

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS

Trabajo de investigación de fin de carrera titulado:

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA; QUE
PRODUCIRÁ DONAS DE SOYA PARA EL BAR DEL COLEGIO
TÉCNICO PICHINCHA”**

Realizado por:

JUAN PABLO CARRILLO ROBAYO

Director del proyecto:

ING. PAOLO SALAZAR

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO CON MENCIÓN EN ENERGÍA Y CONTROL

Quito, 07 de septiembre 2015

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, JUAN PABLO CARRILLO ROBAYO, con cédula de identidad # 0918305921, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Juan Pablo Carrillo Robayo

C.C.: 0918305921

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA; QUE
PRODUCIRÁ DONAS DE SOYA PARA EL BAR DEL COLEGIO
TÉCNICO PICHINCHA”**

Realizado por:

JUAN PABLO CARRILLO ROBAYO

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO CON MENCIÓN EN ENERGÍA Y CONTROL

ha Sido dirigido por el docente

ING. PAOLO ALEJANDRO SALAZAR ALVEAR

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

Ing. Paolo Alejandro Salazar Alvear

DIRECTOR

DEDICATORIA

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos. A mis dos hermanas por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar como profesional.

AGRADECIMIENTO

A mi Mamá Lourdes Robayo, que siempre brindo su ayuda, escuchándome y aconsejándome en todo momento.

A todos mis amigos que confiaron en mí, en cada momento me apoyaron, para el cumplimiento de mis objetivos.

A mis profesores que compartieron sus enseñanzas por su acertada dirección de tesis. Su profesionalismo y entrega fueron determinantes a la hora de conformar este documento.

A la Universidad Internacional SEK, por su esfuerzo de formar profesionales íntegros

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| MÉTODO | 3 |
| Aspectos Administrativos..... | 5 |
| Análisis de Alternativas de diseño: | 6 |
| Descripción de los parámetros de evaluación | 9 |
| 1. SISTEMA INYECTOR DE MASA | 10 |
| 1.1.1 Dimensiones de las donas:..... | 11 |
| 1.2 Cálculo del volumen:..... | 13 |
| 1.3 Tiempo de inyección de cada dona..... | 15 |
| 1.4 Dimensionamiento de los brazos:..... | 16 |
| 1.5 Cálculo de la velocidad de giro del motor:..... | 19 |
| 1.1.5 Diseño del brazo inyector: | 20 |
| 1.2.5 Diseño del brazo pivotante: | 22 |
| 1.3.5 Cálculo de la potencia del motor: | 26 |
| 2. DISEÑO DEL RECIPIENTE PORTA ACEITE | 28 |
| 2.1 Cálculo el volumen de aceite necesario:..... | 29 |
| 2.2 Simulación..... | 32 |
| 2.3 Conclusión de la simulación..... | 34 |
| 3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE ACEITE | 34 |
| 3.1 Simulación..... | 39 |
| 3.2 Diseño de eje | 40 |
| 3.3 Calculando la potencia..... | 42 |
| 4. DISEÑO DEL SISTEMA DE VOLTEO DE DONAS | 43 |
| 5. DISEÑO DE LA BANCADA | 48 |
| 5.1 Cálculo de la carga | 48 |
| 5.2 Distribución travesaños | 49 |
| 5.3 Simulación bancada..... | 51 |
| 5.4 Rediseño bancada | 53 |
| 5.5 Análisis como un conjunto soldado..... | 54 |
| 6. SISTEMA DE CALENTAMIENTO | 56 |
| 6.1 Analizando el sistema :..... | 56 |

| | |
|--|----|
| 6.1.1 Opción 1: Calentamiento por gas (GLP) | 58 |
| 6.2.1 Comparación entre los dos sistemas de calentamiento: | 59 |
| 6.3.1 Conclusiones: | 60 |
| 6.4.1 Aplicando este análisis para la máquina de donas:..... | 60 |
| 7. Referencias Bibliográficas y Electrónicas | 62 |
| Anexo1: Barras 304 | 64 |
| Anexo 2: Eje de transmisión..... | 65 |
| Anexo3: placas rectangulares y elípticas | 66 |
| Anexo 4: Coeficientes k y k1 para placas rectangulares y elípticas | 66 |
| Anexo 5: Espesores de planchas inox | 67 |
| Anexo 6: Dimensiones tubo estructural cuadrado | 67 |
| Anexo 7: Resistencias de inmersión | 68 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Sistema inyector de masa | 10 |
| Figura 2: Diámetros de las donas | 11 |
| Figura 3: Espesor de dona | 11 |
| Figura 4: pantalla inicial - Cálculo volumen | 13 |
| Figura 5: Dimensiones recipiente porta masa | 14 |
| Figura 6: Modelación volumen de masa - sketch inventor..... | 14 |
| Figura 7: Cálculo del volumen de masa | 15 |
| Figura 8: Sistema de inyección superior..... | 16 |
| Figura 9: Brazos - Sistema de inyección | 17 |
| Figura 10: Dimensiones sistema de inyección superior | 19 |
| Figura 11: Brazo inyector | 20 |
| Figura 18: Brazo pivotante | 22 |
| Figura 19: Pantalla de inicio MDSolids | 23 |
| Figura 20: Resultados MDSolids..... | 23 |
| Figura 21: Modulo de sección - eje circular | 25 |
| Figura 22: Disco giratorio | 26 |
| Figura 23: Movimiento de mecanismo de inyección superior | 27 |
| Figura 24: Máquina para donas - vista superior | 28 |
| Figura 25: Corte B-B | 28 |
| Figura 26: Dimensiones recipiente porta aceite | 29 |
| Figura 27: asignación de cargas..... | 32 |
| Figura 29: Asignación de material | 32 |
| Figura 31: Resumen de resultados..... | 33 |
| Figura 32: Tiempos de fritura..... | 35 |
| Figura 33: Paletas propulsoras..... | 36 |
| Figura 34: Distribución de presión y Fuerza resultante..... | 37 |
| Figura 35: Dimensiones propulsor de aceite | 38 |
| Figura 36: desplazamientos de la paleta | 39 |
| Figura 37: Asignación de cargas y apoyos | 40 |
| Figura 38: Momento flector - resultado..... | 40 |
| Figura 39: Deflexión - Resultado | 41 |

| | |
|---|----|
| Figura 40: Diámetro ideal - Software | 41 |
| Figura 41: Resultados generales | 42 |
| Figura 42: Sistema de volteo | 43 |
| Figura 43: Bandeja 1 | 44 |
| Figura 44: Bandeja 2 | 44 |
| Figura 45: Brazo pivotante | 45 |
| Figura 46: Fuerza de trabajo | 47 |
| Figura 47: Medidas bancada..... | 49 |
| Figura 48: Distribución de elementos..... | 49 |
| Figura 49: Diagramas de cortante y Momento | 50 |
| Figura 50: Asignación de cargas | 51 |
| Figura 51: Deformaciones | 52 |
| Figura 52: Apoyos adicionales | 52 |
| Figura 53: 2º corrida del programa..... | 53 |
| Figura 54: Asignación materiales | 54 |
| Figura 55: Asignación características cordón..... | 54 |
| Figura 56: Resultados Simulación..... | 55 |
| Figura 57: Modelo conjunto soldado..... | 55 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Dimensiones Donas | 13 |
| Tabla 2: Medida Promedio de Donas | 13 |
| Tabla 3: Velocidad de inyección | 16 |
| Tabla 4: Iteración de medidas disco - brazo | 18 |
| Tabla 5: Velocidad angular del motor | 19 |
| Tabla 6: Cálculo de espesor de placa | 31 |
| Tabla 7: Donas por bandeja | 45 |
| Tabla 8: Torques | 45 |
| Tabla 9: Fuerzas en brazo pivotante | 46 |
| Tabla 10: Cargas de elementos | 48 |
| Tabla 11: Calor producido vs tiempo..... | 59 |

ÍNDICE DE FÓRMULAS

| | | |
|------------|--|----|
| Fórmula 1 | Cálculo del Volumen..... | 13 |
| Fórmula 2 | Esfuerzo Axial..... | 21 |
| Fórmula 3 | Área Mínima..... | 21 |
| Fórmula 4 | Flexión..... | 24 |
| Fórmula 5 | Esfuerzo Admisible en Flexión..... | 24 |
| Fórmula 6 | Potencia..... | 26 |
| Fórmula 7 | Presión Hidrostática..... | 30 |
| Fórmula 8 | Ecuación de la Deflexión Máxima..... | 30 |
| Fórmula 9 | Ecuaciones del Movimiento Circular..... | 36 |
| Fórmula 10 | Fuerza Resultante..... | 38 |
| Fórmula 11 | Potencia Mecánica..... | 42 |
| Fórmula 12 | Fuerza de Trabajo..... | 47 |
| Fórmula 13 | Fórmula de la Flexión..... | 50 |
| Fórmula 14 | Esfuerzo de Flexión Admisible..... | 51 |
| Fórmula 15 | Cálculo de Masa de Aceite..... | 57 |
| Fórmula 16 | Ecuación de Cambio de la Energía Interna | 57 |
| Fórmula 17 | Energía Calorífica..... | 58 |
| Fórmula 18 | Cálculo de Temperatura..... | 59 |

INTRODUCCIÓN

La máquina de donas aún no ha sido creada en el Ecuador y la producción de donas es más bien de forma artesanal. En nuestro país no existe la producción en serie ni el comercio de las mismas; es más bien algo casero y un gusto que solo en momentos especiales en familia se lo realiza.

La marca que importa donas y comercializa en el país es: “Dunkin Donuts, una cadena multinacional de franquicia de tipo cafetera especializada en donas”, (Donuts, 2014) , la calidad de estas donas son con estándares internacionales, por este motivo sus precios son relativamente altos y están dirigidos para un mercado de clase media-alta.

En la actualidad, con el avance de la tecnología en lo que se refiere la conservación de alimentos, se han desarrollado métodos como la refrigeración o la hermeticidad para prolongar la vida útil de los mismos, estos sistemas también brindan una barrera protectora contra la humedad y la luz inhibiendo el crecimiento de microorganismos. Para este proyecto de investigación, es necesario usar estos métodos de conservación, en razón de las donas), suelen tener una vida útil corta, por su envejecimiento pronto y su duración durante su almacenamiento, como resultado de la pérdida de la humedad en sus moléculas de la masa.

Las máquinas de donas son fabricadas en varias empresas de ingeniería de diferentes países como China, EE.UU, España, Argentina. Pero los costos de importación y mantenimiento de estas, no permiten la adquisición de las mismas por el mercado Ecuatoriano.

El colegio Técnico Pichincha cuenta con más de 1000 estudiantes relativamente; además, posee un servicio de bar, el cual desea proveer de productos variados y caseros

para sus clientes, que sean procesados en el mismo, de esta manera se impulsará la producción y la tecnología en el Ecuador, bajando al máximo la venta de gaseosas o frituras de marcas multinacionales lo que permite enfocarse dentro de los objetivos que concluyen el Plan del Buen Vivir. Por estos hechos, es necesario dotar al bar de máquinas de alimentos automáticas o semiautomáticas para el proceso de comestibles.

Otro de los objetivos que se busca implementar, “*es apoyar la diversificación de la matriz productiva*” (SEMPLADES, 2013), específicamente en el sector industrial alimenticio, generando valor nacional agregado, con el menor impacto ambiental, desarrollando el talento humano y sustituyendo los productos de marcas extranjeras por productos nacionales.

Por lo expuesto, se planificará el diseño y simulación de una máquina de donas, que producirá donas de soya para el bar del colegio Técnico Pichincha. Este proyecto se desarrolla con los siguientes softwares: Inventor 2015 (versión estudiante), Autodesk Simulation 2015 (versión estudiante). Estas herramientas tecnológicas permitirán tener un mayor acercamiento a los problemas que se puedan presentar al momento de la construcción, ensamble, mantenimiento, fallas de materiales e instalación. Además, optimizan el diseño de la máquina para predecir cómo funcionará y reaccionará determinado producto bajo un entorno real y están desarrollados para funcionar bajo la teoría de elementos finitos y a la vez comprueban la existencia de interferencias entre componentes de los mecanismos, permitiendo la visualización y animación.

Por todo lo expuesto, la máquina de donas se debe basar en un plan de diseño mecánico que conste con el análisis de fuerzas, diseño de componentes para resistencia o rigidez, vibración de la máquina, la apariencia, limitaciones de peso y espacio, factibilidad de producción y facilidad de adquirir en el mercado todos los componentes o materiales para la construcción; sin olvidar las normas sanitarias y las buenas

prácticas para alimentos (hassp), con el fin de obtener una maquina eficiente que permita optimizar sus materiales; todo esto diseñado en los programas CAD/CAM, de simulación.

MÉTODO

Para desarrollar el diseño y análisis de todos los componentes y el control de la máquina que producirá donas de soya para el bar del colegio Técnico Pichincha, se lo realizará con los criterios de diseño mecánico.

Los cálculos de diseño de elementos se los realizará con la sustentación de bibliografías con respecto a cada fenómeno que pueda ocurrir en cada pieza dentro de la máquina, aportando criterios para la fácil construcción, montaje, desmontaje y su mantenimiento; además, aplicando normas sanitarias y utilizando las buenas prácticas para alimentos procesados.

La máquina será creada para abastecer a toda la demanda del colegio Técnico Pichincha, por lo tanto, la máquina producirá 500 donas por cada hora de trabajo.

Para los diseños y criterios de diseño mecánico serán ocupados los siguientes programas:

- Autodek Inventor 2015 versión estudiantil.

De la misma forma, se desarrollará para el análisis y simulación los programas CAD/CAM.

Una vez esquematizada la máquina en estos programas, continuaremos con el adecuado funcionamiento cálculo de motores, para los tres sistemas de mecanismos que requiere la misma. Se obtendrá el debido monitoreo de los parámetros para el funcionamiento como son: los indicadores de temperatura, el tiempo de frituración, el

control de la caída de la masa al embudo, la calefacción y el número de rosquillas que se han hecho, de acuerdo a la necesidad del cliente.

Sistemas de mecanismos:

Sistema de mecanismo 1

En cuanto a los movimiento de la máquina de donas, se necesita de varias unidades; la primera unidad será tipo troquel, para formar los anillos a la masa lista para la fritura, este movimiento continuo de formación de anillos de masa será diseñado para un diámetro de 80 mm de exterior máximo y su molde tiene que ser de fácil montaje para insertar otros moldes con diámetros diferentes.

- Sistema de mecanismo 2

Una vez de tener la masa en forma de anillo tendrá que pasar al siguiente sistema, que ayude a voltearla dentro de una bandeja llena de aceite caliente a 220 C°, para la frituración total uniforme de la masa.

- Sistema de mecanismo 3

En la bandeja llena de aceite existirá un sistema, que mediante el flujo del aceite y a la velocidad, empujarán las donas hacia la salida de la bandeja. De esta manera, con el volteo y la velocidad del troquel, trabajará de forma continua y sincronizada con los sistemas de mecanismos 1 y 2, para la correcta producción de donas.

Finalmente, una vez que las donas se encuentren en la salida de la bandeja, pasarán a una mesa redonda de acumulación que tiene un mecanismo giratorio para ordenar las donas.

Aspectos Administrativos

Diseño y simulación de una máquina de donas automatizada; que producirá donas de soya para el bar del colegio Técnico Pichincha se utilizará los siguientes aspectos:

- Recurso Humano

- Un investigador principal

- Recursos de Software

- Un computador personal
- Autodesk autocad 2015 versión estudiante
- Autodesk inventor 2015 versión estudiante

- Recursos Financieros

- | | |
|----------------------------|--------|
| • Libros : | \$ 200 |
| • Gastos de movilización : | \$ 100 |
| • Gastos de empastado: | \$ 100 |
| Total : | \$ 400 |

Análisis de Alternativas de diseño:

Alternativa 1:

Descripción del trabajo:

1. Se enciende la máquina con suficiente tiempo para que el aceite alcance la temperatura óptima
2. El operador coloca la masa en la tolva
3. El dispositivo de inyección en la tolva inyecta y forma las donas.
4. Las donas caen al depósito con aceite caliente.
5. Mientras las donas se fríen por uno de sus lados se mueve a lo largo del depósito de aceite (velocidad generada por un dispositivo de empuje en el aceite).
6. Un dispositivo colocado en la mitad de la trayectoria voltea automáticamente a las donas, para continuar la fritura del lado opuesto.
7. Al final de la trayectoria (depósito) otro dispositivo solidario en movimiento al anterior saca las donas ya fritas completamente a la bandeja de secado y enfriado.

Ventajas:

- a) Fácil operación
- b) No existe contacto de la mano con la masa
- c) Inyección automática de la masa
- d) No se tiene que introducir ningún utensilio para voltear las donas en el proceso de fritura.
- e) Se controla la temperatura del aceite de fritura
- f) Uniformidad en la fritura del producto

g) Segura

Desventajas:

a) Ninguna

Alternativa 2:

Descripción del trabajo:

1. Se enciende la máquina con suficiente tiempo para que el aceite alcance la temperatura óptima
2. El operador coloca la masa en la tolva
3. El dispositivo de inyección en la tolva inyecta y forma las donas.
4. Con ayuda de un cucharón las donas caen al depósito con aceite caliente.
5. El operario controla todo el proceso de fritura
6. Al final el operario es el que saca las donas ya fritas completamente a la bandeja de secado y enfriado.

Ventajas:

- a) Fácil operación en la inyección
- b) No existe contacto de la mano con la masa
- c) Inyección semi - automática de la masa
- d) Se controla la temperatura del aceite de fritura

Desventajas:

- a) Se tiene que introducir un utensilio para voltear las donas en el proceso de fritura.
- b) No uniformidad en la fritura del producto, el operario controla la fritura de pocas donas
- c) Relativamente insegura ya que el operario está cerca al proceso de fritura mientras controla la inyección

Alternativa 3:

Descripción del trabajo:

1. Se enciende la máquina con suficiente tiempo para que el aceite alcance la temperatura óptima
2. El operador coloca la masa en la tolva
3. El dispositivo de inyección en la tolva inyecta y forma las donas.
4. El operario controla todo el proceso de fritura
5. Al final el operario es el que saca las donas ya fritas completamente a la bandeja de secado y enfriado.

Ventajas:

- a) Fácil operación en la inyección
- b) No existe contacto de la mano con la masa
- c) Inyección automática de la masa en cualquier punto del depósito de fritura
- d) Se controla la temperatura del aceite de fritura

Desventajas:

- d) Se tiene que introducir un utensilio para voltear las donas en el proceso de fritura.
- e) No uniformidad en la fritura del producto, el operario controla la fritura de pocas donas
- f) Relativamente insegura ya que el operario está cerca al proceso de fritura mientras controla la inyección

Patrones de evaluación:

- 1 - 3** Difícil, no existe, caro, peligroso
- 4 - 7** Medianamente difícil, existe poco, medianamente caro, no seguro
- 8 - 10** Fácil, existe, barato, seguro

Descripción de los parámetros de evaluación

| | |
|---------------------------------|--|
| Costo | Se refiere al costo estimado del diseño de la máquina |
| Facilidad de montaje | Se refiere a la dificultad del montaje de todos los elementos mecánicos en el caso de construir la máquina |
| Facilidad de operación | Se refiere a que tan fácil es para la persona que opera realizar todo el proceso de fritura de las donas |
| Seguridad | Se refiere a que peligro corre el operario mientras opera la máquina |
| Existencia de materiales | Se refiere a que si los elementos diseñados y/o seleccionados existen en el mercado local |
| Calidad del producto | Se refiere a la calidad de fritura (uniformidad en la superficie, aspecto) que se obtiene con la máquina |

Cuadro de ponderación

Calificación de alternativas:

| | Ponderación | A1 | A1 pond. | A2 | A2 pond. | A3 | A3 pond. |
|--------------------------|-------------|----|------------|----|------------|----|------------|
| Costo | 0,3 | 7 | 2,1 | 8 | 2,4 | 8 | 2,4 |
| Facilidad de montaje | 0,1 | 9 | 0,9 | 9 | 0,9 | 9 | 0,9 |
| Facilidad de operación | 0,1 | 9 | 0,9 | 7 | 0,7 | 8 | 0,8 |
| Seguridad | 0,2 | 9 | 1,8 | 7 | 1,4 | 7 | 1,4 |
| Existencia de materiales | 0,1 | 9 | 0,9 | 9 | 0,9 | 9 | 0,9 |
| Calidad del producto | 0,2 | 8 | 1,6 | 7 | 1,4 | 7 | 1,4 |
| Total | 1 | | 8,2 | | 7,7 | | 7,8 |

Por lo tanto la alternativa seleccionada es la alternativa 1.

1. SISTEMA INYECTOR DE MASA

En el presente capítulo se presenta el diseño del sistema de inyección de masa, como primer paso se realiza un estudio cuantitativo de las dimensiones de las donas existentes en el mercado, usando medidas promedio tanto de diámetros interno, externo y espesor.

Con el cálculo del volumen de masa necesario para una serie de 50 donas, se estima el tiempo de inyección de masa, posteriormente se empieza con el diseño de los diferentes elementos que conforman el sistema de inyección: brazo inyector, brazo pivotante y se termina con la selección del motor.

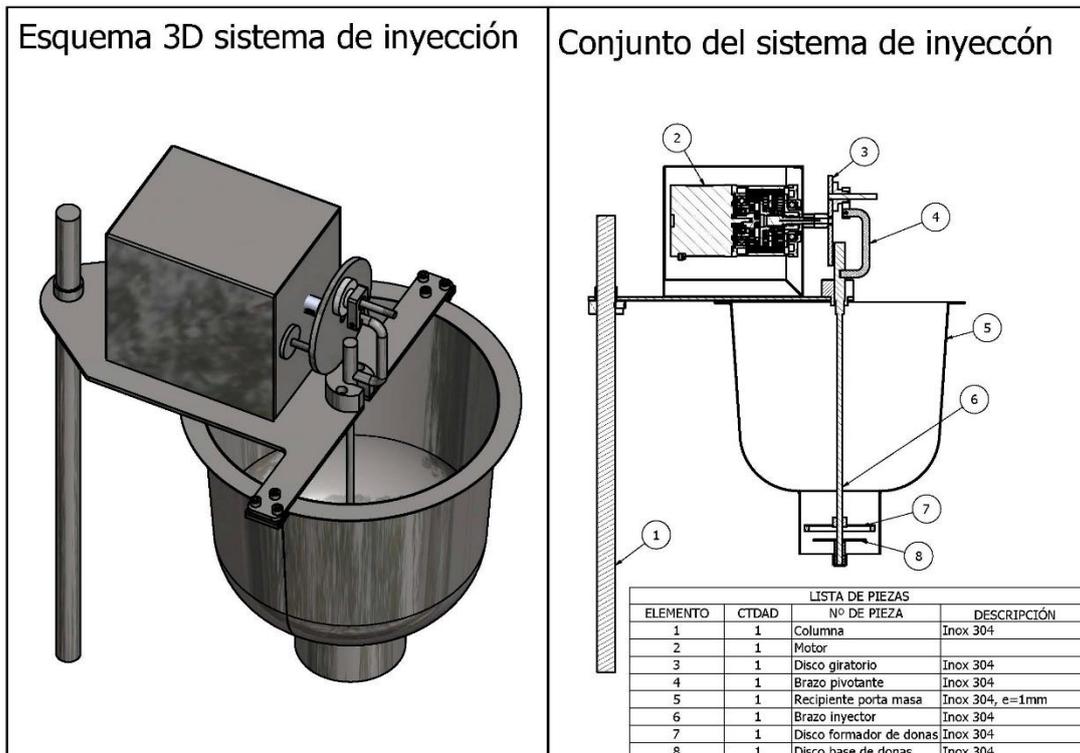


Figura 1: Sistema inyector de masa

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

1.1.1 Dimensiones de las donas:

Para comenzar el dimensionamiento:

Calcularemos el volumen de una dona (promedio), para así conocer el volumen de inyección:

Para esto tomaremos medidas de varias donas, y para los cálculos asumimos que es un cuerpo solido toroide:

Las medidas a evaluar serán:

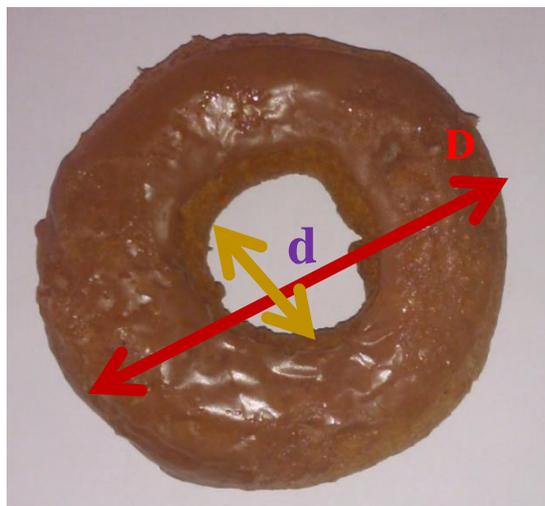


Figura 2: Diámetros de las donas

Fuente: Juan Pablo Carrillo

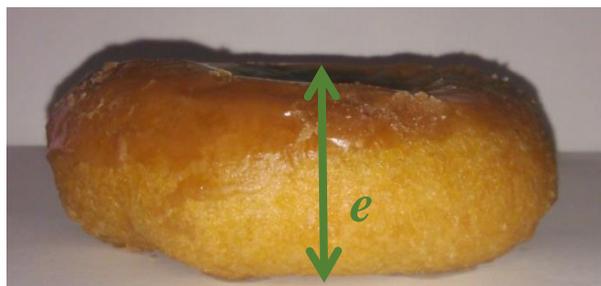


Figura 3: Espesor de dona

Fuente: Juan Pablo Carrillo

Las mediciones tomadas en una muestra de 10 donas, las resumimos en la siguiente tabla:

Tabla 1: Dimensiones Donas

| Dona | D (cm) | d (cm) | e (cm) | Peso (g) |
|-------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| 1 | 9,2 | 3,5 | 2,4 | 30 |
| 2 | 9,0 | 3,3 | 2,6 | 28 |
| 3 | 8,6 | 3,3 | 2,5 | 27 |
| 4 | 9,0 | 3,3 | 2,7 | 30 |
| 5 | 9,0 | 3,4 | 2,6 | 26 |
| 6 | 9,2 | 3,4 | 2,3 | 25 |
| 7 | 9,2 | 3,4 | 2,5 | 26 |
| 8 | 9,1 | 3,4 | 2,6 | 27 |
| 9 | 9,1 | 3,3 | 2,7 | 26 |
| 10 | 9,2 | 3,3 | 2,4 | 29 |
| 11 | 8,8 | 3,3 | 2,6 | 29 |
| 12 | 9,0 | 3,3 | 2,5 | 26 |
| 13 | 9,0 | 3,2 | 2,5 | 24 |
| 14 | 9,1 | 3,2 | 2,5 | 29 |
| 15 | 9,2 | 3,6 | 2,4 | 27 |
| 16 | 9,2 | 3,3 | 2,3 | 26 |
| 17 | 9,2 | 3,4 | 2,7 | 26 |
| 18 | 8,8 | 3,6 | 2,4 | 27 |
| 19 | 9,1 | 3,4 | 2,6 | 26 |
| 20 | 9,0 | 3,2 | 2,3 | 26 |
| Prom | 9,1 | 3,4 | 2,5 | 27,0 |

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

De las mediciones anteriores, trabajaremos con un molde de dona con las siguientes dimensiones:

Tabla 2: Medida promedio de donas

| D (cm) | d (cm) | e (cm) | Peso (g) |
|--------|--------|--------|----------|
| 9,1 | 3,4 | 2,5 | 27 |

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

1.2 Cálculo del volumen:

Por lo que procedemos a calcular el volumen de una dona:
(<http://www.ingenieriaycalculos.com>)

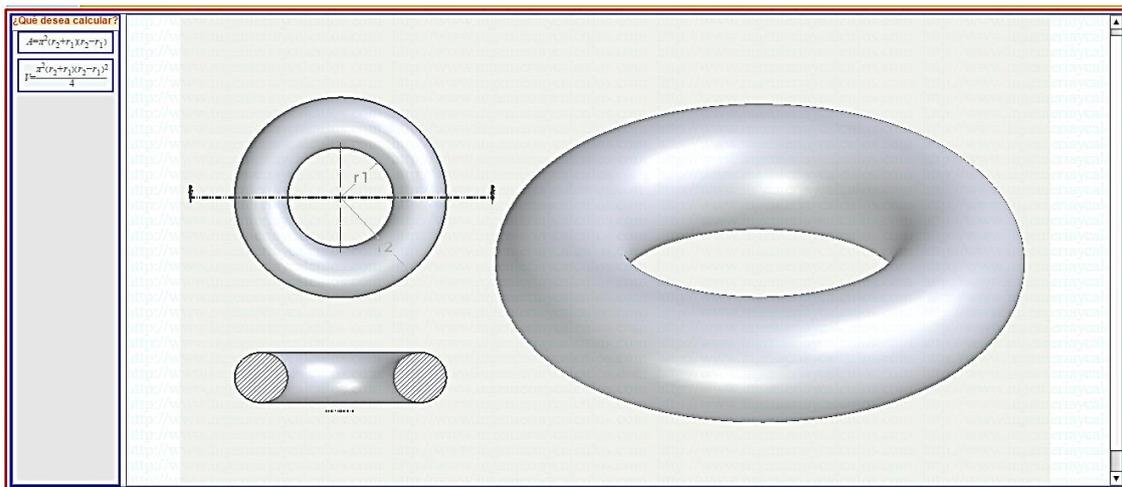


Figura 4: pantalla inicial - Cálculo volumen

Fuente: www.ingenieriayCálculos.com

$$V = \frac{\pi^2 (r_2 + r_1) (r_2 + r_1)^2}{4} \quad (1)$$

Obteniendo un volumen de 125,26 cm³.

Para una producción mínima de 50 donas, el recipiente de carga de masa deberá tener una capacidad de $V_{recipiente} = 125,26 \times 50 = 6263 \text{ cm}^3$.

Por lo que se propone un recipiente con esa capacidad:

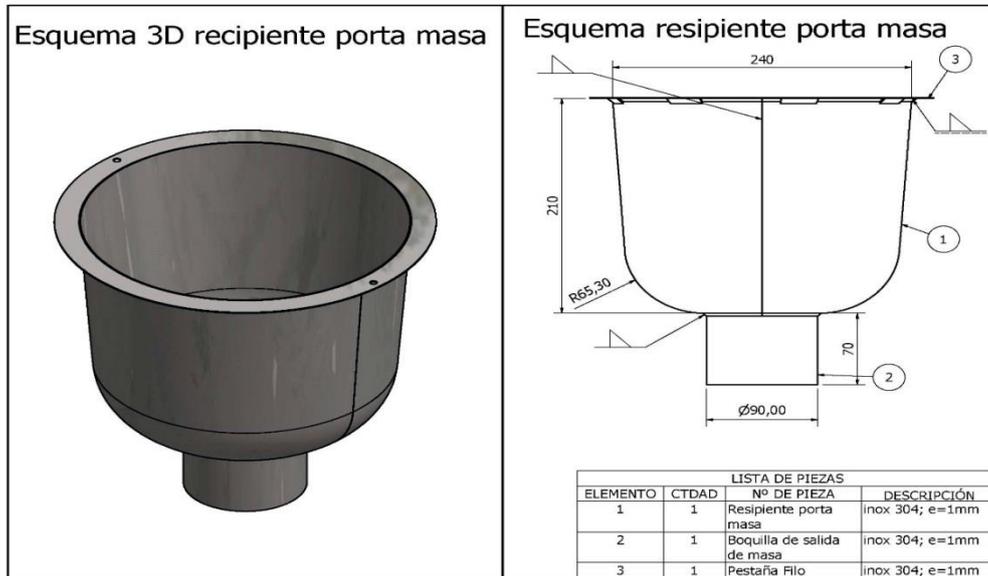


Figura 5: Dimensiones recipiente porta masa

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Se ha modelado la cantidad de masa con las dimensiones del recipiente, para comprobar el volumen que necesitamos:

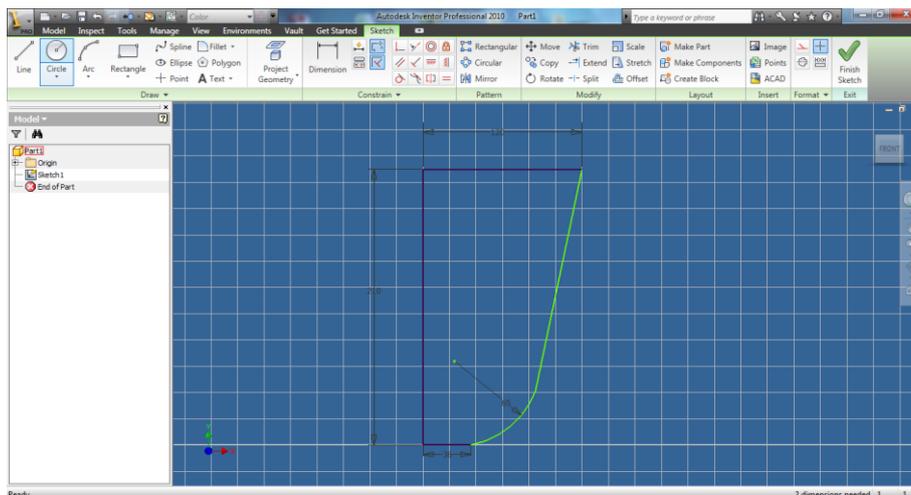


Figura 6: Modelación volumen de masa - sketch inventor

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

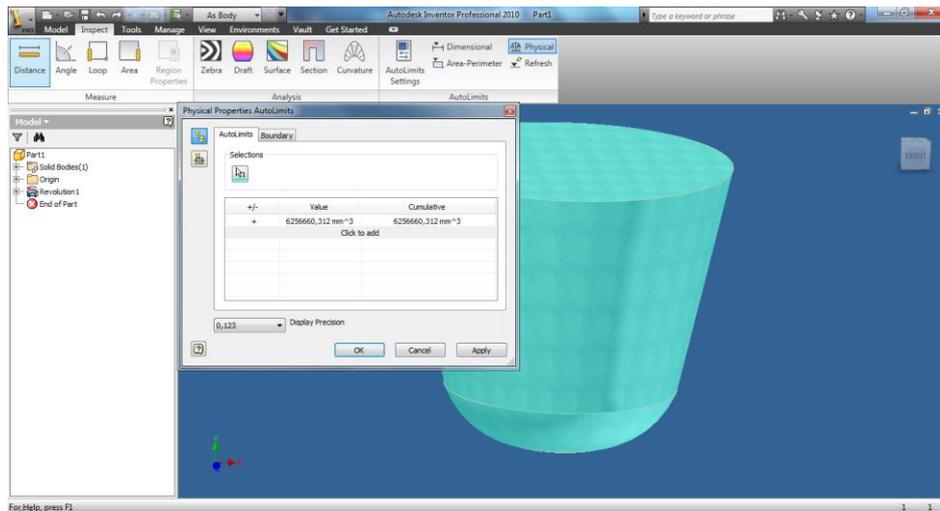


Figura 7: Cálculo del volumen de masa

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Volumen = $6256660,3 \text{ mm}^3 = 6256,66 \text{ cm}^3$, por lo que concluimos que las dimensiones planteadas en nuestro recipiente son las adecuadas considerando las pérdidas de masa al trasladar del recipiente mezclador a nuestro recipiente.

Para el diseño de sistema de alimentación, analizaremos.

1.3 Tiempo de inyección de cada dona

Estimamos un tiempo entre 5 a 10 segundos, que nos garantice que mientras se está formando y cayendo la dona al recipiente para su fritura la dona anterior se haya alejado lo suficiente para que no exista sobre-posición entre donas por lo que un tiempo recomendado (incluso para que el operario pueda realizar alguna maniobra) lo estimamos en 8 segundos.

Entonces la velocidad de brazo inyector será:

Tabla 3: Velocidad de inyección

| Espacio por recorrer (mm) | Tiempo estimado en el recorrido (s) | Velocidad de inyección (mm/s) | Velocidad de inyección (m/s) |
|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 70 | 8 | 8,75 | 0,00875 |

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

El espacio por recorrer, es la dimensión de la boquilla de salida de masa como se puede observar en la figura 5, en este espacio se forma la dona.

1.4 Dimensionamiento de los brazos:

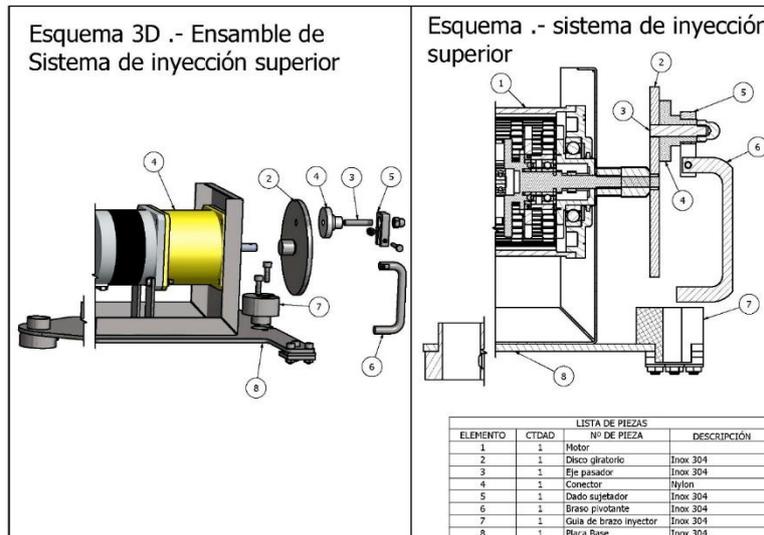


Figura 8: Sistema de inyección superior

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

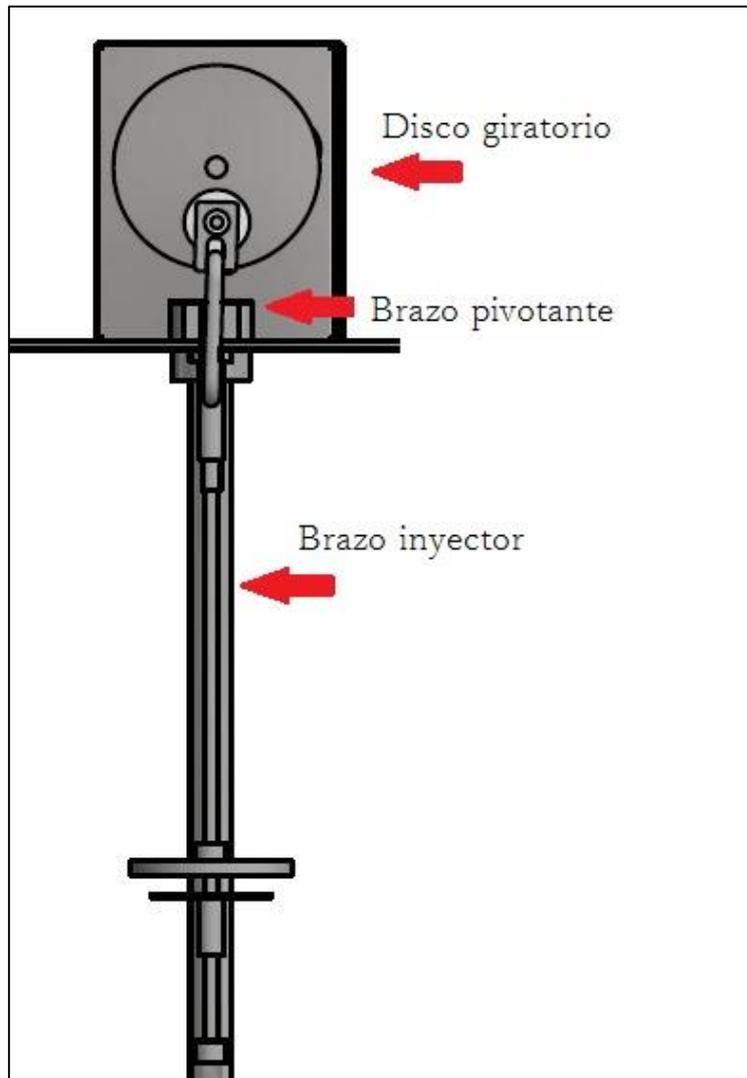


Figura 9: Brazos - Sistema de inyección

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Analizando el movimiento:

Cuando el brazo pivotante este en la posición más baja, será cuando la dona sea inyectada, es decir caiga hacia el recipiente de aceite.

Cuando el brazo pivotante este en la posición más alta, será cuando esté ingresando masa para formar la dona, por lo que este espacio tiene que ser el espesor de la dona, es decir $2,5 \text{ cm} = 25 \text{ mm}$.

Por lo que necesitamos obtener esta holgura, lo haremos mediante iteración entre las medidas del disco y el brazo pivotante:

Tabla 4: Iteración de medidas disco - brazo

| d disco (mm) | l brazo (mm) | Holgura (mm) |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| 50 | 30 | 20 |
| 50 | 40 | 10 |
| 50 | 45 | 5 |
| 80 | 65 | 15 |
| 80 | 75 | 5 |
| 100 | 80 | 20 |
| 100 | 75 | 25 |
| 100 | 70 | 30 |

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

La tabla anteriormente expone la iteración de medidas entre el disco – brazo – holgura (que debe ser de un valor fijo de 25 mm correspondientes al espesor de la dona)

Se selecciona la combinación 100 – 75 – 25, ya que con discos de mayor o menor diámetro, varía la velocidad de inyección lo que no nos garantiza donas del espesor deseado

Por lo que dimensionamos el sistema:

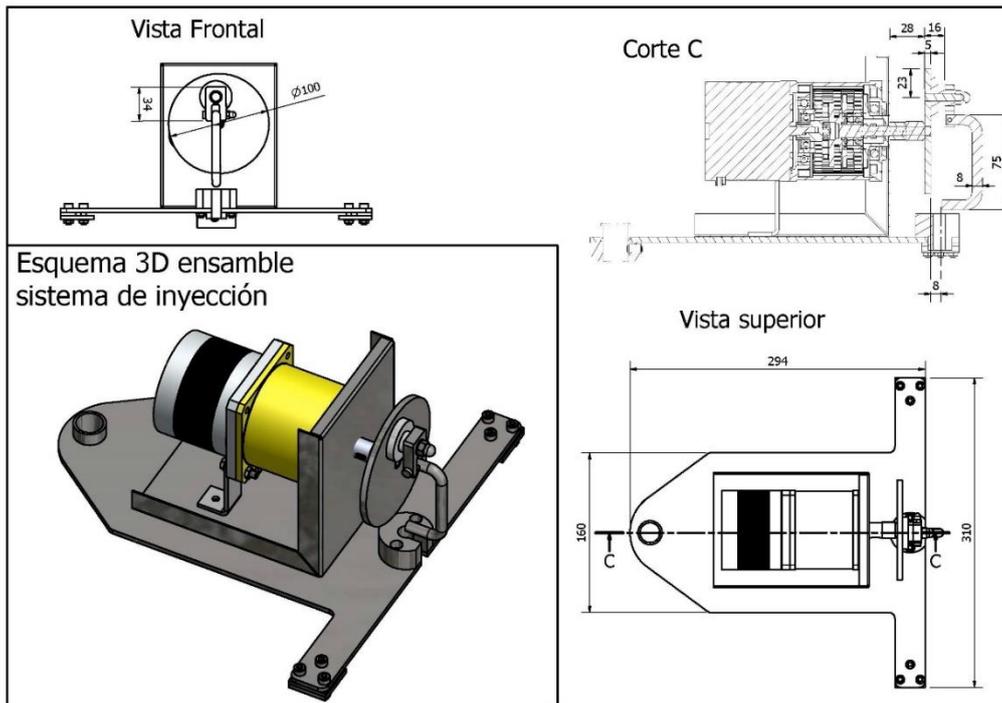


Figura 10: Dimensiones sistema de inyección superior

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

1.5 Cálculo de la velocidad de giro del motor:

El tiempo estimado en la formación de una dona se la determinó en 8 segundos, por lo que ese será el tiempo en que el eje del motor gire una revolución, por lo que la velocidad será:

Tabla 5: Velocidad angular del motor

| rev | t (s) | □ (rev/s) | □ (rev/min) | □ (rad/s) |
|-----|-------|-----------|-------------|-----------|
| 1 | 8 | 0,125 | 7,5 | 0,785 |

1.1.5 Diseño del brazo inyector:

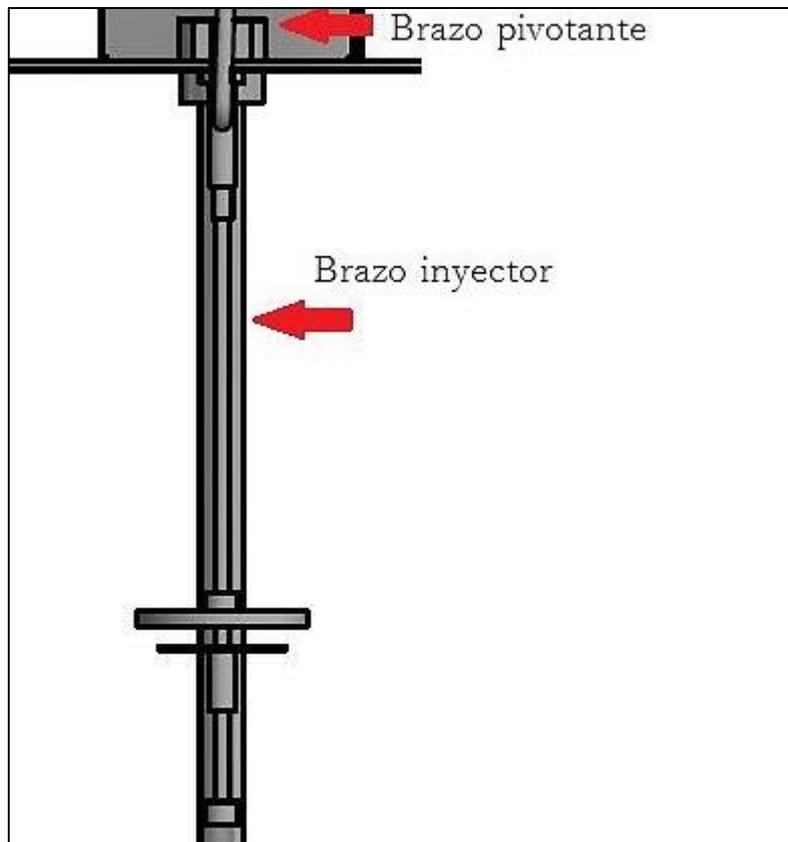


Figura 11: Brazo inyector

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

El brazo inyector es un elemento sometido a tensión, la carga que soportará es muy difícil de cuantificar exactamente, pero analizando el sistema la fuerza que debe ejercer el brazo inyector (hacia arriba) deberá ser por lo menos una fuerza equivalente al peso de toda la masa presente en el recipiente de alimentación, por lo que procederemos a trabajar con esa fuerza.

Para calcular el peso de la masa:

Sabemos que una dona ya hecha pesa 27 gramos aproximadamente, pero en el proceso de fritura la dona ha absorbido aceite por lo que se descontara un 10% del peso debido a este proceso.

Según (Lercker & Carrasco Pancorbo, 2010) la grasa del baño de fritura se convierte en un importante componente del producto final, la cantidad absorbida varía entre 10 al 30 – 35% (en las patatas fritas tipo chips)

Así se tiene:

$$W_{1\ dona} = 0,9 * W_{dona\ frita}$$

$$W_{1\ dona} = 0,9 * 27 = 24,3\ \text{gramos}$$

Si en el recipiente tenemos masa para 50 donas, nuestro peso total será:

$$W_{total} = 50 * 24,3 = 1215\ \text{gr} = 1,21\ \text{kg} = 11,9\ \text{N}$$

Mediante la fórmula de esfuerzo axial (Hibbeler, Mecánica de materiales , 2006):

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Para obtener el área mínima usaremos el esfuerzo admisible en tensión que es el S_y del material, para este elemento usamos acero inoxidable AISI 304 (recomendado para máquinas que trabajan con alimentos)

$S_y = 310\ \text{MPa}$; $E=200\ \text{GPa}$ (<http://www.sumiteccr.com>, 2010)

Por lo que tenemos:

$$A_{minima} = \frac{P}{[\sigma]} \quad (3)$$

$$A_{minima} = \frac{11,9\ \text{N}}{[310 \times 10^6\ \text{N/m}^2]} = 3,83 \times 10^{-8}\ \text{m}^2 = 3,83 \times 10^{-4}\ \text{cm}^2$$

Como se puede observar el área mínima obtenida es muy pequeña por lo que se procederá a seleccionar la barra de menor área existente en el mercado: (<http://www.elacero.com.ec>, 2014) Anexo 1

Por lo que tendremos una barra de $\phi = 3/8'' = 9,5 \text{ mm}$, de acero inoxidable AISI 304

1.2.5 Diseño del brazo pivotante:

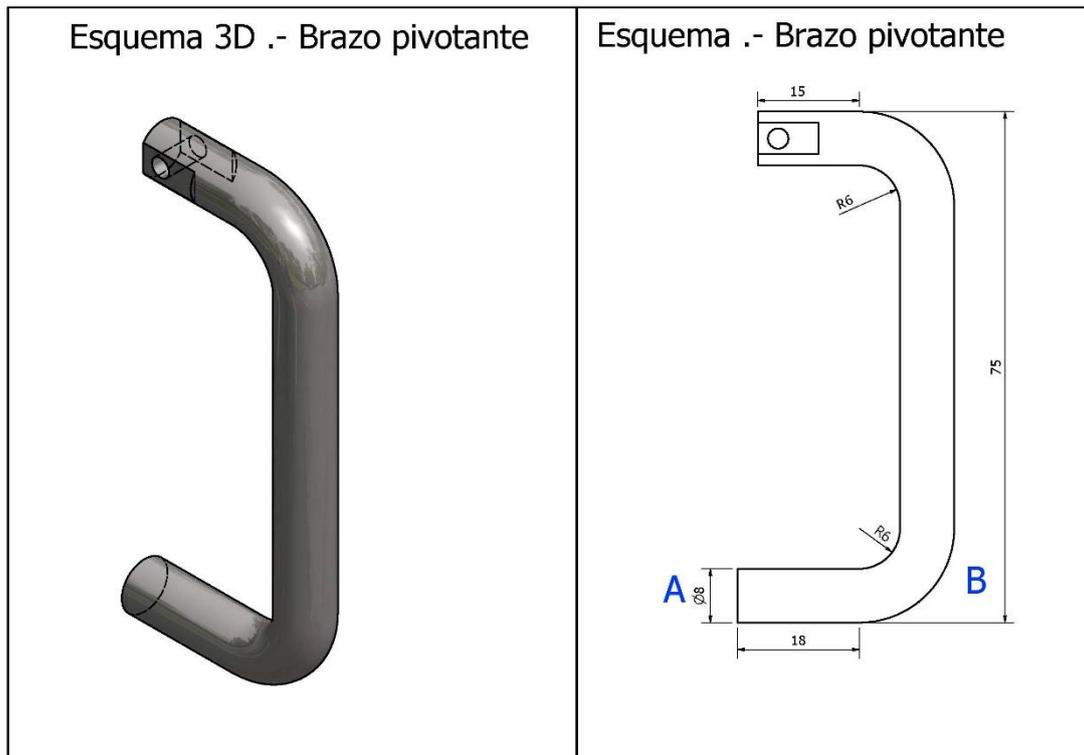


Figura 18: Brazo pivotante

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Para el dimensionamiento analizaremos el tramo AB como un elemento sometido a flexión.

El elemento se considera empotrado en B y con una carga puntual (11,9 N) correspondiente al peso de una dona, en el extremo A.

Para determinar el momento máximo se lo hará usando el software libre MDSolids 4.0:

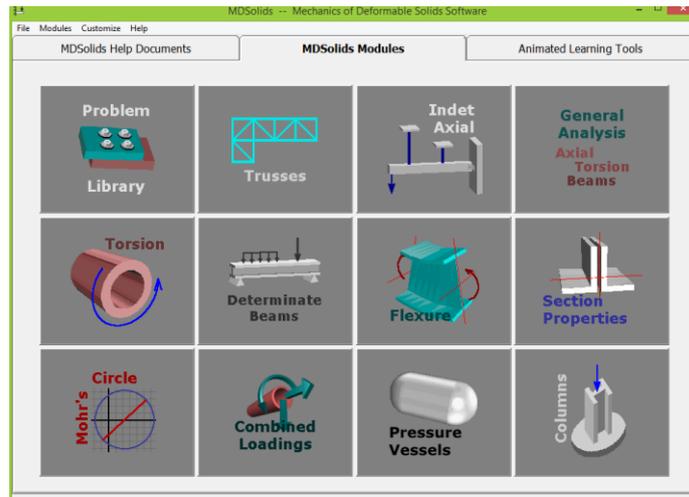


Figura 19: Pantalla de inicio MDSolids

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

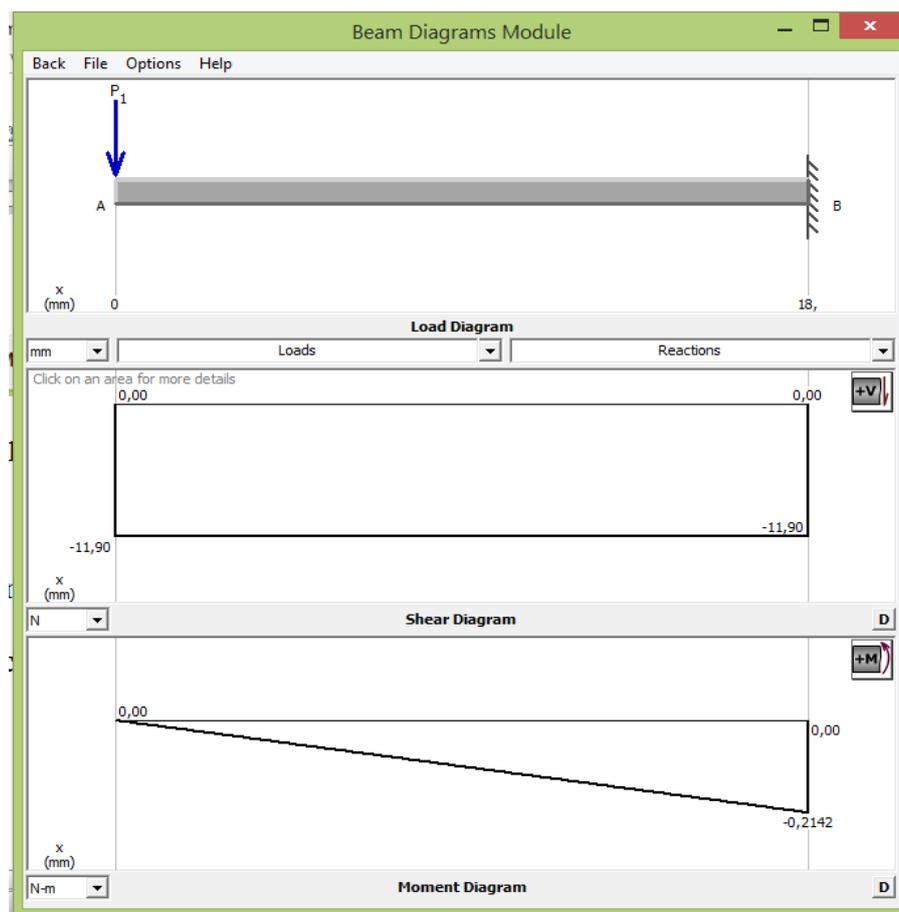


Figura 20: Resultados MDSolids

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Obteniendo un momento flector máximo 0,214 N.m

Con este valor dimensionaremos la sección transversal usando al formula de la flexión: (Hibbeler, Mecànica de materiales , 2006)

$$\sigma = \frac{M}{S} \quad (4)$$

Dónde:

σ : Esfuerzo axial por flexión

M: Momento flector máximo

S: Modulo de sección

Despejando el módulo de sección y usando en esfuerzo admisible en flexión: (Pyetel & Singer, 1994)

$$[\sigma] = 0,6 S_y \quad (5)$$

Dónde:

$[\sigma]$: Esfuerzo admisible a flexión

S_y : Esfuerzo de fluencia

Para un acero AISI 1018, $S_y = 370$ MPa (<http://www.sumiteccr.com>, 2010)

Tenemos:

$$S = \frac{M}{[\sigma]} = \frac{0,214 \text{ N.m}}{0,6(310 \times 10^6 \text{ N/m}^2)}$$

$$S = 1,15 \times 10^{-9} \text{ m}^3 = 0,00115 \text{ cm}^3$$

Para obtener un diámetro, aplicamos la fórmula del módulo de sección: (Pyetel & Singer, 1994):

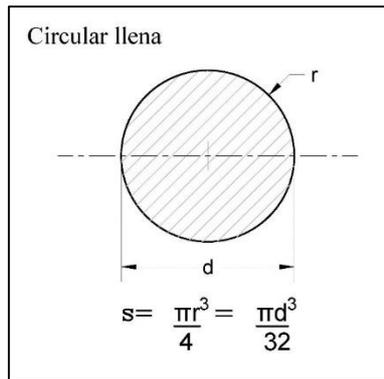


Figura 21: Modulo de sección - eje circular

Fuente: Pyetel & Singer; Resistencia de Materiales

Despejando el diámetro:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 S}{\pi}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 (1,15 \times 10^{-9} m^3)}{\pi}} = 2,27 \times 10^{-3} m$$

$$d = 2,27 \text{ mm}$$

Comparando este valor en catálogos del mercado local: (<http://www.elacero.com.ec>, 2014) Anexo 2

Observamos que para este tipo de acero, la varilla de menor diámetro es $\frac{1}{4}$ plg = 6,35 mm.

Por mayor seguridad y por estética de diseño seleccionaremos una varilla de un diámetro mayor. Seleccionaremos una varilla de $\frac{3}{8}$ plg = 9,5 mm de diámetro.

1.3.5 Cálculo de la potencia del motor:

Para calcular la potencia necesaria usaremos la fórmula: (Hibbeler, Mecánica vectorial para ingenieros: dinámica, 2004)

$$P = T \times \omega \quad (6)$$

Dónde:

P: potencia mecánica

T: torque

ω Velocidad angular

Para calcular el torque tenemos:

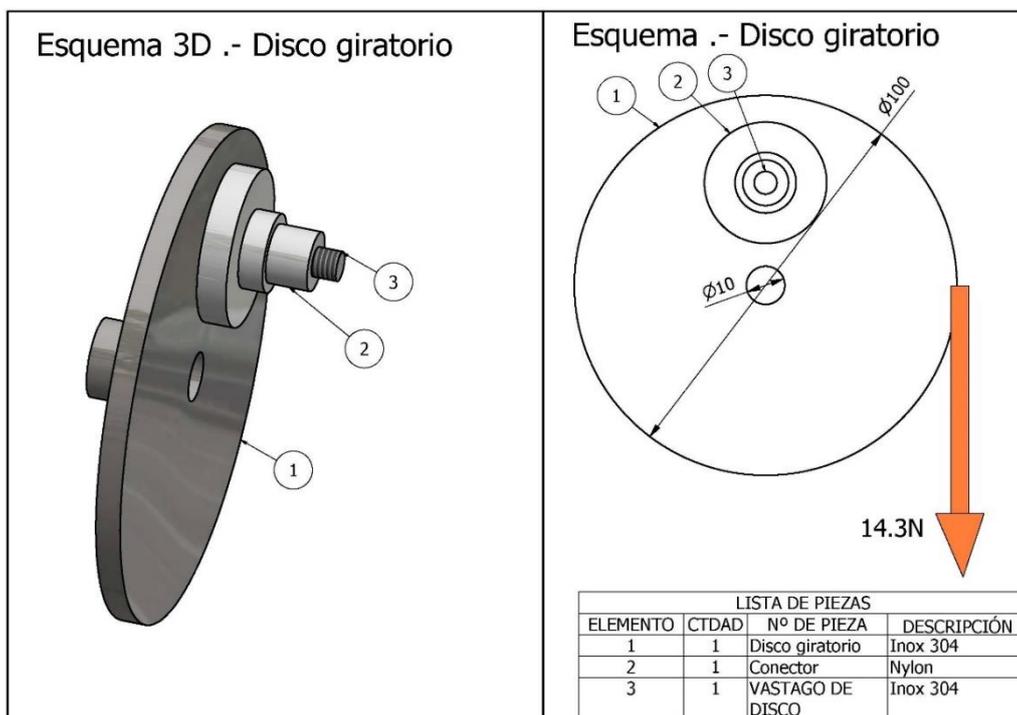


Figura 22: Disco giratorio

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

$$T = 14,3 N \times 0,05 m = 0,715 N.m$$

La velocidad angular es: 0,785 rad/s

Entonces:

$$P = 0,715 N.m \times 0,785 rad/s$$

$$P = 0,56 watt = 0,00075 hp$$

Por lo que usaremos el motor con menor potencia existente en el mercado: Motor WEG ¼ hp. Para que el sistema se mueva con una velocidad constante que nos garantice la misma cantidad de masa de donas siempre, si el sistema tiene aceleración esto no lo logramos. Entonces solo existiría vector velocidad que sería el mismo siempre tangencial al punto de análisis.

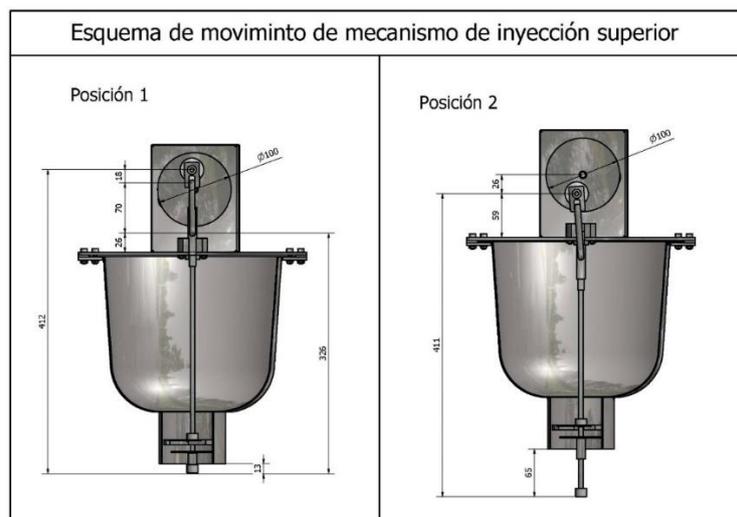


Figura 23: Movimiento de mecanismo de inyección superior

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

2. DISEÑO DEL RECIPIENTE PORTA ACEITE

En el presente capítulo se presenta el diseño del recipiente porta aceite, como primer paso se realiza el cálculo del volumen necesario, el dimensionamiento de las paredes se lo realizó tomando la teoría de placas planas, para comprobar el diseño se realizó una simulación en Autodesk Inventor V15 y se finaliza planteando las conclusiones del proceso de diseño y simulación.

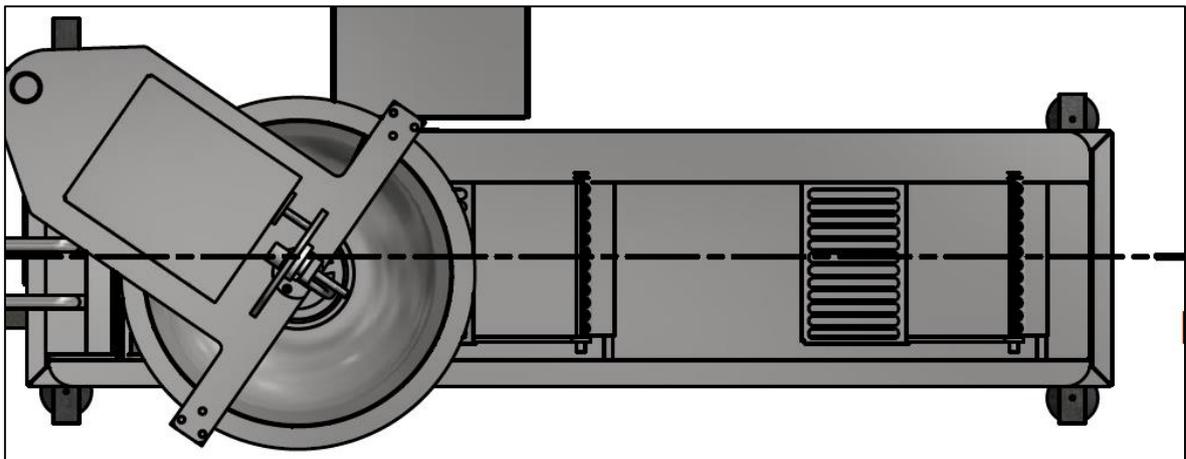


Figura 24: Máquina para donas - vista superior

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

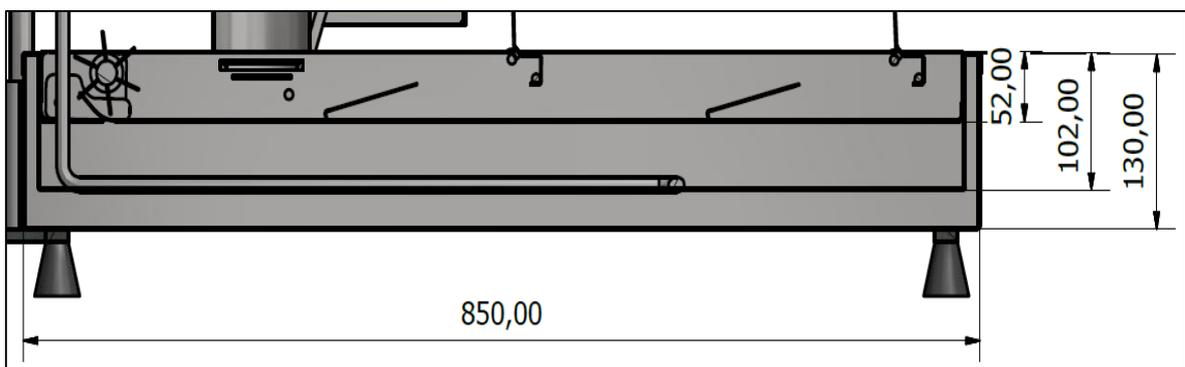


Figura 25: Corte B-B

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

2.1 Cálculo el volumen de aceite necesario:

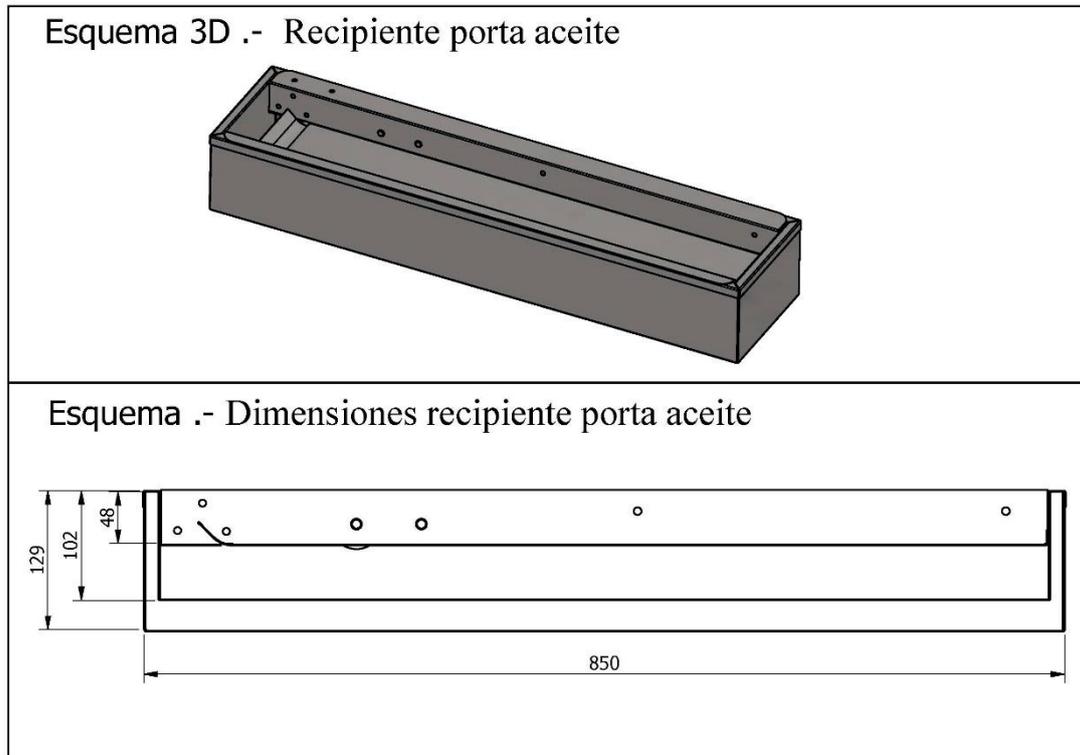


Figura 26: Dimensiones recipiente porta aceite

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Calculamos el volumen del recipiente:

$$V_{recipiente} = 850 \times 100 \times 200 = 1,7 \times 10^7 mm^3$$

$$V_{recipiente} = 17000 cm^3 = 17 lt$$

Si bien el recipiente contiene un líquido que ejerce presión pero por su forma no se lo puede diseñar como un cilindro de pared delgada.

Para diseñar este recipiente el proceso será el siguiente:

- Cálculo de la presión en el fondo del recipiente
- Cálculo del espesor usando la teoría de placas planas

c. Comprobación en Autodesk Inventor

Densidad del aceite de cocina = $0,92 \text{ gr/cm}^3 = 920 \text{ kg/m}^3$ (Legaz, 2010)

Con $h = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$

La presión hidrostática la obtendremos con: (Mott, 2010)

$$\Delta p = \delta gh \quad (7)$$

Dónde:

Δp : Variación de presión

g : Gravedad

h : Profundidad

$$\Delta p = (920 \text{ kg/m}^3)(9,8 \text{ m/s}^2)(0,1 \text{ m})$$

$$\Delta p = 901,6 \text{ Pa}$$

Usando la teoría de placas planas: (Avallone & Baumeister, 2007) Anexo 3

Seleccionamos el caso 16, placa rectangular soportada en todos sus extremos, de ahí las dimensiones $R = 850$ y $r = 200$.

Calculamos la relación R/r :

$$\frac{R}{r} = \frac{850}{200} = 4,25$$

Identificamos la relación en la tabla: Anexo 4

Por no existir en la tabla el valor exacto, usaremos el más cercano, es decir 4, entonces:

$$k_1 = 0,14$$

Con este valor usaremos la ecuación de la deflexión máxima (parámetro de iteración):

$$y_M = k_1 \frac{wR^4}{Et^3} \quad (8)$$

Despejando t (espesor de placa) tenemos:

$$t = \sqrt[3]{\frac{k_1 w R^4}{E y_M}}$$

Con la ayuda de una tabla Excel, calculamos el espesor de placas:

Tabla 6: Cálculo de espesor de placa

| ym (mm) | ym (m) | k ₁ | w (N/m ²) | R (m) | R ⁴ (m ⁴) | E (N/m ²) | t ³ | t(m) | t(mm) |
|---------|--------|----------------|-----------------------|-------|----------------------------------|-----------------------|----------------|-----------|-------|
| 0,1 | 0,0001 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 3,294486E-06 | 0,014886 | 14,89 |
| 0,2 | 0,0002 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 1,647243E-06 | 0,0118153 | 11,82 |
| 0,3 | 0,0003 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 1,098162E-06 | 0,0103218 | 10,32 |
| 0,4 | 0,0004 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 8,236215E-07 | 0,009378 | 9,38 |
| 0,5 | 0,0005 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 6,588972E-07 | 0,0087059 | 8,71 |
| 0,6 | 0,0006 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 5,490810E-07 | 0,0081926 | 8,19 |
| 0,7 | 0,0007 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 4,706408E-07 | 0,0077823 | 7,78 |
| 0,8 | 0,0008 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 4,118107E-07 | 0,0074435 | 7,44 |
| 0,9 | 0,0009 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 3,660540E-07 | 0,007157 | 7,16 |
| 1 | 0,001 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 3,294486E-07 | 0,00691 | 6,91 |
| 1,1 | 0,0011 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 2,994987E-07 | 0,0066939 | 6,69 |
| 1,2 | 0,0012 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 2,745405E-07 | 0,0065026 | 6,50 |
| 1,3 | 0,0013 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 2,534220E-07 | 0,0063314 | 6,33 |
| 1,4 | 0,0014 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 2,353204E-07 | 0,006177 | 6,18 |
| 1,5 | 0,0015 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 2,196324E-07 | 0,0060365 | 6,04 |
| 1,6 | 0,0016 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 2,059054E-07 | 0,0059081 | 5,91 |
| 1,7 | 0,0017 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 1,937933E-07 | 0,0057899 | 5,79 |
| 1,8 | 0,0018 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 1,830270E-07 | 0,0056806 | 5,68 |
| 1,9 | 0,0019 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 1,733940E-07 | 0,0055792 | 5,58 |
| 2 | 0,002 | 0,14 | 901,6 | 0,85 | 0,522 | 2E+11 | 1,647243E-07 | 0,0054846 | 5,48 |

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Del anterior análisis seleccionamos una plancha de acero inoxidable de 6 mm de espesor (existente en el mercado) Anexo 5

El recipiente se lo construirá con una plancha de acero inoxidable de 6 mm de espesor, en todas sus paredes

2.2 Simulación

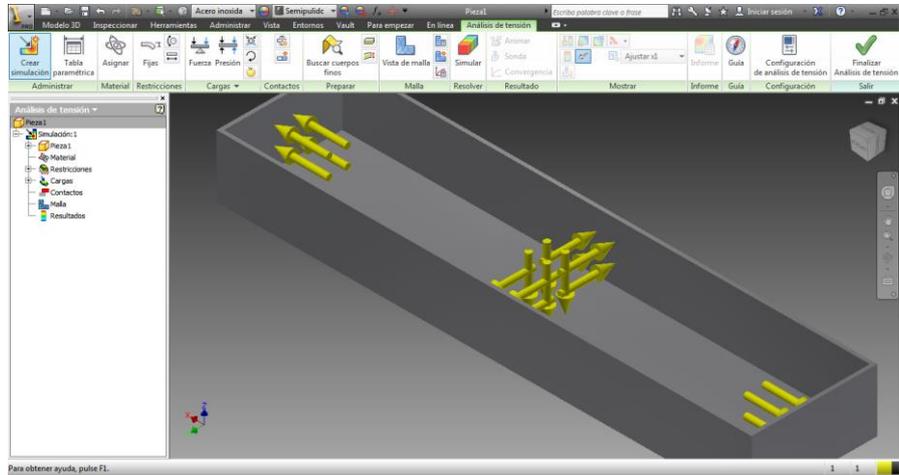


Figura 27: Asignación de cargas

Autor: Juan Pablo Carrillo

Elaborado en: Autodesk Inventor

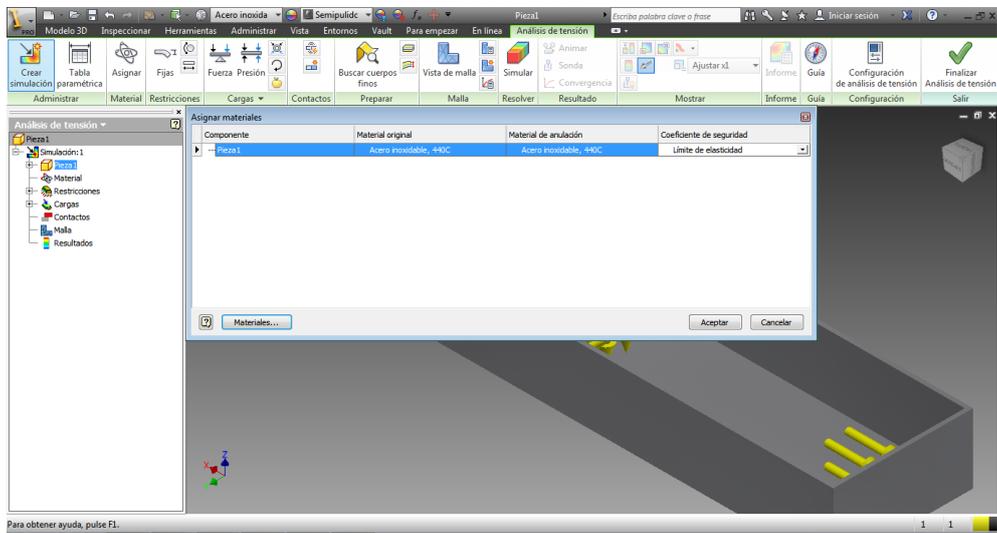


Figura 29: Asignación de material

Autor: Juan Pablo Carrillo

Elaborado en: Autodesk Inventor

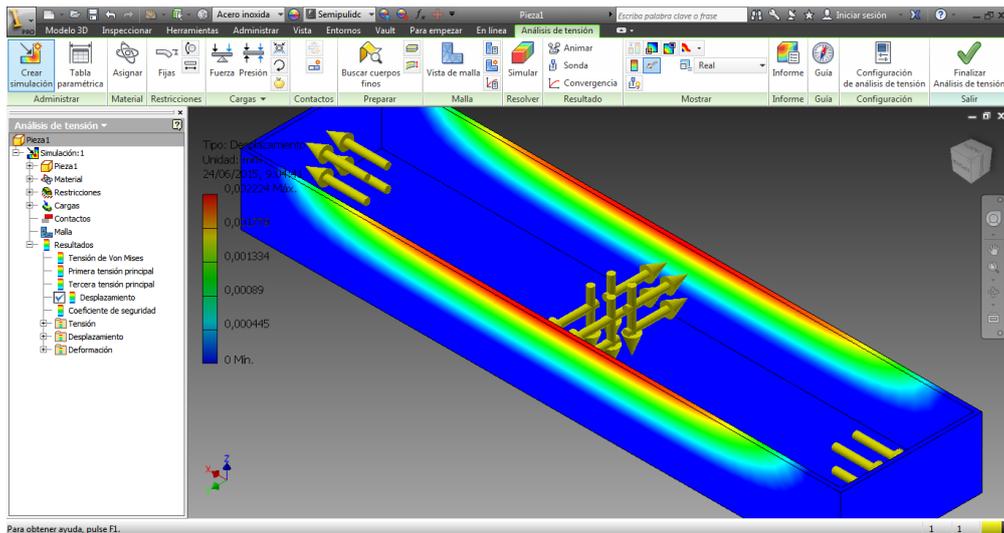


Figura 30: Corrida Simulación

Autor: Juan Pablo Carrillo
Elaborado en: Autodesk Inventor

Resumen de resultados

| Nombre | Mínimo | Máximo |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------|
| Volumen | 2190860 mm ³ | |
| Masa | 16,9792 kg | |
| Tensión de Von Mises | 0,000324814 MPa | 0,386345 MPa |
| Primera tensión principal | -0,0589282 MPa | 0,362116 MPa |
| Tercera tensión principal | -0,409541 MPa | 0,0855932 MPa |
| Desplazamiento | 0 mm | 0,00222398 mm |
| Coefficiente de seguridad | 15 su | 15 su |
| Tensión XX | -0,197806 MPa | 0,215562 MPa |
| Tensión XY | -0,130226 MPa | 0,130905 MPa |
| Tensión XZ | -0,118177 MPa | 0,116532 MPa |
| Tensión YY | -0,145031 MPa | 0,185719 MPa |
| Tensión YZ | -0,138309 MPa | 0,140494 MPa |
| Tensión ZZ | -0,406732 MPa | 0,361571 MPa |
| Desplazamiento X | -0,000250234 mm | 0,000264902 mm |
| Desplazamiento Y | -0,00222154 mm | 0,00221822 mm |
| Desplazamiento Z | -0,000109555 mm | 0,000104247 mm |
| Deformación equivalente | 0,0000000181223 su | 0,00000166298 su |
| Primera deformación principal | -0,0000000424942 su | 0,00000157765 su |
| Tercera deformación principal | -0,00000187117 su | 0,0000000595215 su |
| Deformación XX | -0,000000940796 su | 0,000000672828 su |
| Deformación XY | -0,000000800128 su | 0,000000804302 su |
| Deformación XZ | -0,0000007261 su | 0,000000715994 su |
| Deformación YY | -0,000000645008 su | 0,000000789756 su |
| Deformación YZ | -0,000000849796 su | 0,000000863222 su |
| Deformación ZZ | -0,00000185679 su | 0,0000015749 su |

Figura 31: Resumen de resultados

Autor: Juan Pablo Carrillo
Elaborado en: Autodesk Inventor

2.3 Conclusión de la simulación:

Los desplazamientos son del orden de las milésimas de milímetro y el factor de seguridad que nos arroja es 15 en todo el recipiente, por lo que podemos concluir que el diseño es óptimo

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE ACEITE

En el presente capítulo se presenta el diseño del sistema de circulación de aceite, el primer paso es estimar el tiempo de fritura de una dona, posteriormente se diseñó el sistema propulsor de aceite (paletas) apoyados en la mecánica de fluidos y con la comprobación con Autodesk Inventor.

También se presenta el diseño del eje con Autodesk Inventor y el cálculo de la potencia del motor impulsor.

Como primer parámetro se analizará el tiempo de fritura de la dona, según (Palmex, 2012)

| PRODUCTO | TEMP. | TIEMPO (segundos) |
|---------------|----------|----------------------|
| TRIGO | | |
| 10x10 | 235 ± 5° | 13-15 |
| 10x10 Max's | 235 ± 5° | 13-15 |
| 10x13 | 235 ± 5° | 13-15 |
| 4x8 | 210 ± 3° | 13-16 |
| 4x4 | 210 ± 3° | 10-15 |
| 2x2 | 210 ± 3° | 10-15 |
| 2x2 Liso | 195 ± 3° | 14-17 |
| Cuadrini | 195 ± 3° | 13-15 |
| Dadito | 200 ± 5° | 11-14 |
| Minicuatro | 200 ± 3° | 12-15 |
| Tocinito 3x3 | 200 ± 3° | 9-12 |
| Tocinito mini | 200 ± 3° | 9-12 |
| Rueda | 180 ± 3° | 13-15 |
| Minirueda | 190 ± 3° | 13-15 |
| Rotini | 180 ± 3° | 9-12 |
| Olas | 185 ± 3° | 9-12 |
| Cabellin | 190 ± 5° | 12-14 |
| Tuerca | 170 ± 3° | 13-15 |
| Palillo | 180 ± 3° | 18-20 |
| Papa francesa | 195 ± 3° | 10-15 |
| Tornillo | 195 ± 3° | 18-20 |
| Tubo | 195 ± 3° | 18-20 |
| Anillo | 195 ± 3° | 7-13 |
| Anillo grande | 195 ± 3° | 13-15 |
| Dona | 180 ± 3° | 21-23 |
| Dona roja | 190 ± 3° | 18-20 |
| Dona verde | 190 ± 3° | 18-20 |
| Espacial | 185 ± 3° | 11-13 |

Figura 32: Tiempos de fritura

Fuente: www.palmex.com

Por lo que para nuestra máquina trabajaremos con un rango de temperatura de aceite en grados centígrados de 177° a 183° y el tiempo de fritura será entre 21 y 23 segundos.

Para el diseño trabajaremos con valores promedios:

Temperatura de fritura (°C) 180

Tiempo de fritura (s) 22

La mitad del tiempo de fritura será el que tenga que recorrer la dona, antes de ser volteada (en la mitad del recipiente), con $L1 = 850/2 = 425$ mm.

Este espacio lo debe recorrer en 11 segundos, entonces la velocidad de avance de la dona mientras se fríe será:

$$v_{dona} = \frac{425 \text{ mm}}{11 \text{ s}} = 38,63 \text{ mm/s} = 0,03863 \text{ m/s}$$

Y esta será la velocidad tangencial del punto extremo de la paleta propulsora:

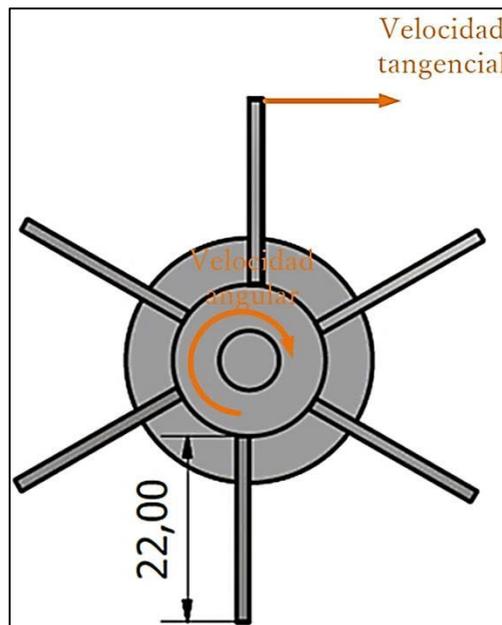


Figura 33: Paletas propulsoras

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Para calcular la potencia necesaria para mover las paletas y por tanto impulsar el aceite a la velocidad calculada, necesitamos el torque y la velocidad angular, por lo que usaremos las ecuaciones del movimiento circular: (Hibbeler, Mecánica vectorial para ingenieros: dinámica, 2004)

Dónde:

$$v_t = \omega \times r \quad (9)$$

Despejando w :

$$\omega = \frac{v_t}{r} = \frac{0,03863 \text{ m/s}}{0,022 \text{ m}} = 1,76 \text{ rad/s} = 16,81 \text{ rpm}$$

Para determinar la fuerza necesitamos analizar la presión hidrostática sobre una pared vertical: (Mott, 2010)

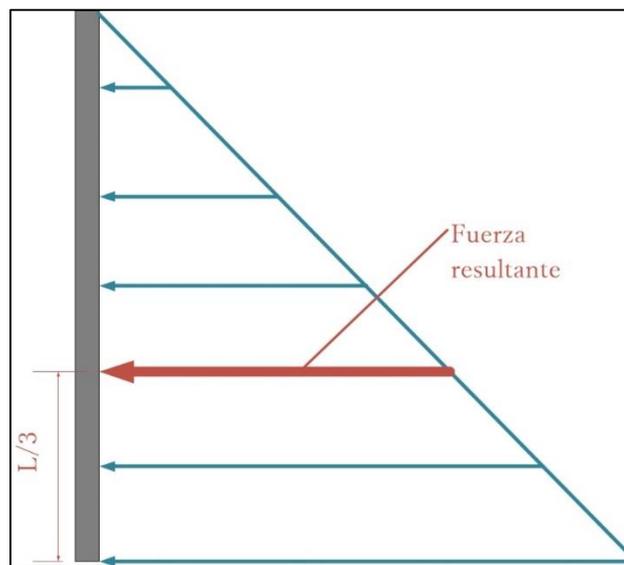


Figura 34: Distribución de presión y Fuerza resultante

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Calculando la fuerza resultante, para una presión máxima de:

$$p_{max} = \delta gh = (920 \text{ kg/m}^3)(9,8 \text{ m/s}^2)(0,022 \text{ m})$$

$$p_{max} = 198,35 \text{ Pa}$$

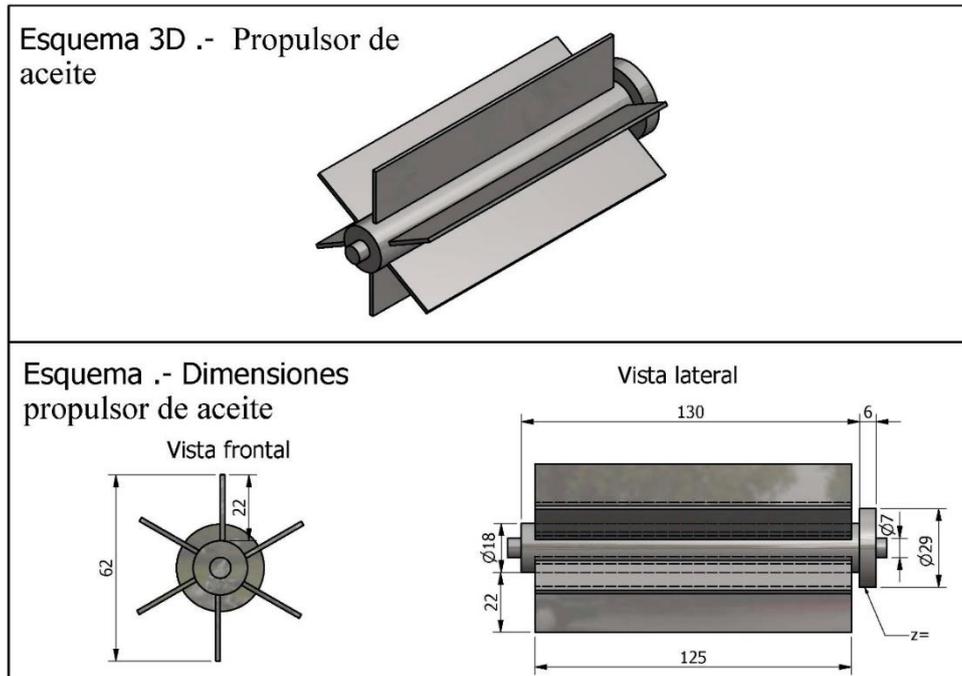


Figura 35: Dimensiones propulsor de aceite

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

El área de incidencia de la presión es:

$$A = 125\text{mm} \times 22\text{mm} = 2750 \text{ mm}^2 = 0,00275\text{m}^2$$

La fuerza resultante la calculamos con: (Mott, 2010)

$$F = \frac{(p_{max} + p_{min})}{2} A \quad (10)$$

Dónde:

p_{max} : Presión máxima

p_{min} : Presión mínima

A: Área de incidencia del fluido

$$F = \frac{(198,35 \text{ Pa} + 0)}{2} (0,00275\text{m}^2)$$

$$F = 0,272 \text{ N}$$

Por lo tanto el torque lo calculamos con:

$$T = F \times \frac{L}{3}$$

Dónde: $L/3$ es la distancia Dónde se aplica la fuerza resultante.

$$T = 0,272 \text{ N} \times \frac{0,022 \text{ m}}{3} = 0,002 \text{ N.m}$$

3.1 Simulación:

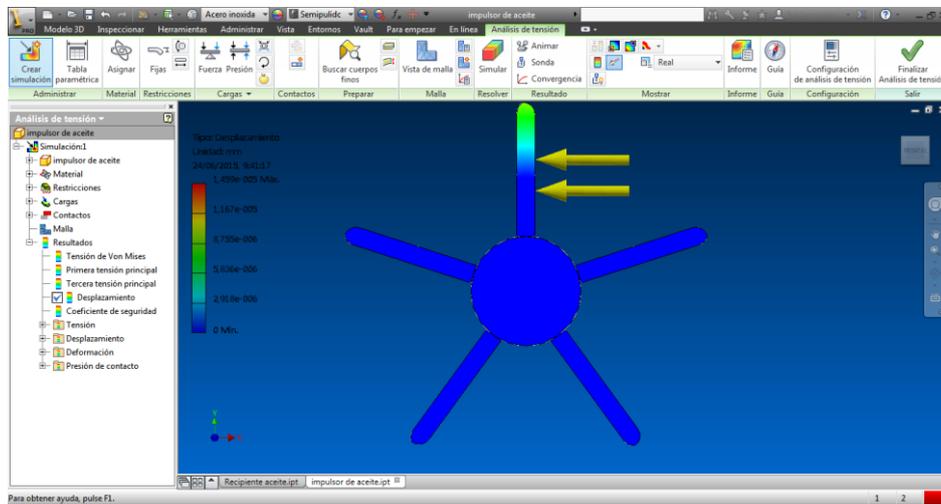


Figura 36: desplazamientos de la paleta

Autor: Juan Pablo Carrillo
Elaborado en : Autodesk Inventor

Como se puede notar los desplazamientos están en el orden de $1,5 \times 10^{-5}$ mm, por lo que se puede concluir que el diseño es seguro.

3.2 Diseño de eje:

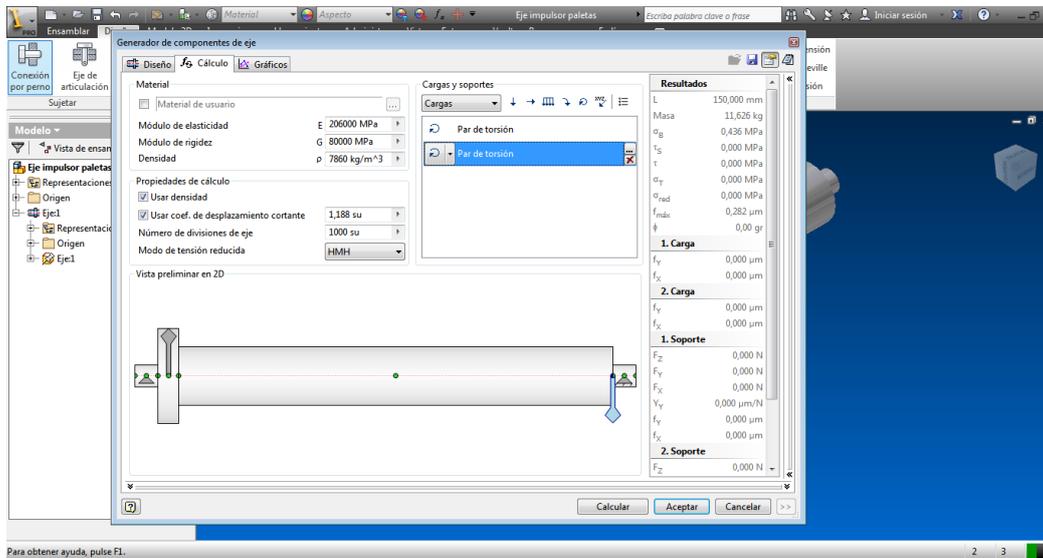


Figura 37: Asignación de cargas y apoyos

Autor: Juan Pablo Carrillo
Elaborado en : Autodesk Inventor

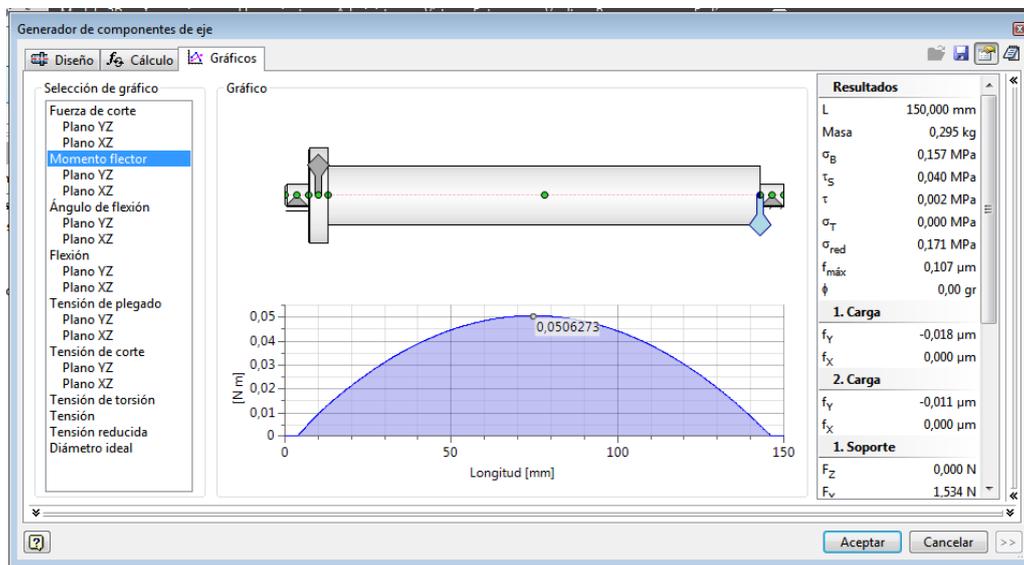


Figura 38: Momento flector - resultado

Autor: Juan Pablo Carrillo
Elaborado en : Autodesk Inventor

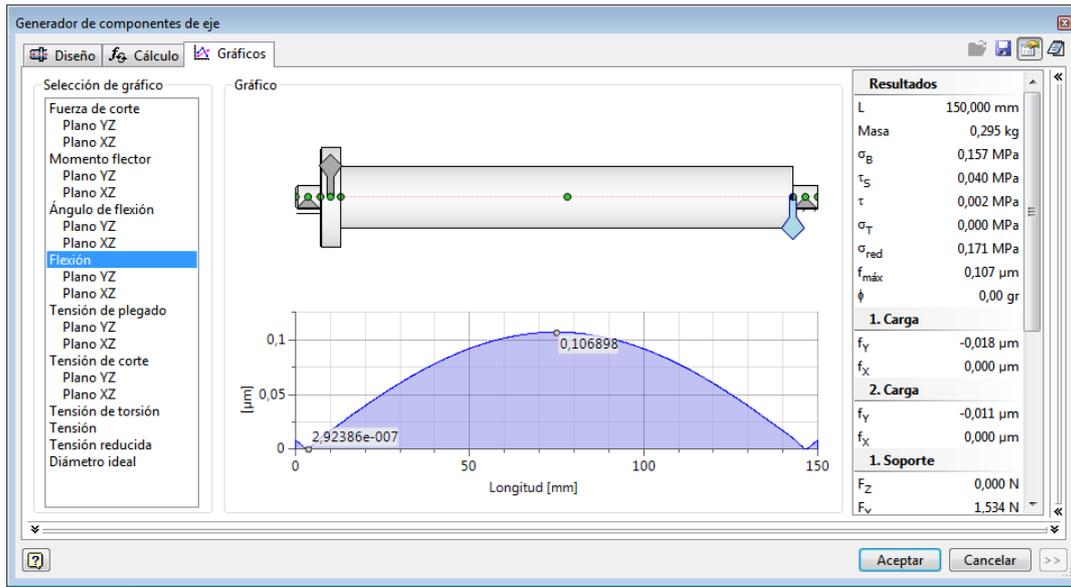


Figura 39: Deflexión - Resultado

Autor: Juan Pablo Carrillo
Elaborado en : Autodesk Inventor

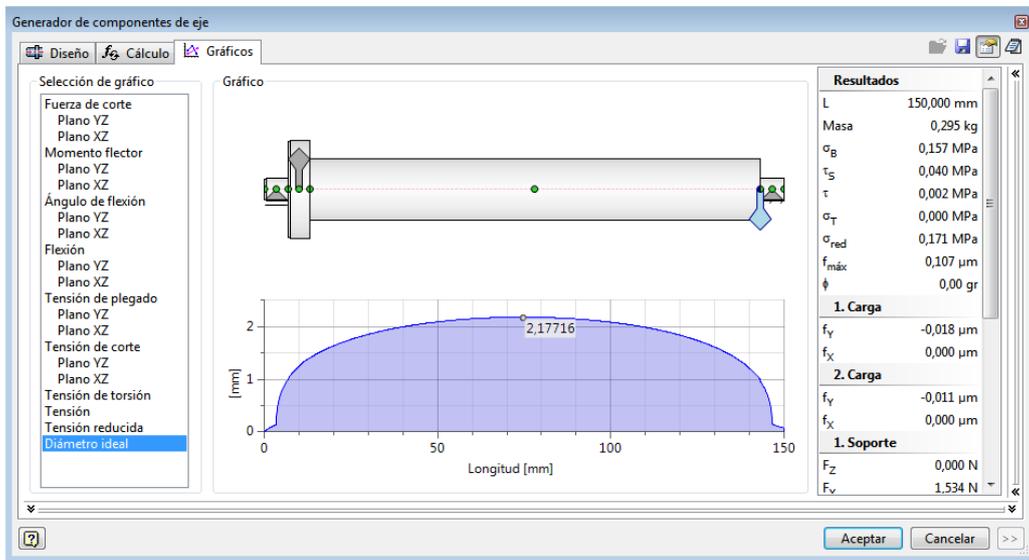


Figura 40: Diámetro ideal - Software

Fuente: Autodesk Inventor

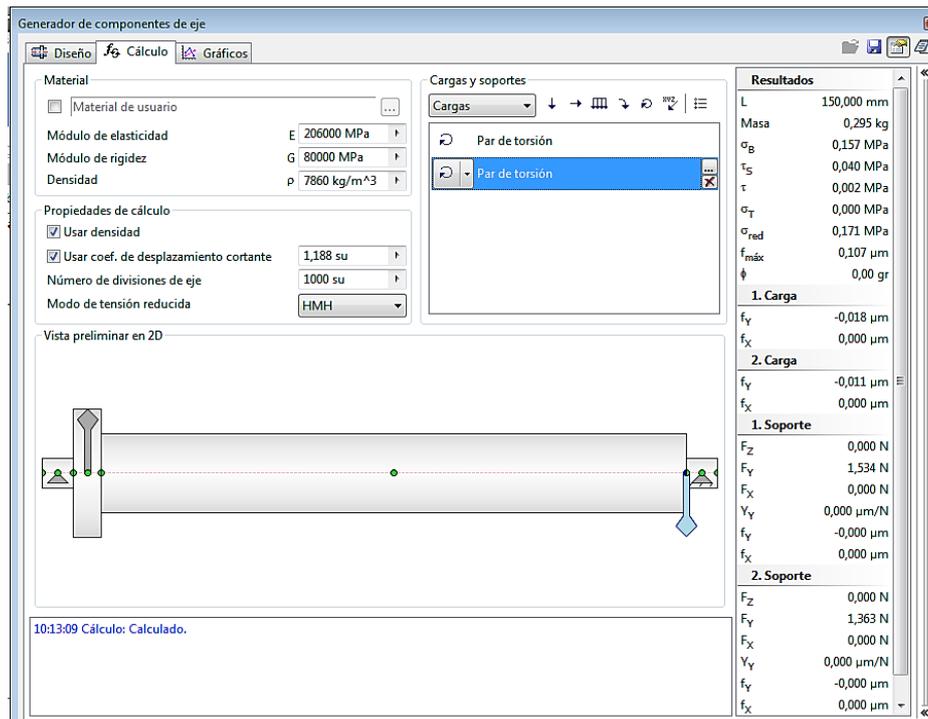


Figura 41: Resultados generales

Autor: Juan Pablo Carrillo
Elaborado en : Autodesk Inventor

3.3 Calculando la potencia:

Con la fórmula de potencia mecánica (Hibbeler, Mecánica de materiales , 2006)

$$P = T \times \omega \quad (11)$$

$$P = 0,002 \text{ N.m} \times 1,76 \text{ rad/s} = 0,0035 \text{ W}$$

4. DISEÑO DEL SISTEMA DE VOLTEO DE DONAS

En el presente capítulo se presenta el diseño del sistema de volteo de donas, se empieza con un análisis de cargas de las bandejas de volteo y con estas cargas se calculan los torques de volteo correspondientes

El primer paso será calcular el peso de cada bandeja de volteo:

Bandeja 1: bandeja grande

Bandeja 2: bandeja pequeña

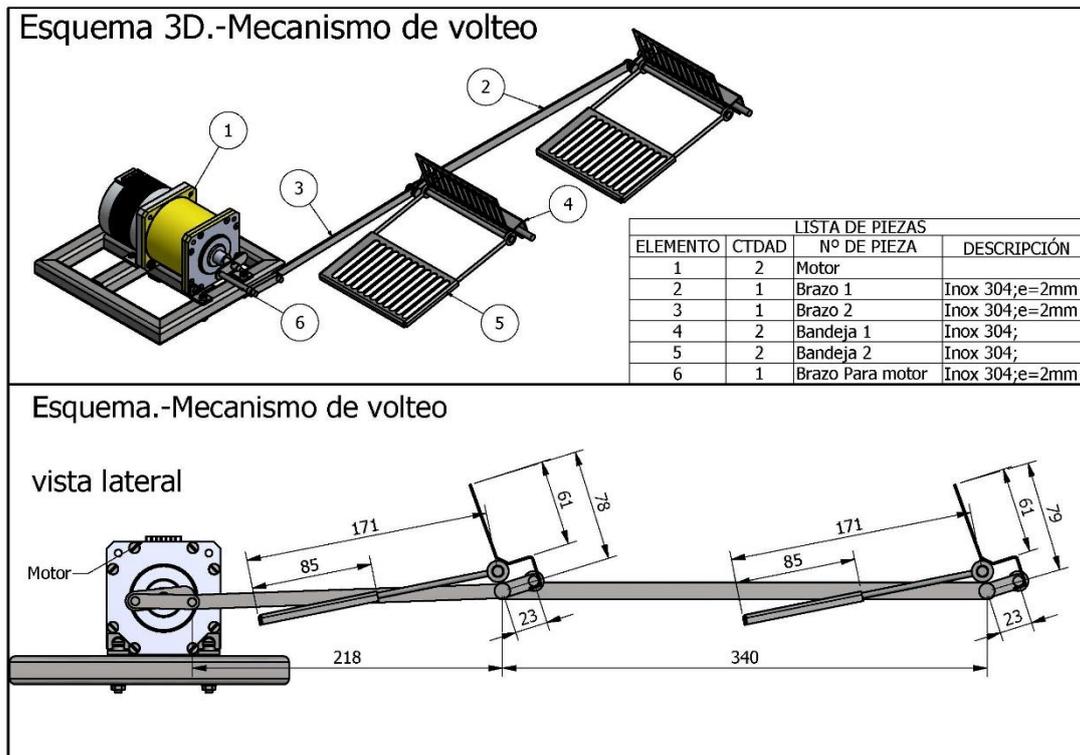


Figura 42: Sistema de volteo

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Por seguridad se tomará una carga tal como si la bandeja estaría llena de donas (caso extremo)

Bandeja 1:

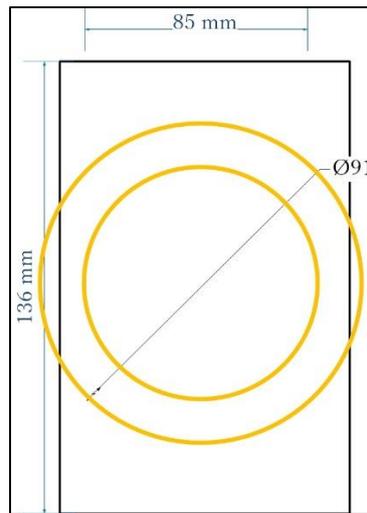


Figura 43: Bandeja 1

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Número máximo de donas = 1

Bandeja 2:

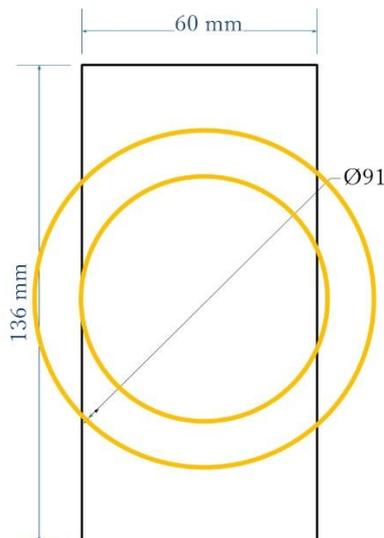


Figura 44: Bandeja 2

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Número máximo de donas = 1

La carga en cada bandeja genera un torque, necesario para realizar el volteo:

Tabla 7: Donas por bandeja

| | Donas | peso 1 dona (gr) | peso total donas (gr) | peso total donas (kg) | peso bandeja (kg) | Peso total (kg) | Peso total (N) |
|-----------|-------|---------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| Bandeja 1 | 1 | 27 | 27 | 0,027 | 0,55 | 0,577 | 5,65 |
| Bandeja 2 | 1 | 27 | 27 | 0,027 | 0,4 | 0,427 | 4,18 |

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Tabla 8: Torques

| | Brazo (mm) | Brazo (m) | Carga (N) | Torque (N.m) |
|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|
| Bandeja 1 | 146,5 | 0,1465 | 5,65 | 0,828 |
| Bandeja 2 | 42 | 0,042 | 4,18 | 0,176 |
| Total | | | | 1,004 |

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Por lo que el torque mínimo necesario para voltear la donas será de 1 N.m

Para calcular la fuerza necesaria del mecanismo usaremos el brazo pivotante 1:

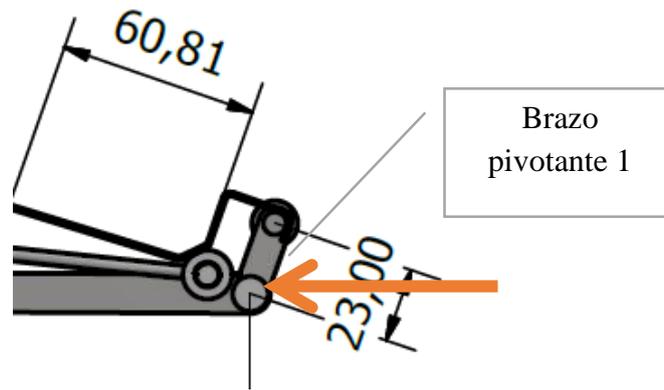


Figura 45: Brazo pivotante

Fuente: Juan Pablo Carrillo

Tabla 9: Fuerzas en brazo pivotante

| Torque (N.m) | Brazo (mm) | Brazo (m) | F (N) |
|--------------|------------|-----------|-------|
| 0,828 | 23 | 0,023 | 36,02 |
| 0,176 | 23 | 0,023 | 7,64 |
| 1,004 | 23 | 0,023 | 43,66 |

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Pero el mecanismo consta de dos bandejas, la fuerza necesaria será el doble:

$$F_{\text{total}} = 43,66 * 2 = 87,32 \text{ N}$$

Esta fuerza es la que se necesita para determinar el torque necesario que proporcionará el motor:

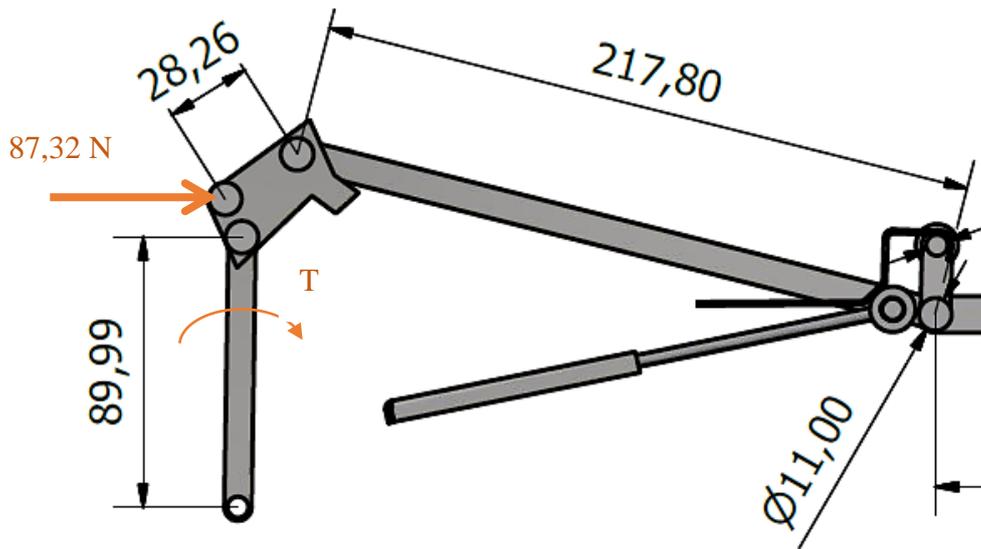


Figura 46: Fuerza de trabajo

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

$$T = F \times r \quad (12)$$

$$T = 87,32 \text{ N} \times 0,09 \text{ m} = 7,86 \text{ Nm}$$

5. DISEÑO DE LA BANCADA

En este capítulo se presenta el diseño de la bancada (mesa de soporte de la máquina), como primer paso se realiza el análisis de cargas existentes, se plantea una distribución de marco y travesaños, los mismos que se los dimensiona mediante esfuerzos a flexión, se comprueba el diseño mediante Autodesk Inventor.

5.1 Cálculo de la carga:

Tabla 10: Cargas de elementos

| Elemento | Cantidad | Material | Peso unitario (kg) | Peso total (kg) | Peso total (N) |
|--------------------------|----------|----------|-----------------------|--------------------|-------------------|
| motor eléctrico | 3 | Varios | 6,00 | 18,00 | 176,40 |
| masa donas | 1 | Varios | 1,20 | 1,20 | 11,76 |
| recipiente masa | 1 | Inox | 1,00 | 1,00 | 9,80 |
| Sistema inyección | 1 | Inox | 12,00 | 12,00 | 117,60 |
| Aceite (lt) | 17 | aceite | 0,89 | 15,13 | 148,27 |
| Sistema de volteo | 1 | Inox | 10,00 | 10,00 | 98,00 |
| Sistema de calentamiento | 1 | Inox | 10,00 | 10,00 | 98,00 |
| Total | | | | 67,33 | 659,83 |

Elaborado por: Juan Pablo Carrillo

Por lo que tenemos una carga total de 660 N, por seguridad (cargas extras no deseadas) usaremos un factor de seguridad por lo que trabajaremos con una carga total corregida de 1000 N. La misma que se distribuirá uniformemente en toda la bancada.

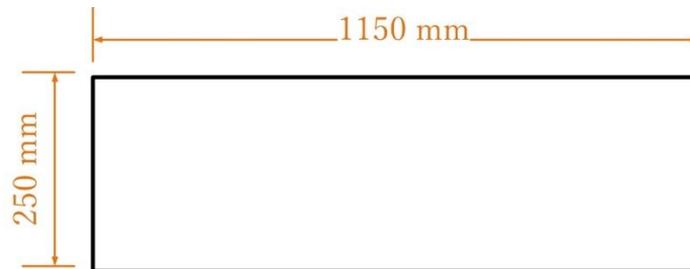


Figura 47: Medidas bancada

Fuente: Juan Pablo Carrillo

5.2 Distribución travesaños:

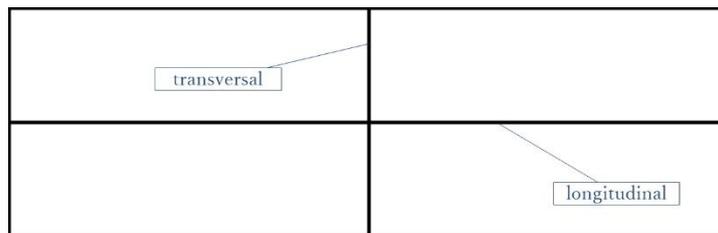


Figura 48: Distribución de elementos

Fuente: Juan Pablo Carrillo

Por sus características de longitud y carga diseñaremos el travesaño longitudinal como un elemento sometido a flexión, con una carga de 1000 N, uniformemente distribuida en toda su longitud.

$$\text{Carga distribuida} = 1000 \text{ N} / 1,15 \text{ m} = 869,6 \text{ N/m}$$

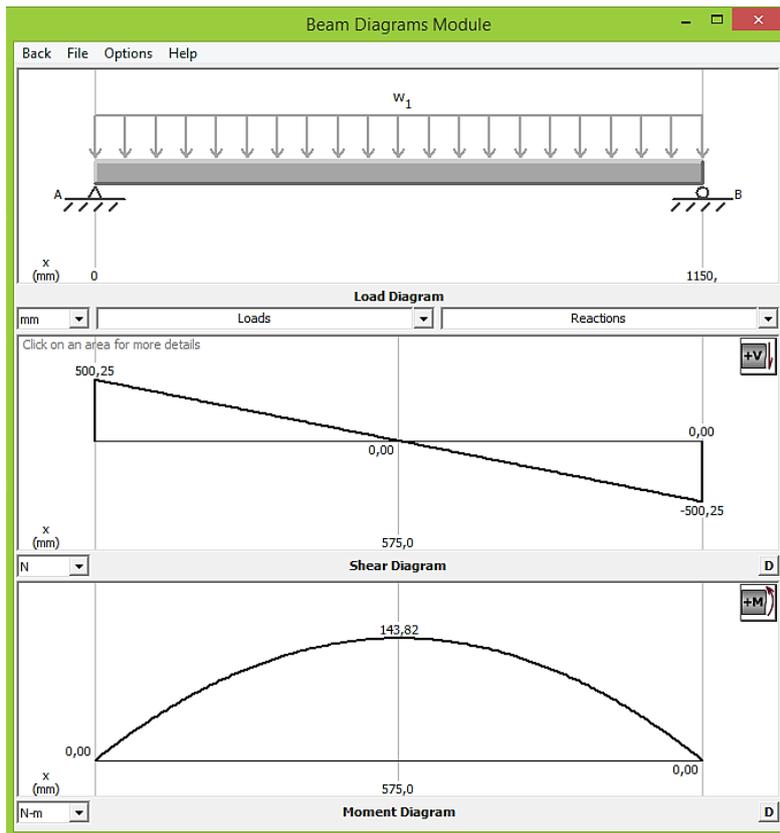


Figura 49: Diagramas de cortante y Momento

Fuente: MDSolids 4.0

Utilizando el software MDSolids obtenemos en momento flector máximo de 143,8 N.m

Utilizando la fórmula de la flexión (Hibbeler, Mecánica de materiales , 2006)

$$\sigma = \frac{M}{S} \quad (13)$$

Dónde:

σ : Esfuerzo normal a flexión

M : Momento flector máximo

S : Módulo de sección

Utilizando el esfuerzo de flexión admisible = 0,6 Sy (Hibbeler, Mecánica de materiales , 2006), calculamos el módulo de sección mínimo, para un acero estructural con Sy = 248 MPa

$$S = \frac{M}{0,6 S_y} \quad (14)$$

$$S = \frac{143,8 \text{ Nm}}{0,6 \times 248 \times 10^6 \text{ N/m}^2} = 9,7 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$S = 0,97 \text{ cm}^3$$

Con el módulo de sección calculado, seleccionamos un perfil, existente en el mercado local (Anexo 6)

Seleccionamos un tubo cuadrado 25x25x2 de acero ASTM A500.

5.3 Simulación bancada

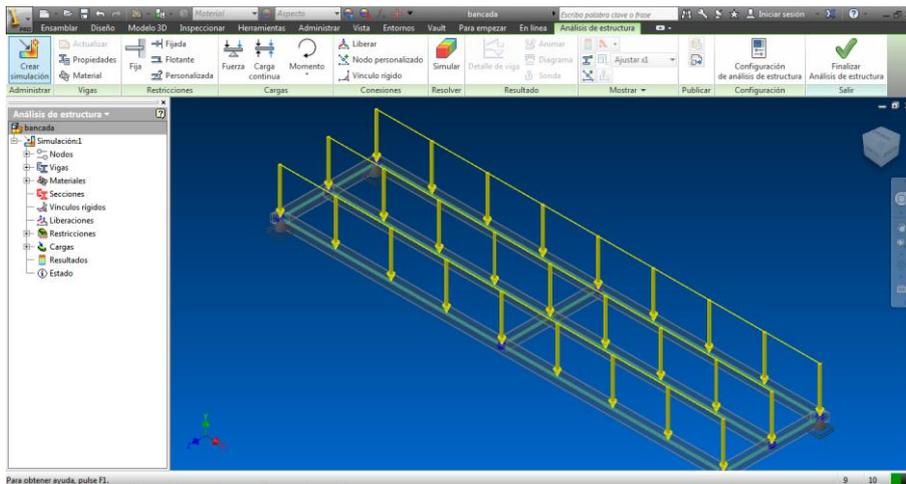


Figura 50: Asignación de cargas

Autor: Juan Pablo Carrillo
Elaborado en: Autodesk Inventor

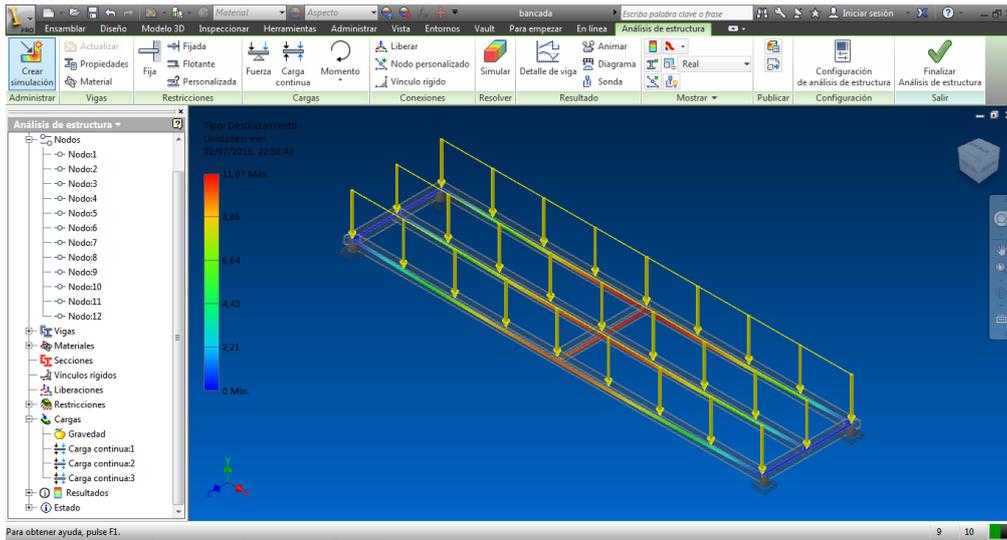


Figura 51: Deformaciones

Autor: Juan Pablo Carrillo
Elaborado en: Autodesk Inventor

Del resultado de la simulación obtenemos un valor de deflexión de 11,07 mm, lo que comparamos con la deflexión admisible

$$[\delta] = \frac{L}{400} = \frac{1150}{400} = 2,87 \text{ mm}$$

Por lo que concluimos que el elemento falla por deflexión.

Para mantener el perfil, añadimos apoyos en el centro de la bancada:

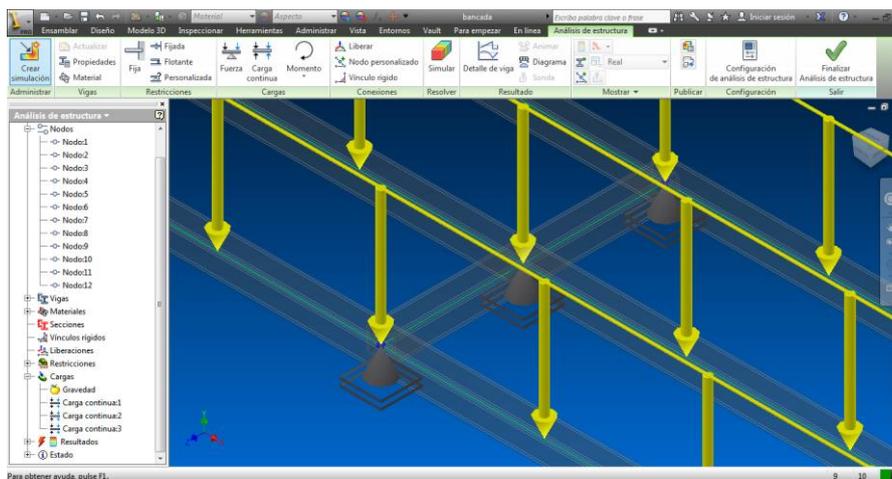


Figura 52: Apoyos adicionales

Autor: Juan Pablo Carrillo
Elaborado en: Autodesk Inventor

5.4 Rediseño bancada

Y se corre la simulación nuevamente:

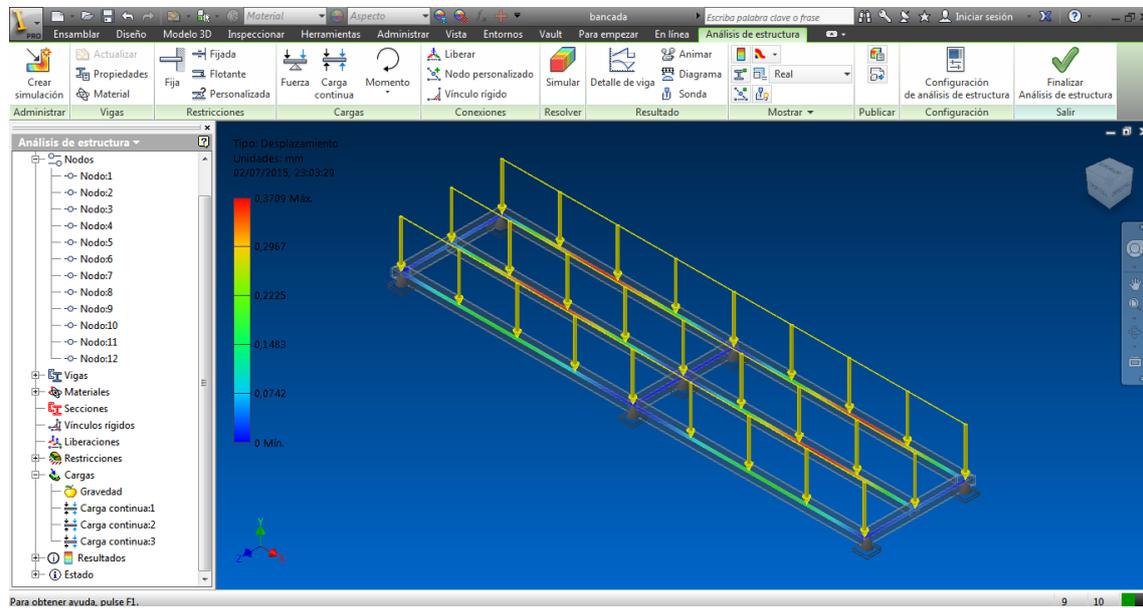


Figura 53: 2º corrida del programa

Autor: Juan Pablo Carrillo
Elaborado en: Autodesk Inventor

Con lo que obtenemos un desplazamiento de 0,37 mm, que es menor al admisible.

Por lo que concluimos que el diseño es óptimo

5.5 Análisis como un conjunto soldado:

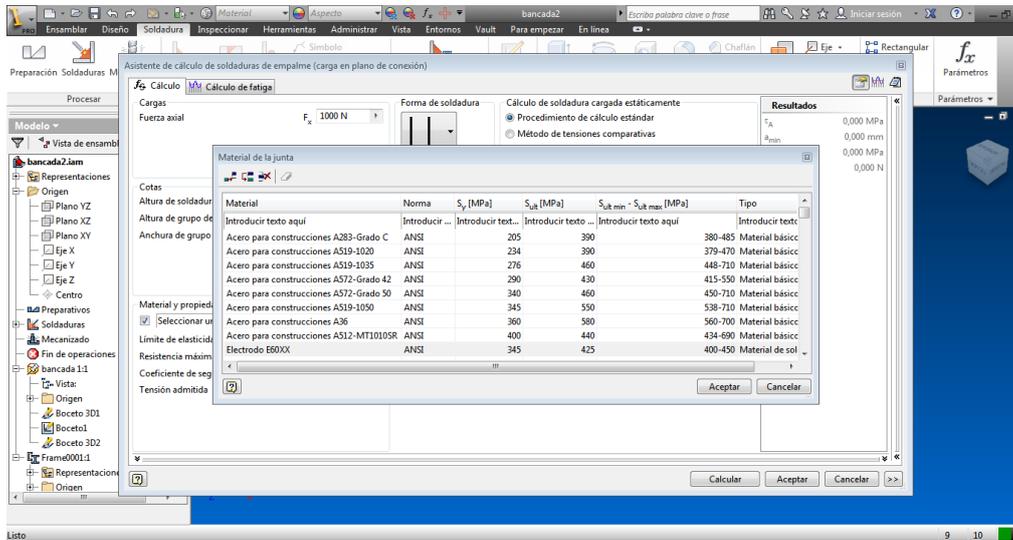


Figura 54: Asignación materiales

Autor: Juan Pablo Carrillo
Elaborado en: Autodesk Inventor

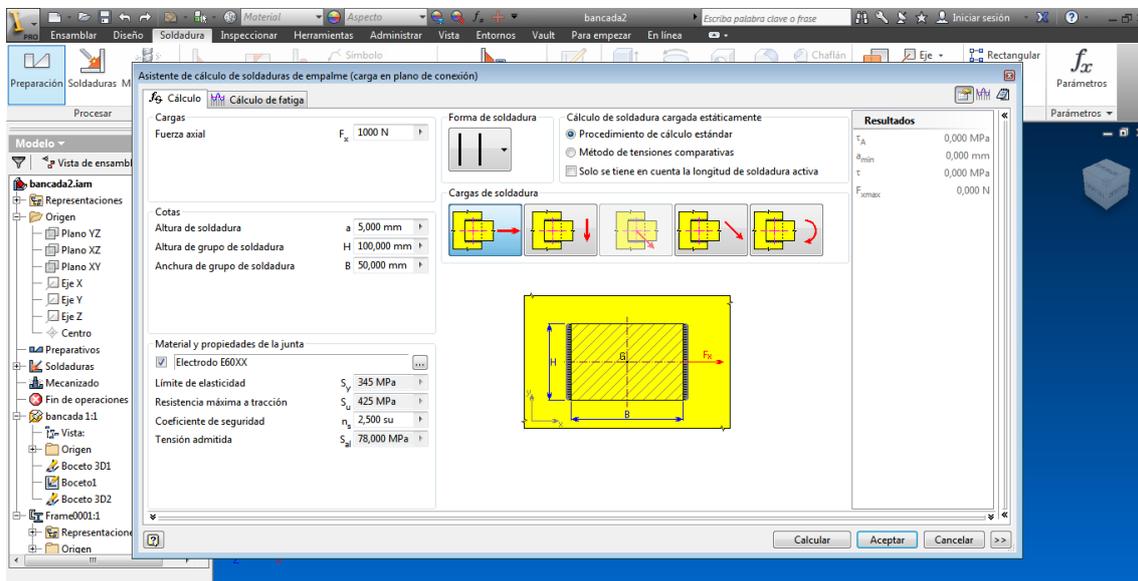


Figura 55: Asignación características cordón

Autor: Juan Pablo Carrillo
Elaborado en: Autodesk Inventor

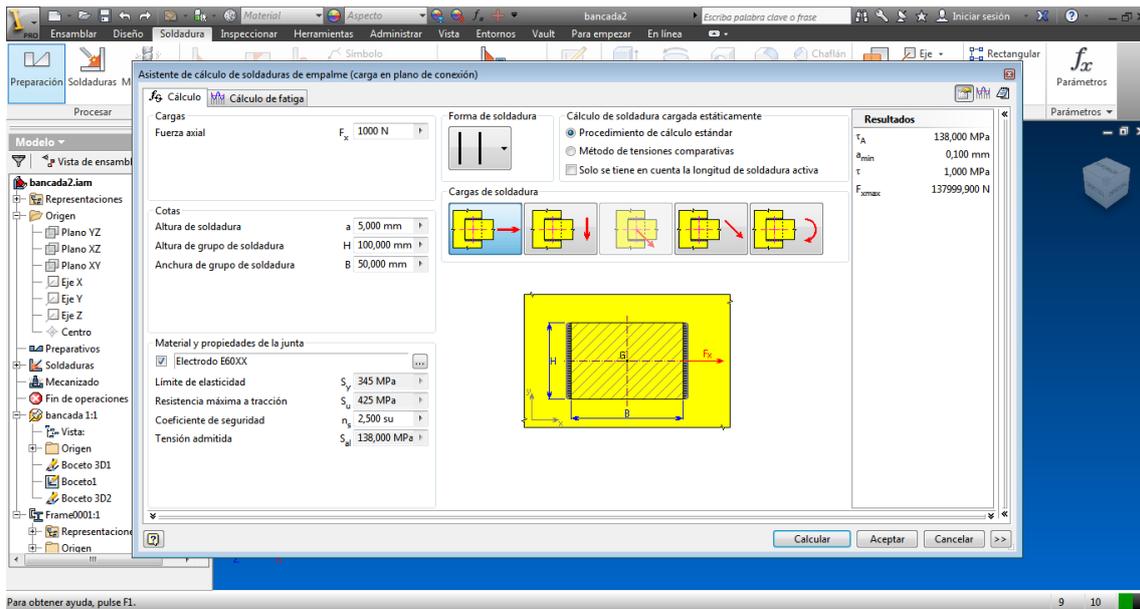


Figura 56: Resultados Simulación

Autor: Juan Pablo Carrillo
Elaborado en: Autodesk Inventor

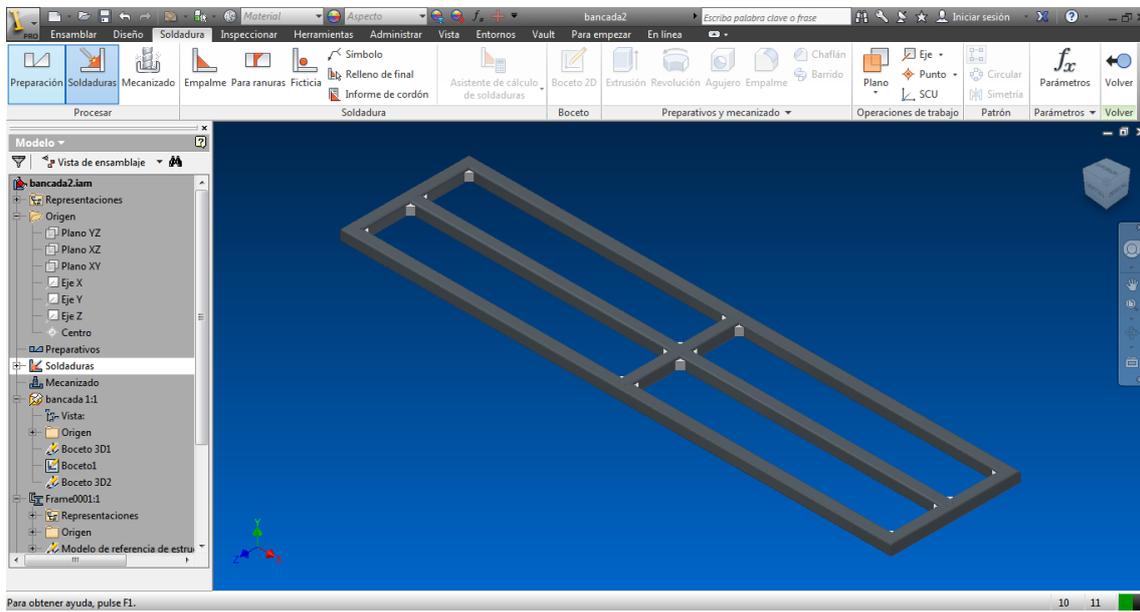


Figura 57: Modelo conjunto soldado

Autor: Juan Pablo Carrillo
Elaborado en: Autodesk Inventor

6. SISTEMA DE CALENTAMIENTO

En el presente capítulo se presenta el diseño del sistema de calentamiento, primeramente se realiza un análisis teórico del proceso de fritura, para posteriormente calcular la cantidad de calor necesaria para este proceso, después se analiza y compara entre dos sistemas de calentamiento (gas GLP y resistencias eléctricas), para hacer la selección del mejor sistema.

6.1 Analizando el sistema :

Durante el proceso de fritura tienen lugar varios cambios físicos, químicos y nutricionales en el alimento. Estos dependen, entre otros factores, de la humedad y del tipo de alimento, de la calidad de aceite utilizado y de la temperatura del proceso, así como del tiempo de residencia del producto en el aceite caliente. (Tirado, Acevedo, & Guzmán, 2012).

La fritura es un proceso físico-químico complejo, en el cual el producto a freír (papas, carne, pescado, productos empanados, etc.) se introduce crudo o cocido en el aceite durante determinado tiempo a temperaturas entre 175-195°C, para favorecer una rápida coagulación de las proteínas de la superficie del producto y provocar una casi impermeabilización del mismo, la que controla la pérdida de agua desde su interior, convirtiéndose en vapor.

Esta situación facilita la cocción interna del producto, el cual queda más jugoso y permite la conservación de muchas de las características propias del alimento, mejorando en la mayoría de los casos, su sabor, textura, aspecto y color. Así es posible obtener un producto más apetecible, lo cual sin lugar a dudas contribuye al éxito de consumo de los productos fritos. (Álvarez Gil, 2005)

De los datos analizados anteriormente tenemos:

Temperatura de fritura = 180° C

Tiempo de fritura = 22 segundos

Volumen de aceite = 17 litros

Densidad del aceite = 0,86 gr/cm³

Calor específico aceite = 2000 J/kg. °K (<http://www.vaxasoftware.com>, 2012)

Calcularemos la cantidad de calor necesario para calentar el aceite desde una temperatura inicial de 20° C (temperatura ambiente) hasta los 180 ° C necesarios para hacer la fritura de las donas.

Calculamos la masa de aceite:

$$m = \delta_{aceite} \times V_{aceite} \quad (15)$$

$$m = 0,86 \frac{gr}{cm^3} \times 17000 \text{ cm}^3 = 14620 \text{ gr}$$

$$m = 14,62 \text{ kg}$$

Usando la ecuación de cambio de la energía interna (Cengel, 2004):

$$Q_{int} = mC\Delta T \quad (16)$$

$$Q_{int} = 14,62 \text{ kg} \times 2000 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ K} \times (453,15 - 293,15)^\circ K$$

$$Q_{int} = 4678400 \text{ J} = 4678,4 \text{ KJ}$$

$$Q_{int} = 1,3 \text{ kW/h}$$

Para evaluar el mejor sistema de calentamiento de calentamiento, se analizará dos opciones:

- ⇒ Calentamiento por gas (GLP)
- ⇒ Calentamiento por resistencias eléctricas

6.1.1 Opción 1: Calentamiento por gas (GLP)

Poder calorífico GLP: 19026 Kcal/m³ (Manjarres & Pacheco, 2008)

Se calcula la cantidad necesaria de gas para obtener la energía calorífica necesaria para calentar los 17 litros de aceite.

$$Q_{int} = 4678400 J = 1117,4 kcal \quad (17)$$

$$V_{GLP} = \frac{Q_{int}}{\text{Poder calorífico}} = \frac{1117,4 kcal}{19026 kcal/m^3}$$

$$V_{GLP} = 0,058 m^3 = 58 litros$$

La densidad del GLP es: 0,56 kg/lt (www.gasolinerasgaviota.com, 2012)

Calculamos la masa de gas:

$$m_{GLP} = \delta \times V = 0,56 \frac{kg}{lt} \times 58 lt$$

$$m_{GLP} = 32,48 kg$$

Es decir se necesita dos cilindros de gas para realizar el proceso

Selección del calentador de inmersión: (www.resistencias.es, 2012) (Anexo 7)

Calcularemos el tiempo necesario para llegar a la temperatura necesaria:

$$Q_{int} = \dot{Q}_{int} \Delta t \quad (18)$$

$$\Delta t = \frac{Q_{int}}{\dot{Q}_{int}}$$

Tabla 11: Calor producido vs tiempo

| Ref. | Q_{int} (J) | \dot{Q}_{int} (J/s) | t (s) | t (min) |
|-----------|---------------|-----------------------|---------|---------|
| EL- 11306 | 4678400 | 6000 | 779,73 | 13,00 |
| EL- 11307 | 4678400 | 7500 | 623,79 | 10,40 |
| EL- 11308 | 4678400 | 9000 | 519,82 | 8,66 |
| EL- 11313 | 4678400 | 4500 | 1039,64 | 17,33 |
| EL- 11315 | 4678400 | 6000 | 779,73 | 13,00 |

Costo de 1 kW h (Ecuador) = 9,20 centavos de dólar = 0,092 usd.
(www.regulacioneolica.gob.ec, 2014)

6.2.1 Comparación entre los dos sistemas de calentamiento:

Para el análisis de que sistema es mejor nos basaremos en el estudio realizado en la Universidad de Antioquia por el “Grupo De Ciencia y Tecnología Del Gas y Uso Racional De La Energía – Facultad de Ingeniería”, con su trabajo: “Análisis comparativo de eficiencia en cocción con gas natural y electricidad”, del cual podemos mencionar:

En la combustión del gas natural en un gasodoméstico, se tiene pérdidas de energía por calor latente de vaporización del agua en los productos de combustión, las cuales representan un 10% del poder calorífico superior.

La transferencia de calor en una cocina eléctrica se da principalmente por conducción y radiación, en las cocinas de gas por convección y radiación, siendo la radiación en las cocinas a gas más focalizada hacia la carga (sustancia a calentar). Todo esto genera mayor pérdida de calor hacia el ambiente en las cocinas a gas.

6.3.1 Conclusiones:

La eficiencia de las cocinas eléctricas es mayor que la de las cocinas a gas. Ello implica que la relación eficiencia eléctrica – eficiencia de gas es mayor que uno, lo cual es determinante al momento de estimar los volúmenes de gas al hacer la conversión electricidad – gas. (Arrieta, Cadavid, & Ospina, 2001)

6.4.1 Aplicando este análisis para la máquina de donas:

Con un sistema de calentamiento eléctrico, usando resistencias de inmersión, logramos transferir toda la energía calorífica de la resistencia al aceite, ya que como esta se encuentra sumergida, solo vamos a tener transferencia de calor por convección, eliminando la pérdida de calor por radiación al ambiente.

En el caso de un sistema de calentamiento con un sistema a gas, este necesariamente se lo colocará en la parte inferior externa del recipiente porta aceite, y como menciona en análisis anterior, por efecto del aire habrá pérdida de calor al ambiente, además la temperatura del aceite no debe superar los $180^{\circ} \text{C} \pm 3^{\circ} \text{C}$, el sistema de control de temperatura para mantener la misma es más complicado y caro que el que se necesita para el sistema eléctrico.

En conclusión el sistema de calentamiento óptimo para la máquina es el sistema eléctrico con resistencias de inmersión.

7. Referencias Bibliográficas y electrónicas

- Àlvarez Gil, M. (2005). *Fritura de alimentos*. La Habana: Universidad de La Habana.
- ANGULO ASATEGUI, J. &. (2012). *Micro controladores PIC: Diseño práctico de aplicaciones*. Madrid – España: McGRAW-HILL.
- Ansys. (27 de 06 de 2014). Obtenido de Ansys: http://www.ansys.com/es_es/Productos/Simulation+Technology
- ARDUINO. (27 de junio de 2014). *Arduino Home*. Obtenido de <http://www.arduino.cc/es/>
- Arrieta, A., Cadavid, F., & Ospina, J. (2001). Anàlisis comparativo de eficiencia en cocción con gas natural y electricidad. *Revista Facultad de Ingeniería*.
- Autodesk. (27 de 06 de 2014). Obtenido de Autodesk: <http://www.autodesk.es/products/autodesk-simulation-family/overview>
- Autodesk. (27 de 06 de 2014). Obtenido de <http://www.autodesk.es/products/autodesk-inventor-family/features/new/list-view>
- Avallone, E., & Baumeister, T. (2007). *Marks, Standar Handbook of Mechanical Engineers*. New York: McGraw Hill.
- Butters, J. &. (1970). *Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos*. Zaragoza-España: ACRIBIA.
- Cengel, Y. (2004). *Transferencia de calor*. Mèxico: McGraw Hill.
- Cerana, I. Q. (2014). *Inventor Profesional 2014*. Lima - Peru: Megabyte.
- Donuts, D. (30 de 06 de 2014). Obtenido de <http://www.dunkindonuts.com/content/dunkindonuts/es.html>
- Faires, V. M. (2012). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Barcelona: Montaner y Simón, S.A.
- Hibbeler, R. (2004). *Mecánica vectorial para ingenieros: dinámica*. Mexico: Pearson Education.
- Hibbeler, R. (2006). *Mecànica de materiales* . Mèxico: Pearson.
- Hollger, S. (1985). *Matemática Aplicada para la Técnica Mecánica*. Eshborn: GTZ.
- <http://www.elacero.com.ec>. (2014). Obtenido de <http://www.elacero.com.ec/pdf/aceros.pdf>
- <http://www.ingenieriaycalculos.com>. (s.f.). Obtenido de <http://www.ingenieriaycalculos.com/matematicas/geometria/figuras3d/calculadoratoroide>
- <http://www.sumiteccr.com>. (2010). Obtenido de <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20304.pdf>

- <http://www.vaxasoftware.com>. (2012). Obtenido de http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/fis/calorespec.pdf
- Legaz, R. (2010). *Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible*. upcommons.upc.edu.
- Lercker, G., & Carrasco Pancorbo, A. (2010). *El proceso culinario de fritura y el uso del aceite de oliva en el mismo*. España.
- Manjarres, D., & Pacheco, L. (2008). *Seguridad industrial en instalaciones centralizadas gasodomesticas*. Quito: E.P.N.
- Melvin, D. (2013). *Autodesk Inventor 2014: Assemblies and Advanced Concepts*. E.E.U.U: TEDCF.
- Mott, R. (2010). *Mecánica de fluidos aplicada*. Mexico: Prentice hall.
- Olmo, Á. M. (2014). *Introducción al Analisis Matemático del Método de Elementos Finitos*. Madrid-España: Editorial Complutense.
- Palmex. (2012). *Manual de freido*.
- PIC, C. (15 de julio de 2014). *Wikipedia*.
- Pytel, A., & Singer, F. (1994). *Resistencia de Materiales*. México: AlfaOmega.
- Shingley, J. (2010). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. Mexico: McGraw-Hill.
- Tirado, Acevedo, & Guzmàn. (2012). *Freido por inmersión de los alimentos*. Cartagena: Universidad de Cartagena.
- wikipedia*. (s.f.).
- www.gasolinerasgaviota.com. (2012). Recuperado el julio de 2015, de www.gasolinerasgaviota.com/wp-content/uploads/2012/11/licuado.pdf
- www.regulacionelectrica.gob.ec. (2014). Recuperado el julio de 2015
- www.resistencias.es. (2012). Recuperado el julio de 2015
- Younis, W. (2014). *Up and Running with Autodesk Inventor Professional 2013: Part 1 Stress and Frame Analysis*. Wasin Younis.
- Younis, W. (2014). *Up and Running with Autodesk Inventor Professional 2014*. Wasim Younis.

ANEXOS

Anexo 1: Barras 304

BARRAS 304

REDONDO

| Diámetro (pulg) | Peso (kg/m) |
|-----------------|-------------|
| 3/16 | 0,1 |
| 1/4 | 0,2 |
| 5/16 | 0,4 |
| 3/8 | 0,6 |
| 1/2 | 1,0 |
| 5/8 | 1,6 |
| 3/4 | 2,2 |
| 7/8 | 3,0 |
| 1 | 4,0 |
| 1 1/8 | 5,0 |
| 1 1/4 | 6,2 |
| 1 1/2 | 8,9 |
| 1 3/4 | 12,2 |

| Diámetro (pulg) | Peso (kg/m) |
|-----------------|-------------|
| 2 | 15,9 |
| 2 1/4 | 20,1 |
| 2 1/2 | 24,9 |
| 2 3/4 | 30,1 |
| 3 | 35,8 |
| 3 1/2 | 48,7 |
| 4 | 63,6 |
| 4 1/2 | 80,5 |
| 5 | 99,4 |
| 5 1/2 | 120,3 |
| 6 | 143,2 |
| 8 | 254,6 |

Anexo 2: Eje de Trasmisión

EL ACERO

SAE 1018 Eje de transmisión - tolerancias h10-h11



GENERALIDADES: Acero de bajo contenido de carbono.

ANÁLISIS TÍPICO %

| | C | Mn | P | S |
|----------|-----------|-----------|-------|-------|
| SAE 1018 | 0.15-0.20 | 0.60-0.90 | 0.040 | 0.050 |

PROPIEDADES MECÁNICAS

Suministrado laminado en frío (medidas pequeñas hasta 2 1/2 ") o torneado (medidas hasta 6"). Las medidas 7", 8", 9" y 10" son suministradas laminadas en caliente o torneado de desbaste.

| Propiedad: Laminado en Frío | |
|---|---------|
| Esfuerzo de cedencia, kg/mm ² | min. 31 |
| Resistencia a la tracción, kg/mm ² | 51-71 |
| Elongación, AS | 20% |
| Reducción de área, Z | 57% |
| Dureza | 163 HB |

APLICACIONES

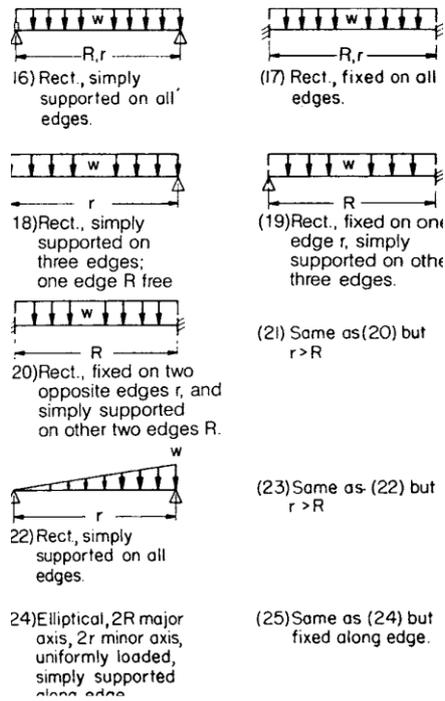
Donde se requiera aplicaciones con cargas mecánicas no muy severas, pero con ciertos grados de tenacidad importantes, como por ej.: pernos y tuercas, piezas de máquinas pequeñas, ejes, bujes, pasadores, grapas, etc. Factible de cementación con buena profundidad de penetración debido a su alto contenido de manganeso. Excelente soldabilidad.

MEDIDAS EN STOCK:

REDONDO

| Díámetro (pulg) | Peso (kg/m) |
|-----------------|-------------|
| 1/4 | 0,2 |
| 5/16 | 0,4 |
| 3/8 | 0,6 |
| 1/2 | 1,0 |
| 5/8 | 1,6 |
| 3/4 | 2,2 |
| 7/8 | 3,0 |
| 1 | 4,0 |
| 1 1/8 | 5,0 |
| 1 1/4 | 6,2 |

Anexo3: Placas Rectangulares y Elípticas



Fuente: Marks, Manual del ingeniero mecánico.

Anexo 4: Coeficientes k y k_1 para Placas Rectangulares y Elípticas

Table 5.2.20 Coefficients k and k_1 for Rectangular and Elliptical Plates ($\mu = 0.3$)

| Case | R/r | | | | | | | | | |
|------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | 1.0 | | 1.5 | | 2.0 | | 3.0 | | 4.0 | |
| | k | k_1 |
| 16 | 0.287 | 0.0443 | 0.487 | 0.0843 | 0.610 | 0.1106 | 0.713 | 0.1336 | 0.741 | 0.1400 |
| 17 | 0.308 | 0.0138 | 0.454 | 0.0240 | 0.497 | 0.0277 | 0.500 | 0.028 | 0.500 | 0.028 |
| 18 | 0.672 | 0.140 | 0.768 | 0.160 | 0.792 | 0.165 | 0.798 | 0.166 | 0.800 | 0.166 |
| 19 | 0.500 | 0.030 | 0.670 | 0.070 | 0.730 | 0.101 | 0.750 | 0.132 | 0.750 | 0.139 |
| 20 | 0.418 | 0.0209 | 0.626 | 0.0582 | 0.715 | 0.0987 | 0.750 | 0.1276 | 0.750 | |
| 21* | 0.418 | 0.0216 | 0.490 | 0.0270 | 0.497 | 0.0284 | 0.500 | 0.0284 | 0.500 | 0.0284 |
| 22 | 0.160 | 0.0221 | 0.260 | 0.0421 | 0.320 | 0.0553 | 0.370 | 0.0668 | 0.380 | 0.0700 |
| 23* | 0.160 | 0.0220 | 0.260 | 0.0436 | 0.340 | 0.0592 | 0.430 | 0.0772 | 0.490 | 0.0908 |
| 24 | 1.24 | 0.70 | 1.92 | 1.26 | 2.26 | 1.58 | 2.60 | 1.88 | 2.78 | 2.02 |
| 25 | 0.75 | 0.171 | 1.34 | 0.304 | 1.63 | 0.379 | 1.84 | 0.419 | 1.90 | 0.431 |

* Length ratio is r/R in cases 21 and 23.

Fuente: Marks, Manual del ingeniero mecánico.

Anexo 5: Espesores de planchas inox

PLANCHAS INOXIDABLES

Especificaciones Generales

| | |
|------------------|--|
| Norma | 304, 316, 430 |
| Espesores | Desde 0.40mm hasta 15.00mm |
| Rollos | X 1220mm |
| Planchas | 4 x 8 pies Largos y calidades especiales bajo pedido |

Fuente: Catalogo DIPAC

Anexo 6: Dimensiones Tubo Estructural Cuadrado

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

| | |
|----------------------|--------------------------|
| Norma | ASTM A-500 |
| Recubrimiento | Negro o galvanizado |
| Largo normal | 6.00m |
| Otros largos | Previa Consulta |
| Dimensiones | Desde 20.00mm a 100.00mm |
| Espesor | Desde 2.00mm a 3.00mm |



| DIMENSIONES | | | AREA | EJES X-Xe Y-Y | | |
|-------------|---------|------|------|---------------|------|------|
| A | ESPEJOR | PESO | AREA | I | W | i |
| mm | mm | Kg/m | cm2 | cm4 | cm3 | cm |
| 20 | 1,2 | 0,72 | 0,90 | 0,53 | 0,53 | 0,77 |
| 20 | 1,5 | 0,88 | 1,05 | 0,58 | 0,58 | 0,74 |
| 20 | 2,0 | 1,15 | 1,34 | 0,69 | 0,69 | 0,72 |
| 25 | 1,2 | 0,90 | 1,14 | 1,08 | 0,87 | 0,97 |
| 25 | 1,5 | 1,12 | 1,35 | 1,21 | 0,97 | 0,95 |
| 25 | 2,0 | 1,47 | 1,74 | 1,48 | 1,18 | 0,92 |
| 30 | 1,2 | 1,09 | 1,38 | 1,91 | 1,28 | 1,18 |
| 30 | 1,5 | 1,35 | 1,65 | 2,19 | 1,46 | 1,15 |
| 30 | 2,0 | 1,78 | 2,14 | 2,71 | 1,81 | 1,13 |

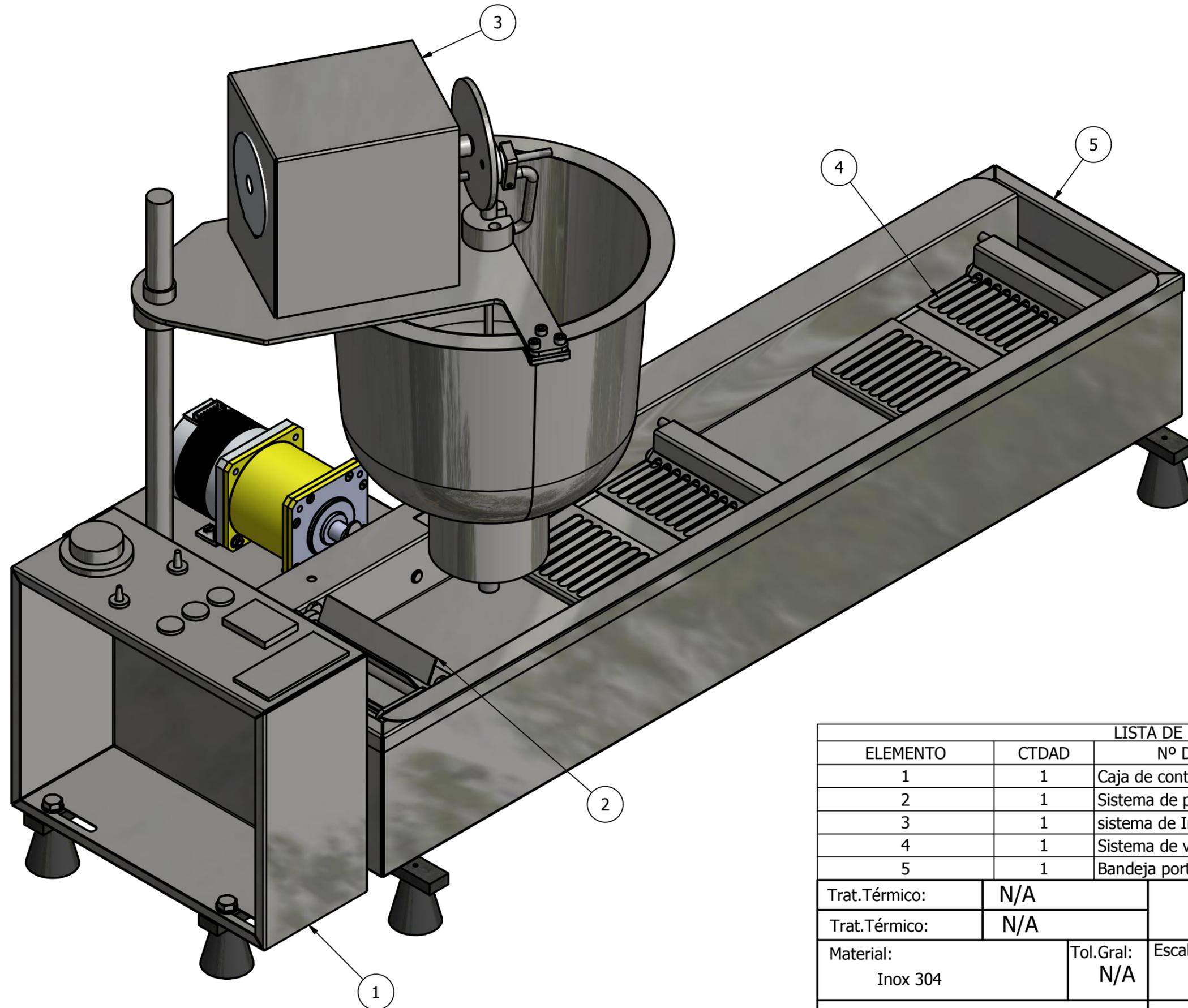
Fuente: DIPAC

Anexo 7: Resistencias de Inmersión

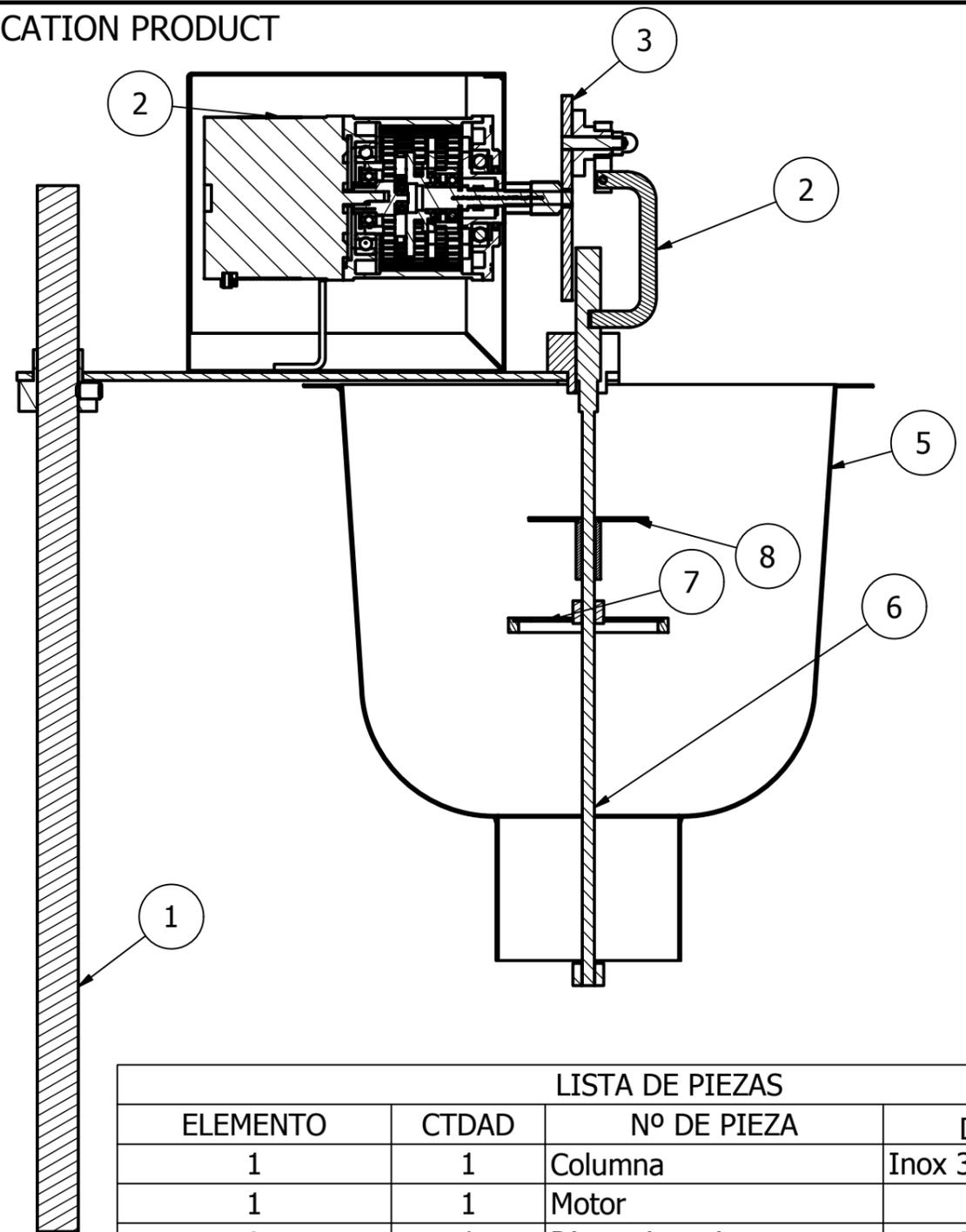
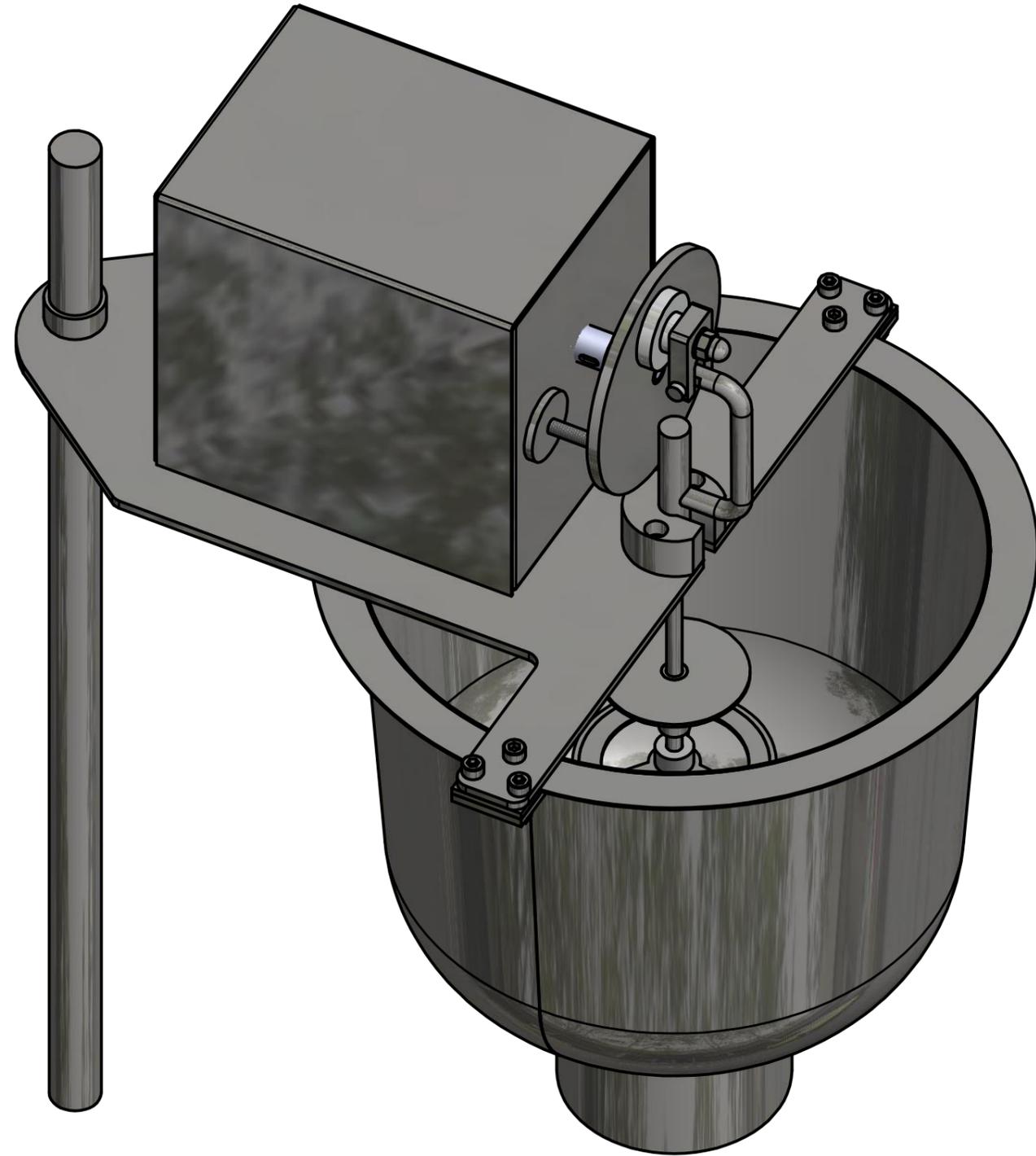
RESISTENCIAS DE INMERSIÓN FORMA 3 "U"

| REF | L en mm | Wattios | Rosca pulgadas GAS | Material |
|----------|---------|---------|--------------------|----------|
| EL-11300 | 190 | 1.500 | 1 1/4" ó 1 1/2" | INCOLOY |
| EL-11301 | 270 | 2.250 | 1 1/4" ó 1 1/2" | INCOLOY |
| EL-11302 | 360 | 3.000 | 1 1/4" ó 1 1/2" | INCOLOY |
| EL-11303 | 440 | 3.750 | 1 1/4" ó 1 1/2" | INCOLOY |
| EL-11304 | 520 | 4.500 | 1 1/4" ó 1 1/2" | INCOLOY |
| EL-11306 | 690 | 6.000 | 1 1/4" ó 1 1/2" | INCOLOY |
| EL-11307 | 850 | 7.500 | 1 1/4" ó 1 1/2" | INCOLOY |
| EL-11308 | 1.020 | 9.000 | 1 1/4" ó 1 1/2" | INCOLOY |
| EL-11309 | 360 | 1.500 | 1 1/4" ó 1 1/2" | INCOLOY |
| EL-11311 | 690 | 3.000 | 1 1/4" ó 1 1/2" | INCOLOY |
| EL-11313 | 1.020 | 4.500 | 1 1/4" ó 1 1/2" | INCOLOY |
| EL-11315 | 1.350 | 6.000 | 1 1/4" ó 1 1/2" | INCOLOY |

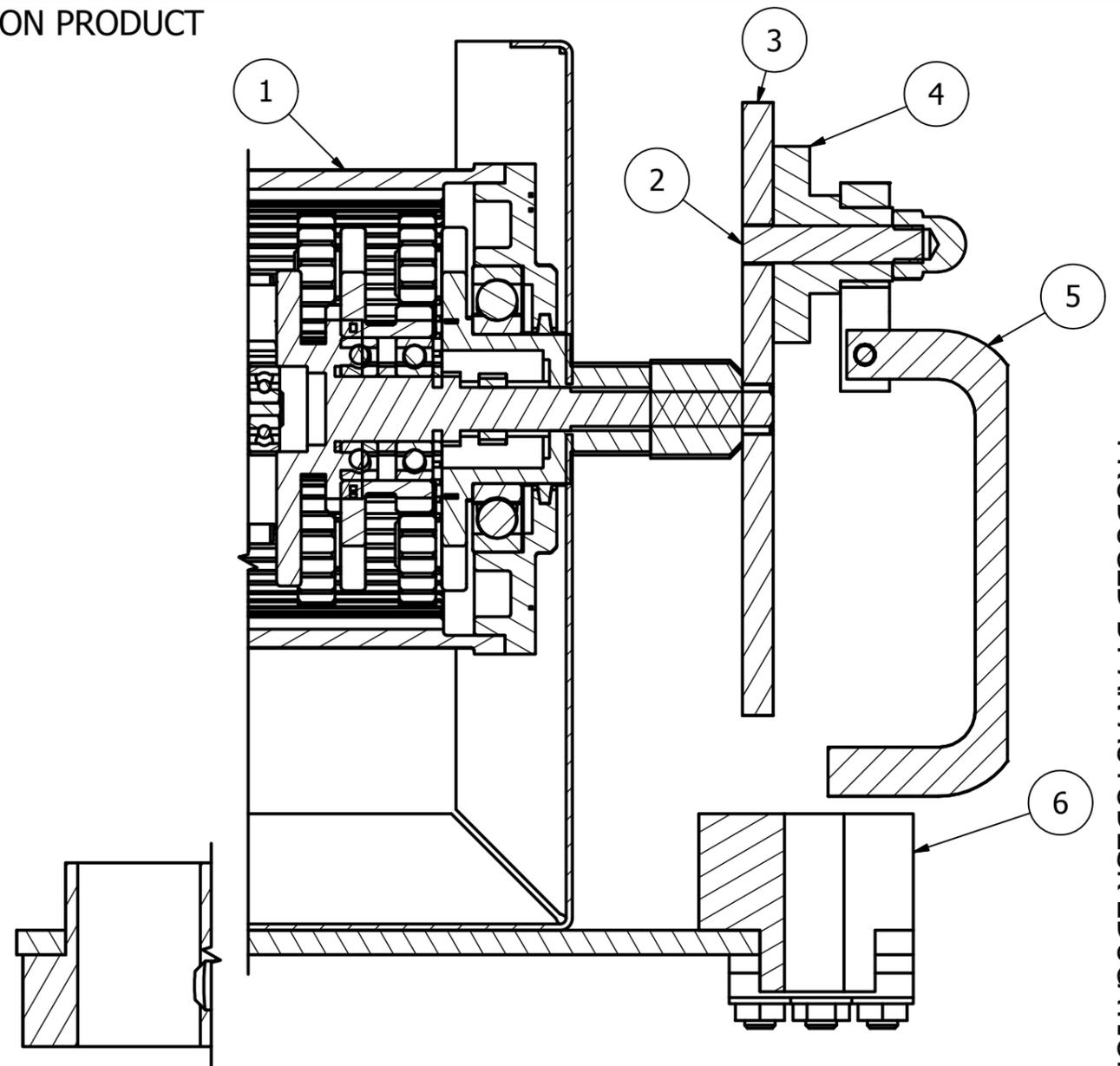
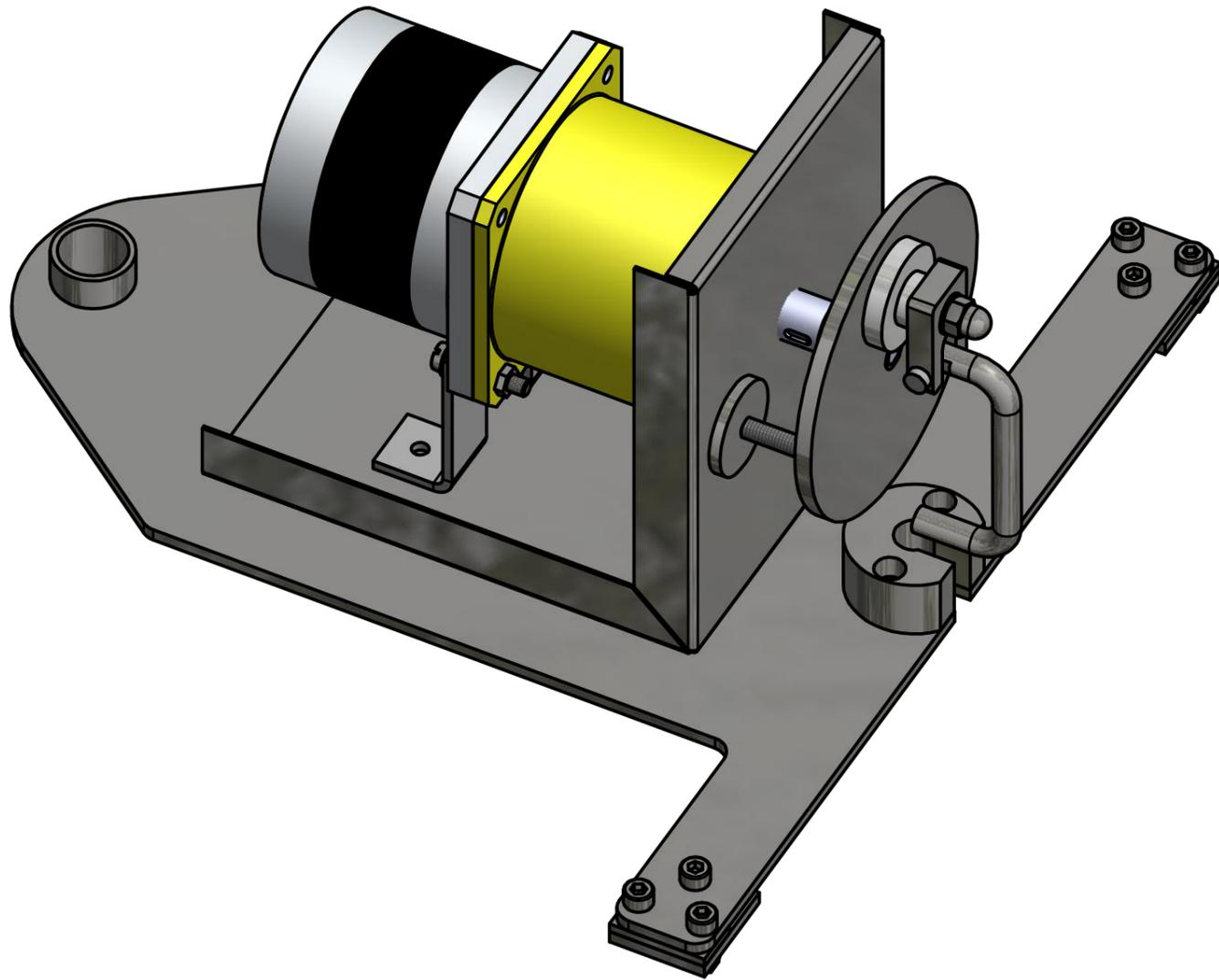




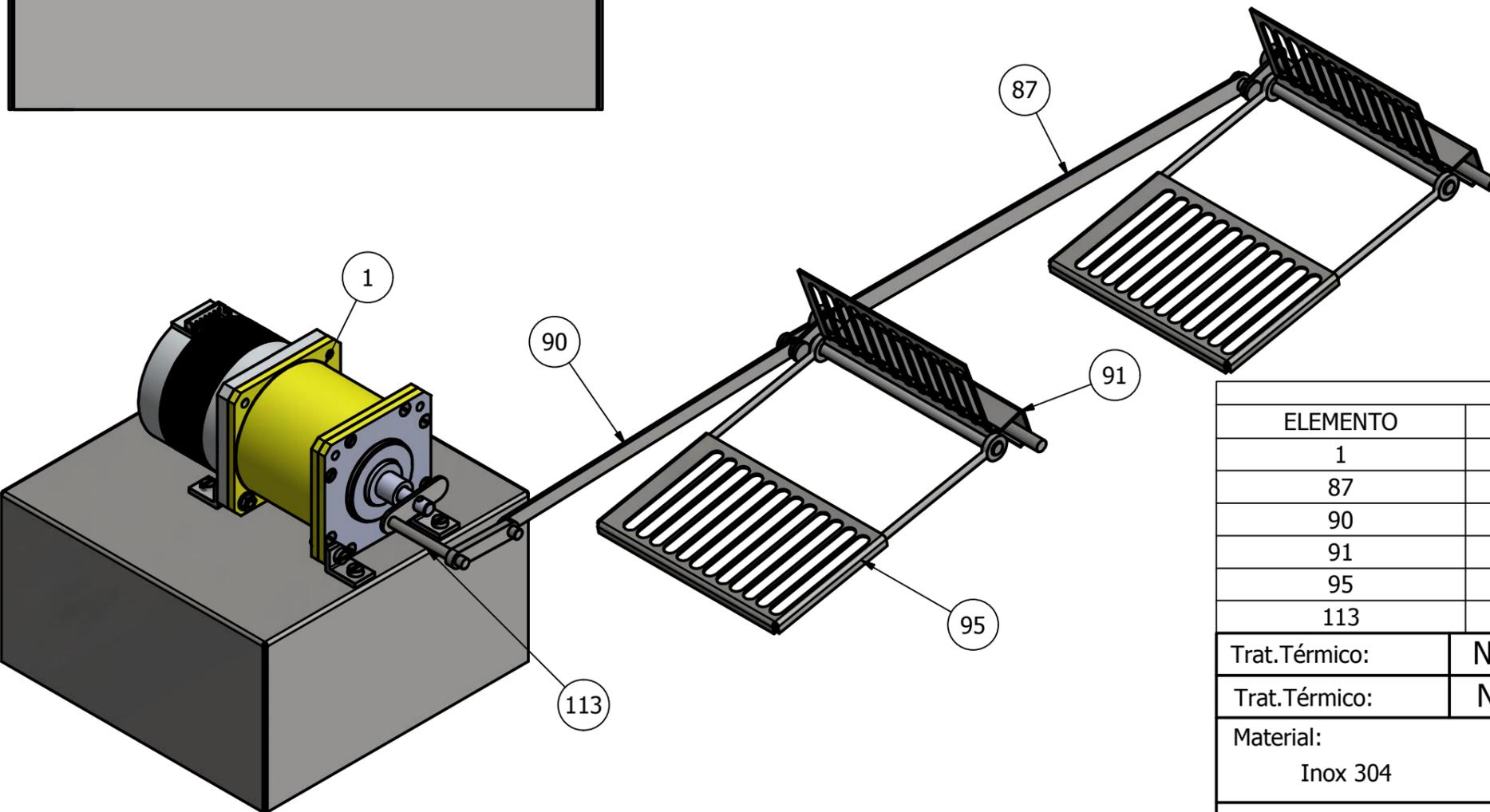
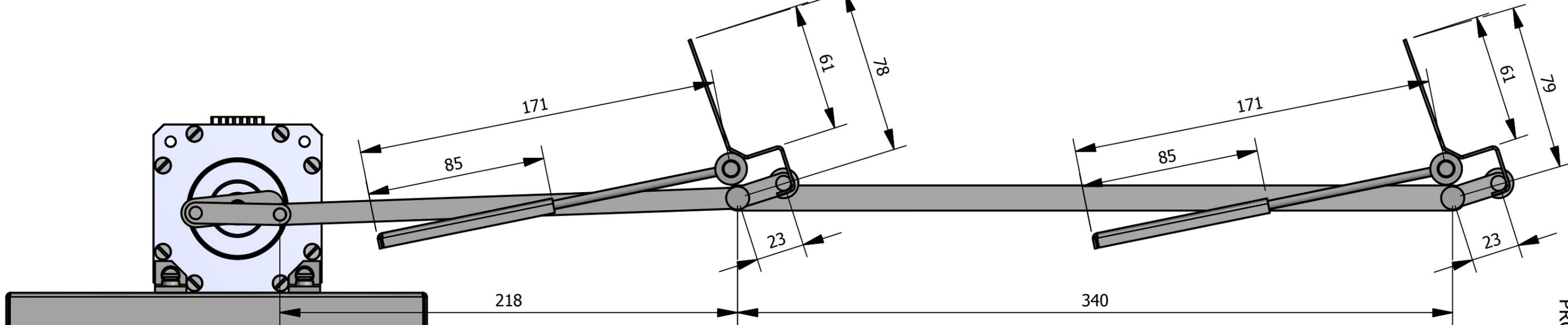
| LISTA DE PIEZAS | | | |
|-----------------|-----------|----------------------|---------------------------------|
| ELEMENTO | CTDAD | Nº DE PIEZA | DESCRIPCIÓN |
| 1 | 1 | Caja de control | |
| 2 | 1 | Sistema de propulsor | |
| 3 | 1 | sistema de Inyección | |
| 4 | 1 | Sistema de volteo | |
| 5 | 1 | Bandeja porta aceite | |
| Trat.Térmico: | N/A | | FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA |
| Trat.Térmico: | N/A | | |
| Material: | Tol.Gral: | Escala: | DIB. Juan Pablo Carrillo |
| Inox 304 | N/A | N/A | DIS. Juan Pablo Carrillo |
| | | | REV. Ing.Paolo Salazar |
| Contiene: | | | Fecha: |
| | | | 08/09/2015 |
| | | | Lamina: |
| | | | 1 de 5 |



| LISTA DE PIEZAS | | | | |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------|
| ELEMENTO | CTDAD | Nº DE PIEZA | DESCRIPCIÓN | |
| 1 | 1 | Columna | Inox 304 | |
| 1 | 1 | Motor | | |
| 3 | 1 | Disco giratorio | Inox 304 | |
| 4 | 1 | Brazo pivotante | Inox 304 | |
| 5 | 1 | Recipiente porta masa | Inox 304, e=1mm | |
| 6 | 1 | Brazo inyector | Inox 304 | |
| 7 | 1 | Disco formador de donas | Inox 304 | |
| 8 | 1 | Disco base de donas | Inox 304 | |
| Trat.Térmico: | | N/A | | |
| Recubrimiento: | | N/A | | |
| Material: | | Tol.Gral: | Escala: | |
| Inox 304 | | N/A | N/A | |
| CONTIENE: SISTEMA DE INYECCIÓN | | | FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA | |
| | | | DIB. | Juan Pablo Carrillo |
| | | | DIS. | Juan Pablo Carrillo |
| REV. | Ing.Paolo Salazar | | | |
| Fecha: | | | 08/09/2015 | LAMINA: |
| | | | | 2 DE 5 |



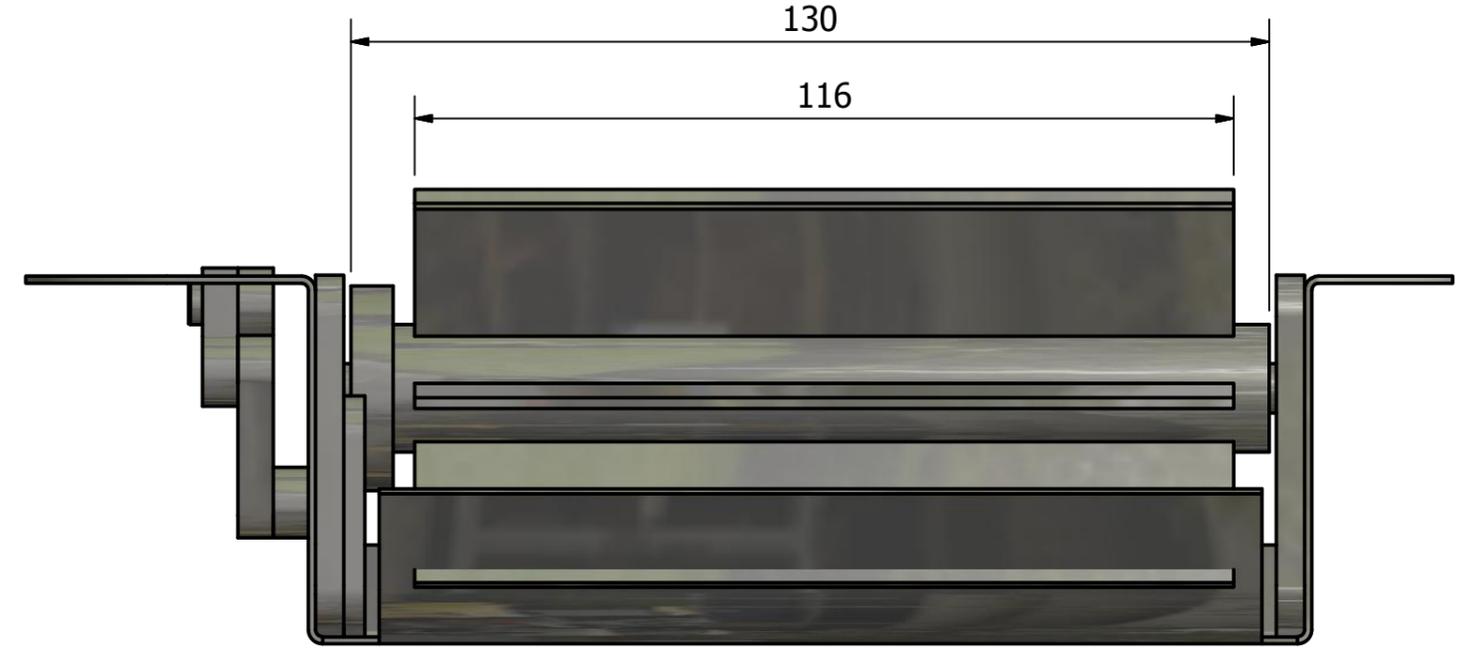
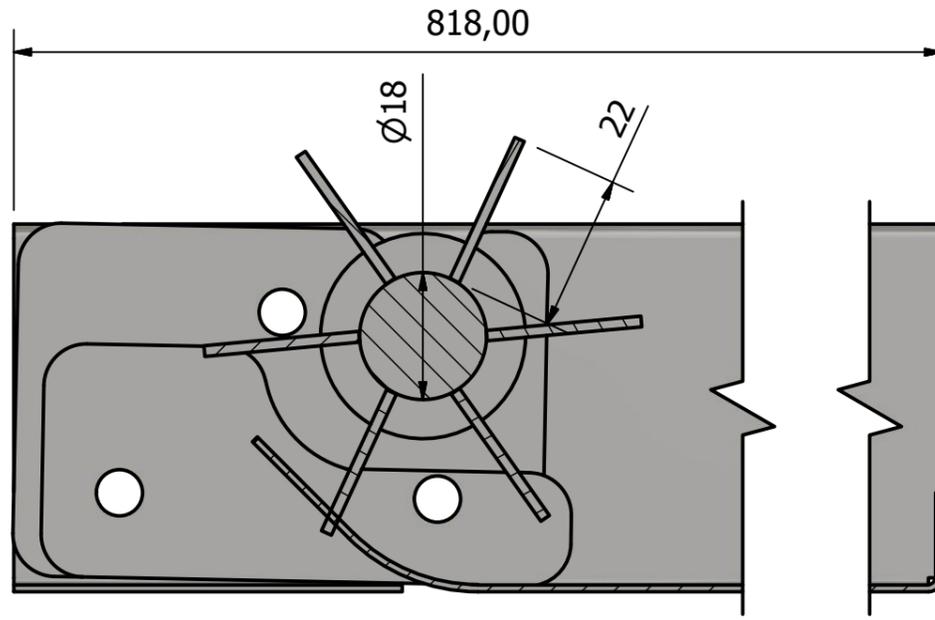
| LISTA DE PIEZAS | | | |
|-----------------|-----------|------------------------|---------------------------------|
| ELEMENTO | CTDAD | Nº DE PIEZA | DESCRIPCIÓN |
| 1 | 1 | Motor | |
| 2 | 1 | Eje conector | Inox 304 |
| 3 | 1 | Disco giratorio | Inox 304 |
| 4 | 1 | Buje | Nylon |
| 5 | 1 | Dado conector | Inox 304 |
| 6 | 1 | Guia de Brazo inyector | Inox 304 |
| Trat.Térmico: | N/A | | FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA |
| Recubrimiento: | N/A | | |
| Material: | Tol.Gral: | Escala: | DIB. Juan Pablo Carrillo |
| Inox 304 | N/A | N/A | DIS. Juan Pablo Carrillo |
| | | | REV. Ing.Paolo Salazar |
| Contiene: | | | Fecha: 08/09/2015 |
| | | | LAMINA: 3 DE 5 |



| LISTA DE PIEZAS | | | |
|-------------------|-----------|------------------|---------------------------------|
| ELEMENTO | CTDAD | Nº DE PIEZA | DESCRIPCIÓN |
| 1 | 2 | Motor | |
| 87 | 1 | Brazo 1 | Inox 304 |
| 90 | 1 | Brazo 2 | Inox 304 |
| 91 | 2 | Bandeja 1 | Inox 304 |
| 95 | 2 | Bandeja 2 | Inox 304 |
| 113 | 1 | Brazo Para motor | Inox 304 |
| Trat.Térmico: | N/A | | FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA |
| Trat.Térmico: | N/A | | |
| Material: | Tol.Gral: | Escala: | DIB. Juan Pablo Carrillo |
| Inox 304 | N/A | N/A | DIS. Juan Pablo Carrillo |
| | | | REV. Ing.Paolo Salazar |
| Contiene: | | | Fecha: |
| Sistema de volteo | | | 08/09/2015 |
| | | | Lamina: |
| | | | 4 DE 5 |

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATION PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATION PRODUCT



| | | | | | | | |
|----------------|----------|-------------------|---------------------------------|---------------------|------------|---------|---------------------|
| Trat.Térmico: | N/A | | FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA | | | | |
| Recubrimiento: | N/A | | DIB. | Juan Pablo Carrillo | | | |
| Material: | Inox 304 | Tol.Gral: | N/A | Escala: | N/A | DIS. | Juan Pablo Carrillo |
| | | | | | | REV. | Ing.Paolo Salazar |
| Contiene: | | SISTEMA DE VOLTEO | | Fecha: | 08/09/2015 | LAMINA: | 5 DE 5 |