * Y_p$$

$$Y_p = \frac{2}{3} * b = \frac{2}{3} * 0.479 = 0.3193m$$

$$T = 1270.323 * 0.32 = 406.5Nm$$

### 7.1.2 Factor de servicio.

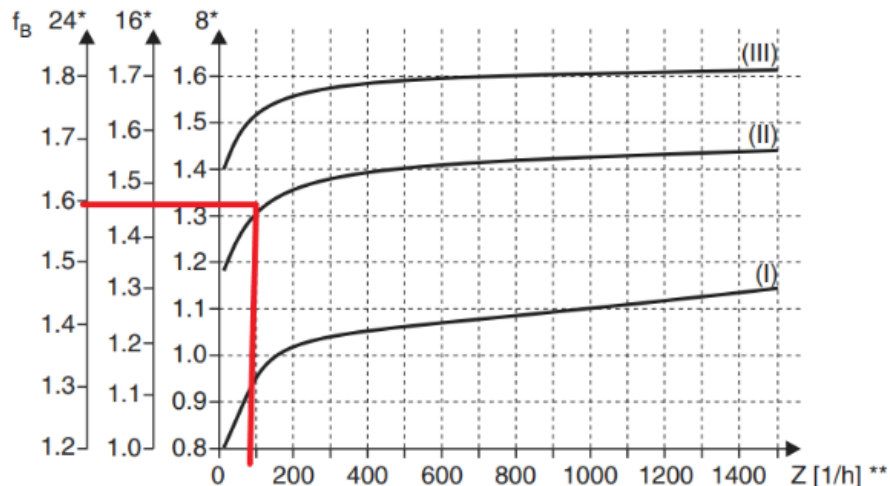


Ilustración 11. Gráfico de selección de servicio (tomado del Catálogo de SEW)

El efecto de la máquina en el reductor puede considerarse con la suficiente exactitud gracias al factor de servicio. Este Factor fue encontrado en función del tiempo de funcionamiento diario horas días y frecuencia de conexión Z, es decir cuántos procesos de arranque y frenado, así como bajas a altas revoluciones y al contrario

El cliente trabajará la máquina durante dos turnos, esto significa un funcionamiento diario de 16 horas.

Las frecuencias de conexión Z son menores o iguales a 100 ya que cada ciclo de hilado puede durar entre 20 minutos y 45 minutos, durante 16 horas. Se tomó como frecuencia de conexión un numero de arranques máximo de 100. Y se escogió la curva (II) no homogéneo, factor de aceleración de masas permitido de <3.

$$T = 406.5Nm * 1.6 = 650Nm$$

Las RPM del motor fueron seleccionadas por los requerimientos de amasado de la cuajada por sugerencia del cliente y además se corroboró con el estado del arte de las

maquinas de hilado. Así se llegó a la conclusión de que el motorreductor tenga una velocidad 45 a 51 RPM.

Con el torque y las RPM de salida se seleccionó un motorreductor de la SEW donde sus características son:

35	940	41.07	9370	1.15				
40	830	35.94	9340	1.30				
51	660	28.41	9170	1.60	S	77	DRS	100LC4
63	550	22.89	7650	1.25	SE	77	DRS	100LC4
69	505	20.99	7640	1.40	SA	77	DRS	100LC4
78	445	18.42	7610	1.55				
83	425	17.45	7580	1.65				
95	370	15.28	7500	1.90				
105	335	13.76	7410	2.1				
		12.07	7290	2.4				

Ilustración 12. Catálogo de SEW

Potencia Motor	RPM	Caja
660	51	SA 77 DRS 100LC4

Tabla 2 Resultados de la selección según catálogo de motorreductor

La información se confirmó además con el catálogo virtual de la compañía SEW con las siguientes entradas y parámetros de selección.

Búsqueda

Designación del tipo requerido:

Diseño del reductor:

Tipo motor:

País de uso:

Potencia del motor P [kW] / Par Ma [Nm]:  ±

Velocidad de salida na [1/min] / Índice de reducción i:  ± /

Factor de servicio IB:  ±


Clase con eficiencia internacional (IE):

Nº de polos:

Factor de duración:

Velocidades de salida bajas especiales:

Operación de convertidor de frecuencia



Opciones de diseño

Posición de montaje:

ángulo de pivote:

Tipo integrado:

Eje hueco:

Posición del eje:

Brazo de par:

Posición de conexión/caja de bornas:

Entrada de cable/ Posición del conector:

Posición de montaje:

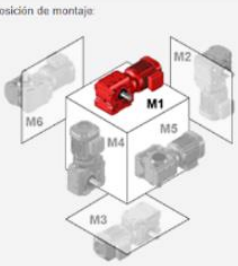
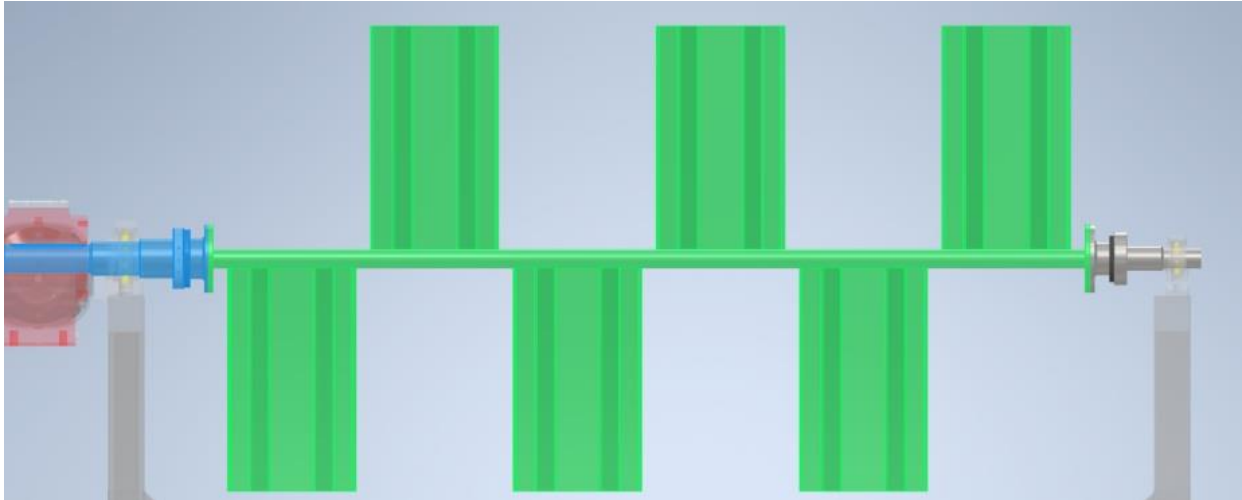


Ilustración 13. Parámetros de entrada de selección de motorreductor

### 7.1.3 Cálculos de ejes.

La máquina está compuesta por tres ejes diferentes como se muestra en la siguiente imagen:



*Ilustración 14. Ejes de maquina*

Donde el eje uno es el azul, eje dos el verde, eje tres el gris.

Para el calculo de los ejes se tiene que:

$$Masa\ de\ recipiente\ vacio = 426Kg$$

$$Masa\ cuajada = 900Kg$$

$$Masa\ total = 600\ Kg + 900Kg = 1500Kg$$

Como en el caso anterior se explicó, que en ocasiones para mantener la cuajada húmeda, mientras se hace el tratamiento térmico se le debe agregar suero y otros aditivos, los cálculos se procederán a realizar con un factor de 1.6, factor sugerido por el departamento de ingeniería de la empresa DSMAQ SAS y el cliente. Este factor nació de llenar con agua el recipiente con los 2000 litros de capacidad que tiene.

$$Peso\ total = 1500Kg * 1.6 = 2400Kg * \frac{9.81m}{s^2} = 23544N$$

Este peso por estática se distribuye en los extremos de forma simétrica, es decir los rodamientos reciben una carga radial igual a la mitad del peso equivalente como se muestra en la Ilustración 15 .

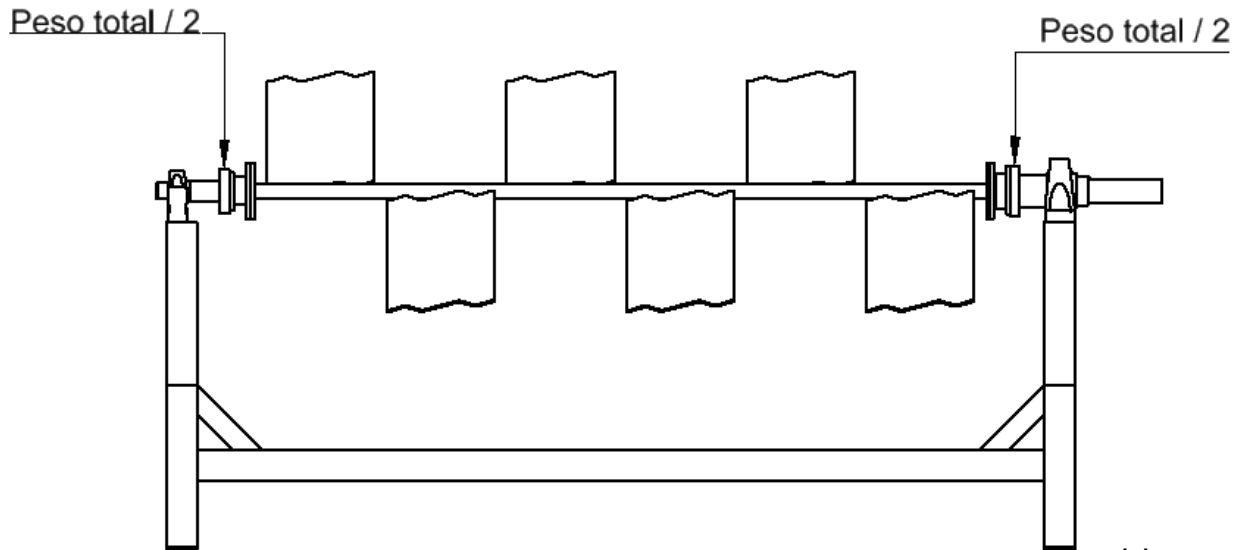


Ilustración 15. Carga recibida por los rodamientos

### 7.1.3.1 Material de ejes.

El material de diseño es Acero Inoxidable AISI 304, ya que la aplicación es alimenticia.

En todos los cálculos de los ejes se usó la ficha técnica del fabricante o proveedor del material y se usaron las siguientes propiedades de entrada en los softwares.

Propiedades del material

Descripción:	Acero inoxidable AISI 304		Tabla...
Grupo:	Acero para construcciones - DIN EN 10025		
Resistencia a tracción:	620 [N/mm <sup>2</sup> ]	Diámetro de referencia:	16 [mm]
Límite de elasticidad:	310 [N/mm <sup>2</sup> ]	Diámetro de referencia:	16 [mm]
Fuerza alternante para tensión:	248 [N/mm <sup>2</sup> ]		
Fuerza alternante para flexión:	310 [N/mm <sup>2</sup> ]	Tipo:	Firme
Fuerza alternante para torsión:	186 [N/mm <sup>2</sup> ]	Termodatamiento:	Otros
Módulo E:	193000 [N/mm <sup>2</sup> ]	Poisson:	0.3

Aceptar Cancelar Salir Ayuda

Ilustración 16. Parámetros de entrada de acero Inoxidable 304



### 7.1.3.2 Cálculos de eje 1

El cálculo del eje 1 fue realizado por los Software de Autodesk inventor y AutoCAD Mechanical para corroborar la información y encontrar el fallo por fatiga.

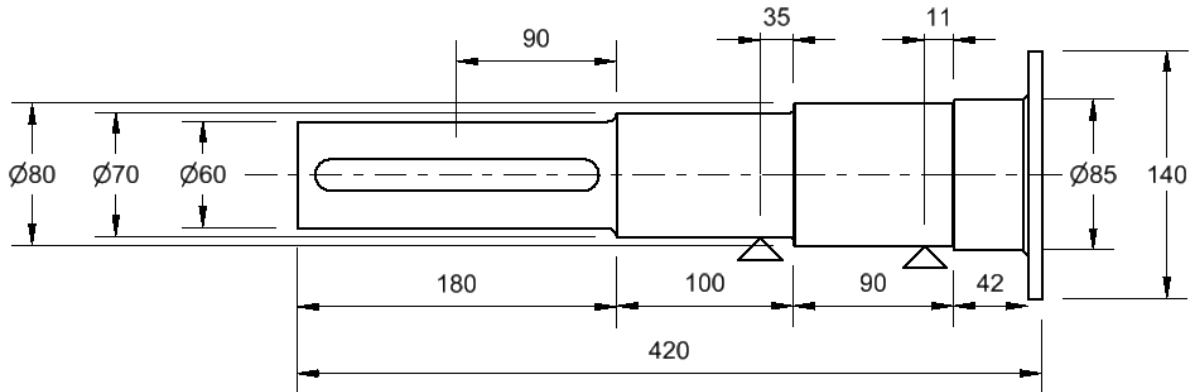


Ilustración 17 Dimensiones de eje 1

En inventor se ubicaron las siguientes fuerzas:

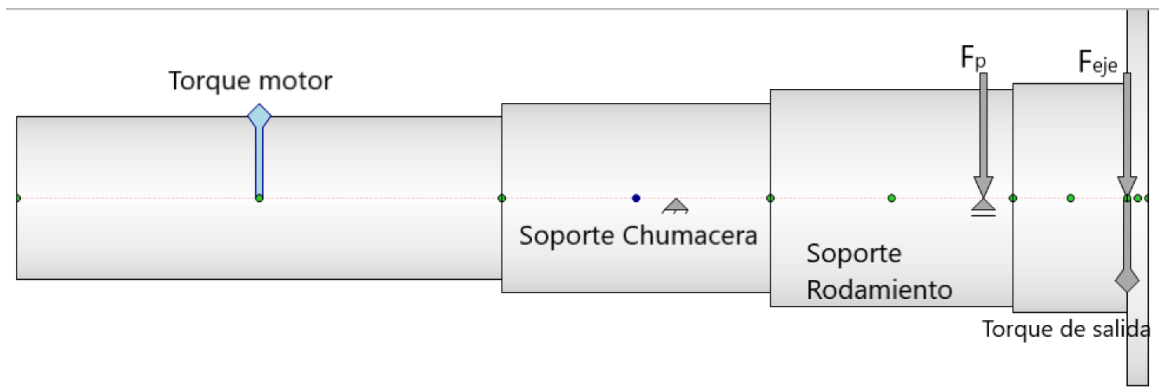


Ilustración 18. Diagrama de eje 1

Donde:

$$\text{Torque motor} = 660Nm$$

$$F_p = \frac{\text{Fuerza del peso del recipiente con cuajada}}{2} = \frac{23544N}{2} = 11772N ;$$

$F_{eje}$

= fuerza del peso ejercida por el eje 2 ; Esta fuerza es calculada en la siguiente sección del eje 2.

$$\text{Torque de salida} = -660Nm$$

### 7.1.3.3 Resultados eje 1

Los siguientes resultados hacen referencia a los arrojados por Autodesk inventor:

#### Resultados

Longitud	L	420,000 mm
Masa	Masa	13,708 kg
Tensión de plegado máxima	$\sigma_B$	0,522 MPa
Tensión de corte máxima	$\tau_S$	0,098 MPa
Tensión de torsión máxima	$\tau$	15,562 MPa
Tensión máxima	$\sigma_T$	0,000 MPa
Tensión reducida máxima	$\sigma_{red}$	26,954 MPa
Flexión máxima	$f_{m\acute{a}x}$	0,359 $\mu\text{m}$
Ángulo de torsión	$\varphi$	0,07 gr

Tabla 3 Tablas de resultados de eje 1 en Autodesk Inventor

- Resultados de AutoCAD Mechanical, Estos resultados son importantes debido a que este software proporciona el fallo por fatiga.

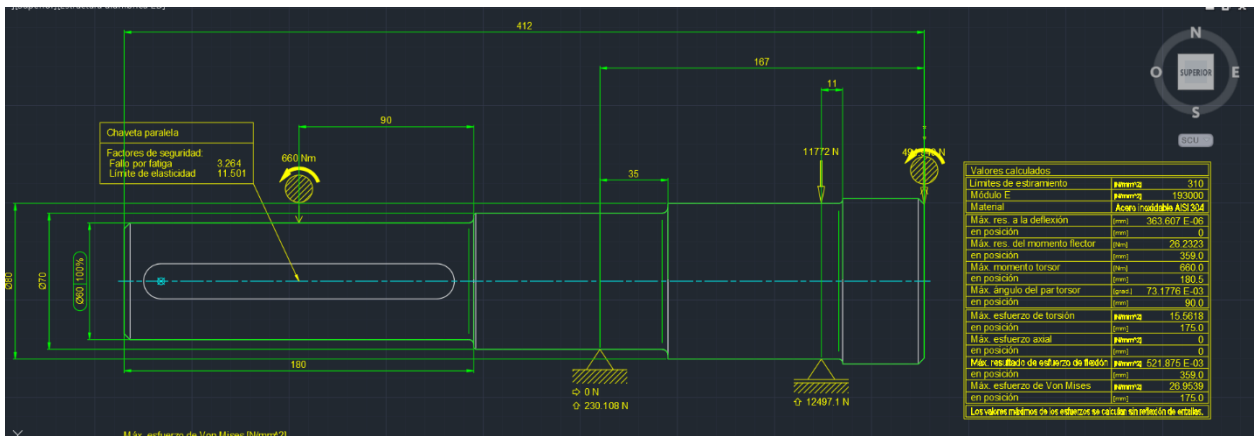


Ilustración 19. Resultados de AutoCAD Mechanical

### 7.1.3.4 Chequeos de eje 1:

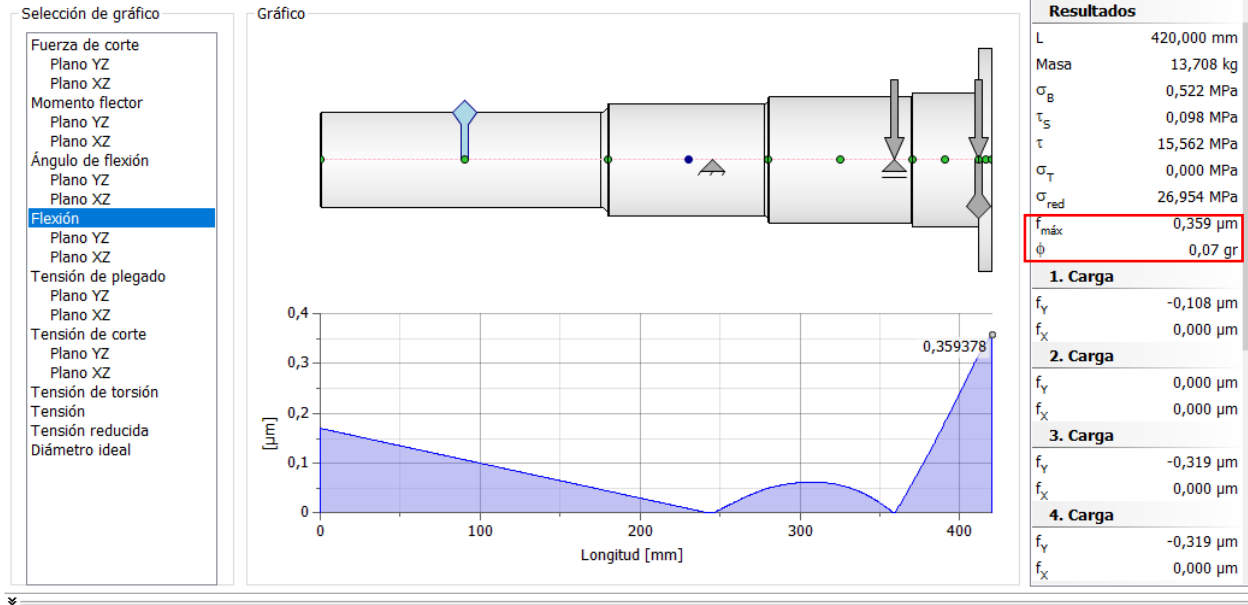


Ilustración 20 Resultados para Chequeos

Chequeos.

- Rigidez torsional: Se calcula el diámetro promedio (distancia entre cargas) de la siguiente manera:

$$\text{Longitud sometida a torsión} = 90 + 100 + 90 + 42 = 322 \text{ mm}$$

$$D_{prom} = \frac{60 * 90 + 70 * 100 + 80 * 90 + 85 * 42}{322} = 71.95 \text{ mm}$$

$$\text{Ángulo de torsión admisible} = \frac{322 \text{ mm}}{20 * 71.95 \text{ mm}} = 0.223^\circ$$

$$\text{Ángulo de torsión en el eje} \leq \text{Ángulo de torsión admisible}$$

$$0.07 < 0.223 \text{ Cumple}$$

- Rigidez lateral:

$$\text{Distancia entre soportes } [D] = 114 \text{ mm}$$

$$\text{Deflexión máxima entre soportes} = \frac{0.001 \text{ in}}{12 \text{ in}} * D$$

$$\text{Deflexión máxima entre soportes} = \frac{0.001 \text{ in}}{12 \text{ in}} * 114 \text{ mm} = 9.5 \mu m$$

$$\text{Deflexión entre soportes} \leq \text{Deflexión máxima entre soportes}$$

$$0.3\mu\text{m} < 9.5\mu\text{m} \text{ Cumple !!}$$

- Pendiente en rodamientos:

☐ Soportes

Índice	Tipo	Ubicación	Fuerza de reacción				Elasticidad	Tipo	Flexión			Ángulo de flexión	
			Y	X	Tamaño	Dirección			Fuerza axial	Y	X		Tamaño
1	Fijo	245 mm	-230,108 N		230,108 N	180,00 gr		Usuario	0,000 $\mu\text{m}$		0,000 $\mu\text{m}$		0,00 gr
2	Libre	359 mm	12497,057 N		12497,057 N			Usuario	0,000 $\mu\text{m}$		0,000 $\mu\text{m}$		0,00 gr

Tabla 4 Resultaos de soportes de eje 1 por Autodesk Inventor

Este eje de acuerdo con los resultados obtenidos en inventor el ángulo de flexión máximo en los rodamientos es 0.00 gr el cual es menor 0.0005 rad (0.029 gr) por lo tanto en este eje pueden ser utilizados cualquier tipo de rodamiento, en este caso se utilizarán rodamientos rígidos de bolas.

- Fatiga.

se procedió a realizar el cálculo de resistencia por fatiga en este eje y se encontró su respectivo factor de seguridad, el cual debe encontrarse por encima de 2.

<b>Chaveta paralela</b>	
<b>Factores de seguridad:</b>	
<b>Fallo por fatiga</b>	<b>3.264</b>
<b>Límite de elasticidad</b>	<b>11.501</b>

Ilustración 21 Resultados de factor por fatiga

Se concluye que cumple ya que es mayor a 2.

### 7.1.3.5 Cálculos eje 2

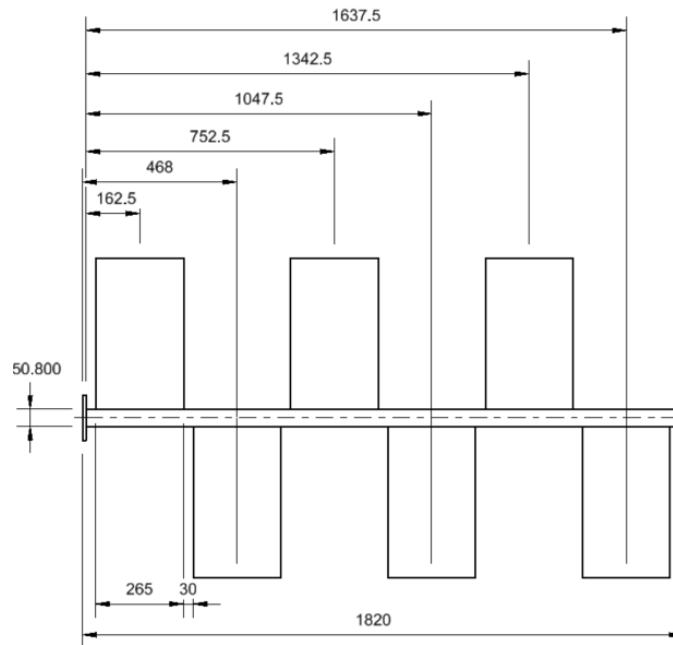


Ilustración 22. Dimensiones eje 2

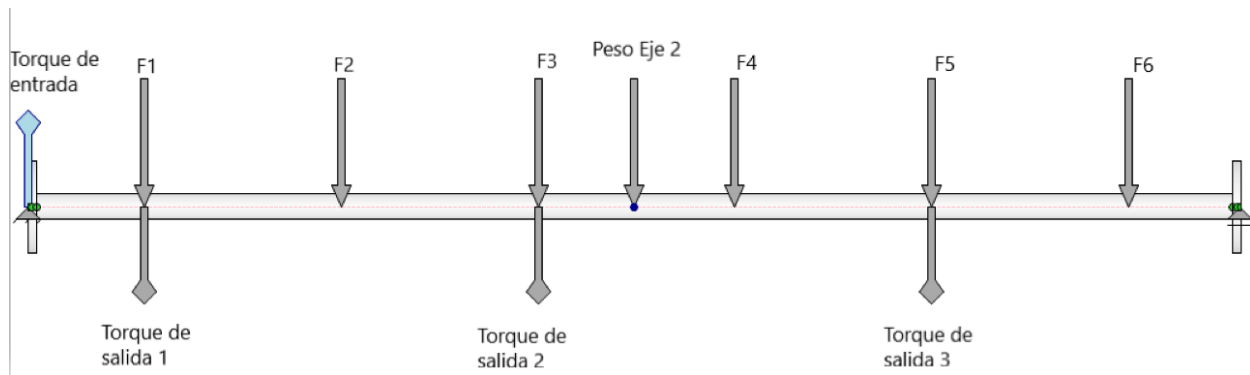


Ilustración 23. Diagrama de eje 2

Donde:

$$\text{Torque de entrada} = 660\text{Nm}$$

$$\text{Torque de salida 1} = \text{Torque de salida 2} = \text{Torque de salida 3} = 220\text{Nm}$$

$$\text{Pesos de Paletas} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 = 49.05\text{N}$$

$$\text{Peso eje} = 186.39\text{N}$$

- Resultados de eje 2

☐ Soportes

Índice	Tipo	Ubicación	Fuerza de reacción			Elasticidad	Tipo	Flexión		Ángulo de flexión				
			Y	X	Tamaño			Dirección	Fuerza axial		Y	X	Tamaño	Dirección
1	Fijo	0 mm	239,690 N		239,690 N					Usuario				0,07 gr
2	Libre	1818,35 mm	241,000 N		241,000 N					Usuario	0,000 $\mu\text{m}$	0,000 $\mu\text{m}$		0,07 gr

Tabla 5. Resultados de reacciones en los soportes

☐ Resultados

Longitud	L	1820,000 mm
Masa	Masa	31,614 kg
Tensión de plegado máxima	$\sigma_B$	11,919 MPa
Tensión de corte máxima	$\tau_S$	0,138 MPa
Tensión de torsión máxima	$\tau$	26,158 MPa
Tensión máxima	$\sigma_T$	0,000 MPa
Tensión reducida máxima	$\sigma_{red}$	45,308 MPa
Flexión máxima	$f_{m\acute{a}x}$	702,629 $\mu\text{m}$
Ángulo de torsión	$\phi$	0,54 gr

Tabla 6. Resultados de eje 2- Autodesk Inventor

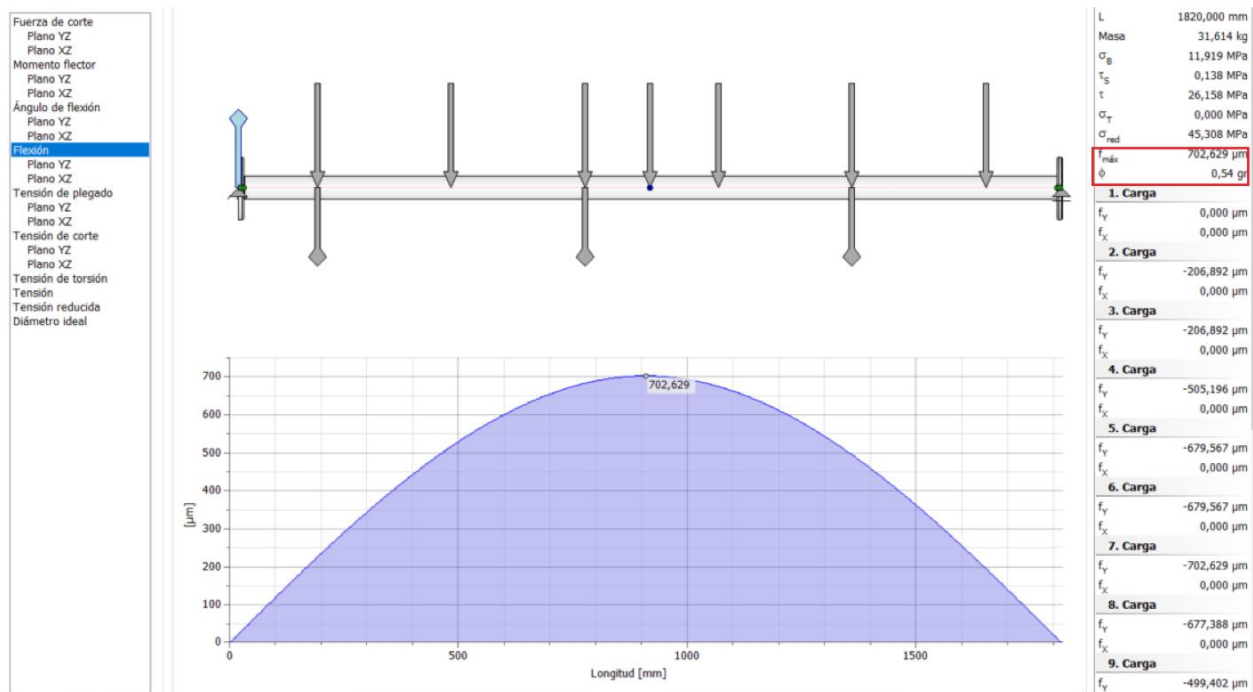


Ilustración 24. Resultados Autodesk Inventor- Grafico de Deflexión

Chequeos.

- Rigidez torsional: Se calcula el diámetro promedio (distancia entre cargas) de la siguiente manera:

$$\text{Longitud sometida a torsión} = 12.7 + 1342.5 = 1355.2 \text{ mm}$$

$$D_{prom} = \frac{139.7 * 12.7 + 50.8 * 1342.5}{1355.2} = 51.633 \text{ mm}$$

$$\text{Ángulo de torsión admisible} = \frac{1355.2 \text{ mm}}{20 * 51.633 \text{ mm}} = 1.31^\circ$$

$$\text{Ángulo de torsión en el eje} \leq \text{Ángulo de torsión admisible}$$

$$0.54 < 1.31 \text{ Cumple}$$

- Deflexión

La deflexión máxima para el eje dos se calculó diferente, ya que la distancia entre soportes es una distancia considerablemente grande y por chequeo de rigidez lateral este valor de deflexión admisible sería muy pequeño, esto se traduce que el diámetro del eje debe ser aumentado, además incrementaría el costo de fabricación y el peso del mismo. Esto llevo a hacer un análisis más excautivo del movimiento del eje si realmente es necesario cumplir este valor.

Los ejes y vigas tienen un porcentaje de deflexión que es normal y según la aplicación este porcentaje cambia, por ejemplo, cuando se diseñan elementos donde estarán la vida de personas en juego los factores de seguridad son más grandes. En este caso, la aplicación permite ser más permisibles, ya que tenemos espacio para la deflexión, el montaje del eje es flexible a deformaciones pequeñas siempre y cuando la deflexión producida no pase a ser un desplazamiento permanente, es decir el material no sobrepase su límite elástico. Por ese motivo se usó una regla usada en el diseño de vigas y estructuras metálicas donde:

$$\text{Deflexion maxima} = \frac{\text{Distancia entre soportes}}{1000} \text{ Ecuación 10}$$

Aplicando la formula con una distancia entre soportes de 1820mm.

$$\text{Deflexion admisible Maxima} = \frac{1820 \text{ mm}}{1000} = 1.8 \text{ mm}$$

$$\text{Deflexion de eje} \leq \text{Deflexion admisible Maxima}$$

La Ilustración 29 se presenta la deflexión actual del eje cuando esta sometida a todas las cargas presentes con un valor de 702 micras o 0.7mm, así tenemos que:

$$0.7 \text{ mm} \leq 1.8 \text{ mm}, \text{ cumple}$$

Con este parámetro de comparación se optimizó el eje a la aplicación correspondiente y aceptable sin que la maquina se vea afecta.

- Fatiga.

El factor por falla por fatiga se verificará igual al eje 1, usando el software AutoCAD Mechanical.



Ilustración 25 Entorno de AutoCAD Mechanical -Grafico de Von Mises VS mm

Eje liso	
Factores de seguridad:	
Fallo por fatiga	4.284
Límite de elasticidad	2.937

Tabla 7 Resultados de factor de seguridad correspondiente a fallo por fatiga

El factor de seguridad por fallo por fatiga es mayor a 2 y se concluye que cumple.

### 7.1.3.6 Cálculos eje 3

El eje 3 solamente estará sometido a cargas radiales producidas por el peso del recipiente y la cuajada y la carga producida por el soporte derecho del eje 2 (como



sucedió en el eje 1). Idealmente este eje no estará sometido a torsión debido a que todo el torque de salida saldrá por las paletas en contacto con la cuajada.

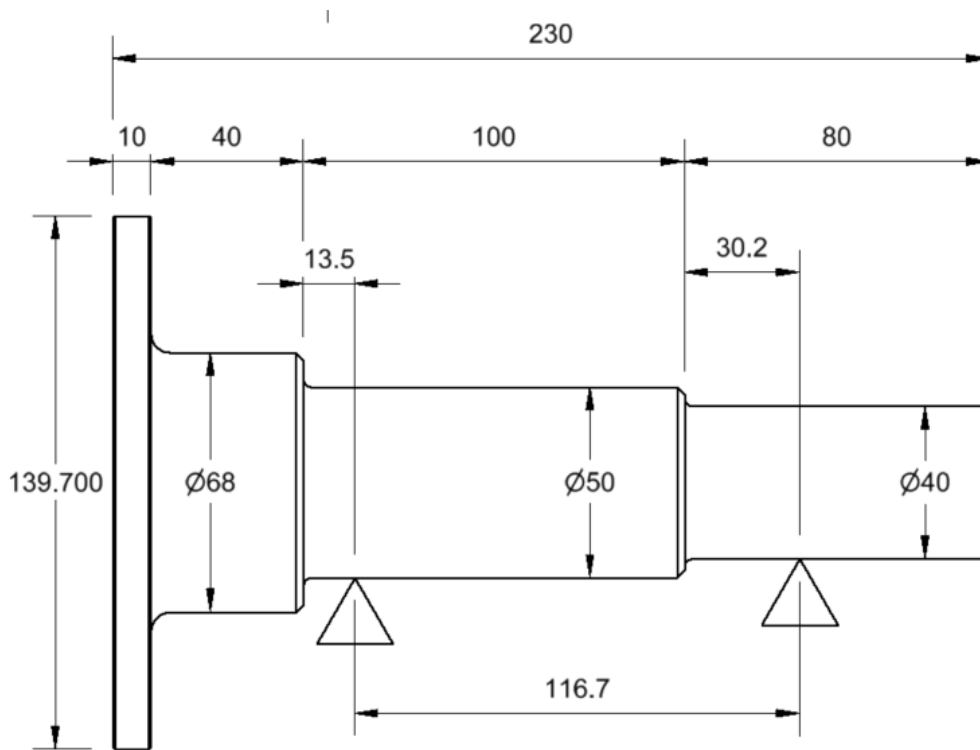


Ilustración 26. Dimensiones de eje 3

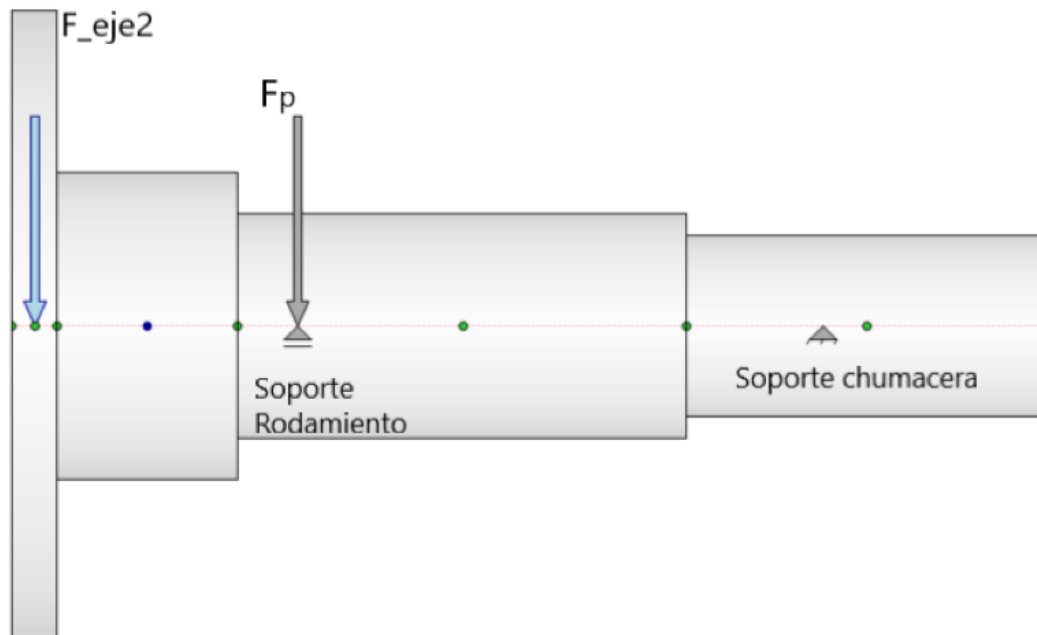


Ilustración 27. Asignaciones en eje 3

Donde:

$F_{eje 2} = \text{Reaccion soporte fijo derecho del eje 2} = 239.6N$ ; ver tabla 5 de resultados de soportes para el eje dos.

$$F_p = \frac{\text{Fuerza del peso del recipiente con cuajada}}{2} = \frac{23544N}{2} = 11772N$$

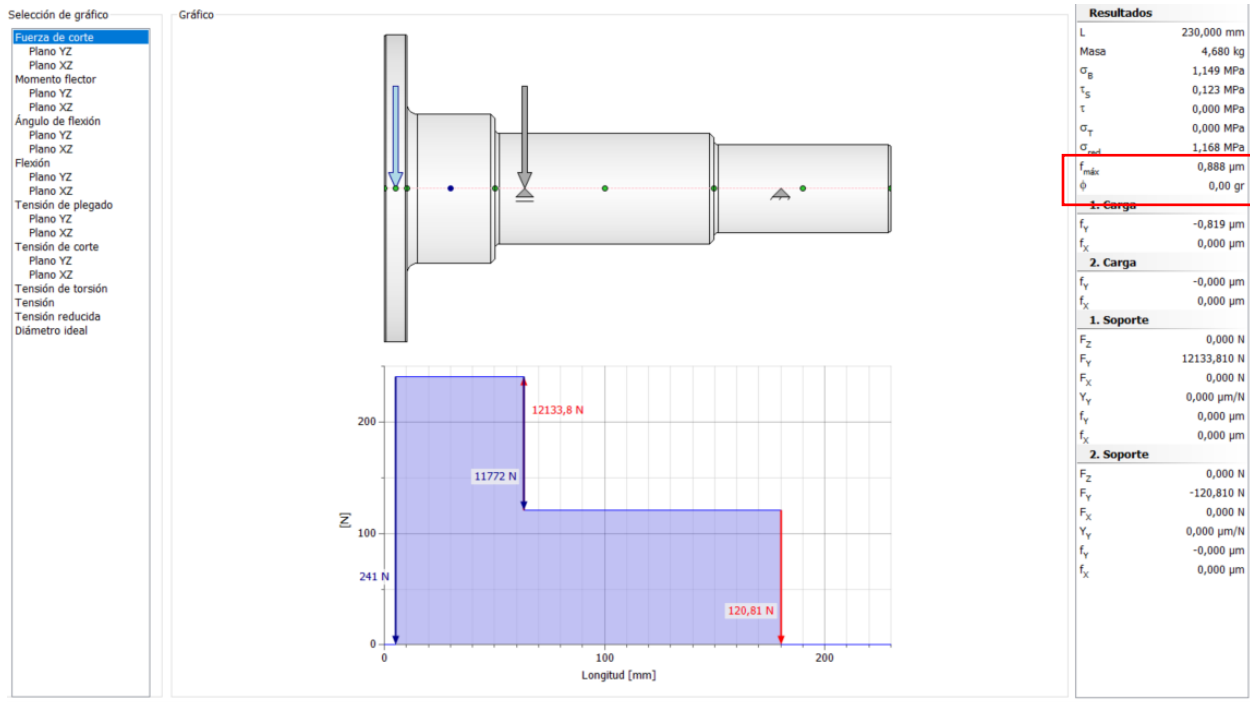


Ilustración 28. Resultados de Autodesk Inventor

### Chequeos.

- Rigidez torsional: Debido a que este eje no está sometido a torsión como se mencionó anteriormente no es necesario realizar este chequeo.
- Rigidez lateral:

$$\text{Distancia entre soportes } [D] = 116.7 \text{ mm}$$

$$\text{Deflexión máxima entre soportes} = \frac{0.001 \text{ in}}{12 \text{ in}} * D$$

$$\text{Deflexión máxima entre soportes} = \frac{0.001 \text{ in}}{12 \text{ in}} * 116.7 \text{ mm} = 9.725 \mu m$$

$$\text{Deflexión entre soportes} \leq \text{Deflexión máxima entre soportes}$$

$$0.88 \mu m < 9.725 \mu m \text{ Cumple !!}$$

- Pendiente en rodamientos:

☐ Soportes

Índice	Tipo	Ubicación	Fuerza de reacción				Elasticidad	Tipo	Flexión			Ángulo de flexión
			Y	X	Tamaño	Dirección			Fuerza axial	Y	X	
1	Libre	63,5 mm	12133,810 N	12133,810 N				Usuario	0,000 μm	0,000 μm	180,00 gr	0,00 gr
2	Fijo	180,2 mm	-120,810 N	120,810 N	180,00 gr			Usuario	-0,000 μm	0,000 μm	180,00 gr	0,00 gr

Tabla 8. Resultados en soportes eje 3

Al igual que en el eje 1 el ángulo de flexión máximo en los rodamientos es 0.00 gr el cual es menor 0.0005 rad (0.029 gr) por lo tanto en este eje pueden ser utilizados cualquier tipo de rodamiento, en este caso se utilizarán rodamientos rígidos de bolas.

- Fatiga.

Se verifica el factor en AutoCAD Mechanical como se hizo en los otros dos ejes anteriores.

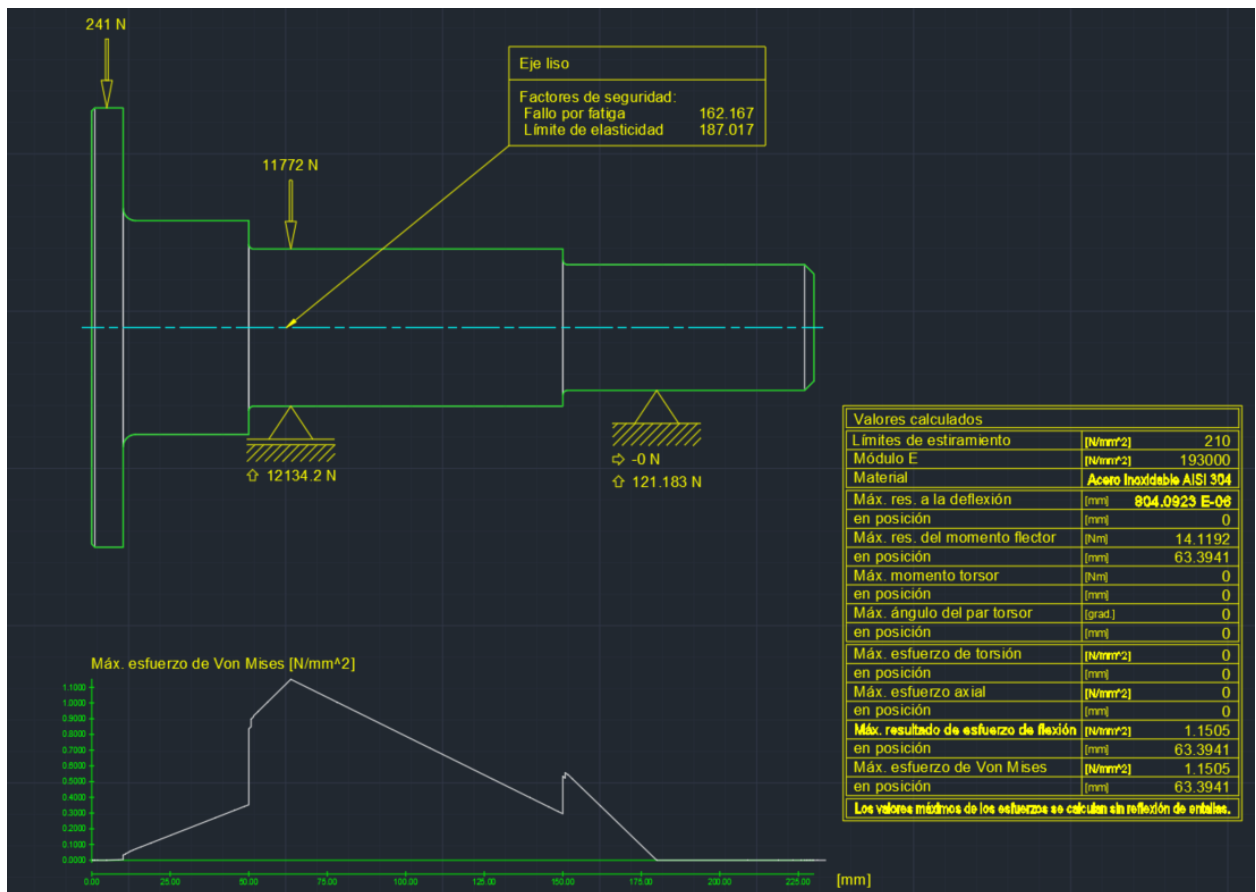


Ilustración 29. Resultados AutoCAD eje 3

El factor de seguridad de fallo por fatiga es de 162.1, lo cual es muy alto, podemos decir que el eje esta sobredimensionado ya que es mucho mayor a dos. Se podría modificar las dimensiones del eje, pero para conservar la geometría con los otros ejes, y no producir concentradores de esfuerzos en la brida de unión se prefiere dejar de esta manera.

### 7.1.4 Rodamientos y chumaceras

La Selección de rodamientos es de suma importancia, ya que en el diseño de esta máquina será los encargados de soportar el peso del recipiente con la cuajada.


Se usó el catálogo de skf online para seleccionar los rodamientos. Los rodamientos deben ser con tapa preferiblemente ya que podría tener contacto con líquidos y derivados de la cuajada y no puede haber concentradores de microorganismos en ninguna pieza de la máquina.

#### 7.1.4.1 Rodamiento eje 1

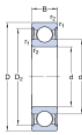
Para la selección se deben tener en cuenta los siguientes aspectos aparte de lo antes mencionado.

- El rodamiento debe soportar las reacciones calculadas ubicadas en el soporte izquierdo como muestra en la tabla 3 de los resultados de los soportes para el eje 1. Es decir, rodamiento debe tener una capacidad estática mayor a 12.497KN.
- Diámetro Interno de rodamiento igual a 80mm (por diseño en eje 1).

El rodamiento seleccionado fue 6016-2RS1.



Especificación técnica



Mostrar en:  Sistema métrico  Sistema imperial

DIMENSIONES

d	80 mm
D	125 mm
B	22 mm
d <sub>1</sub>	+ 94.4 mm
D <sub>2</sub>	+ 114.1 mm
r <sub>1,2</sub>	min. 1.1 mm

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	49.4 kN
Capacidad de carga estática básica	C <sub>0</sub>	40 kN
Carga límite de fatiga	P <sub>0</sub>	1.66 kN
Velocidad límite		3 200 r/min
Factor de cálculo	k <sub>r</sub>	0.025
Factor de cálculo	f <sub>0</sub>	15.6

Ilustración 30. Selección de rodamiento

*Reccion de soporte < Capacidad estatica de rodamiento*

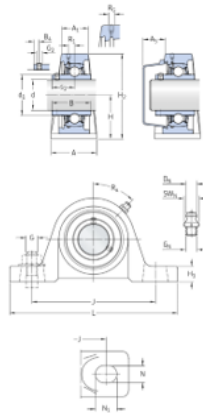
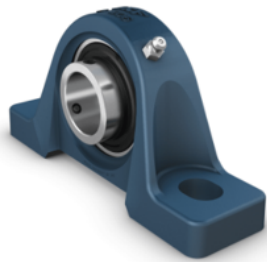
*12.497KN < 40KN; Cumple!*

### 7.1.4.2 Chumacera eje 1

La chumacera permitirá soportar la carga radial y sujetar el eje a estructura de la máquina.

Se seleccionó chumacera P2B 70-TF y debe cumplir con:

- La carga estática debe ser mayor a 230.1N.
- Diametro interior 70mm ( Diametro de eje).



#### DIMENSIONES

d	70 mm
d <sub>1</sub>	+ 87.05 mm
A	72.1 mm
A <sub>1</sub>	43.019 mm
A <sub>2</sub>	38.5 mm
B	69.9 mm
B <sub>1</sub>	32 mm
H	76.2 mm
H <sub>1</sub>	28.18 mm
H <sub>2</sub>	156 mm
J	210.34 mm
J	max. 221.45 mm
J	min. 199.23 mm
L	265.91 mm
N	25.4 mm
N <sub>1</sub>	30.16 mm

#### DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	62.4 kN
Capacidad de carga estática básica	C <sub>0</sub>	45 kN
Carga límite de fatiga	P <sub>0</sub>	1.86 kN
Velocidad límite con tolerancia de eje h6		2 800 r/min

*Ilustración 31. Selección de chumacera eje 1*

### 7.1.4.3 Rodamiento eje 3

Al igual que en el eje 1 debe cumplir con la carga axial y el diámetro de diseño del eje. Además, como se mostrará en la información del rodamiento es en acero inoxidable.



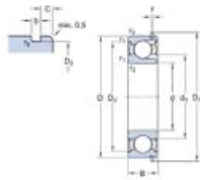
## 310-2ZNR

Rodamientos rígidos de bolas

#### DATOS DE LOS RODAMIENTOS

- Tolerancias : Normal (métrica) , P6 , P5 , Normal (en pulgadas)
- Juego radial interno : Pares de rodamientos apareados , Acero inoxidable  $d < 10$  mm , Otros rodamientos

#### Especificación técnica



Mostrar en  Sistema métrico  Sistema imperial

#### DIMENSIONES

d	50 mm
D	110 mm
B	27 mm
r <sub>1</sub>	+ 68.76 mm
D <sub>1</sub>	+ 95.2 mm
D <sub>2</sub>	106.81 mm
D <sub>3</sub>	114.6 mm
b	2.7 mm
c	3.28 mm
f	2.46 mm
f <sub>1</sub>	max. 0.6 mm
r <sub>12</sub>	min. 2 mm

#### DATOS DEL CÁLCULO

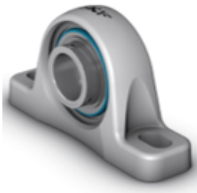
Capacidad de carga dinámica básica	C	64.4 kN
Capacidad de carga estática básica	C <sub>0</sub>	52 kN
Carga límite de fatiga	P <sub>L</sub>	2.2 kN
Velocidad de referencia		11 000 r/min
Velocidad límite		5 600 r/min
Factor de cálculo	k <sub>f</sub>	0.05

Ilustración 32. Selección de Rodamiento eje 3

*Reccion de soporte < Capacidad estatica de rodamiento*

*12.133KN < 52KN; Cumple!*

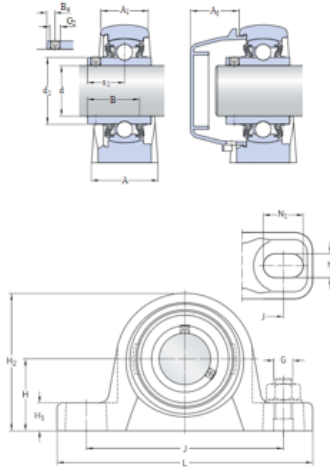
### 7.1.4.4 Chumacera eje 3



#### Especificación técnica

Mostrar en:  Sistema métrico  Sistema imperial

Cumplimiento con el estándar	No estandarizados
Purpose specific	For food and beverage applications
Material del soporte	Acero inoxidable
Sealing solution	Gutter seals and flingers



#### DIMENSIONES

d	40 mm
d <sub>1</sub>	≈ 51.8 mm
A	48 mm
A <sub>1</sub>	33 mm
A <sub>5</sub>	31.5 mm
B	49.2 mm
B <sub>1</sub>	10 mm
H	49.2 mm
H <sub>1</sub>	19 mm
H <sub>2</sub>	99 mm
J	135.5 mm
J	max. 146 mm
J	min. 125 mm
L	174.5 mm
N	14.5 mm

#### DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	24.7 kN
Capacidad de carga estática básica	C <sub>0</sub>	19 kN
Carga límite de fatiga	P <sub>0</sub>	0.8 kN
Velocidad límite		2 800 r/min

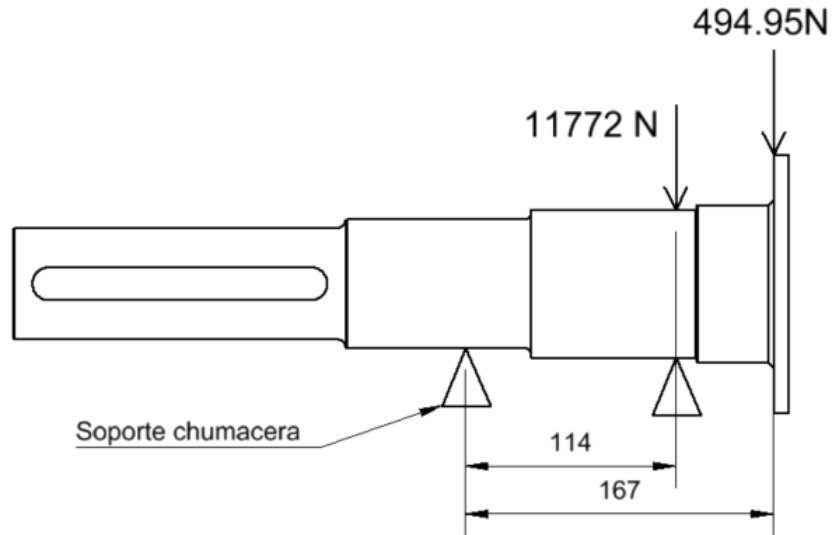
Ilustración 33. Selección de chumacera

### 7.1.5 Cálculo de Estructura de soporte

La estructura fue diseñada en tubería cuadrada de 3 pulgadas calibre 2.5mm de pared de acero inoxidable 304 ya que la aplicación es alimenticia. Para la selección del tamaño de la tubería se usó software Autodesk inventor para comprobar los esfuerzos normales cortantes y Von Mises. Estos esfuerzos mayores se comparan con el límite de fluencia del material.

Las chumaceras son soportes fijos que estarán anclados directamente a la estructura la cuales vimos que produce reacciones resultantes. Ahora bien, para simplificar el problema, todas las fuerzas fueron trasladadas a los dos puntos de apoyo de la estructura, la teoría de mecánica clásica dice que al trasladar una fuerza a otro punto se

genera un momento. Así para cada uno de los ejes de apoyo (eje 1 y 3) se simplifico en una sola fuerza y un solo momento.



*Ilustración 34 Diagrama eje 1-Estatica de fuerzas*

Para pasar la fuerza producida por el peso (11772N) y la fuerza producida por eje 2 (494.95N) al soporte de la chumacera se tiene que:

$$\text{Sumatoria de fuerzas} = F_1 = \sum F = 11772N + 494.95N = 12266.95N$$

*Sumatoria de momentos con respecto al soporte chumacera:*

$$M_1 = \sum M = 11772N * 0.114m + 494.95N * 0.167m = 1424.66Nm$$

Este mismo procedimiento se hace para el eje 3:



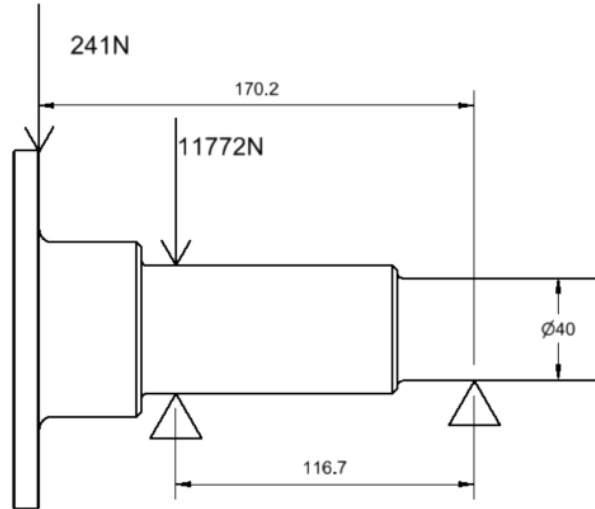


Ilustración 35 Estática de eje 3

$$\text{Sumatoria de fuerzas} = F_2 = \sum F = 11772N + 241N = 12013N$$

Sumatoria de momentos con respecto al soporte chumacera:

$$M_2 = \sum M = 11772N * 0.116m + 241N * 0.170m = 1406.5Nm$$

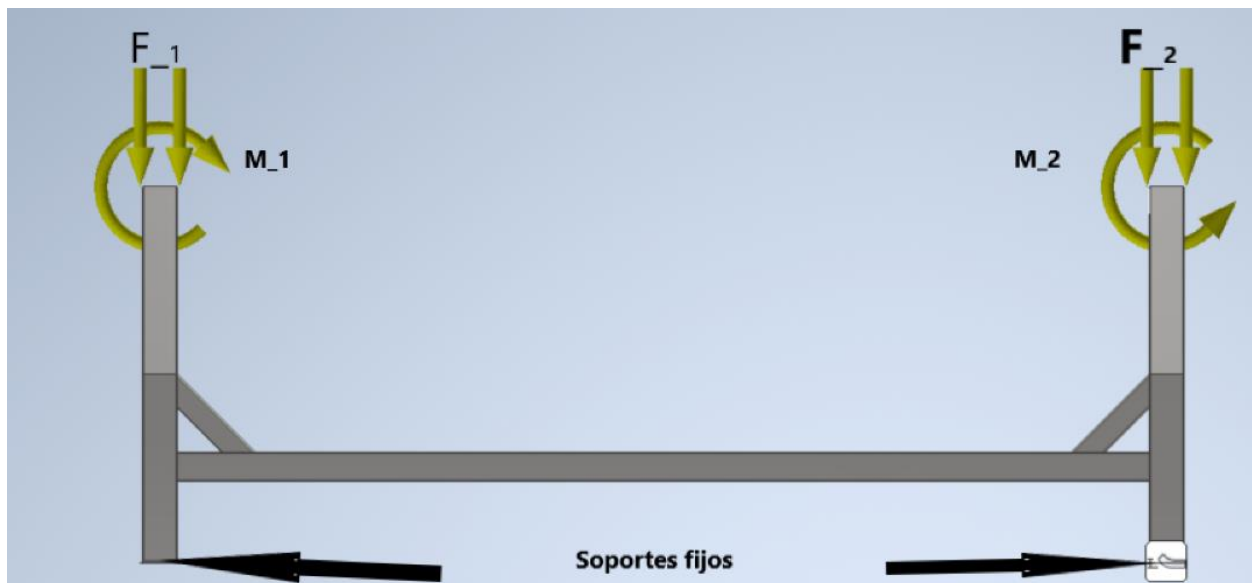


Ilustración 36. Simplificaciones de fuerzas

Las siguientes ilustraciones mostraran algunos de los resultados arrojados por Autodesk inventor

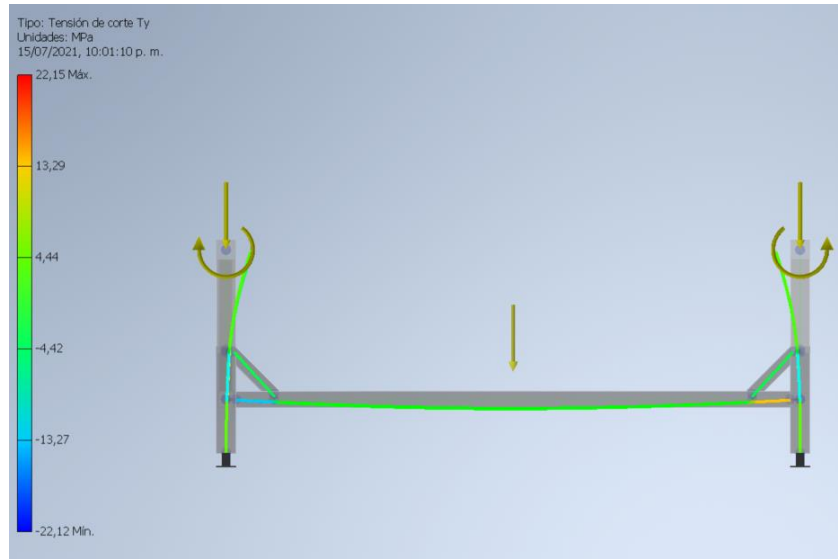


Ilustración 37 Maxima tension de corte

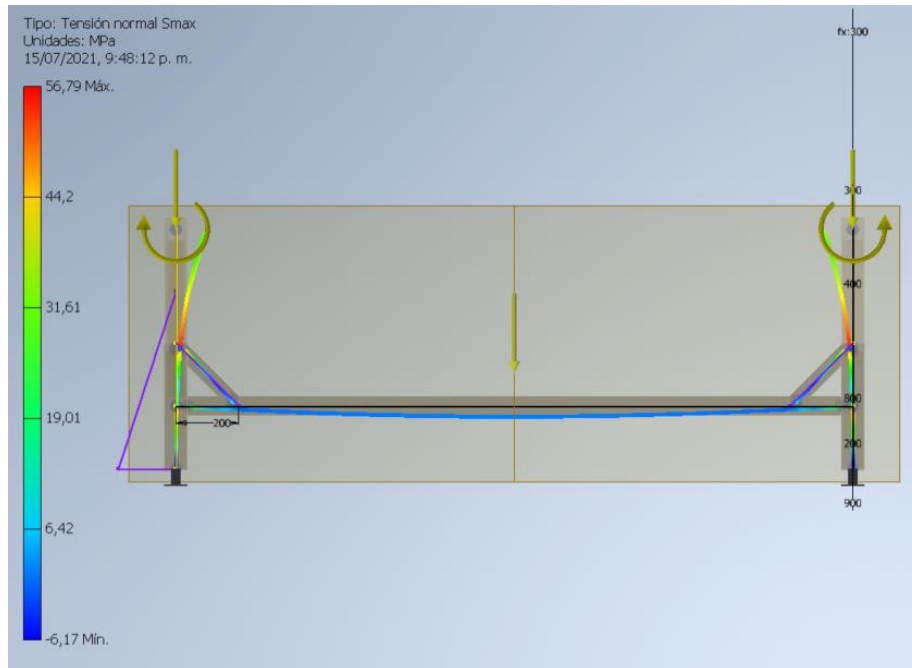


Ilustración 38 Tensión normal máxima

Tabla de resultados.

Esfuerzo de Von Mises	Esfuerzo normal Máximo	Esfuerzo Cortante máximo	Desplazamiento máximo	Factor de seguridad
85 Mpa	56.79 Mpa	22.15 Mpa	1.3mm	3.64

Tabla 9 Tabla de resultados de esfuerzos

### 7.1.6 Cálculo de espesor de láminas.

Gravedad específica del líquido a almacenar [G]	1,04	--
Esfuerzo de diseño [Sd]	140	[MPa]
Esfuerzo de prueba hidrostática [St]	157,5	[MPa]
Tolerancia por corrosión [CA]	0	[m]
Nivel de líquido [H]	0,6	[m]
Diámetro nominal del tanque [D]	1,05	[m]
Resistencia a la Fluencia [Fy] [39]	210	[MPa]

Tabla 10. Datos correspondientes para encontrar el espesor del recipiente

La resistencia a la fluencia se cambió por 210MPa, ya que las láminas laminadas en frío sufre una reducción del límite de fluencia, este valor de resistencia a la fluencia fue suministrado por el fabricante de láminas de acero inoxidable.

$$t = \frac{4.9 * 1.05 \text{ m} * (0.6 \text{ m} - 0.3) * 1.04}{140 \text{ MPa}} = 0.0114 \text{ mm}$$

$$tt = \frac{4.9 * 1.05 * (0.6 - 0.3)}{157.5 \text{ MPa}} = 0.01 \text{ mm}$$

Por motivos de construcción, soldadura, facilidad de montaje, y calibres comerciales se tomará un calibre de 3.5 mm. Este espesor viene comercialmente por rollo lo que permitirá hacer solo una costura de soldadura.

### 7.1.7 Cálculo del espesor de la chaqueta de vapor

Debido a que la chaqueta de vapor de la máquina trabajará con una presión de diseño de máximo 40 PSI y que tiene un diámetro de 1126 mm, el espesor de este deberá ser calculado bajo las condiciones de diseño del Código ASME. A continuación, se indican las condiciones de diseño y características del recipiente.

Variable	Dato	Und.
Presión de diseño [P]	40	PSI
Temperatura máxima de diseño [P]	200	°C
Material del recipiente SAE	304L	--
Material del recipiente ASME	SA-965 F304L-S30403	--
Diámetro interno del recipiente [D]	1.126	m
Longitud del recipiente [L]	2	m
Esfuerzo admisible del material @200°C [S]	110	MPa
Eficiencia de la junta Longitudinal [E]	0,85	--
Eficiencia de la junta circunferencial [E]	0,6	--
Tipo de cuerpo	Cilíndrico	--

Tabla 11. Parámetros de diseño chaqueta de vapor.

Esfuerzo circunferencial (juntas longitudinales)

$$t = \frac{275.79 * 10^3 Pa * \frac{1.126 m}{2}}{110 * 10^6 Pa * 0.85 - 0.6 * 275.79 * 10^3 Pa} = 1.66 * 10^{-3} m$$
$$t = 1.66 mm$$

Esfuerzo Longitudinal (Juntas circunferenciales)

$$t = \frac{275.79 * 10^3 Pa * \frac{1.126}{2}}{2 * 110 * 10^6 Pa * 0.6 - 0.4 * 275.79 * 10^3 Pa} = 1.18 * 10^{-3} m$$
$$t = 1.18 mm$$

El espesor máximo de la chaqueta es de 1.66 *mm* y por motivos de construcción como en el caso anterior y laminas estándares y comerciales se selecciona calibre 2.5*mm*.

## 8 Presupuesto de máquina.

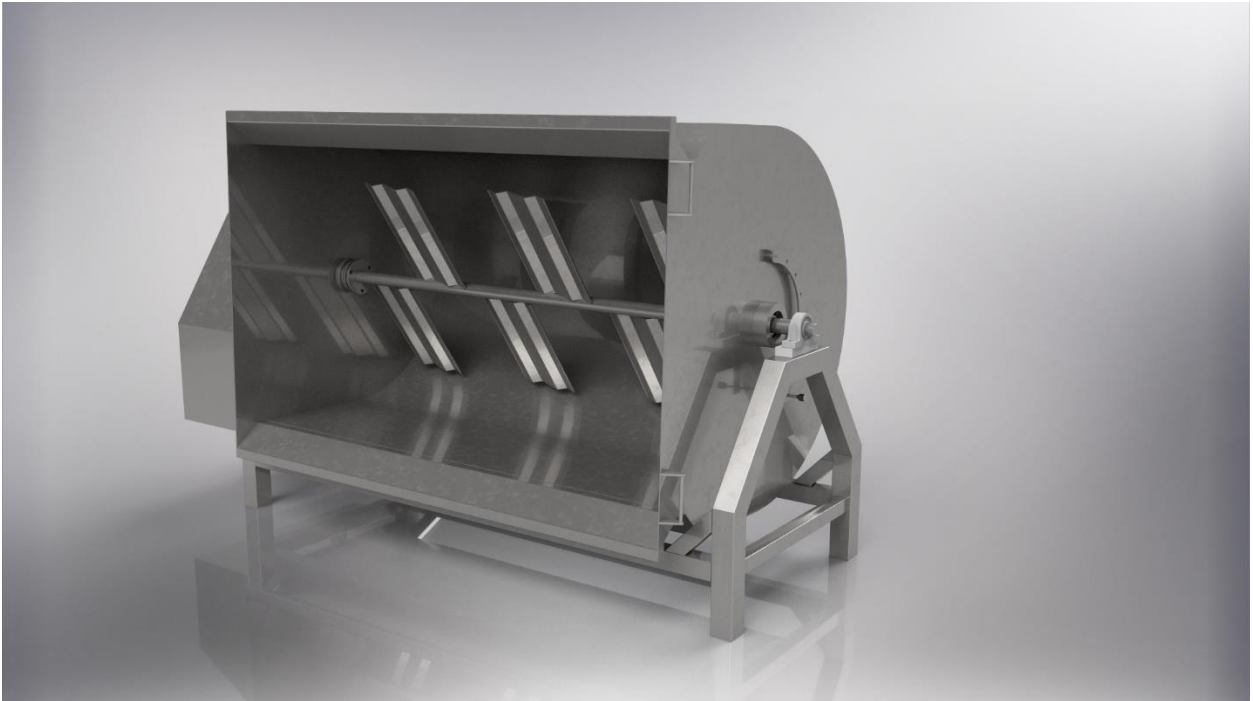
El presupuesto fue realizado basado en un formato de presupuesto de la empresa DSMAQ S.A.S hecho en Excel. Este formato es propiedad privada de esta empresa por lo cual no se presenta en este documento. A continuación, se presenta el valor resumido del presupuesto.

Valor a facturar antes de IVA	Valor a facturar con IVA
28.098.000	33,436,643

## 9 Render



*Ilustración 39. Render uno*



*Ilustración 40. Render dos*



*Ilustración 41 Render tres*

## **10 Conclusiones**

El Proceso de hilado del queso está compuesto principalmente por un proceso térmico del calentamiento de la cuajada y amasado, que consiste en estirar y comprimir las fibras del queso. Estas fibras son alineadas formando una textura particular para la producción de quesos como por ejemplo queso mozzarella, queso doble crema, queso trenza, entre otros. Los parámetros involucrados en el proceso son principalmente la temperatura a la cual debe estar la cuajada, la velocidad del amasado y el tiempo de estas actividades.

Comprender el proceso llevó al diseño de una hiladora de queso tipo de paletas, con una chaqueta de vapor que funciona a 40psi y alimentada por una caldera a vapor de agua, Además el recipiente cuenta con cavidad para aislante térmico, permitiendo así la reducción de la disipación de calor hacia el exterior.

La máquina cuenta con una capacidad total en volumen de 2000 *litros*, para hilar 900Kg de cuajada por ciclo, el sistema de transmisión de potencia está compuesto por tres ejes donde el eje central de las paletas puede ser removible para facilitar el mantenimiento y limpieza. Para cada uno de los ejes se seleccionaron los elementos necesarios como chavetero, rodamientos y chumaceras.

El motor seleccionado cuenta con una potencia de 660Nm a 51 RPM como máximo y toda la estructura fabricada en acero inoxidable AISI 304 debido a que la maquina es de uso alimenticio de consumo humano y diseñada con un factor de seguridad 3.64, garantizando la integridad estructural del soporte de la máquina.

En este documento se hizo énfasis en el uso de los softwares CAD, el uso de herramientas para el diseño de elementos mecánicos como AutoCAD Mechanical y metodologías de elementos finitos dadas por autodesk inventor.

Por último, se concluye con el diseño de una máquina de hilado del queso con posibilidad de fabricación 100 por ciento colombiana con el fin de fabricar un producto final derivado de la leche para consumo humano, con todos los parámetros exigidos por el INVIMA, con los cálculos ingenieriles que garantizan la integridad en cuanto a funcionamiento, resistencia mecánica y fabricación del mismo.

## 11 Referencias bibliográficas.

[1] La historia del queso: los orígenes de un alimento milenario. (2021). Retrieved 8 March 2021, from <https://www.garciabaquero.com/la-historia-del-queso-i-el-origen-delqueso#:~:text=Los%20primeros%20quesos%20surgieron%20en,que%20te%20abrir%C3%A1%20el%20apetito>

[2] Fedegan | Federación Colombiana de Ganaderos. (2021). Retrieved 8 March 2021, from <https://www.fedegan.org.co/>

[3] Julián Pérez Porto y Ana Gardey. Publicado: 2008. Actualizado: 2012. Definiciones: Definición de queso (<https://definicion.de/queso/>)

[4] Es Queso. 2021. ¿Qué es el cuajo del queso? - Es Queso. [online] Available at: <<https://esqueso.es/que-es-el-cuajo-del-queso>> [Accessed 8 March 2021].

[5] Colombia, a la vanguardia en producción de quesos: informe | CONtexto ganadero | Noticias principales sobre ganadería y agricultura en Colombia. (2021). Retrieved 8 March 2021, from <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/colombia-la-vanguardia-en-produccion-de-quesos-informe>

[6] 2021. Instituto de vigilancia de medicamentos y alimentos. [online] Available at: <<https://www.invima.gov.co/requisitos-sanitarios-para-exportar-leche-y-productos-lacteos-a-trinidad-y-tobago.>> [Accessed 19 July 2021].

[7] Yunus A. Engel, Cimbala, J. M., & Sknarina, S. F. (2006). Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones. McGraw-Hill Interamericana.

[8] 2021. Instituto de vigilancia de medicamentos y alimentos. [online] Available at: <<https://www.invima.gov.co/requisitos-sanitarios-para-exportar-leche-y-productos-lacteos-a-trinidad-y-tobago.>> [Accessed 19 July 2021].

[9] 2021. Instituto de vigilancia de medicamentos y alimentos. [online] Available at: <<https://www.invima.gov.co/requisitos-sanitarios-para-exportar-leche-y-productos-lacteos-a-trinidad-y-tobago>> [Accessed 19 July 2021].

[10] 2021. Instituto de vigilancia de medicamentos y alimentos. [online] Available at: <<https://www.invima.gov.co/requisitos-sanitarios-para-exportar-leche-y-productos-lacteos-a-trinidad-y-tobago>> [Accessed 19 July 2021].

[11] Shigley, J. E., Mischke, C. R., Bocanegra, F. P., & Correa, C. O. (1990). Diseño en ingeniería mecánica.

[12] Gomez Caceres, I. A., & Espinosa Fuentes, F. (2007). *Calculo de estanques para el almacenamiento de agua, analisis comparativo de las normas API 650 y AWWA D-100* (Doctoral dissertation, Universidad de Talca (Chile). Escuela de Ingenieria Mecanica).

[13] Código, A. S. M. E., & Sección, V. I. I. I. (2001). División 1. *Reglas para la construcción de recipientes a presión. Edición.*

[14] Sémper Bravo, B. M. (2016). Diseño y construcción de un prototipo de amasadora e hiladora semiautomática para queso mozzarella en la Empresa Riolac (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

[15] AMG INDUSTRIAL. (2010). MALAXADORA HILADORA DE QUESOS. <https://www.amgindustrial.com.mx/>. <https://grupohmt.com/producto/malaxadora-hiladora-de-quesos//>

[16] [Tetra pak. (s. f.). Hiladora amasadora SAW 8/16. <https://www.directindustry.es/prod/tetra-pak/product-61931-2359251.html>]

[17] CHÁVEZ VÁLDEZ, D. D., & MENDEZ MERINO, E. (2012). APPARATUS AND METHOD FOR PRODUCING A STRIP OF SPUN CHEESE BY MEANS OF NEGATIVE PRESSURE. Mexico.

[18] CHÁVEZ VÁLDEZ, D. D., & MENDEZ MERINO, E. (2012). APPARATUS AND METHOD FOR PRODUCING A STRIP OF SPUN CHEESE BY MEANS OF NEGATIVE PRESSURE. Mexico.]