



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ORIENTADA AL SECTOR RESTAURANTERO PARA LA ELABORACIÓN DE FIDEOS SPAGHETTI No. 10”

**ARIAS HINOJOSA ROBERTO FRANCISCO
CÓRDOVA UVIDIA RAFAEL ALEXANDER**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2016**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2015-10-02

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**ARIAS HINOJOSA ROBERTO FRANCISCO
CÓRDOVA UVIDIA RAFAEL ALEXANDER**

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ORIENTADA AL
SECTOR RESTAURANTERO PARA LA ELABORACIÓN DE FIDEOS
SPAGHETTI No. 10”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Miguel Aquino Arroba
DIRECTOR

Ing. Ángel Tierra Tingo
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ARIAS HINOJOSA ROBERTO FRANCISCO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ORIENTADA AL SECTOR RESTAURANTERO PARA LA ELABORACIÓN DE FIDEOS SPAGHETTI No. 10”

Fecha de Examinación: 2016-08-01

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Javier Orna Chávez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Miguel Aquino Arroba DIRECTOR			
Ing. Ángel Tierra Tingo ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Javier Orna Chávez
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CORDOVA UVIDIA RAFAEL ALEXANDER

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ORIENTADA AL SECTOR RESTAURANTERO PARA LA ELABORACIÓN DE FIDEOS SPAGHETTI No. 10”

Fecha de Examinación: 2016-08-01

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Javier Orna Chávez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Miguel Aquino Arroba DIRECTOR			
Ing. Ángel Tierra Tingo ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Javier Orna Chávez
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Arias Hinojosa Roberto Francisco

Córdova Uvidia Rafael Alexander

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Arias Hinojosa Roberto Francisco y Córdova Uvidia Rafael Alexander, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Arias Hinojosa Roberto Francisco
Cédula de Identidad: 050315856-0

Córdova Uvidia Rafael Alexander
Cédula de Identidad: 060425699-0

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a enfrentar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento, a la mujer que me dio la vida, mi madre quien fue el pilar más importante en el camino universitario ya que siempre demostró su cariño y apoyo.

Roberto Francisco Arias Hinojosa

Dedico este trabajo principalmente a Dios por ayudarme a cumplir mi objetivo con empeño, fuerza y sabiduría sin dejar que me derrumbe por las adversidades hasta alcanzar mi meta anhelada.

A mis padres que me han guiado por el buen camino, apoyándome en cada paso sin dejarme caer, enseñándome a vencer los obstáculos que se pongan en mi camino hasta llegar a conseguir lo que yo me proponga.

A mis hermanos y a mis amigos, especialmente del CEEA que siempre me dieron ánimos para seguir y consejos que me ayudaron a salir adelante.

Rafael Alexander Córdova Uvidia

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día más.

A mi madre por haberme acompañado y velado por mí durante toda mi carrera universitaria, por haberme motivado para culminar mi carrera profesional.

A mi director de proyecto de titulación, a mi asesor, al Ing. Javier Buitrón, a la Ing. Tatiana Cotacachi, a la Ms Karla Arias quienes me brindaron su apoyo incondicional

Roberto Francisco Arias Hinojosa

Agradezco a Dios por darme fortaleza, salud, vida y una gran familia que me supo brindar todo el cariño y confianza para ver culminada una meta muy importante en mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por entregarme tanto conocimientos como valores que me han convertido en una nueva persona, un profesional que pueda servir y ser útil a la sociedad.

Agradezco al Ing. Miguel Aquino, al Ing. Luis Tierra y al Ing. Javier Buitrón, por brindarme su amistad y asesoramiento en el presente trabajo de titulación, sin cuyo conocimiento y apoyo, no se habría podido culminar exitosamente este anhelado proyecto.

Rafael Alexander Córdova Uvidia

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
2 MARCO TEÓRICO	
2.1 <i>Clasificación de la pasta</i>	4
2.2 Proceso de producción de la pasta fresca.....	5
2.2.1 <i>Recepción y pesaje de las materias primas</i>	5
2.2.2 <i>Mezclado</i>	5
2.2.3 <i>Extrusión – Corte</i>	6
2.3 Máquinas extrusoras de pasta	6
2.3.1 <i>Extrusor estándar para la industria alimenticia</i>	6
2.3.1.1 <i>Motorreductor</i>	7
2.3.1.2 <i>Tolva de alimentación y mezclado</i>	7
2.3.1.3 <i>Tornillo extrusor</i>	7
2.3.1.4 <i>Barril o cilindro</i>	8
2.3.1.5 <i>Matriz de extrusión</i>	8
2.3.2 <i>Máquinas extrusoras de eje vertical</i>	8
2.4 Máquinas extrusoras de fideo spaghetti disponibles en el mercado.	9
2.4.1 <i>La Montferrina Dolly:</i>	9
2.4.2 <i>Tabletop</i>	9
2.5 Diseño higiénico de equipo en la industria alimenticia	10
2.5.1 <i>Materiales de construcción</i>	10
2.5.2 <i>Grietas</i>	11
2.5.3 <i>Uso correcto de tornillos</i>	11
2.5.4 <i>Esquinas cortantes</i>	11
2.5.5 <i>Áreas muertas</i>	12
2.5.6 <i>Drenabilidad del equipo y líneas de proceso</i>	12
2.6 Aceros inoxidable.....	12
2.6.1 <i>Grados austeníticos:</i>	13
2.6.1.1 <i>Grado 303</i>	13
2.6.1.2 <i>Grado 304</i>	13
2.6.1.3 <i>Grado 304L</i>	13
2.6.2 <i>Grados martensíticos</i>	14
2.6.3 <i>Grados ferríticos</i>	14
2.6.4 <i>Aceros inoxidable dúplex</i>	14
2.6.5 <i>Usos de los aceros inoxidable usados en la industria alimenticia</i>	14
3 DISEÑO DE CONCEPTO DE LA MÁQUINA PARA LA PRODUCCIÓN DE PASTA FRESCA	
3.1 Determinación de las características de la máquina	16
3.1.1 <i>Desarrollo de la función de calidad QFD (quality function deployment)</i>	16

3.1.1.1	<i>La voz del usuario:</i>	16
3.1.1.2	<i>La voz del ingeniero:</i>	17
3.1.2	<i>Resultados de la matriz QFD:</i>	17
3.1.3	<i>Conclusiones de la matriz QFD:</i>	19
3.1.4	<i>Especificaciones técnicas</i>	19
3.2	<i>Estructura Funcional</i>	20
3.2.1	<i>Definición de módulos</i>	21
3.3	<i>Alternativas de solución para el módulo:</i>	22
3.3.1	<i>Verter la harina y los agregados:</i>	22
3.3.2	<i>Mezclar la harina y los agregados</i>	22
3.3.2.1	<i>Mezcladora de eje horizontal con cuchillas concéntricas</i>	22
3.3.2.2	<i>Mezcladora de eje horizontal sin paletas</i>	23
3.3.2.3	<i>Mezclador- extrusor de eje vertical</i>	24
3.3.3	<i>Sistema motriz:</i>	24
3.3.3.1	<i>Sistema motriz vertical:</i>	24
3.3.3.2	<i>Sistema motriz horizontal</i>	25
3.3.4	<i>Dosificación de agua</i>	26
3.3.4.1	<i>Dosificación manual</i>	26
3.3.4.2	<i>Dosificación automática</i>	27
3.3.5	<i>Transportar la masa al extrusor</i>	27
3.3.5.1	<i>Caída por gravedad</i>	27
3.3.5.2	<i>Tolva giratoria:</i>	28
3.3.6	<i>Extrusión de la masa:</i>	29
3.3.6.1	<i>Extrusión por tornillo (augen)</i>	29
3.3.6.2	<i>Extrusión utilizando un cilindro</i>	29
3.3.7	<i>Cortar los fideos a la longitud requerida</i>	30
3.3.7.1	<i>Corte de fideo manual:</i>	30
3.3.7.2	<i>Corte de fideo automático:</i>	31
3.4	<i>Alternativas de módulos</i>	31
3.4.1	<i>Evaluación de soluciones:</i>	33
3.4.1.1	<i>Método ordinal corregido de criterios ponderados</i>	33
3.4.1.2	<i>Criterios de valoración del módulo</i>	33
3.4.2	<i>Características de la solución seleccionada</i>	36
4.	DISEÑO MECÁNICO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	
4.1	<i>Dimensionamiento</i>	39
4.1.1	<i>Cálculo de la densidad de la masa alimenticia</i>	39
4.1.2	<i>Cálculo del caudal requerido</i>	40
4.1.3	<i>Cálculo del volumen de la tolva</i>	40
4.1.4	<i>Tornillo extrusor:</i>	43
4.1.4.1	<i>Flujo de arrastre o de fricción:</i>	45
4.1.4.2	<i>Flujo de presión:</i>	45
4.1.4.3	<i>Flujo de infiltración:</i>	45
4.1.4.4	<i>Constante total de la cabeza:</i>	46
4.1.4.5	<i>Cálculo del caudal teórico:</i>	47
4.1.4.6	<i>Cálculo de la potencia requerida</i>	48
4.1.5	<i>Boquilla:</i>	49
4.1.5.1	<i>Relación de velocidad del reductor</i>	49
4.1.5.2	<i>Area equivalente de la boquilla</i>	50
4.1.5.3	<i>Velocidad de salida del fideo</i>	50

4.2	Diseño de las cuchillas de mezclado.....	51
4.2.1	<i>Verificación en Solidworks®</i>	54
4.2.2	<i>Propiedades físicas</i>	55
4.3	Diseño de las paletas de sujeción.....	55
4.3.1	<i>Análisis en C</i>	56
4.3.1.1	<i>Esfuerzo de corte por torsión</i>	56
4.3.1.2	<i>Esfuerzo normal por flexión</i>	57
4.3.1.3	<i>Esfuerzo equivalente</i>	58
4.3.1.4	<i>Factor de seguridad</i>	58
4.3.2	<i>Análisis en A</i>	58
4.3.2.1	<i>Esfuerzo tangencial por torsión</i>	58
4.3.2.2	<i>Esfuerzo equivalente</i>	59
4.3.2.3	<i>Factor de seguridad</i>	59
4.3.3	<i>Verificación en Solidworks®</i>	60
4.3.4	<i>Propiedades físicas</i>	61
4.4	Diseño del eje de mezclado.....	61
4.4.1	<i>Diseño estático</i>	62
4.4.1.1	<i>Análisis del punto C</i>	64
4.4.1.2	<i>Análisis en punto E</i>	65
4.4.2	<i>Diseño dinámico</i>	67
4.4.2.1	<i>Por flexión</i>	67
4.4.2.2	<i>Por torsión</i>	68
4.4.2.3	<i>Límite de resistencia a fluencia</i>	68
4.4.2.4	<i>Factor de acabado</i>	69
4.4.2.5	<i>Factor de tamaño</i>	69
4.4.2.6	<i>Factor de confiabilidad</i>	70
4.4.2.7	<i>Factor de efectos varios</i>	70
4.4.2.8	<i>Concentración de esfuerzos y sensibilidad a la muesca</i>	70
4.4.2.9	<i>Cálculo de factor de seguridad</i>	71
4.4.3	<i>Verificación por deformación</i>	71
4.4.4	<i>Cálculo de la velocidad crítica</i>	73
4.4.5	<i>Propiedades físicas</i>	75
4.5	Selección del motor de mezclado.....	75
4.5.1	<i>Potencia motriz</i>	75
4.6	Selección de las chumaceras.....	78
4.7	Eje extrusor.....	80
4.7.1	<i>Determinación de cargas</i>	81
4.7.2	<i>Propiedades físicas del eje</i>	82
4.7.3	<i>Cálculo de reacciones</i>	82
4.7.4	<i>Verificación punto C</i>	84
4.7.5	<i>Verificación en Solidworks®</i>	85
4.8	Boquilla.....	87
4.8.1	<i>Verificación en Solidworks®</i>	88
4.9	Cilindro extrusor.....	89
4.9.1	<i>Cálculo de esfuerzo por cilindro de presión</i>	90
4.9.2	<i>Cálculo esfuerzo de flexión</i>	91
4.9.3	<i>Cálculo esfuerzo tracción</i>	91
4.9.4	<i>Factor de seguridad</i>	92
4.9.5	<i>Verificación en Solidworks®</i>	92
4.10	Verificación pernos motor- reductor.....	95

4.10.1	<i>Perno crítico</i>	96
4.10.1.1	<i>Esfuerzo de pretensión</i>	99
4.10.1.2	<i>Esfuerzo de tensión del perno:</i>	99
4.10.1.3	<i>Esfuerzo de corte</i>	99
4.10.1.4	<i>Esfuerzo equivalente</i>	99
4.10.1.5	<i>Factor de seguridad</i>	100
4.11	Base motor mezcladora	100
4.11.1	<i>Fuerzas actuantes:</i>	100
4.11.2	<i>Propiedades físicas</i>	103
4.12	Diseño del circuito eléctrico	103
4.12.1	<i>Circuito de control</i>	104
4.12.2	<i>Circuito de potencia</i>	105
4.12.3	<i>Funcionamiento</i>	105
5	CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE LA MÁQUINA PARA LA PRODUCCIÓN DE PASTA FRESCA	
5.1	Sistemas constitutivos de la máquina	107
5.1.1	<i>Construcción y montaje del sistema de mezclado</i>	108
5.1.2	<i>Construcción y montaje del sistema de alimentación</i>	109
5.1.3	<i>Construcción y montaje del sistema de extrusión</i>	110
5.2	Pruebas	111
5.2.1	<i>Plan de pruebas de funcionamiento</i>	111
5.2.1.1	<i>Prueba de consumo de potencia</i>	111
5.2.1.2	<i>Prueba de tiempo de amasado y capacidad máxima</i>	112
5.2.1.3	<i>Prueba de masa extruida (fideo) en función del tiempo</i>	112
5.2.2	<i>Porcentaje de cumplimiento de los parámetros técnicos importantes</i>	112
6	MANUAL DE OPERACIÓN MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE COSTOS DE LA MÁQUINA ORIENTADA AL SECTOR RESTAURANTERO PARA LA ELABORACIÓN DE FIDEOS SPAGHETTI NO. 10	
6.1	Manual de Operación	114
6.1.1	<i>Vista General del Equipo</i>	114
6.1.2	<i>Accesorios del equipo</i>	115
6.1.2.1	<i>Paletas mezcladoras</i>	115
6.1.2.2	<i>Tornillo sinfín</i>	115
6.1.2.3	<i>Matriz de extrusión</i>	115
6.1.2.4	<i>Accionamientos de control</i>	116
6.2	Características de la máquina extrusora	116
6.3	Instalación del equipo	117
6.4	Instrucciones de operación	117
6.4.1	<i>Colocación de la matriz de extrusión</i>	117
6.4.2	<i>Puesta en marcha</i>	118
6.5	Limpieza del equipo	120
6.6	Manual de Mantenimiento	121
6.7	Riesgos y medidas preventivas	122
6.7.1	<i>Riesgos ergonómicos</i>	122
6.7.2	<i>Técnicas apropiadas para levantar objetos pesados</i>	122
6.7.2.1	<i>Técnica básica de elevación diagonal</i>	123
6.8	Riesgos de cortaduras	125

6.9	Riesgos eléctricos	125
6.10	Análisis de costos para la máquina productora de fideo spaghetti	126
6.10.1	<i>Costos directos</i>	126
6.10.2	<i>Costos indirectos</i>	128
6.10.3	<i>Costo de producción de 1 lb de fideo spaghetti</i>	129
6.10.4	<i>El Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR)</i>	130
6.10.5	<i>Valor Actual Neto (VAN)</i> :.....	130
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	Conclusiones	134
7.2	Recomendaciones	134

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Tiempos de cocción de diferentes tipos de harina 5
2	Comparación entre dos máquinas del mercado 9
3	Designaciones de algunos aceros inoxidables 15
4	Parámetros Técnicos 17
5	Resultados de la matriz QFD 20
6	Combinación de soluciones para el módulo 32
7	Evaluación de criterios. 34
8	Evaluación del peso específico del criterio producción 34
9	Evaluación del peso específico del criterio confiabilidad 35
10	Evaluación del peso específico del criterio confiabilidad 35
11	Evaluación del peso específico del criterio confiabilidad 35
12	Evaluación del peso específico del criterio diversidad de producción 35
13	Conclusión de la elección de alternativas 36
14	Esquema de la máquina para la producción de fideo spaghetti 37
15	Esquema de la máquina moledora de carne comercial 38
16	Propiedades físicas de las cuchillas de mezclado 55
17	Coefficientes para flexión de barras 57
18	Propiedades físicas de las paletas de sujeción 61
19	Parámetros en el factor de la condición superficial de Marín 69
20	Factor de tamaño 69
21	Factor de confiabilidad 70
22	Intervalos máximos típicos de pendientes y deflexiones transversales 72
23	Propiedades físicas - eje de mezclado 75
24	Motores monofásicos weg 78
25	Propiedades físicas del tornillo extrusor 82
26	Representación en Solidworks de los Soportes 92
27	Representación en Solidworks de las Cargas 93
28	Parámetros de tornillos de paso grueso y paso fino 98
29	Resistencias mecánicas de tornillos 98
30	Comprobación en Solidworks de la base del motorreductor 100
31	Propiedades de masa de base-motor 103
32	Condiciones de funcionamiento de los motores de la máquina 103
33	Componentes Eléctricos 103
34	Sistemas constitutivos de la máquina 107
35	Lista de tareas para construir el sistema de mezclado 108
36	Lista de tareas para construir el sistema de mezclado 109
37	Lista de tareas para construir el sistema de extrusión 110
38	Porcentaje de cumplimiento de los parámetros más importantes 113
39	Proceso para colocar la matriz de extrusión 118

40	Proceso para poner en marcha la máquina	119
41	Ingredientes de la receta recomendada	119
42	Procedimiento recomendado de limpieza de la máquina	120
43	Mantenimientos recomendados a la máquina.....	121
44	Técnica apropiada para levantar objetos pesados	123
45	Subsistemas de la máquina productora de fideo spaghetti	126
46	Costo de materiales e insumos.....	126
47	Costo de mano de obra	127
48	Costos de máquinas y herramientas.....	128
49	Costos directos totales	128
50	Costos indirectos.....	129
51	Costos Totales.....	129
52	Costo de producción de spaghetti	129
53	Producción mensual de spaghetti	130
54	Flujo de caja.....	131
55	Flujo neto efectivo acumulado	131
56	Flujo neto de efectivo - valor presente	132
57	Valor Actual Neto.....	133

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Criterios para la clasificación de la pasta 4
2	Proceso de producción de la pasta fresca 5
3	Mezclado 6
4	Extrusión de fideo..... 6
5	Partes de una extrusora 7
6	Extrusora vertical de fideo..... 8
7	Ejemplo de tornillos no higiénicos e higiénicos 11
8	Ángulo incorrecto soldado (izquierda), ángulo correcto doblado (derecha) 11
9	Bordes superiores anti higiénicos e higiénicos 12
10	Casa de la Calidad 18
11	Función primaria de la máquina 21
12	Diagrama de Procesos 21
13	Verter la harina y agregados 22
14	Mezcladora de cuchillas concéntricas 22
15	Mezcladora sin paletas..... 23
16	Extrusor vertical 24
17	Sistema motriz vertical 25
18	Sistema motriz horizontal 25
19	Dosificación manual de agua..... 26
20	Dosificación automática de agua 27
21	Caída por gravedad 27
22	Tolva giratoria 28
23	Tornillo augen..... 29
24	Cilindro extrusor 29
25	Corte de fideo manual..... 30
26	Corte automático..... 31
27	Alternativa 1 32
28	Alternativa 2 33
29	Variables dimensionales de la tolva 41
30	Variables del tornillo extrusor 44
31	Boquilla 49
32	Cuchilla..... 51
33	Diagrama de cuerpo libre 51
34	Diagrama de cortante y momento flector 52
35	Tensión de Von Mises 54
36	Desplazamientos 54
37	Factor de seguridad..... 55
38	Paletas 56
39	Tensión de Von Mises 60

40	Desplazamientos	60
41	Factor de Seguridad	61
42	Diagrama de Cuerpo Libre	62
43	Diagrama de Corte Eje Mezclado.....	63
44	Diagrama de Momento Flector Eje Mezclado.....	63
45	Tensión de Von Mises	66
46	Desplazamientos	66
47	Factor de seguridad.....	67
48	Diagrama de deformación eje mezclado	72
49	Eje mezclador final	73
50	Diagrama de deformación por pesos	73
51	Chumacera seleccionada.....	79
52	Diagrama Cuerpo Libre eje extrusor	80
53	Diagrama de cuerpo libre del tornillo extrusor.....	83
54	Diagrama de cortante del eje extrusor	83
55	Diagrama momento flector	83
56	Diagrama de esfuerzo axial	84
57	Tensión de Von Misses.....	85
58	Desplazamientos	86
59	Factor de seguridad.....	86
60	Boquilla	87
61	Tensión de Von Misses.....	88
62	Desplazamientos	88
63	Factor de seguridad.....	89
64	Cilindro Extrusor	89
65	Tensión de Von Misses.....	93
66	Desplazamientos	94
67	Factor de seguridad.....	94
68	Diagrama de cargas de los pernos del motorreductor.....	95
69	Fuerzas actuantes - base del motor - mezclador	101
70	Esfuerzo de Von Mises - Soporte Motor Mezclador	101
71	Desplazamientos - Soporte Motor Mezclador	102
72	Factor de seguridad - Soporte Motor Mezclador	102
73	Circuito de control	104
74	Circuito de potencia.....	105
75	Circuito de potencia y control en funcionamiento.....	106
76	Potencia consumida vs. carga	111
77	Tiempo de amasado vs. Masa total amasada	112
78	Vista general del equipo	114
79	Paletas mezcladoras	115
80	Tornillo sinfín	115
81	Matriz de extrusión.....	116
82	Accionamientos de control	116
83	Características de la máquina extrusora de fideo	117

84	Conectores de 110 V.....	117
85	Técnica básica de elevación diagonal.....	123
86	Límite de peso que puede levantarse con seguridad.....	124
87	Flujo de Caja.....	131
88	Periodo de recuperación de la inversión.....	132
89	VAN vs. TIR.....	132

LISTA DE ABREVIACIONES

AISI	American Iron and Steel Institute
CAD	Computer Aided Desing
CAM	Computer Aided Manufacturing
CB	Costo-Beneficio
EHEDG	European Hygienic Engineering & Design Group
EN	European Standard
ISO	International Organization for Standardization
MIG	Metal Inert Gas
NC	Numerical Control
QFD	Quality Function Deployment
TIG	Tungsten Inert Gas
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto

LISTA DE ANEXOS

- A** Flujograma de procesos para la construcción de la máquina

RESUMEN

En la presente propuesta tecnológica, se realizó el diseño adaptativo y construcción de una máquina orientada al sector restaurantero para la elaboración de fideo spaghetti No. 10. Se realizó un estudio de las necesidades de fideo spaghetti en restaurantes, obteniéndose un consumo promedio de 7,3 kg semanalmente.

Un estudio del arte de las máquinas para producir pasta fresca, encontró que los fabricantes las diseñan dependiendo del tipo de fideo y la capacidad de producción. En Ecuador, no se producen actualmente; hacerlo tendría consecuencias positivas en el cambio de la matriz productiva, y fortalecimiento de la soberanía alimentaria. Esto justifica la necesidad de diseñar y construir una máquina con una producción de 4 kg/h (61 cm³/min).

Aplicando el Diseño Concurrente y la función de calidad (QFD), se seleccionó una alternativa óptima de construcción. Luego se diseñaron y/o construyeron sus elementos constitutivos, aplicando las teorías de Estática, Mecánica de Fluidos, Diseño de Máquinas y Automatización Industrial; las partes más importantes se comprobaron con el software Solidworks.

Se elaboró el flujograma de procesos para construir la máquina; se requieren 2 días para montarla. Luego de terminar la construcción, se realizaron 3 pruebas: potencia vs. carga, obteniéndose una relación cuadrática con $R^2 = 1$; tiempo de mezclado vs. masa mezclada, obteniéndose una relación logarítmica con $R^2 = 1$. El caudal generado fue de 150 cm³/min; supera el requerimiento. Adicionalmente, los parámetros técnicos con mayor incidencia de la QFD, se cumplieron al 100%.

Se concluye que la máquina excede los requerimientos de producción y cumple con las normas sanitarias para alimentos. Se recomienda aplicar el plan de mantenimiento recomendado para extender la vida útil de la máquina.

ABSTRACT

In this technological proposal, the adaptive design and construction for a restaurant sector-oriented machine for making spaghetti noodles No. 10 was carried out. A survey about the spaghetti requirements in restaurants was performed, an average weekly consumption of 7,3 kg was obtained.

A study on the state-of-the-art of fresh pasta machines found that producers design them according to the noodle type and production capacity. Actually, in Ecuador, these machines are not being manufactured; to make it, would have positive effects in the change of the productive matrix, and strengthening food sovereignty. This justifies the need to design and construct a machine with a production of 4 kg / h (61 cc / min).

Applying the Concurrent Design and the Quality Function Deployment (QFD), an optimal construction alternative was chosen. Then the constituent elements were designed and/or constructed, applying the theories of Statics, Fluid Mechanics, Machine Design and Industrial Automation; the most important parts were tested with Solidworks software.

The flow process diagram was developed for constructing the machine; two days were required to assemble it. After finishing the construction, three tests were performed: power vs. load, a quadratic relationship with $R^2 = 1$, was obtained; mixing time vs. kneaded mass, a logarithmic relationship with $R^2 = 1$, was obtained. The generated flow was 150 cc/min; it exceeds the requirement. In addition, the technical parameters with higher incidence of the QFD were met 100%.

In conclusion, the machine exceeds production requirements and meets the sanitary standards for food applications. It is suggested to apply the recommended maintenance plan to extend the service life of the machine.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La producción artesanal de fideos, consiste en amasar manualmente los ingredientes, aplanar la masa y finalmente hacerla pasar a través de cuchillas que le dan la forma final. Esta labor requiere tiempo, esfuerzo y habilidad por parte del operador. En la actualidad, el bien máspreciado es el tiempo, por lo que las alternativas semiautomáticas y automáticas tienen mucha popularidad (VONSHEF, 2016).

La tecnología de extrusión bien conocida en la industria de los plásticos, recientemente se ha venido utilizando ampliamente en la industria de los alimentos; es un método utilizado para la producción de diferentes, nuevos y apasionantes productos. El propósito principal de la extrusión es incrementar la variedad de productos en la dieta al producir un rango de productos con diferentes formas, texturas, colores y sabores a partir de ingredientes básicos (FELLOWS, 2000).

Una máquina semi-automática de pasta fresca, es pequeña, versátil, fácil de usar y permite mezclar los ingredientes, extruir (o laminar) y cortar el producto (EBAY, s.f.). Cumple adecuadamente con la demanda de pasta tanto de hogares como de restaurantes, permite personalizar la receta, elegir el tipo de fideo deseado y obtener una pasta fresca en un tiempo no mayor a 15 minutos a un costo no mayor a 0,50 USD por libra.

El desarrollo de tecnología e innovación es sustancial para el crecimiento de un país, tanto en el ámbito científico como económico, el presente trabajo intenta mostrar una alternativa asequible, compacta y funcional que pueda ser implementada en restaurantes pequeños, medianos y grandes para satisfacer la demanda de este nuevo grupo de clientes que buscan y necesitan una dieta que contenga todos los nutrientes esenciales, pero que provengan de fuentes vegetales (ACHITOFF-GRAY, 2015). Muchas empresas existen en el mercado mundial fabricantes de máquinas para la elaboración de pastas para restaurantes, entre ellas las empresas italianas Pama Roma e Italgi reconocidas a nivel mundial, que diseñan sus máquinas dependiendo del tipo de fideo y la capacidad de producción.

El producir esta clase de máquina a nivel local tendría consecuencias positivas en el ámbito del desarrollo de las industrias y cambio de matriz productiva, así también en el fortalecimiento de la soberanía alimentaria de los ecuatorianos. Incluso los menús y recetas ofrecidas por los restaurantes pueden ampliarse y diversificarse atrayendo así mayor clientela, incrementando por lo tanto los ingresos percibidos.

En Ecuador no existen máquinas semi-automáticas para la elaboración de pasta, con una capacidad de producción que se encuentre en el rango adecuado para restaurantes, que cumplan con normas sanitarias de maquinaria para alimentos y principalmente, diseñadas con criterios técnicos e ingenieriles y con un precio competitivo. Esto lleva a que ningún o poquísimos restaurantes ecuatorianos pueden fabricar sus propios fideos, utilizando materias primas nacionales a bajos precios lo que muestra la necesidad de trabajar en este proyecto.

1.2 Justificación

Existe una gran demanda por parte de hogares y restaurantes principalmente, que pueden optar por ofrecer a sus clientes pastas frescas, de gran calidad, elaboradas con productos nacionales tales como cebada o trigo y principalmente a precios mucho más competitivos que los del mercado actual.

En un estudio previo de las necesidades de tallarín en algunos restaurantes se encontró que un restaurante pequeño de hasta cuatro mesas utiliza de 2 a 3 kg de spaghetti a la semana, un restaurante mediano de veinte mesas utiliza de 5 a 6 kg por semana y un restaurante grande de cincuenta mesas utiliza de 11 a 13 kg de spaghetti semanalmente; por lo tanto una máquina con una capacidad de 4 kg/h satisfará plenamente la demanda de spaghetti para todos los restaurantes.

El costo de una máquina Pama Roma para la elaboración de pasta para spaghuetti modelo P6 con una capacidad de 16 kg/h es de aproximadamente 10 000 USD, sin contar con los costos de importación, dicha máquina es apropiada para restaurantes (EBAY, s.f.), cumple normas sanitarias y de calidad, sin embargo, su alto precio limita su adquisición y uso en el país.

En el mercado nacional se ofertan en su mayoría máquinas manuales importadas para la elaboración de pastas, su productividad es muy baja, por lo tanto sirven solamente para elaborar pasta a nivel casero. Luego de una exhaustiva revisión bibliográfica, en Ecuador, no hemos encontrado ninguna máquina para la elaboración de pasta que sea semi-automática, cumpla con normas sanitarias y tenga una capacidad de producción en el rango adecuado para un restaurante (4–10 kg/h).

Este particular se refleja en la ausencia de pastas frescas en los menús ofrecidos por los restaurantes a nivel local y nacional.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Diseñar y construir una máquina orientada al sector restaurantero para la elaboración de fideos de tipo spaghetti No. 10.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

- Realizar el estudio del estado del arte acerca de máquinas para la elaboración de pasta, sus características y métodos de diseño de sus partes.
- Efectuar el diseño conceptual de la máquina.
- Llevar a cabo el diseño de detalle de la máquina.
- Construir, probar la máquina y presentar una guía de construcción.
- Elaborar un análisis económico financiero de la máquina.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

El siguiente capítulo refleja la investigación bibliográfica referente a la pasta alimenticia, sus tipos, métodos de producción, máquinas productoras de pasta, normas sanitarias en la industria de alimentos y metodologías de diseño y construcción de las máquinas.

2.1 Clasificación de la pasta

La pasta seca – con un bajo contenido de humedad – es sin duda el tipo favorito de pasta, representa el 90% del volumen de ventas en el sector (Italia). Sin embargo, la pasta fresca – con un contenido de humedad mediano - se ha ido haciendo cada vez más popular debido a los beneficios que se obtienen de consumir alimentos recién preparados. Aunque el criterio de clasificación por el nivel de humedad es usualmente aceptado, existen otros parámetros para identificar los diferentes tipos de pasta, tales como los ingredientes, el proceso y el tipo de pasta. La pasta, en general, se puede clasificar como se muestra en la figura 1:

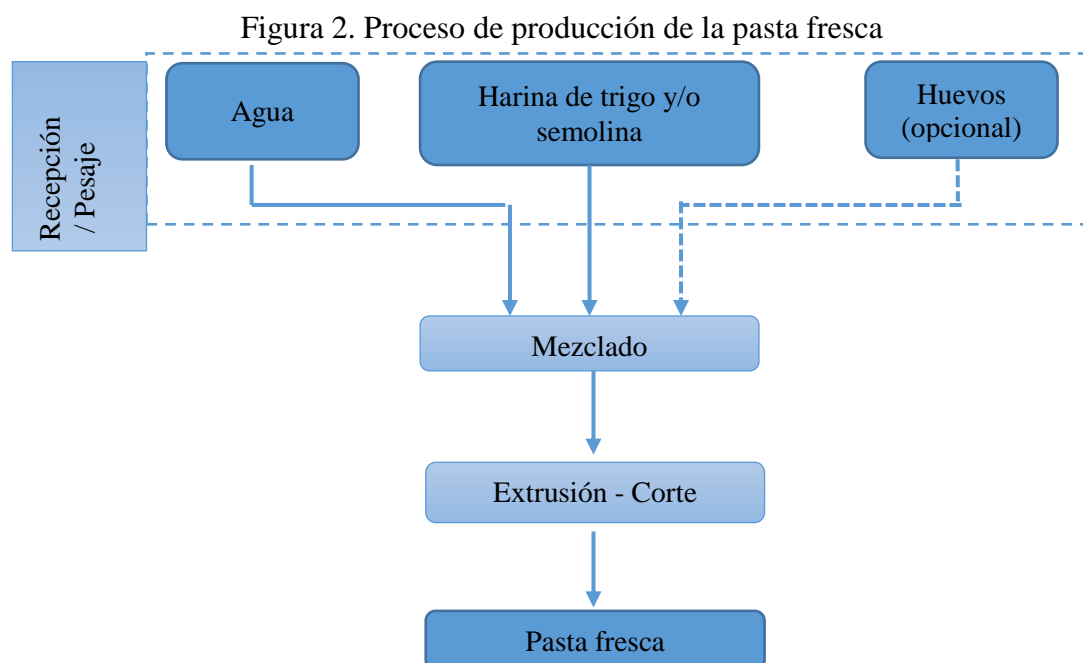
Figura 1. Criterios para la clasificación de la pasta

Contenido de humedad	<ul style="list-style-type: none">•Pasta Fresca (Humedad > 24%)•Pasta Estabilizada (Hu ≥ 20%)•Pasta Seca (Hu ≤ 12,5 %)
Formulación	<ul style="list-style-type: none">•Pasta de semolina / pasta de huevo•Pasta especial (enriquecida con vegetales)•Pasta rellena (rellena con carne, vegetales o lácteos)•Pasta libre de gluten (hecha a partir de maíz, arroz, etc)
Forma	<ul style="list-style-type: none">•Pasta corta (macarrones)•Pasta larga (spaghetti)•Pasta laminada (lasaña)• Pasta estilo Boloña (farfalle)
Conveniencia	<ul style="list-style-type: none">•Pasta precocida y congelada•Pasta precocida, enlatada y congelada

Fuente: (LUI, 2007)

2.2 Proceso de producción de la pasta fresca

El proceso de producción para obtener pasta fresca puede sintetizarse en 3 fases que se muestran en la figura 2.



Fuente: (LUI, 2007), (SANDOVAL, y otros, s.f.)

2.2.1 *Recepción y pesaje de las materias primas.* En esta actividad se efectúa la recepción y almacenamiento temporal de las materias primas necesarias en el proceso.

Tabla 1. Tiempos de cocción de diferentes tipos de harina

Mezcla de harina	Proporción [%]	Tiempo de cocción [min]
Trigo importado – trigo nacional	70 – 30	17
Trigo importado – cebada	70 – 30	12
Trigo importado – quinua	70 – 30	13
Trigo importado – maíz	70 – 30	13
Trigo importado – papa	80 – 20	19

Fuente: Resultados del proyecto PHPPF

2.2.2 *Mezclado.* En esta operación se lleva a cabo la mezcla de la masa. Luego de colocar la harina y los huevos en la tolva de mezclado, se enciende el motor para efectuar un premezclado, posteriormente se agrega poco a poco agua mientras se está amasando y agitando hasta obtener una masa alimenticia consistente.

Figura 3. Mezclado



Fuente: <http://mumbai.all.biz/dough-mixer-g126372>

2.2.3 *Extrusión – Corte.* La masa luego de ser mezclada en la etapa anterior, es transportada hacia el barril de la extrusora donde es empujada por el tornillo sinfín y pasa a ser extruida para formar el producto final. El operador corta luego los fideos a la longitud que considere conveniente.

Figura 4. Extrusión de fideo



Fuente: <http://www.fabulouspasta.com/review/philips-pasta-maker-review/>

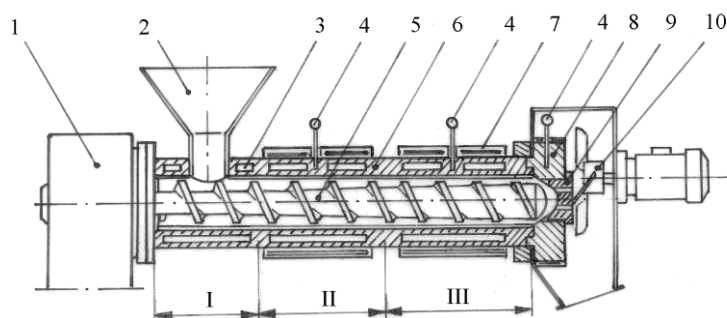
Luego del proceso de extrusión, es muy importante refrigerar la pasta fresca para evitar así la fermentación y las reacciones de algunos compuestos con el oxígeno, de esta manera, el tiempo de consumo de la pasta fresca puede ser hasta de 7 días.

2.3 Máquinas extrusoras de pasta

En la presente sección se revisarán dos tipos de extrusores que son el extrusor estándar (de eje horizontal) y el extrusor de eje vertical; en ambos casos, las tareas de mezclado y extrusión se efectúan en pasos diferentes.

2.3.1 *Extrusor estándar para la industria alimenticia.* Un extrusor estándar, sea para la fabricación de productos alimenticios o plásticos extruidos tiene el principio de funcionamiento de una bomba volumétrica.

Figura 5. Partes de una extrusora



Fuente: Moscicki, L., *Extrusion-Cooking of Starch*, 2013

Un extrusor de tornillo simple consta de las siguientes secciones y partes (se enumerarán solamente aquellas relevantes para el presente trabajo de investigación):

I.- Sección de transporte

1.- Motorreductor

2.- Tolva de alimentación y mezclado

5.- Tornillo

II.- Sección de Compresión

6.- Barril o cilindro

8.- Cabezal

III.- Sección de extrusión

9.- Matriz o boquilla

10 Cortadora (Opcional)

2.3.1.1 Motorreductor. Un motorreductor es un dispositivo que permite que un motor de baja potencia produzca un gran torque con baja velocidad sobre un objeto. Consiste de una caja de reducción de velocidad y un motor eléctrico los cuales están integrados en un solo sistema fácilmente montable y configurable. El beneficio de usar un motorreductor es que simplifica el diseño de máquinas que requieren grandes torques a bajas RPMs (WISEGEEK, 2014).

2.3.1.2 Tolva de alimentación y mezclado. Es el contenedor en el cual se vierten las materias primas y el agua que luego serán mezcladas por medio de paletas hasta obtener una masa homogénea que en un paso final se enviarán hacia el tornillo.

2.3.1.3 Tornillo extrusor. Es un tornillo de precisión (Auger), con un perfil diseñado para impartir un mínimo esfuerzo cortante a los ingredientes mientras les da un amasado

adecuado y la presión requerida para bombear la masa a través de la matriz de formado. Un sistema de auger está asociado con extrusores potenciados por motores, que van desde menos de 1 HP hasta 1 200 HP y superiores. Un factor a considerar cuando se usa un extrusor auger es el cono de presión que se creará debido al empuje hacia adelante del auger rotatorio y el efecto retardante del revestimiento alrededor del auger.

2.3.1.4 *Barril o cilindro.* Es una carcasa cilíndrica dentro de la que el tornillo gira, se caracteriza por tener una forma interna ranurada que permite crear la presión entre el tornillo y el cilindro para enviar la masa alimenticia hacia adelante a través de la matriz. (FLITE TECHNOLOGY, s.f.)

2.3.1.5 *Matriz de extrusión.* El bronce es el material tradicional con el que se hacen las matrices para la extrusión de pasta; la fricción creada por el bronce crea la textura auténtica de la pasta. Sin embargo, pueden también usarse accesorios de plástico de grado alimenticio para reducir costos, tiempos de fabricación y el peso de los accesorios. La matriz de extrusión tiene dimensiones y formas diversas; cada una de ellas con una numeración estándar. Para producir spaghetti No. 10, se requiere una boquilla con agujeros de 2,1 mm de diámetro (Italgi, s.f.).

2.3.2 *Máquinas extrusoras de eje vertical.* La geometría básica de este tipo de extrusor es similar a la del extrusor estándar, sin embargo, está rotada 90° en sentido horario, lo que permite que no exista una reunión de los fideos ya extruidos que ocurre con frecuencia en el extrusor estándar si los agujeros de la matriz son muy cercanos. No obstante, no incorpora una mezcladora, por lo que el proceso debe realizarse manualmente lo que incrementa el tiempo de extrusión total.

Figura 6. Extrusora vertical de fideo



Fuente: Instrucciones y Recetas, 2009

2.4 Máquinas extrusoras de fideo spaghetti disponibles en el mercado



A continuación, se describen dos máquinas extrusoras para la producción de pasta fresca presentes en el mercado, sus características técnicas, dimensiones, costo y el país en el cual se ofrecen. En la tabla 2 se hace una comparación ampliada de sus características.

2.4.1 *La Montferrina Dolly.* Es una máquina pequeña y versátil, consta de una tolva en la cual se aloja un mezclador de eje horizontal sin paletas; ambos son accionados por un motor. Su capacidad de producción es de 6 kg / h.

2.4.2 *Tabletop.* Es una máquina pequeña, con una capacidad de producción de 4 kg/h, consta de una tolva de tipo rectangular que contiene asimismo un mezclador de eje horizontal y un extrusor; el mezclado es de menor calidad que la máquina Dolly.

El uso de estas dos máquinas en Ecuador, se ve limitado por su alto costo, que puede duplicarse o incluso triplicarse debido a los costos de importación y a las salvaguardias vigentes en el país.

Tabla 2. Comparación entre dos máquinas del mercado

Marca/Modelo	La Montferrina – Dolly	Tabletop
Gráfico		
Dimensiones	(A x B x C) 290x550x300 mm	10x14 1/2x16 in
Peso	27 kg	N/A
Potencia del motor	750 W	½ HP
Producción	6 kg/h	8,8 lb /h
Costo (en el país de Procedencia)	2 205, 62 USD	3 099,00 USD
Procedencia	Planetchef – Italia	WebstaurantStore - USA

Fuentes: <http://www.la-monferrina.com/prodotti/files/dolly.pdf>

2.5 Diseño higiénico de equipo en la industria alimenticia

Los problemas causados por la contaminación microbiana de alimentos suelen ser costosos, particularmente si resultan en pérdidas de clientes. Como un resultado del desarrollo y aplicación de tecnologías de conservación menos severas, los alimentos procesados se vuelven más sensitivos a la (re)contaminación microbiana, necesitando mayor control del proceso de manufactura. Una forma de lograr este control adicional es “incorporar” la higiene en la máquina de producción de alimentos desde el inicio.

El diseño higiénico de equipos juega un rol importante controlando la seguridad microbiológica y calidad de los productos elaborados. Una máquina higiénica debe prevenir que los productos tengan altos niveles microbianos, de contener toxinas de origen microbiano y de contener residuos de químicos utilizados para limpieza y desinfección. Adicionalmente la máquina higiénica debe evitar que la comida se contamine con otras sustancias no alimenticias, tales como lubricantes, refrigerantes y fluidos de barrera antimicrobianos, así como de contener cuerpos extraños, tales como piezas de metal, plástico material de empaque e insectos.

El estándar que norma los requerimientos de higiene de las máquinas mezcladoras de masa es la EN 453:2000. El equipo debe diseñarse para ser auto drenable para hacer posible la remoción de todos los residuos de productos y químicos. Para ser limpiadas sin dificultad, las superficies deben ser lisas y libres de grietas, esquinas cortantes y/o salientes. Cuando las superficies no están limpias los microorganismos pueden estar protegidos de la destrucción por el calor o químicos.

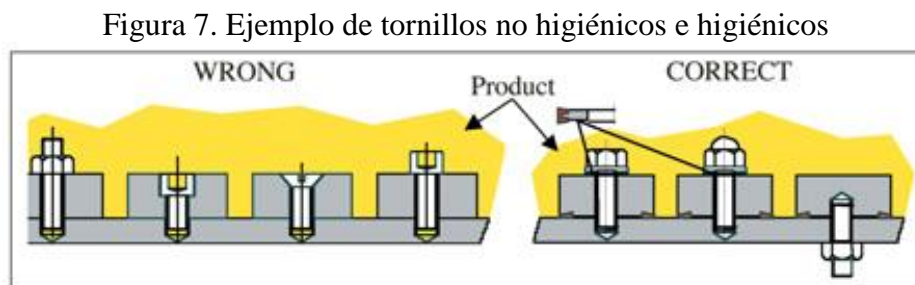
Los criterios básicos que se muestran a continuación proveen las características fundamentales que deben ser cumplidas por los constructores para construir equipos que cumplan con las normas de higiene.

2.5.1 *Materiales de construcción.* Los materiales que estén en contacto con los productos deben ser inertes al producto bajo condiciones de operación, así como a detergentes y químicos antimicrobianos bajo condiciones operativas. La organización sanitaria americana 3 A y el Grupo Europeo de diseño e ingeniería higiénica (EHEDG) especifican que las superficies de contacto con alimentos deben tener una rugosidad

máxima de 0,8 μm . El acero inoxidable rolado en frío usualmente tiene una rugosidad entre 0,2 y 0,5 por lo que no se requiere mayor tratamiento. Estos requerimientos aplican durante toda la vida útil del equipo.

2.5.2 *Grietas.* Las grietas no pueden ser limpiadas y por tal, retienen residuos del producto que pueden proteger eficazmente a los microorganismos contra la desactivación. En la mayoría de casos, las grietas resultan de decisiones incorrectas en el proceso de diseño o selección de elementos de máquina.

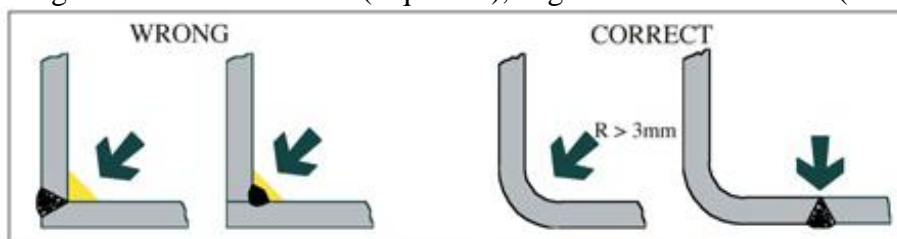
2.5.3 *Uso correcto de tornillos.* El uso de tornillos y tuercas en el área de contacto con el producto debe ser evitado utilizando arandelas. Cuando sea inevitable, las grietas deben ser completamente selladas. En la figura 7, a la izquierda, los alimentos están atrapados en los puntos de contacto metal a metal de las superficies y en las roscas de los tornillos, a la derecha se muestra la forma correcta de usar tornillos en máquinas para la industria alimenticia.



Fuente: (EURO INOX, 2006)

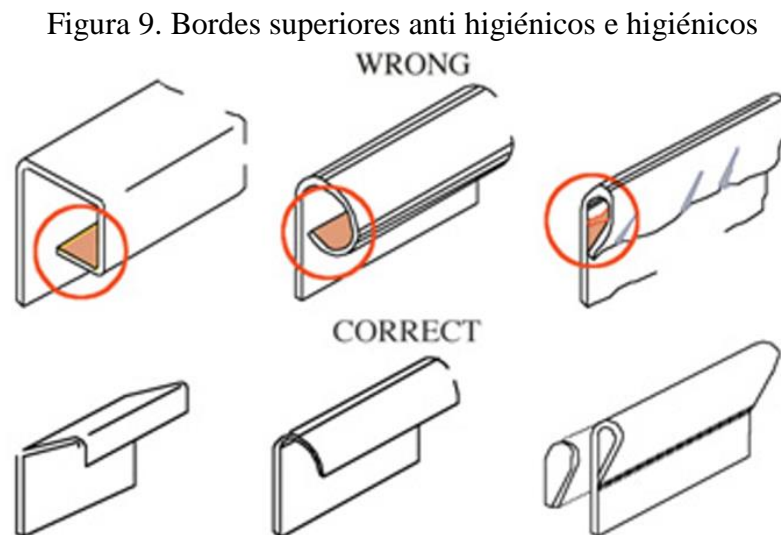
2.5.4 *Esquinas cortantes.* Las esquinas cortantes en el área de contacto con el producto deben ser evitadas. Las soldaduras no deben hacerse en las esquinas sino en superficies planas y deben ser lisas. Son excepciones las construcciones en las que la esquina es continuamente barrida como en las bombas lobulares o en las mezcladoras.

Figura 8. Ángulo incorrecto soldado (izquierda), ángulo correcto doblado (derecha)



Fuente: (EURO INOX, 2006)

2.5.5 Áreas muertas. Las áreas muertas son difíciles de limpiar, es donde los alimentos quedan retenidos y por lo tanto deben evitarse. Si es imposible evitarlas, su presencia debe tomarse en cuenta cuando se planeen los procedimientos de limpieza y mantenimiento.



Fuente: (EURO INOX, 2006)

2.5.6 Drenabilidad del equipo y líneas de proceso. Para hacer posible la remoción de todos los químicos y microorganismos del equipo, este debe diseñarse para ser auto-drenable. Por lo tanto, las superficies y tubos no deben ser completamente horizontales, sino inclinados hacia puntos de drenado. No deben existir protuberancias que impidan el drenaje, sin embargo, en caso de no poder evitarlas, se debe establecer un método bien documentado para la limpieza del equipo. Una máquina diseñada teniendo los requerimientos higiénicos en mente, que es adecuadamente operada y mantenida, producirá alimentos sanos y con una excelente calidad microbiológica. (CURIE, 2003)

2.6 Aceros inoxidables

Se le da el nombre de acero inoxidable a un grupo de aleaciones de acero que contienen más de 10,5 % de cromo. El cromo tiene una gran afinidad con el oxígeno y forma una capa estable de óxido en la superficie del acero inoxidable. La capa se denomina “capa de óxido pasiva” y se forma instantáneamente en atmósferas. Dicha capa se restaura automáticamente cuando ha sido removida, es esta la que le da al acero inoxidable su resistencia a la corrosión. (STEEL&TUBE, s.f.)

2.6.1 *Grados austeníticos.* Cuando se añade níquel al acero inoxidable en una cantidad suficiente para cambiar la estructura cristalina de ferrita a austenita, se obtiene el llamado acero inoxidable austenítico; su composición química básica es 18 % Cr, 8 % Ni (grado 304). Si se requiere protección adicional contra la corrosión se añade 2 % de molibdeno (grado 316).

2.6.1.1 *Grado 303.* Especialmente desarrollado para el maquinado, especialmente cuando se trata de maquinado extensivo en máquinas perforadoras automáticas. Se añade azufre o selenio para darle excelentes propiedades de libre maquinabilidad y de anti-atascamiento. Ya que se añade azufre o selenio, la resistencia contra la corrosión es menor que el T304. El T303 no está recomendado para la soldadura. Es no magnético cuando es recocido, pero se vuelve ligeramente magnético cuando es trabajado en frío.

2.6.1.2 *Grado 304.* Es el acero inoxidable más ampliamente utilizado con el mejor desempeño de todos. Su contenido de carbono es menor que del T302 pero su resistencia a la corrosión luego de la soldadura es mayor. Es menos susceptible a la corrosión intergranular luego de la soldadura. Es no-magnético, pero se vuelve ligeramente magnético luego del trabajado en frío.

2.6.1.3 *Grado 304L.* Un acero inoxidable de bajo carbono con resistencia a la corrosión general al igual que el T304, pero con resistencia a la corrosión intergranular superior luego de la soldadura o el alivio de tensiones. Altamente recomendado para partes que son fabricadas mediante soldadura y que no pueden ser recocidas. Se limita generalmente a temperaturas de hasta 426 °C. Las propiedades físicas y el tratamiento térmico del acero 304L son similares, pero no idénticas a las del T304. Es no magnético luego del recocido, pero se vuelve ligeramente magnético cuando es trabajado en frío.

2.6.1.4 *Grado 316.* Conocido también como acero inoxidable marítimo. El T316 tiene entre 2 -3 % de molibdeno lo que mejora su resistencia a la corrosión, esta es más alta que la de cualquier otro acero austenítico cuando se lo expone a muchos tipos de químicos corrosivos y ambientes marinos; tienen aplicaciones en las industrias química, textil y del papel. Tiene mayor límite de fluencia y resistencia al creep a elevadas temperaturas que el T304 y mejores propiedades de endurecimiento por deformación. Es no magnético, pero se vuelve ligeramente magnético cuando es trabajado en frío.

2.6.1.5 *Grado 316L.* Tiene menor contenido de carbono que el T316, con una resistencia a la corrosión similar, pero resistencia a la corrosión intergranular superior luego de soldarse o del alivio de tensiones.

Las temperaturas de servicio son de hasta 426 °C. Las propiedades físicas y los tratamientos térmicos del tipo 316L son similares, al tipo 316. Se vuelve ligeramente magnético cuando es trabajado en frío.

2.6.2 *Grados martensíticos.* Este grado contiene entre 12 - 18 % de cromo entre 0,08% - 1,00% de carbono. El alto contenido de carbono permite que el acero inoxidable responda bien al tratamiento térmico para darle mayor resistencia mecánica y dureza. Sin embargo, el carbono es perjudicial cuando se suelda y debe tenerse cuidado. Los grados 409, 410, 420 y 431 son grados martensíticos típicos.

2.6.3 *Grados ferríticos.* Estos grados no contienen níquel. Tienen un contenido de cromo que varía entre 12 % - 22 % pero un contenido de carbono menor que los grados martensíticos. El mayor contenido de cromo incrementa la resistencia a la corrosión a elevadas temperaturas, sin embargo, su aplicación está limitada debido a que no puede ser tratado térmicamente.

2.6.4 *Aceros inoxidables dúplex.* Tienen una estructura con cantidades aproximadamente iguales de ferrita y austenita y por lo tanto pueden denominarse como aceros inoxidables ferríticos-austeníticos. El contenido de cromo varía entre 18% - 28% y el contenido de níquel entre 4,5% - 8% es insuficiente para formar una estructura cristalina completamente austenítica (STEEL&TUBE, s.f.).

2.6.5 *Usos de los aceros inoxidables usados en la industria alimenticia.* Los aceros inoxidables se usan ampliamente en las industrias de alimentos y de bebidas para aplicaciones de almacenamiento, transporte y preparación de productos elaborados. Dependiendo de la aplicación requerida se puede elegir entre una amplia gama de aceros inoxidables.

La mayoría de contenedores, líneas de transporte y equipo de producción alimenticia se fabrican con aceros inoxidables austeníticos e tipo 304 o 316. Los grados 316 son

usualmente conocidos como de “grado alimenticio”.

Tabla 3.Designaciones de algunos aceros inoxidables

Grupo	EN	AISI
Martensíticos	1.4021	
	1.4116	420
	1.4125	440C
Ferríticos	1.4016	430
	1.4509	441
	1.4510	439
	1.4521	444
Austeníticos	1.4301	304
	1.4307	304L
	1.4401	316
	1.4404	316L
	1.4541	321
Super-austeníticos	1.4539	
	1.4547	904L
	1.4529	
Endurecidos por precipitación	1.4542	630
Dúplex	1.4462	
	1.4362	

Fuente: http://www.euro-inox.org/pdf/map/StSt_in_FoodandBeverage_EN.pdf

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DE CONCEPTO DE LA MÁQUINA PARA LA PRODUCCIÓN DE PASTA FRESCA

Un apropiado diseño de concepto de la máquina para la producción de pasta fresca se llevará a cabo aplicando los conceptos de la Ingeniería Concurrente; nos presenta un conjunto lógico y ordenado de pasos a tomar en cuenta en el estudio, diseño y construcción de la máquina con el fin de cumplir con los requerimientos de funcionamiento, calidad y producción establecidos por parte del usuario.

3.1 Determinación de las características de la máquina

La máquina de fideo debe exhibir todas las características solicitadas por el cliente, estas características nos servirán para establecer los parámetros técnicos ingenieriles con el fin de obtener una pasta de alta calidad como producto final.

3.1.1 *Desarrollo de la función de calidad QFD (quality function deployment).* La matriz QFD es una herramienta que busca garantizar que los deseos y necesidades expuestas por el cliente o usuario se cumplan a cabalidad. Además, permite traducir las características deseadas por el usuario en parámetros técnicos, lo que facilita el diseño y construcción del equipo.

La función de calidad utiliza un método gráfico que enlaza la “voz del usuario, que se obtiene de encuestas, entrevistas, exposiciones, etc. “(es decir los QUE´s)”, haciendo una comparación con “la voz del ingeniero” (es decir los CÓMO) que son las características del diseño. (RIBA, 2002)

3.1.1.1 *La voz del usuario.* Luego de llevar a cabo encuestas en restaurantes y comedores de tipo pequeño (hasta 6 mesas), mediano (de 7 a 20 mesas) y grande (más de 20 mesas) se determinaron las siguientes necesidades para una máquina de fideo spaghetti:

- Sea de fácil operación

- Sea pequeña y ligera
- Funcione con corriente alterna
- Tenga una producción continua
- Tenga un funcionamiento silencioso
- Necesite menor tiempo de mantenimiento
- Permita evitar accidentes
- Efectúe un mezclado rápido

3.1.1.2 *La voz del ingeniero.* Luego de analizar las demandas por parte de los posibles usuarios de la máquina de tallarines, se ha procedido a traducir dichas necesidades en parámetros técnicos y asignar a cada uno de ellos un valor de referencia que se detallan a continuación:

Tabla 4. Parámetros Técnicos

Parámetro técnico	Valor de referencia
Tiempo de encendido	4 segundos
Forma (fideo)	2 formas
Material (máquina)	Acero o plástico de grado alimenticio
Peso	20 kg
Suministro de energía	110 V
Velocidad de extrusión	4 kg / h
Nivel de ruido	60 dB
Confiabilidad	99 % de confiabilidad
Seguridad	Protección de las partes móviles mediante la carcasa
Ciclos por minuto (mezcladora)	18 – 24 ciclos por minuto

Fuente: Autores

3.1.2 *Resultados de la matriz QFD.* Partiendo de la voz del usuario y del ingeniero, se ha procedido a construir la casa de la calidad. En el techo se colocaron las relaciones existentes entre los parámetros técnicos que pueden ser: muy positiva, positiva, negativa y muy negativa.

En el cuerpo de la casa, se ubicaron las relaciones existentes entre las necesidades del cliente y los parámetros técnicos denominados factores de incidencia, que pueden ser fuerte, medio o bajo.

A la derecha de la casa de la calidad están la evaluación que se realiza de la propia empresa y de dos máquinas de la competencia con valores que van de 1 (no cumple la demanda en ningún porcentaje) hasta 5 (cumple la demanda al 100%). Para analizar a la competencia se ha estudiado dos máquinas para la producción de pasta que se muestran en la tabla 2. Los objetivos son las aspiraciones a las que quiere llegar la empresa.

La importancia es cuán interesada está la empresa en satisfacer la necesidad del usuario, va igualmente en el rango de 1 (nada importante) a 5 (muy importante). La ponderación resulta de multiplicar los valores de la propia empresa, el índice de mejora y el factor de venta. La ponderación en porcentaje permite determinar las necesidades más importantes para el cliente al momento de elegir la alternativa óptima para la máquina.

En la parte inferior de la casa se efectúa un análisis similar al de la parte derecha. Sin embargo, la evaluación de incidencia se hace con respecto a valores de referencia obtenidos a partir de los parámetros técnicos que se describen en la tabla 4.

3.1.3 *Conclusiones de la matriz QFD.* Luego de analizar la casa de la calidad, se han determinado los parámetros técnicos que son de mayor importancia tomando en cuenta los requerimientos del usuario desde un punto de vista ingenieril, estos son:

- Seguridad
- Material (máquina)
- Confiabilidad
- Nivel de ruido
- Ciclos (mezclador)
- Velocidad (extrusión)

Los parámetros técnicos listados anteriormente muestran que la seguridad es el parámetro más importante en la construcción de la máquina tanto exigiendo que la carcasa cubra todas las partes móviles con un porcentaje de incidencia de 19,90 %.

3.1.4 *Especificaciones técnicas.* Una especificación técnica es una serie de requisitos que un producto o conjunto deben cumplir o exceder. Los productos o conjuntos que no reúnen todos los requisitos establecidos de manera específica no

cumplen con la especificación y a menudo se les denomina "fuera de la especificación". Las especificaciones técnicas se usan al emitir un contrato para productos o servicios técnicos y establecen los requisitos para el cumplimiento del mismo (WIKIHOW, s.f.). Las especificaciones técnicas obtenidas de la matriz QFD, para la construcción de la máquina para la producción de pasta fresca, se detallan en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados de la matriz QFD

Empresa/Cliente: Tesistas		Producto: Máquina para fabricar fideo spaghetti No. 10		Fecha inicial: 2016-10-10 Última versión: 2016-06-03
Diseñadores: Arias Roberto Córdova Rafael				Página 1
Especificaciones				
Concepto	Fecha	Prop.	R/D	Descripción
Función	2016-03-02	D	R	Sistema para mezclar masa para pasta; Transportador de la masa alimenticia desde el mezclador hacia el extrusor. Sistema de extrusión
Dimensión	2016-03-02	D	R	Fideo spaghetti No. 10 El usuario determina manualmente la longitud
Movimiento	2016-03-02	D	R	El mezclador tiene un movimiento giratorio El extrusor debe empujar la masa a través de una boquilla.
Fuerzas	2016-03-02	D	R	La pasta debe ser extruida con una velocidad angular de 20 a 24 rpm
Materiales	2016-03-02	D	R	Acero inoxidable o plástico de grado alimenticio
Señales y control	2016-03-02	D	R	Botonera on / off
Transporte	2016-03-02	C	D	Acceso local: 1 x 2,4 m
Vida útil	2016-03-02	D	D	En operación 6 años Confiablez 90 %
Costes y plazos	2016-03-02	D	D	Presup: \$ 2000, Plazo 18 meses
Aspectos Legales	2016-03-02	D	R	Debe cumplir con las normas sanitarias ecuatorianas.
Propone: C = Cliente; I= Ingeniería				
R/D: R = Requerimiento; MR = Modific. Requerimiento; NR = Nuevo req; D = Deseo				

Fuente: Autores

3.2 Estructura Funcional

La principal función de esta máquina es la producción de fideo spaghetti y las funciones secundarias son aquellas que permiten que la función principal o primaria se lleve a cabo adecuadamente. El concepto de función global es muy útil ya que permite describir y resolver los problemas de diseño considerando el producto que se va a diseñar como una caja negra que relaciona los flujos de entrada con los flujos de salida. No obstante, esta es una representación esquemática muy general y para obtener una

representación más precisa, se debe dividir la función global en subfunciones y establecer las relaciones de flujo entre estas subfunciones (RIBA, 2002).

Figura 11. Función primaria de la máquina

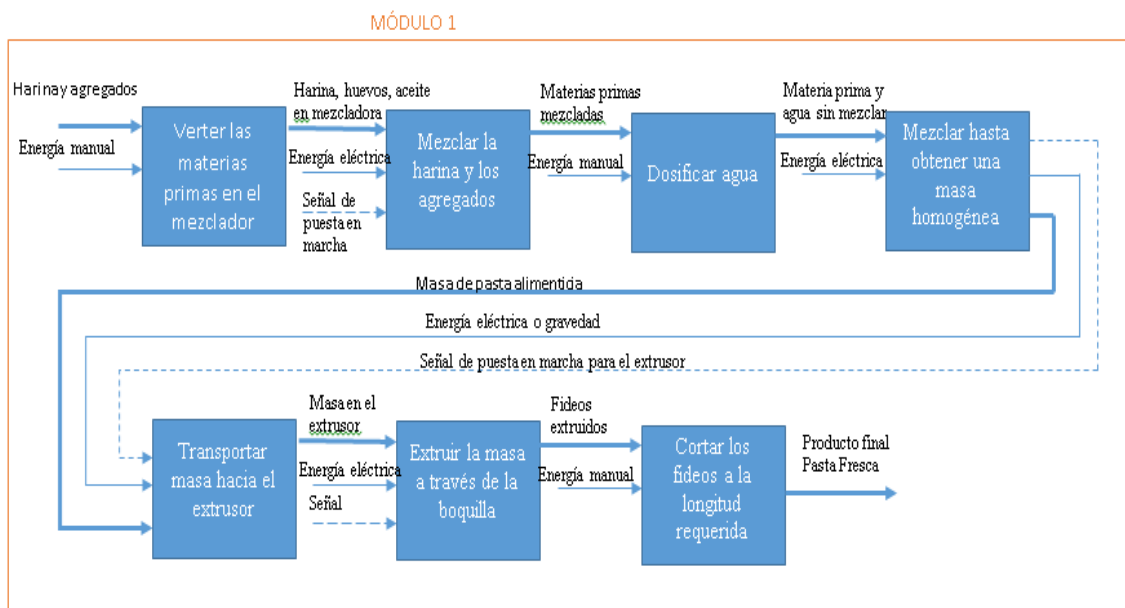


Fuente: Autores

En la parte izquierda de la figura 11, ingresan materias primas. La energía eléctrica permite el funcionamiento de la máquina cuando se envíe la señal de puesta en marcha. Finalmente, a la derecha se obtiene pasta fresca.

3.2.1 Definición de módulos. Como ya se analizó anteriormente, la función principal no muestra en detalle los subsistemas de la máquina por lo que se debe desarrollar el segundo nivel de la estructura funcional tomando en cuenta todos los detalles que permitan cumplir a cabalidad el primer nivel. Dicho desarrollo se muestra en la figura 12.

Figura 12. Diagrama de Procesos



Fuente: Autores

El diseño de la máquina de pasta fresca permite que el proceso entero se desarrolle en un solo módulo, dado que es así como se describe el proceso de la extrusión desde la alimentación de materias primas hasta la obtención misma de los fideos.

3.3 Alternativas de solución para el módulo.

A continuación se detallan las funciones que el módulo único del presente proyecto cumplirá para luego de un análisis ponderado, hallar la mejor alternativa de solución:

3.3.1 *Verter la harina y los agregados.* Dependiendo del tipo de pasta que el usuario desea elaborar, el usuario coloca en la tolva la harina, huevos, especias y/o demás materias primas que crea conveniente tal como se indica en la figura 13.

Figura 13. Verter la harina y agregados

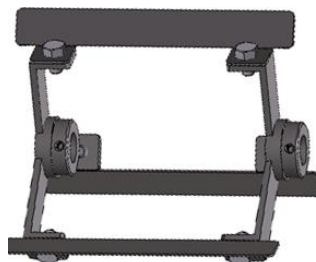


Fuente: <http://www.lamemoriadelpan.com/wp-content/uploads/2011/04/EpiAmasadoraMadre.jpg>

3.3.2 *Mezclar la harina y los agregados.* Este mecanismo servirá tanto para mezclar la harina, agregados (huevos, aceite, sal, etc.) y el agua para formar la pasta alimenticia final.

3.3.2.1 *Mezcladora de eje horizontal con cuchillas concéntricas.* Requiere de un recipiente semi-cilíndrico, la mezcla se realiza mediante un movimiento giratorio de 3 cuchillas colocadas sobre un eje horizontal separadas 120° entre sí.

Figura 14. Mezcladora de cuchillas concéntricas



Fuente: Autores

Ventajas:

- El desgaste generado entre las aspas y el recipiente es aceptable
- La calidad del mezclado es muy buena
- Mecanismo de accionamiento sencillo y fácil construcción

Desventajas:

- Limpieza complicada
- Menor rendimiento de la masa para fabricar fideos.

3.3.2.2 *Mezcladora de eje horizontal sin paletas.* Este tipo de mezcladora requiere también un recipiente semi-cilíndrico para funcionar, es similar a la anterior, sin embargo, no tiene paletas sino barras circulares que van soldadas directamente al eje de mezclado.

Figura 15. Mezcladora sin paletas



Fuente: <http://www.la-monferrina.com/prodotti/dolly.php>

Ventajas:

- Limpieza sencilla
- Desgaste bajo

Desventajas:

- Tiempo de mezclado superior
- Construcción compleja
- Menor calidad de mezclado

3.3.2.3 Mezclador- extrusor de eje vertical. Debido a la geometría del tornillo extrusor, además de empujar la masa, permite realizar un mezclado de los ingredientes; lo que permite mezclar con una mejor calidad una cantidad mayor de masa en un espacio reducido.

Figura 16. Extrusor vertical



Fuente: <http://www.dreamstime.com/>

Ventajas:

- Geometría más pequeña debido a la unión de los 2 módulos en uno
- Costo económico

Desventajas:

- Pobre calidad de mezclado; los ingredientes caen al fondo del tornillo
- Limpieza muy difícil

3.3.3 Sistema motriz. Requiere de un motor eléctrico para funcionar (MÜLLER, s.f.). Tal sistema, recibe una energía de entrada, la misma que será transmitida o transformada para ejecutar un trabajo (IES VILLALBA HERVÁS, s.f.).

3.3.3.1 Sistema motriz vertical. Este sistema consta de un motor ubicado en posición vertical que impulsa al mezclador, de preferencia se deberá conectar con el sistema de mezclado vertical.

Figura 17. Sistema motriz vertical



Fuente: <http://ecx.images-amazon.com/images/>

Ventajas:

- Alimenta al sistema de mezclado más popular y permite un amasado de características muy buenas.
- El diseño permite un mezclado más rápido dependiendo del tipo de mezclador.

Desventajas:

- Es muy costoso pues requiere un motor y un armazón superior para instalarlo
- El peso y volumen de la máquina se incrementan sustancialmente.

3.3.3.2 *Sistema motriz horizontal.* Este sistema consta de un motor que acciona a un eje ubicado en posición horizontal sobre el cual se ubicarán las paletas que amasaran las materias primas hasta formar una pasta grumosa y homogénea.

Figura 18. Sistema motriz horizontal



Fuente: <http://es.aliexpress.com/w/wholesale-4hp-electric-motor.html>

Ventajas

- Es el diseño estándar de un extrusor que permite una alimentación continua
- Ahorra espacio; se puede usar un solo motor para el mezclador y el extrusor

Desventajas

- Debido a la alta viscosidad de la masa, su transporte al extrusor se dificulta
- Requiere un espacio horizontal adicional para ser instalado

3.3.4 *Dosificación de agua.* La dosificación implica establecer las proporciones apropiadas de agua, con el fin de obtener la consistencia y viscosidad requeridas, en la masa alimenticia que se convertirá en la pasta fresca requerida.

3.3.4.1 *Dosificación manual.* La dosificación del agua se puede realizar de manera manual (puede ser también jugo de alguna verdura) para mediante una inspección visual asegurar la calidad de la pasta alimenticia antes de que pase al extrusor.

Figura 19. Dosificación manual de agua



Fuente: <http://s659.photobucket.com/user/granadaempresarial/media/jarradeagua.jpg.html>

Ventajas:

- No tiene ningún costo adicional en la construcción de la máquina
- La distribución del fluido es uniforme sobre la masa

Desventajas:

- Requiere de un operario que realice el trabajo
- El mezclado puede tardar más tiempo dependiendo de la habilidad del operario.

3.3.4.2 *Dosificación automática.* El agua es almacenada en un recipiente a un lado de la máquina y es inyectada en la mezcla de harina y agregados para mezclarse de forma progresiva.

Figura 20. Dosificación automática de agua



Fuente: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/27761-9555666.jpg

Ventajas:

- Se incrementa el nivel de automatización de la máquina
- La velocidad de amasado se incrementa

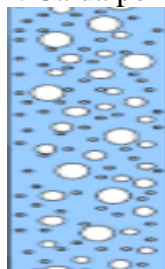
Desventajas:

- Requiere un costo adicional mucho mayor.
- El recipiente que almacena el agua representa mayor peso para la máquina.

3.3.5 *Transportar la masa al extrusor*

3.3.5.1 *Caída por gravedad.* Luego de que la masa alimenticia esté a punto, se puede desactivar el mezclador y permitir que la masa circule – bajo la acción de la gravedad – hacia abajo a través de una tolva.

Figura 21. Caída por gravedad



Fuente: http://2.bp.blogspot.com/_mfpu_02ZQVE/R8RS0Wa

Ventajas:

- No requiere equipos adicionales para transportar la masa
- No tiene costo alguno

Desventajas:

- La viscosidad de la masa hace que el transporte sea lento
- La mezcla puede verse alterada debido a la interacción mezclador- extrusor.

3.3.5.2 Tolva giratoria. El proceso de mezclado se realiza en un recipiente que luego de tener a punto la masa, gira para depositarla directamente sobre el mecanismo extrusor.

Figura 22. Tolva giratoria



Fuente: <http://4.bp.blogspot.com/-k2qv55omhd8/tziaqyr6dhi/AAAAAAAAACEI/7decidqo3bu/s320/Tolva+alimentadora+de+tapas.JPG>

Ventajas:

- El mezclado es de excelente calidad.
- Existe independencia entre las etapas de mezclado y extrusión

Desventajas:

- El costo puede llegar a ser muy elevado
- La complejidad del sistema se incrementa y con ello los costos de operación y mantenimiento

3.3.6 *Extrusión de la masa.* Esta es la función principal de la máquina, que consiste en impulsar la masa alimenticia a través de una matriz con la forma y tamaño del fideo, para lo cual se pueden utilizar dos métodos.

3.3.6.1 *Extrusión por tornillo (augen).* Este tornillo debe tener pasos iguales y el ángulo del filete cambiará de forma que al principio transporta la masa y al final es donde ejerce la presión de extrusión.

Figura 23. Tornillo augen



Fuente: http://img.diytrade.com/cdimg/1964264/28576438/0/1347424087/plastic_extruder_alloy_screw_and_barrel.jpg

Ventajas:

- Requiere movimiento rotativo que puede ser generado por un motor.
- Dependiendo del material variará el costo, sin embargo, es asequible

Desventajas:

- Desperdicia algo de masa que no es transportada por el tornillo

3.3.6.2 *Extrusión utilizando un cilindro.* Los cilindros pueden ser hidráulicos o neumáticos. Permiten ejercer una presión constante sobre toda la masa que se encuentra en la cavidad del extrusor, de forma que se puede tener un flujo constante.

Figura 24. Cilindro extrusor



Fuente: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/19759-2554263.jpg

Ventajas:

- Presión constante sobre la masa
- La velocidad de extrusión (producción de fideo es constante)

Desventajas:

- Se requiere espacio adicional para montar el cilindro.
- Dificultad para depositar la masa dentro del barril del cilindro

3.3.7 *Cortar los fideos a la longitud requerida.* Dependiendo del tipo de pasta que se desee elaborar, pueden utilizarse opciones automáticas (principalmente para pastas cortas) u opciones manuales.

3.3.7.1 *Corte de fideo manual.* Es recomendado para los fideos largos como los spaghetti. A medida que los fideos salen a través de la matriz de extrusión, el operador corta los fideos a la longitud requerida para colocarlos luego en una bandeja enharinada que ayudará a secarlos.

Figura 25. Corte de fideo manual



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?V=trxbof2slh8>

Ventajas:

- No se requiere ninguna automatización adicional de la máquina
- Se puede elegir cualquier longitud que se requiera.

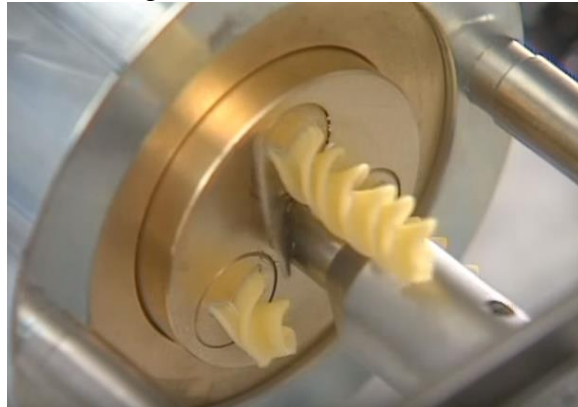
Desventaja:

- No se puede obtener longitudes iguales

- Requiere de un operario permanente

3.3.7.2 *Corte de fideo automático.* Se recomienda para fideos pequeños como el lazo o el tornillo. Consiste en una cuchilla accionada por un pequeño motor que gira a una velocidad constante cortando los fideos a la longitud requerida.

Figura 26. Corte automático



Fuente: <http://www.la-monferrina.com/prodotti/dolly.php>

Ventajas:

- Corta fideos de las mismas longitudes siempre.
- Se obtiene mejor inocuidad ya que el operador no está en contacto directo con el fideo

Desventajas:

- El pequeño motor presenta un mayor costo y requiere acoples con el eje del extrusor.
- No es recomendado para cortar fideos largos.

3.4 Alternativas de módulos

Con las diferentes alternativas para cada subsistema mostradas anteriormente, se procede a combinar 2 posibles alternativas de solución para cada función, siempre y cuando los componentes sean compatibles. El resultado se muestra en la tabla 6. La alternativa 1 muestra una máquina extrusora estándar con un mezclador y extrusor de eje horizontal y con motores independientes. Esta alternativa se indica en la figura 27.

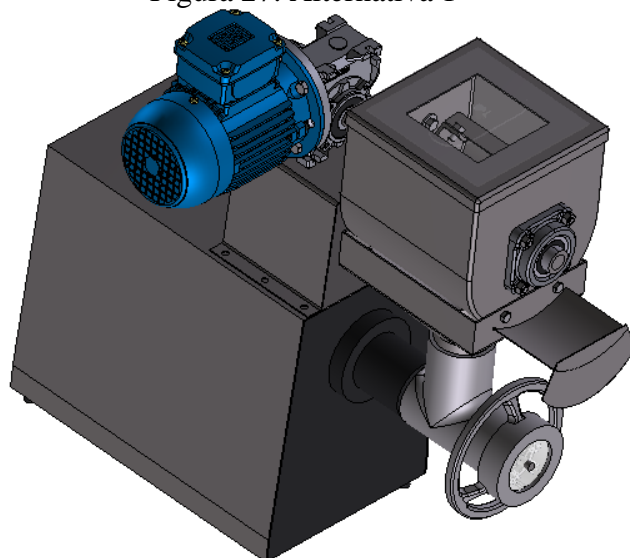
La alternativa 2 muestra una máquina extrusora con motores independientes, donde el mezclador se encuentra ubicado en forma vertical, con una tolva giratoria que deposita la masa en un extrusor de eje horizontal, tal como se muestra en la figura 28.

Tabla 6. Combinación de soluciones para el módulo

Función	Componente	
Alimentación	Alimentación manual de materias primas	
Mezclado	Mezclador de cuchillas concéntricas	Mezclador vertical
Transporte		
Extrusión	Por gravedad	Tolva giratoria
Corte	Tornillo extrusor	Cilindro extrusor
	Manual	Automático
Soluciones	Alternativa 1	Alternativa 2

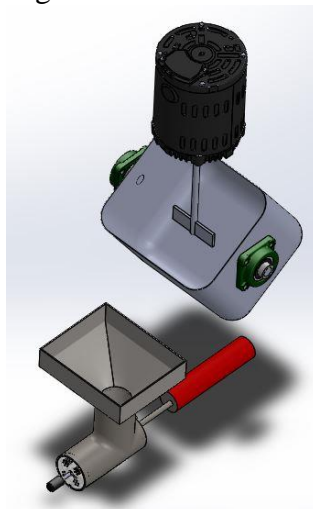
Fuente: Autores

Figura 27. Alternativa 1



Fuente: Autores

Figura 28. Alternativa 2



Fuente: Autores

3.4.1 *Evaluación de soluciones.* Las evaluaciones en general no se centran sobre un determinado elemento, sino que se deben ponderar distintos aspectos del sistema en base a criterios que a menudo implican juicios de valor (RIBA, 2002). Para tomar una decisión siempre deben estar presentes los dos elementos siguientes:

Alternativas. Como mínimo debe de disponerse de dos alternativas cuyas características deben ser diferentes.

Criterios. Hay que establecer los criterios en base a los cuales las alternativas deberán ser evaluadas, así como también la ponderación relativa entre ellas.

3.4.1.1 *Método ordinal corregido de criterios ponderados.* Este método, sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos (RIBA, 2002). Se basa en tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios (o soluciones) y se asignan los valores siguientes:

- | | |
|-----|--|
| 1 | Si el criterio de las filas es superior que el de las columnas |
| 0,5 | Si el criterio de las filas es igual que el de las columnas |
| 0 | Si el criterio de las filas es inferior que el de las columnas |

3.4.1.2 *Criterios de valoración del módulo.* Se empleó el método ordinal corregido de criterios ponderados, para comparar las posibles soluciones y obtener la más

adecuada. Dichos criterios son:

Producción kg/h. Este es el criterio más importante pues de éste depende el diseño de todos los elementos de la máquina.

Confiabilidad. Es un criterio importante, pues el cliente requiere de una máquina con una alta vida útil de sus partes y evitar paradas que resultarían en pérdidas de producción.

Costo. Se consideró el costo pues la máquina debe ser asequible para un rango amplio de clientes (desde pequeños hasta grandes restaurantes) y además el presupuesto con el que se cuenta es limitado, tiene una importancia similar a la confiabilidad.

Potencia. La potencia se consideró igualmente importante que el costo; es un factor importante en el consumo de energía y por ende en el costo de producción.

Diversidad de producción. Teóricamente, es importante para el usuario que la máquina pueda producir más de un tipo de fideo tan solo cambiando la matriz de extrusión. A

Tabla 7 Evaluación de criterios.

Producción>confiabilidad=costo=potencia>diversidad de producción							
Criterio	Produc.	Confiab.	Costo	Pot.	Div_Prod.	S+1	Ponderación
Producción		1	1	1	1	5	0,333
Confiabilidad	0		0,5	0,5	1	3	0,200
Costo	0	0,5		0,5	1	3	0,200
Potencia	0	0,5	0,5		1	3	0,200
Div. de Prod.	0	0	0	0		1	0,067
Total						15	1

Fuente: Autores

Tabla 8.Evaluación del peso específico del criterio producción

Solución 1 > solución 2				
Producción	Solución 1	Solución 2	S+1	Ponderación
Solución 1		1	2	0,667
Solución 2	0		1	0,333
Total			3	1

Fuente: Autores

Tabla 9. Evaluación del peso específico del criterio confiabilidad

Solución 1 > solución 2				
Confiabilidad	Solución 1	Solución 2	S+1	Ponderación
Solución 1		1	2	0,667
Solución 2	0		1	0,333
		Total	3	1

Fuente: Autores

Tabla 10. Evaluación del peso específico del criterio confiabilidad

Solución 2 > Solución 1				
Costo	Solución 1	Solución 2	S+1	Ponderación
Solución 1		0	1	0,333
Solución 2	1		2	0,667
		Total	3	1

Fuente: Autores

Tabla 11. Evaluación del peso específico del criterio confiabilidad

Solución 2 > Solución 1				
Potencia	Solución 1	Solución 2	S+1	Ponderación
Solución 1		0	1	0,333
Solución 2	1		2	0,667
		Total	3	1

Fuente: Autores

Tabla 12. Evaluación del peso específico del criterio diversidad de producción

Solución 1 > solución 2				
Div de Prod.	Solución 1	Solución 2	S+1	Ponderación
Solución 1		1	2	0,667
Solución 2	0		1	0,333
		Total	3	1

Fuente: Autores

Luego de haber efectuado la evaluación de los criterios, se evaluó cada solución con respecto a cada criterio. La solución 1 representa a la máquina despulpadora horizontal, mientras que la solución 2 representa a la máquina despulpadora vertical. Tales evaluaciones se desglosan en las tablas 8 – 12. El proceso concluyó realizando un cálculo final multiplicando la ponderación de los criterios mostrados en la tabla 7 con las ponderaciones de las tablas 8, 9, 10, 11 y 12 para cada solución.

La alternativa que se eligió fue la que obtuvo una ponderación mayor (alternativa 1) y que se supone es la más adecuada para satisfacer todas las necesidades del usuario y cumplir los requerimientos ingenieriles, tal ponderación se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Conclusión de la elección de alternativas

Conclusión	Prod.	Conf.	Costo	Pot.	Div_prod.	S	Prioridad
Solución 1	0,22	0,13	0,07	0,07	0,04	0,53	1
Solución 2	0,11	0,07	0,13	0,13	0,02	0,47	2

Fuente: Autores

La solución 1 obtuvo una sumatoria mayor a la solución 2, lo que muestra que es la que más se ajusta a los criterios considerados para la máquina productora de fideos. Dicha solución corresponde a la máquina extrusora de eje horizontal.

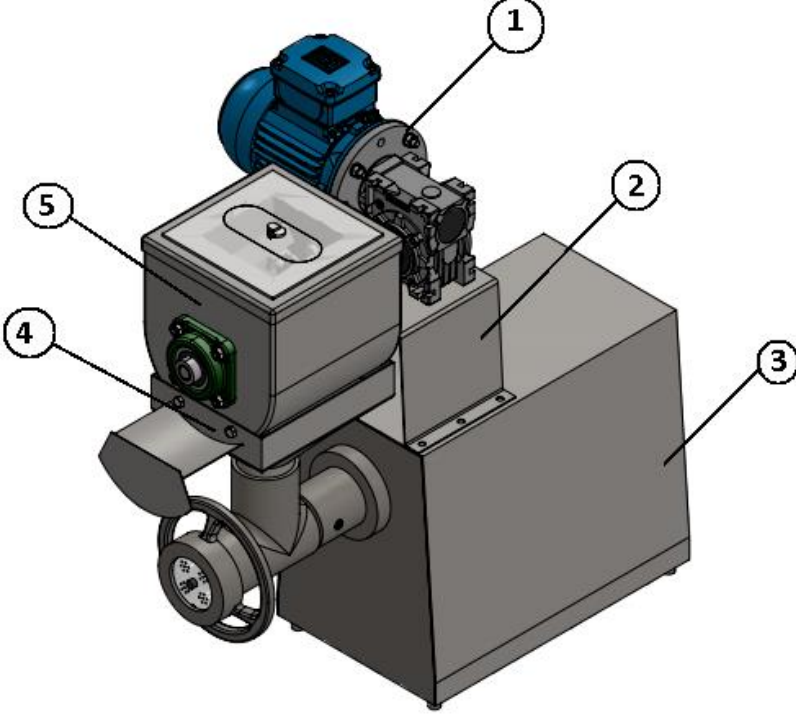
3.4.2 *Características de la solución seleccionada.* La solución seleccionada, es decir, la máquina extrusora de eje horizontal cumple con los deseos manifestados por los posibles clientes. Dichos deseos se transformaron en criterios técnicos mediante los cuales se elaboró un pre-diseño de la máquina en el software Solidworks®.

En el presente trabajo, por facilidad de construcción (especialmente del tornillo extrusor), se llevó a cabo una adaptación tecnológica, construyendo la máquina para la elaboración de fideo spaghetti, a partir de un molino de carne comercial. La tabla 14 exhibe un esquema general de la solución fabricada, numerando sus elementos constitutivos más importantes, mientras que en la tabla 15, se muestra un esquema del molino de carne comercial, con sus elementos constitutivos.

Luego de un modelado previo en Solidworks®, se decidió usar un motorreductor (1), para hacer funcionar al mezclador (5). Debido a que el mezclador (5) se encuentra elevado, se requiere de una base (2) que deberá ser rígida y soportar vibraciones.

Los dos elementos anteriores irán sujetos fijamente sobre la carcasa de la máquina moledora de carne comercial (3); se deberá adaptar una carcasa nueva para que pueda soportar el peso y vibraciones de los elementos mencionados. Finalmente, se decidió diseñar una tolva (4) que va de una sección rectangular a circular y transporta la masa desde el mezclador al extrusor.

Tabla 14. Esquema de la máquina para la producción de fideo spaghetti

Esquema	
	
Descripción	
1	Motorreductor
2	Base del motorreductor
3	Molino de carne
4	Tolva de transporte: mezclador - extrusor
5	Tolva de mezclado

Fuente: Autores

La tabla 15, muestra los elementos que constituyen a la máquina moledora de carne comercial. Los elementos (6) y (7) constituyen la carcasa, representada por el elemento (3) en conjunto. Un motor eléctrico de 110 V (8) hace funcionar al tornillo extrusor (10).

La base de la máquina (9) es muy estable y maciza, todos los elementos a excepción de la carcasa y la matriz de extrusión (12) están hechos de fundición recubierta por una capa antioxidante

El tornillo extrusor va dentro del barril (11) donde se produce la presión que forzará la salida de la masa a través de la matriz de extrusión, que les da la forma final. Esta última se asegura al resto de la máquina usando un volante de sujeción.

Tabla 15. Esquema de la máquina moledora de carne comercial

Esquema	
Descripción	
6	Carcasa del motor
7	Protector lateral del motor
8	Motor – extrusor
9	Base de la máquina
10	Tornillo extrusor
11	Barril
12	Matriz de extrusión
13	Volante de sujeción

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO MECÁNICO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

En el presente capítulo se realizará el diseño de los elementos constitutivos de la máquina tomando en consideración la resistencia de los materiales, los esfuerzos producidos por las cargas, y la teoría de fallas. Además, se realizará la verificación de los elementos en Solidworks® con el módulo Simulation para validar los resultados obtenidos por medio de las ecuaciones de resistencia de materiales.

4.1 Dimensionamiento

Como ya se estableció anteriormente, todo el dimensionamiento de la máquina está basado en su capacidad, que para el presente trabajo, basándose en resultados de encuestas, se considera de $4kg/h$

$$\dot{m} = 4 \frac{kg}{h}$$

4.1.1 *Cálculo de la densidad de la masa alimenticia.* El cálculo de la densidad se lo realiza experimentalmente, se toma un volumen especificado de masa y se procede a pesar este volumen, aplicando la ecuación (1), se obtiene la densidad.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Donde:

m = masa, en g

V = volumen, en cm^3

A partir de esta ecuación (1) y con los valores experimentales de masa y volumen, se tiene:

$$m = 426 \text{ g}$$

$$V = 390 \text{ cm}^3$$

$$\rho = \frac{426 \text{ g}}{390 \text{ cm}^3} = 1,09 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho = 1090 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

4.1.2 *Cálculo del caudal requerido.* Se calcula el caudal que es necesario para tener una producción de 4kg/h, despejando el caudal de la ecuación (2).

$$\dot{m} = \rho \times Q \quad (2)$$

Donde:

\dot{m} = flujo másico, en g/h

ρ = densidad en g/ cm³

Q = caudal en cm³/min

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{4000 \frac{\text{g}}{\text{h}}}{1,090 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}$$

$$Q = 61,1621 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

4.1.3 *Cálculo del volumen de la tolva.* Para dimensionar la tolva, se asume que contendrá la masa necesaria para una hora de producción es decir 4 kg. Para este cálculo se despeja el volumen de la ecuación (1).

$$V_t = \frac{m}{\rho}$$

Donde:

V_t = volumen teórico de la tolva, en m³

$$V_t = \frac{4 \text{ kg}}{1090 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_t = 0,0037 \text{ m}^3$$

Se asume un 50% de reducción en el volumen interior de la tolva por el volumen que ocuparán el eje y las paletas, además para darle espacio para que no se riegue la mezcla. Para hallar el nuevo volumen que deberá tener la tolva, se aplica la ecuación (3).

$$V_r = \frac{V_t}{\% \text{ red}} \quad (3)$$

Donde.

V_r = volumen verdadero de la tolva, en m^3

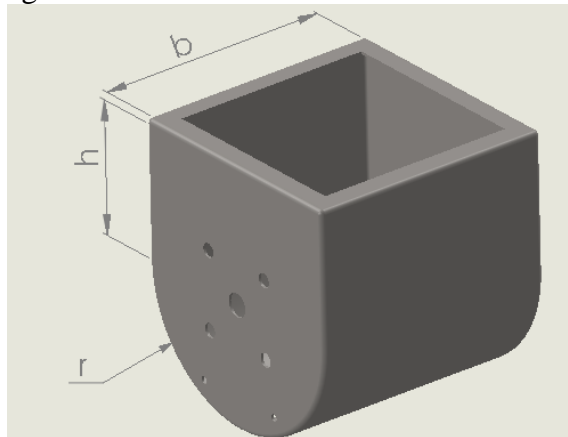
% red = porcentaje de reducción

$$V_r = \frac{0,0037 \text{ m}^3}{0,5}$$

$$V_r = 0,007339 \text{ m}^3$$

En la figura 29, se muestra la forma y las variables dimensionales que tendrá la tolva.

Figura 29. Variables dimensionales de la tolva



Fuente: Autores

Para dimensionar la tolva, se asume $h = 10 \text{ cm}$ y $b = 20 \text{ cm}$ para calcular luego el radio que deberá tener para cumplir con el volumen requerido. Se aplicará la ecuación (4).

$$V_r = \frac{\pi}{2} \cdot r^2 \cdot b + 2 \cdot b \cdot r \cdot h \quad (4)$$

Donde:

r = radio de la tolva, en cm

b = longitud de la tolva, en cm

h = ancho de la tolva, en cm

π = constante pi, igual a 3,1416

V_d = volumen de diseño, en m^3

$$0,00458 m^3 \times \frac{(100 cm)^3}{(1 m)^3} = \frac{\pi}{2} \cdot r^2 \cdot (20 cm) + 2 \cdot (20 cm) \cdot r \cdot (10 cm)$$

$$r_1 = -22,923 cm$$

$$r_2 = 10,19cm \approx 10cm$$

Se calcula nuevamente el volumen con los valores encontrados anteriormente y aceptando el valor de radio 10 cm.

$$V_d = \frac{\pi}{2} \cdot r^2 \cdot (20 cm) + 2 \cdot (20 cm) \cdot r \cdot (10 cm)$$

$$V_d = 0,007141m^3$$

Con el volumen real de diseño, se calcula la masa real que podrá contener la tolva asumiendo el 50% de reducción en del volumen, para este fin, se despeja la masa de la ecuación (1)

$$m_d = 50\% \cdot V_d \cdot \rho = 0,5 \times (0,007141 m^3) \cdot \left(1090 \frac{kg}{m^3}\right)$$

$$m = 3,8921kg$$

Se obtiene una masa menor a 4 kg, pero se asumió un 50% de volumen ocupado por el eje y las paletas en la tolva, por lo que podrá almacenar los 4 kg sin problema, incluso hasta unos 7 kg pero con la probabilidad de que la masa alimenticia se riegue al

mezclarse. Debido a que el cálculo se efectuó para un tiempo de trabajo de 1 hora, se debe calcular el tiempo real de vaciado de la tolva, aplicando la ecuación (5).

$$t_v = \frac{m_d}{\dot{m}} \quad (5)$$

Donde:

t_v = tiempo de vaciado real de la tolva, en h

m_d = masa real que contendrá la tolva, en kg

\dot{m} = flujo de masa, en kg/h

$$t_v = \frac{3,8921 \text{ kg}}{4 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}$$

$$t_v = 0,973h = 58m \ 22s$$

Se concluye que el tiempo está aún dentro del límite de 1 hora por lo que se acepta el cálculo, a partir del cual se construirá la tolva.

4.1.4 Tornillo extrusor. Se calcula la capacidad de extrusión del tornillo, es decir el caudal y la capacidad de producción del tornillo basándose en los datos que se usaron para el cálculo de la tolva. En la figura 30, se muestran las variables más importantes para la construcción de un tornillo extrusor, las cuales son:

b = Paso, en cm

h = Profundidad del canal, en cm

e = Espesor del filete, en cm

w = Ancho del canal, en cm

θ = Angulo de hélice del tornillo con la vertical

D = Diámetro del tornillo, en cm

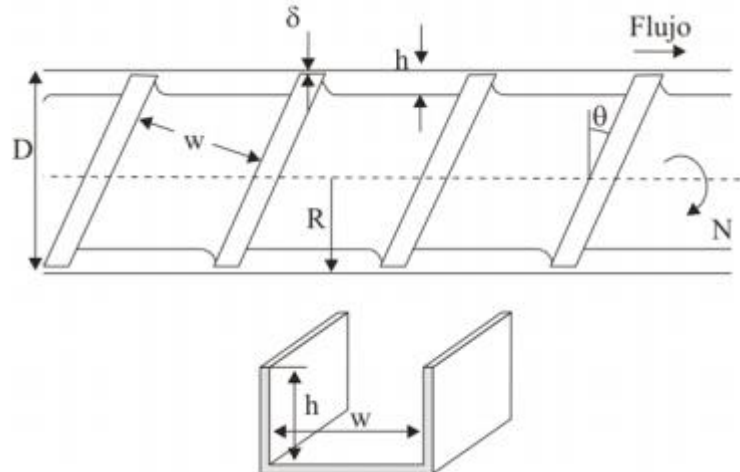
L = longitud del tornillo, en cm

δ = holgura entre el cilindro y el filete, en cm

t = longitud de una hélice del tornillo, en cm

m = Número de canales

Figura 30. Variables del tornillo extrusor



Fuente: Beltrán M., et al, tecnología de polímeros, pag.141

El presente trabajo es una adaptación tecnológica; el tornillo ya está construido por lo que se debe verificar si resiste los esfuerzos, y si puede entregar el caudal de producción requerido. Dicho estudio se llevará a cabo a partir de los siguientes datos obtenidos de medidas reales:

$$\begin{aligned}
 b &= 3,3 \text{ cm} \\
 s &= e = 0,5 \text{ cm} \\
 t &= 2(b + e) = 7,6 \text{ cm} \\
 w &= 2,8 \text{ cm} \\
 \theta &= 11,55^\circ \\
 D &= 7,0 \text{ cm} \\
 L &= 12,7 \text{ cm} \\
 h &= 1,6 \text{ cm} \\
 m &= 1
 \end{aligned}$$

Ahora se procede a calcular el flujo volumétrico aplicando la ecuación (6) atribuida al investigador Savgorodny (GÓMEZ GÓMEZ, y otros, 2007).

$$Q = \left(\frac{\alpha \cdot K}{K + \beta + \gamma} \right) Nc \quad (6)$$

Donde:

α = Flujo de arrastre, en cm^3

β = Flujo de presión, en cm^3

γ = Flujo de filtración, en cm^3

K = Constante total de la forma geométrica de la cabeza perfiladora

N_c = número de revoluciones, en rev/min

Todos estos flujos están definidos por ecuaciones que se definirán a lo largo del presente capítulo. La constante K, se calculará de acuerdo a la geometría de la boquilla. A continuación se irá determinando cada uno de estos flujos.

4.1.4.1 *Flujo de arrastre o de fricción.* El flujo de arrastre en el extrusor se deriva del cálculo del flujo de arrastre entre dos placas paralelas en estado estacionario, tomando en cuenta que el flujo primario es debido a una espiral (WIKIPEDIA, 2016).

$$\alpha = \frac{\pi \times m \times D \times h \times \left(\frac{t}{m} - e\right) \times \cos^2 \varphi}{2} \quad (7)$$

$$\alpha = \frac{\pi \times (1) \times (7,0 \text{ cm}) \times (1,6 \text{ cm}) \times \left(\frac{7,6 \text{ cm}}{1} - 0,5 \text{ cm}\right) \times \cos^2(11,55^\circ)}{2}$$

$$\alpha = 119,9 \text{ cm}^3$$

4.1.4.2 *Flujo de presión.* En la sección de alimentación de un tornillo extrusor, el flujo de presión es el flujo relativo del material hacia atrás por el canal del tornillo causado por la presión en la boquilla (POLYDYNAMICS, 2000).

$$\beta = \frac{m \times h^3 \times \left(\frac{t}{m} - e\right) \times \sin \varphi \times \cos \varphi}{12 \times L} \quad (8)$$

$$\beta = \frac{(1) \times (1,6 \text{ cm})^3 \times \left(\frac{7,6 \text{ cm}}{1} - 0,5 \text{ cm}\right) \times \sin(11,55^\circ) \times \cos(11,55^\circ)}{12 \times (12,7 \text{ cm})}$$

$$\beta = 0,0374 \text{ cm}^3$$

4.1.4.3 *Flujo de infiltración.* Reduce la producción debido a las pérdidas de material entre las holguras de la interfaz tornillo – barril (GÓMEZ GÓMEZ, y otros, 2007).

$$\gamma = \frac{\pi^2 \times D^2 \times \delta^3 \times \tan \varphi}{10 \times e \times L} \quad (9)$$

Donde:

δ = Holgura del filete, en cm

La medida de la holgura entre la cresta del filete y la superficie interior del husillo es de fundamental importancia en el funcionamiento de la extrusora. Si la holgura es grande, el mezclado de la masa es más efectivo, sin embargo disminuye su velocidad de avance pues aumenta el flujo inverso (GÓMEZ GÓMEZ, y otros, 2007). De mediciones reales se obtuvo un valor de $\delta = 0,7$ cm.

$$\gamma = \frac{\pi^2 \times (7 \text{ cm})^2 \times (0,7 \text{ cm})^3 \times \tan(11,55^\circ)}{10 \times (0,5 \text{ cm}) \times (12,7 \text{ cm})}$$

$$\gamma = 0,5338 \text{ cm}^3$$

4.1.4.4 *Constante total de la cabeza.* Para una boquilla circular, se calcula el diámetro (d) equivalente de la boquilla que contiene 28 perforaciones de 2 mm cada una, es decir un área de 87,96 mm², aplicando la ecuación (11) para reemplazarlo luego en la ecuación (10).

$$K = \frac{\pi \times d^4}{128 \times L_c} \quad (10)$$

Donde:

K = constante total de la cabeza, en cm³

d = diámetro equivalente de la boquilla, en cm

L_c = longitud del canal del tornillo extrusor, en cm

$$A = \pi \times \frac{d^2}{4} \quad (11)$$

Despejando d, de la ecuación 11, se tiene:

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times (0,00008796 \text{ m}^2)}{\pi}}$$

$$d = 0,010583 \text{ m}$$

$$d = 1,0583 \text{ cm}$$

Se calcula la longitud del canal desarrollando en el plano al tornillo extrusor. Se usará para el efecto la ecuación (12)

$$L_c = \frac{\sqrt{(\pi \times D_t)^2 + (t)^2}}{2} \quad (12)$$

Donde:

D_t = diámetro del tornillo extrusor considerando la hélice, en cm. Experimentalmente, igual a 5,6 cm.

$$L_c = \frac{\sqrt{(\pi \times 5,6 \text{ cm})^2 + (7,6 \text{ cm})^2}}{2}$$

$$L_c = 9,58 \text{ cm}$$

Se reemplaza los valores del diámetro de la boquilla y la longitud del canal en (10)

$$K = \frac{\pi \times (1,0583 \text{ cm})^4}{128 \times (9,58 \text{ cm})}$$

$$K = 0,003214 \text{ cm}^3$$

4.1.4.5 Cálculo del caudal teórico. Para obtener la extrusión de la mezcla se requiere la velocidad del motor, luego de determinarla experimentalmente a partir del

motor de la moladora de carne comercia se obtuvo un valor de 145 rpm. Para el cálculo, se aplica la ecuación (6).

$$Q = \left(\frac{\alpha \times K}{K + \beta + \gamma} \right) Nc$$

$$Q = \left(\frac{119,9 \text{ cm}^3 \times 0,003214 \text{ cm}^3}{0,003214 \text{ cm}^3 + 0,0374 \text{ cm}^3 + 0,5338 \text{ cm}^3} \right) \cdot 145 \text{ rpm}$$

$$Q = 97,27 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} > 61,1621 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

Se observa que el caudal teórico es mayor al caudal necesario por lo que se comprueba que la producción cumplirá las especificaciones de producción establecidas para la máquina.

4.1.4.6 *Cálculo de la potencia requerida.* Como un concepto físico, la potencia es la rapidez con la que se efectúa un trabajo. Si se conoce el diámetro del tornillo, el factor de proporcionalidad ($k = 66,7$) y el número de rpm, se puede obtener la potencia usando la ecuación (13).

$$Nc = \frac{k^2 \times P}{\pi \times D_t^3} \quad (13)$$

Donde:

P = potencia, en kW

D_t = diámetro del tornillo, en cm

$$P = \frac{Nc \times \pi \times D_t^3}{k^2}$$

$$P = \frac{145 \text{ rpm} \times \pi \times (7 \text{ cm})^3}{66,7^2}$$

$$P = 0,35 \text{ kW}$$

$$P = 0,46 \text{ HP}$$

El motor con el que viene la máquina moladora de carne comercial es de $\frac{3}{4}$ HP, que es más de lo que se necesita para extruir el producto.

4.1.5 Boquilla

4.1.5.1 Relación de velocidad del reductor. Determinación número de revoluciones del tornillo extrusor. De mediciones experimentales, se obtuvo una relación de transmisión $i = 12$.

$$Nc_r = \frac{N_r}{i} \quad (14)$$

Donde:

Nc_r = número de revoluciones del motor

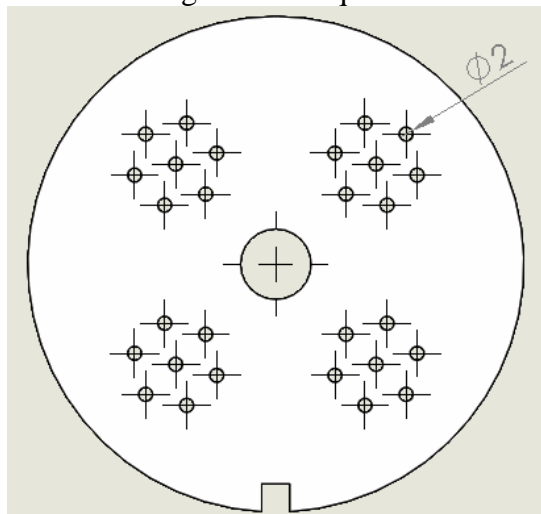
N_r = número de revoluciones del motor

i = relación de transmisión

$$Nc_r = \frac{1745 \text{ rpm}}{12}$$

$$Nc_r = 145 \text{ rpm}$$

Figura 31. Boquilla



Fuente: Autores

4.1.5.2 *Area equivalente de la boquilla.* El área por la cual saldrá la masa se calcula con el producto del número de perforaciones por su área. De acuerdo a los productores de fideo spaghetti no. 10, éste debe tener un diámetro de 2,1mm.

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot n \cdot d^2 \quad (15)$$

Donde:

A = Área equivalente de la boquilla, en mm²

n = número de agujeros en la boquilla

d = diámetro del agujero, en mm

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (28) \cdot (2 \text{ mm})^2$$

$$A = 87,96 \text{ mm}^2$$

$$\mathbf{A = 0,00008796 \text{ m}^2}$$

4.1.5.3 *Velocidad de salida del fideo.* Usando la ecuación de caudal (16), se calcula la velocidad de salida del fideo.

$$v = \frac{Q}{A} \quad (16)$$

Donde:

v = velocidad de salida, en cm/s

$$v = \frac{0,0041 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{0,00008796 \text{ m}^2}$$

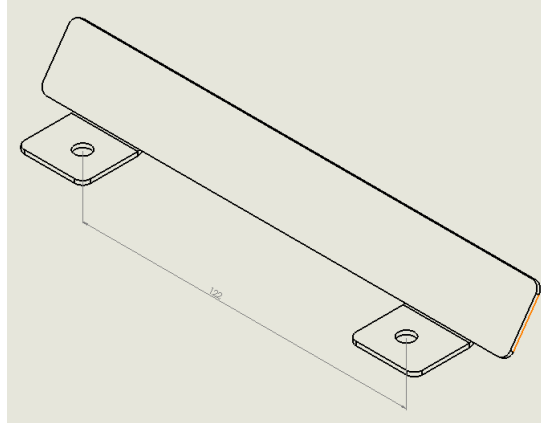
$$v = 46,61 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

$$v = 77,6833 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

4.2 Diseño de las cuchillas de mezclado

Se realiza el diseño de las cuchillas que son las encargadas de mezclar, la cual será elaborada de acero inoxidable AISI 304. Se intentará con una plancha de 1,5mm.

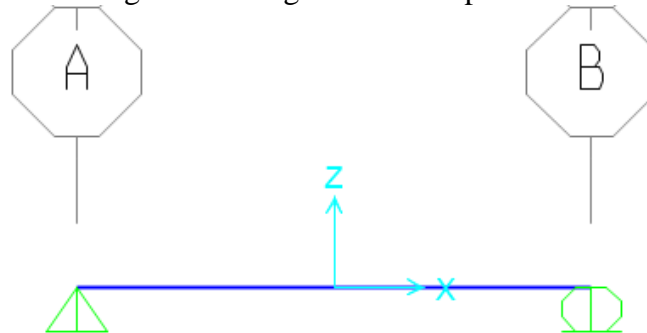
Figura 32. Cuchilla



Fuente: Autores

La cuchilla soportara una carga de 4kg en el centro.

Figura 33. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: Autores

Se realiza la sumatoria de momentos en el punto medio (O) de la viga

$$\Sigma M_o = 0$$

$$6,1R_A - 6,1R_B = 0$$

$$R_A = R_B$$

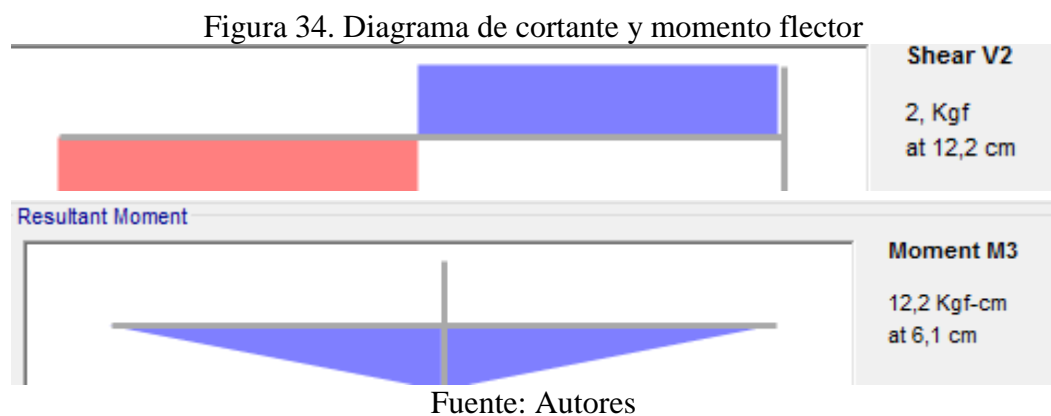
Se realiza el equilibrio de fuerzas

$$\Sigma F_Z = 0$$

$$R_A + R_B - 4kg = 0$$

$$2R_A = 4kg$$

$$R_A = 2kg$$



Del diagrama se obtiene el momento flector máximo que se encuentra en el punto medio de la cuchilla.

$$Mf = 12,2kg.cm$$

Se calcula la inercia de la cuchilla, ya que es de forma rectangular se tiene:

$$I = \frac{1}{12}bh^3 \quad (17)$$

Donde.

I = momento de inercia de la cuchilla del mezclador, en cm^4

b = longitud de la base de la barra, en cm

h = altura de la barra, en cm

Cuando la cuchilla esté horizontal, se tiene:

$$I_1 = \frac{1}{12} (2,2cm)(0,15cm)^3$$

$$I_1 = 6,1875 \times 10^{-4} cm^4$$

Cuando la cuchilla este vertical

$$I_2 = \frac{1}{12} (0,15cm)(2,2cm)^3$$

$$I_2 = 0,1331 cm^4$$

Se escoge el menor valor de I, y se calcula el esfuerzo normal producido

$$\sigma = \frac{Mf.c}{I} \quad (18)$$

Donde:

σ = esfuerzo normal, en kg/cm²

Mf = momento flector, en kg - cm

$$\sigma = \frac{12,2kg - cm \times (0,075cm)}{6,1875 \times 10^{-4} cm^4}$$

$$\sigma = 1478,7879 \frac{kg}{cm^2}$$

Se calcula el factor de seguridad para un material AISI 304 con $F_Y = 2108,5 \frac{kg}{cm^2}$

$$n = \frac{F_Y}{\sigma} \quad (19)$$

Donde:

n = factor de seguridad

F_Y = límite de fluencia del material

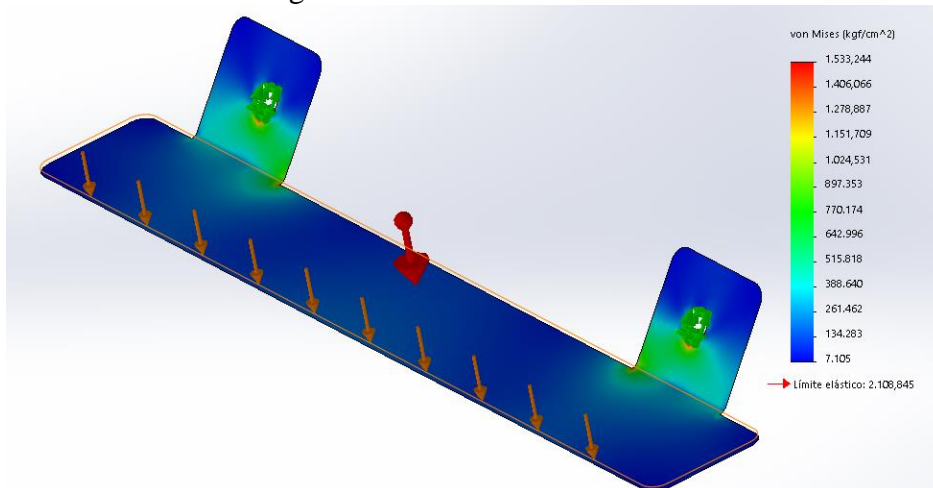
$$n = \frac{2108,5 \frac{kg}{cm^2}}{1478,7879 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$n = 1,4258$$

El factor de seguridad es mayor que 1 por lo que cumple el requerimiento.

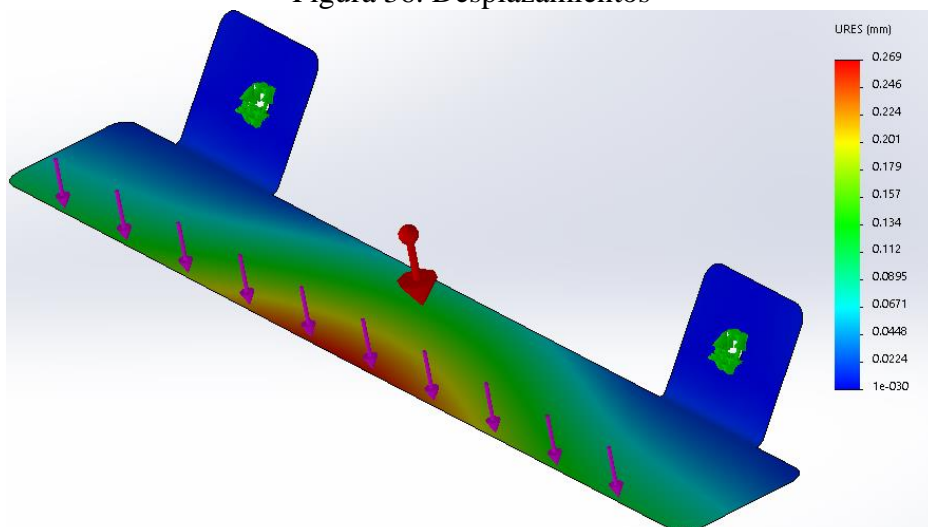
4.2.1 Verificación en Solidworks®. Se realiza un estudio estático, con un material AISI 304, una carga de 4 kg y gravedad.

Figura 35. Tensión de Von Mises



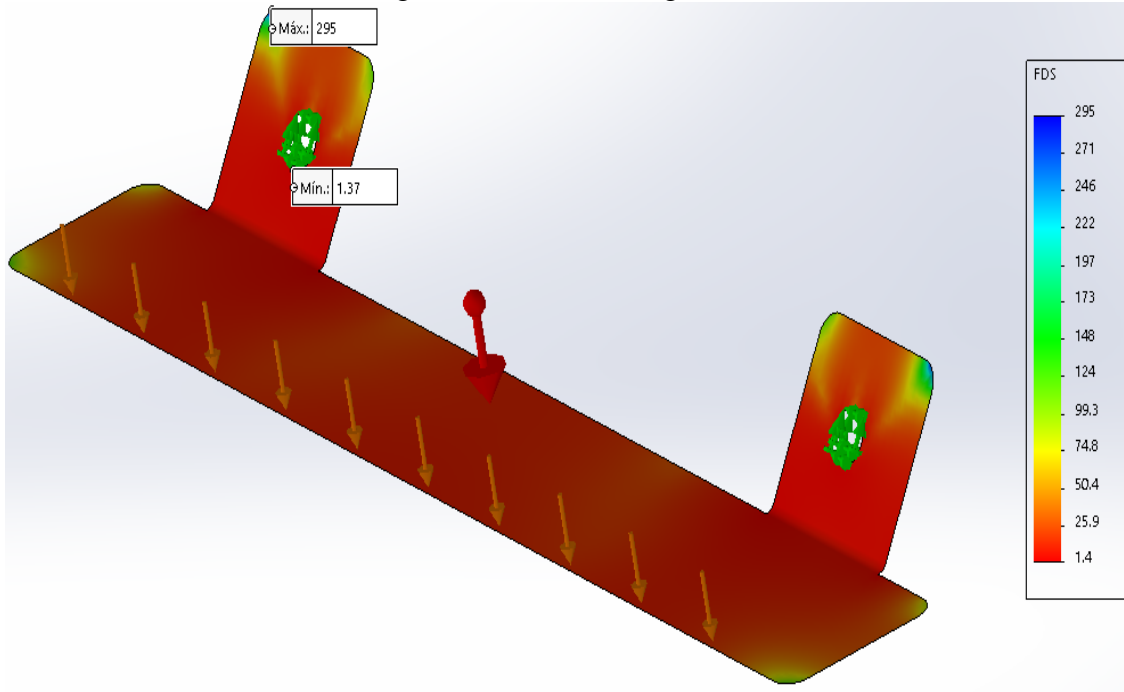
Fuente: Autores

Figura 36. Desplazamientos



Fuente: Autores

Figura 37. Factor de seguridad



Fuente: Autores

4.2.2 Propiedades físicas. Se calcula las propiedades físicas a través de Solidworks®.

Tabla 16. Propiedades físicas de las cuchillas de mezclado

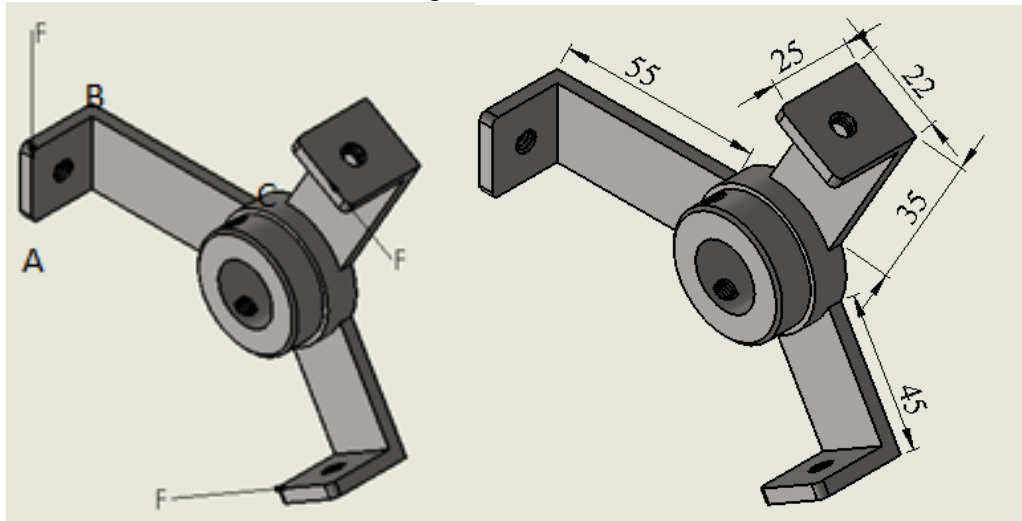
Densidad	8,00 gramos por centímetro cúbico
Masa (g)	60.69
Volumen (cm ³)	7.59
Área de superficie (cm ²)	108.86
Centro de masa (cm)	X = 0.00 Y = 0.72 Z = -1.35
Ejes y momentos principales de inercia: (g*cm ²)	Medido desde el centro de masa. Ix = (1.00, 0.00, 0.00) Px = 66,27 Iy = (0.00, 0.58, -0.81) Py = 1741,01 Iz = (0.00, 0.81, 0.58) Pz = 1798,08

Fuente: Autores

4.3 Diseño de las paletas de sujeción

Las paletas son las que sujetarán las cuchillas y transmitirán el movimiento a estas, se fabricaran con acero AISI 304, Para un primer intento se realizaran las paletas con platina de 22mm de ancho por 4mm de espesor.

Figura 38. Paletas



Fuente: Autores

4.3.1 *Análisis en C.* Se analiza la paleta más larga que es de 55mm, la cual se comporta como una viga en voladizo. Este punto está sometido a flexión y torsión. La fuerza genera una torsión por estar excéntrica de la paleta a una distancia de 25mm.

$$T = 19,62 \text{ N} \times (0,025 \text{ m})$$

$$T = 0,49 \text{ Nm}$$

La fuerza genera una flexión por estar en el extremo de la paleta a una distancia de 55 mm.

$$M_f = 19,62 \text{ N}(0,055 \text{ m})$$

$$M_f = 1,0791 \text{ Nm}$$

4.3.1.1 *Esfuerzo de corte por torsión.* Se determina los factores de corrección para torsión para una sección rectangular

$$\frac{b}{t} = \frac{22 \text{ mm}}{4 \text{ mm}}$$

$$\frac{b}{t} = 5,5$$

Tabla 17. Coeficientes para flexión de barras

Tabla de coeficientes para barras rectangulares							
b/t	1.00	1.50	2.00	3.00	6.00	10.0	∞
α	0.208	0.231	0.246	0.267	0.299	0.312	0.333
β	0.141	0.196	0.229	0.263	0.299	0.312	0.333

Fuente: Egor P. Popov, Resistencia de Materiales, Segunda Edición, pág. 243

$$\alpha = 0,299$$

$$\tau = \frac{T}{\alpha b t^2} \quad (20)$$

Donde:

τ = esfuerzo cortante, MPa

T = torque, en N – m

α = coeficiente para barras rectangulares

$$\tau = \frac{0,49 \text{ N} - \text{m}}{0,299 \times 0,022 \text{ m} \times (0,004 \text{ m})^2}$$

$$\tau = 4,655 \text{ MPa}$$

4.3.1.2 *Esfuerzo normal por flexión.* La carga genera flexión al aspa, por lo que se calcula la inercia de una sección rectangular de 4x22mm

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 0,004 \text{ m} \times (0,022 \text{ m})^3$$

$$I = 3,55 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

Se calcula el esfuerzo normal de flexión

$$\sigma = \frac{M f \times c}{I} = \frac{1,0791 \text{ Nm} \times 0,011 \text{ m}}{3,55 \times 10^{-9} \text{ m}^4}$$

$$\sigma = 3,344 \text{ MPa}$$

4.3.1.3 *Esfuerzo equivalente.* Se utiliza la tensión de Von Mises para calcular el esfuerzo combinado.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(3,344MPa)^2 + 3(4,655MPa)^2}$$

$$\sigma_{eq} = 8,728MPa$$

4.3.1.4 *Factor de seguridad*

$$n = \frac{F_y}{\sigma_{eq}}$$

$$n = \frac{206,8 MPa}{8,728 MPa}$$

$$n = 23,69$$

4.3.2 *Análisis en A.* Este punto está sometido a torsión en dos direcciones, la primera con un radio de 74mm y la segunda con uno de 25mm.

$$T_x = 19,62N(0,074m)$$

$$T_x = 1,4519 Nm$$

$$T_y = 19,62 N \times (0,025 m)$$

$$T_y = 0,49 N - m$$

4.3.2.1 *Esfuerzo tangencial por torsión.* El esfuerzo por torsión se calcula utilizando la ecuación (20).

$$\tau_{xz} = \frac{T_x}{abt^2}$$

$$\tau_{xz} = \frac{1,4519Nm}{0,299 \times 0,022 m \times (0,004 m)^2}$$

$$\tau_{xz} = 13,794 MPa$$

$$\tau_{yz} = \frac{Ty}{abt^2}$$

$$\tau_{yz} = \frac{0,49 N - m}{0,299 \times 0,022 m \times (0,004 m)^2}$$

$$\tau_{yz} = 4,655 MPa$$

4.3.2.2 *Esfuerzo equivalente.* Al comparar la energía de distorsión en una probeta ensayada a tensión con la energía de distorsión en la pieza real se obtiene el llamado esfuerzo equivalente o efectivo de Von Mises, que es el esfuerzo a tensión uniaxial que generaría la misma energía de distorsión que la combinación de los esfuerzos reales aplicados (HERNÁNDEZ MORETÓN, 2015).

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3(\tau_{xz} + \tau_{yz})^2}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{3}(\tau_{xz} + \tau_{yz})$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{3}(13,794 MPa + 4,655 MPa)$$

$$\sigma_{eq} = 31,956 MPa$$

4.3.2.3 *Factor de seguridad.* El factor de seguridad se calcula usando la ecuación (19)

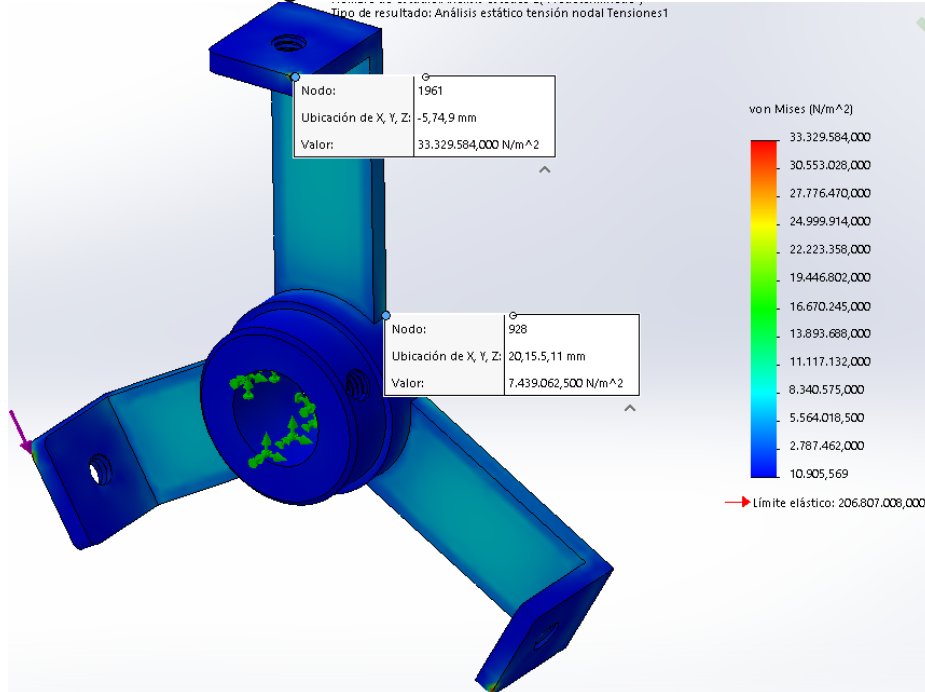
$$n = \frac{F_y}{\sigma_{eq}}$$

$$n = \frac{206,8 MPa}{31,956 MPa}$$

$$n = 6,5$$

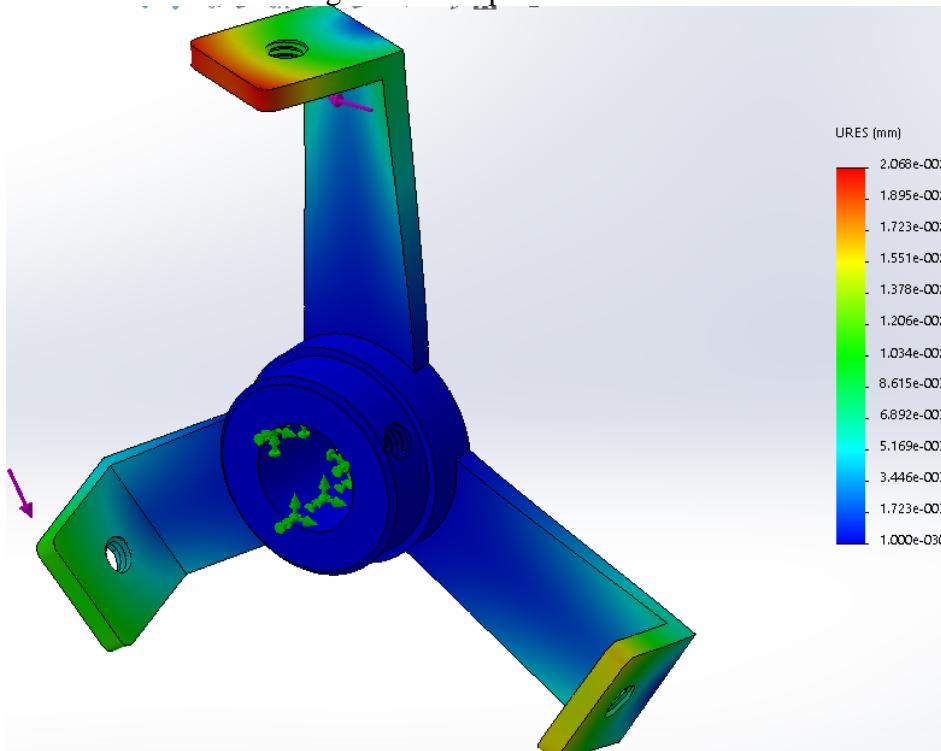
4.3.3 Verificación en Solidworks®

Figura 39. Tensión de Von Mises



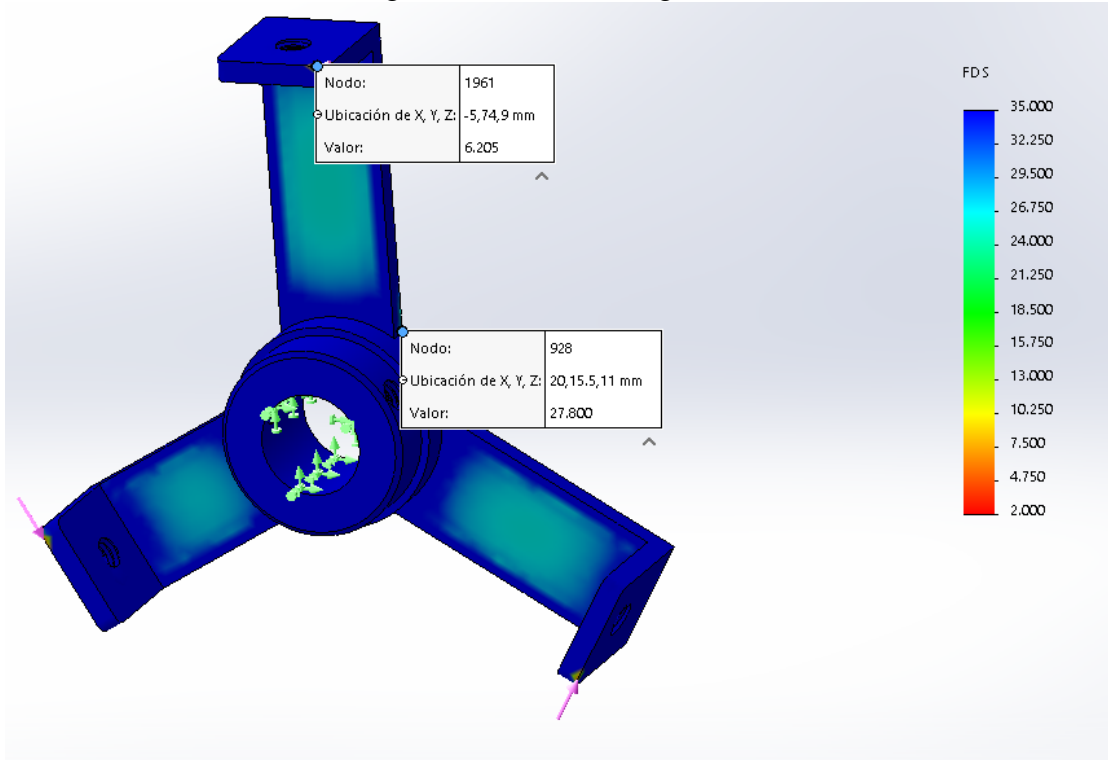
Fuente: Autores

Figura 40. Desplazamientos



Fuente: Autores

Figura 41. Factor de Seguridad



Fuente: Autores

4.3.4 Propiedades físicas

Tabla 18. Propiedades físicas de las paletas de sujeción

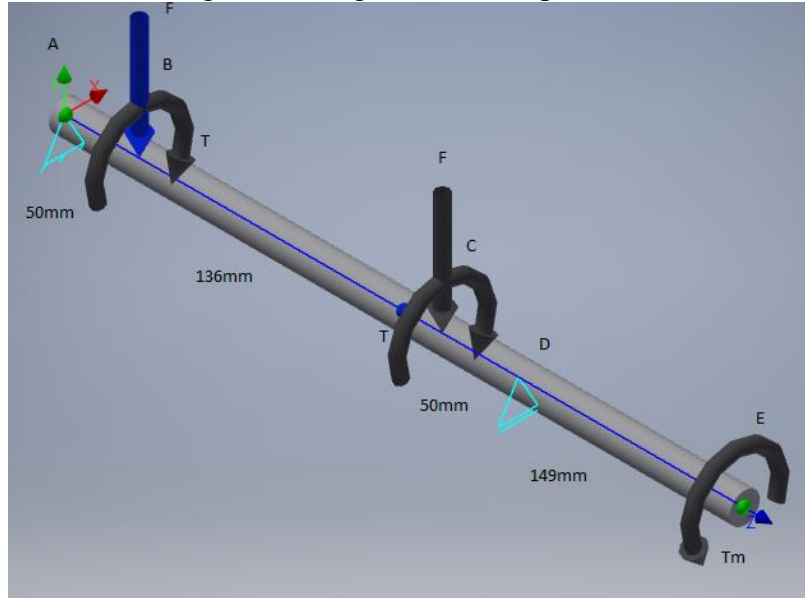
Densidad	0,01 gramos por milímetro cúbico
Masa (g)	257.76
Volumen (mm ³)	32220.08
Área de superficie (mm ²)	16102.52
Centro de masa (cm)	X = 16.66 Y = 3.42 Z = 1.86
Ejes y momentos principales de inercia: (g*cm ²)	Medido desde el centro de masa. Ix = (0.02, 0.97, -0.25) Px = 167516.03 Iy = (0.02, 0.24, 0.97) Py = 247106.05 Iz = (1.00, -0.02, -0.02) Pz = 379069.36

Fuente: Autores

4.4 Diseño del eje de mezclado

El eje de mezclado es el que transmite la potencia del motor hacia las aspas, por lo que tiene que soportar el torque del motor, el peso de las aspas, la torsión de oposición de la masa a ser movida.

Figura 42. Diagrama de Cuerpo Libre



Fuente: Autores

El peso de las paletas actúa sobre el eje:

$$F = 0,2578 \text{ kg} = 2,529 \text{ N}$$

Se asume que el peso de la masa 4 kg, actúa en cada cuchilla, la cual será soportada por las dos paletas (es decir 19,62 N), esta fuerza será la que genere torsión al eje.

$$T = 19,62 \text{ N} \times (0,074 \text{ m}) + 19,62 \text{ N} \times (0,064 \text{ m}) + 19,6 \text{ 2N} \times (0,054 \text{ m})$$

$$T = 3,767 \text{ N} - \text{m}$$

El torque del motor será el doble del torque que es necesario para mover la masa.

$$T_m = 2T = 2 \times (3,767 \text{ Nm})$$

$$T_m = 7,5341 \text{ N} - \text{m}$$

4.4.1 *Diseño estático. Se realiza el equilibrio de momentos en A*

$$\Sigma M_A = 0$$

$$0,05 \text{ m} \times F + 0,186 \text{ m} \times F - 0,236 \text{ m} \times R_D = 0$$

$$0,05m \times (2,529N) + 0,186m \times (2,529N) - 0,236m \times R_D = 0$$

$$R_D = 2,529N$$

Se realiza el equilibrio de fuerzas verticales

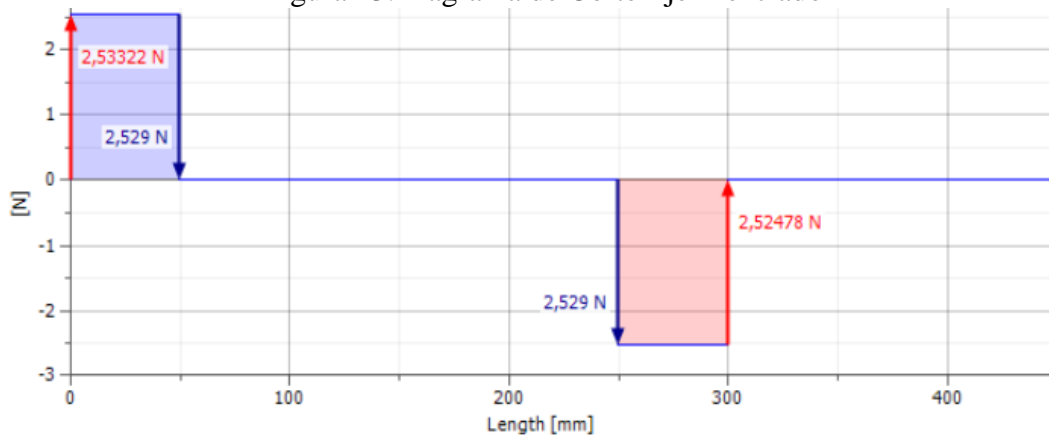
$$\Sigma F_Y = 0$$

$$R_A - 2F + R_D = 0$$

$$R_A = 2(2,529N) - 2,529N$$

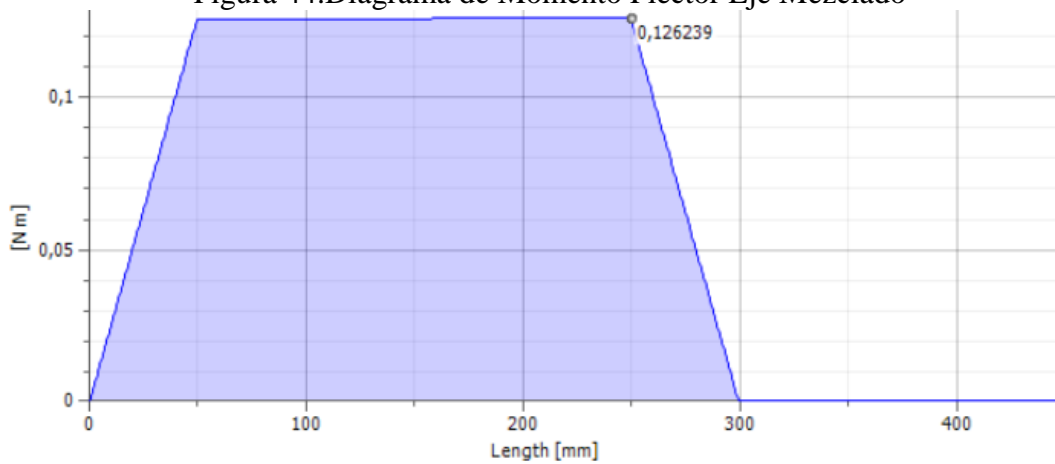
$$R_A = 2,529N$$

Figura 43. Diagrama de Corte Eje Mezclado



Fuente: Autores

Figura 44. Diagrama de Momento Flector Eje Mezclado



Fuente: Autores

4.4.1.1 *Análisis del punto C.* El punto C es el más crítico de acuerdo a los diagramas, este está sometido a flexión y torsión.

Esfuerzo normal de flexión

$$\sigma = \frac{32M_f}{\pi d^3} = \frac{32(0,1264Nm)}{\pi d^3}$$

$$\sigma = \frac{1,2875}{d^3}$$

Esfuerzo tangencial de torsión

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3}$$

$$\tau = \frac{16(7,5341Nm)}{\pi d^3}$$

$$\tau = \frac{38,37 Nm}{d^3}$$

Esfuerzo equivalente de Von Mises

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{1,2875}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{38,37 Nm}{d^3}\right)^2}$$

$$\sigma_{eq} = \frac{66,4728}{d^3}$$

$$\sigma_{eq} = \frac{F_y}{n}$$

$$\frac{66,4728}{d^3} = \frac{206,8 MPa}{2}$$

Cálculo del diámetro

$$d = \sqrt[3]{\frac{2 \times 206,8 MPa}{66,4728}}$$

$$d = 8,63 \text{ mm}$$

4.4.1.2 *Análisis en punto E.* Este punto está sometido a torsión, en este punto se realizará una rosca interior para colocar un perno de 8 mm para asegurar el eje con el reductor.

Esfuerzo tangencial de torsión

$$\tau = \frac{16T}{\pi(D^3 - d^3)} = \frac{16(7,5341 \text{ Nm})}{\pi(D^3 - d^3)}$$

$$\tau = \frac{38,3709}{D^3 - d^3}$$

$$\tau = \frac{38,3709}{D^3 - 0,008^3}$$

$$\tau = \frac{0,5774 F_y}{n}$$

Cálculo del diámetro

$$\frac{38,3709}{D^3 - 0,008^3} = \frac{0,5774(206,8 \text{ MPa})}{2}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{38,3709 \times 2}{0,5774(206,8 \text{ MPa})} + 0,008^3}$$

$$D = 10 \text{ mm}$$

Cálculo de factor de seguridad. Se asumirá un diámetro para el eje de 19 mm para que tenga el espacio adecuado para colocar las paletas y las cuchillas de mezclado. Tal diámetro, se usará para comprobar el eje a carga dinámica.

$$\tau = \frac{16T}{\pi(D^3 - d^3)} = \frac{16(7,5341 \text{ Nm})}{\pi[(0.019 \text{ m})^3 - (0.008 \text{ m})^3]}$$

$$\tau = 6,045MPa$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{(0MPa)^2 + 3(6,045MPa)^2}$$

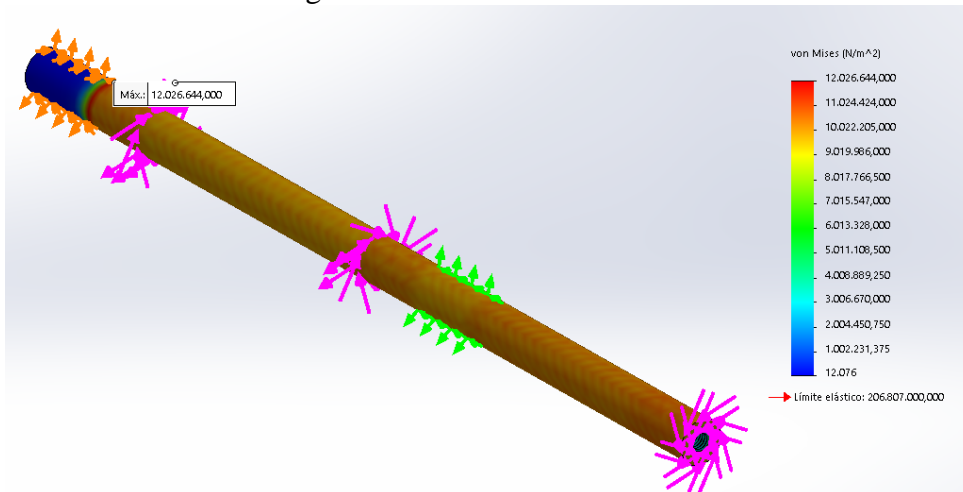
$$\sigma_{eq} = 10,471MPa$$

$$n = \frac{Fy}{\sigma_{eq}} = \frac{206,8MPa}{10,471MPa}$$

$$n = 19,75$$

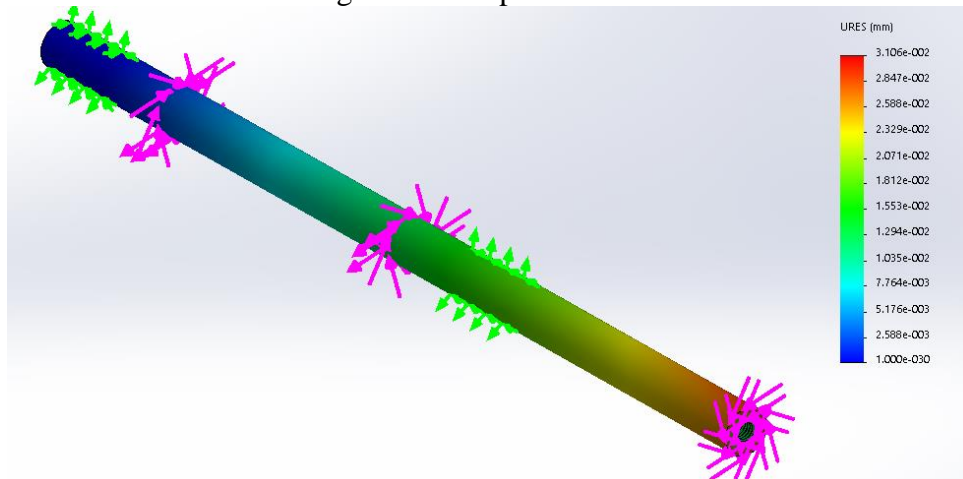
Verificación en Solidworks®

Figura 45. Tensión de Von Mises



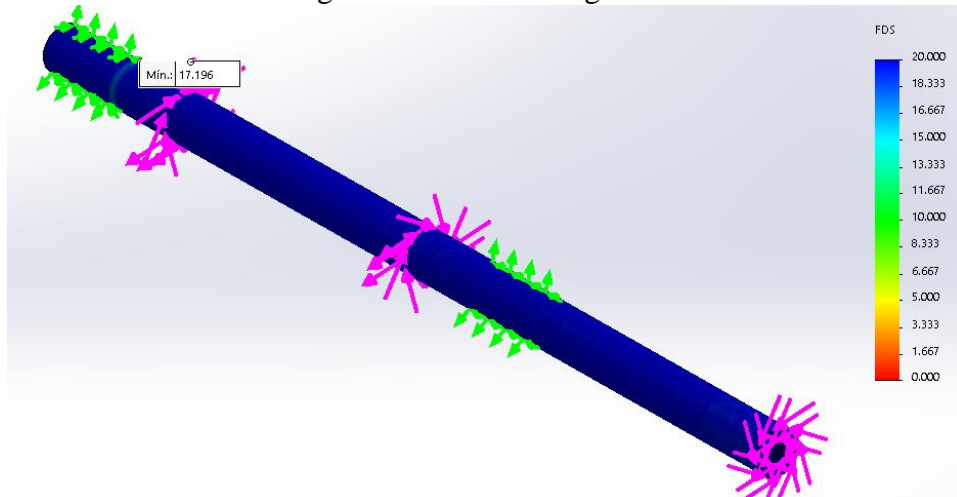
Fuente: Autores

Figura 46. Desplazamientos



Fuente: Autores

Figura 47. Factor de seguridad



Fuente: Autores

4.4.2 *Diseño dinámico.* La carga que fluctúa es F por lo que va a fallar la sección C por carga dinámica.

4.4.2.1 *Por flexión*

$$\sigma_{f_{max}} = \frac{1,2875}{d^3} = \frac{1,2875}{(0,019m)^3}$$

$$\sigma_{f_{max}} = 0,1877MPa$$

$$\sigma_{f_{min}} = -\frac{1,2875}{d^3} = -\frac{1,2875}{(0,019m)^3}$$

$$\sigma_{f_{min}} = -0,1877MPa$$

$$\sigma_{f_a} = \frac{\sigma_{f_{max}} - \sigma_{f_{min}}}{2} = \frac{0,1877MPa - (-0,1877MPa)}{2}$$

$$\sigma_{f_a} = 0,1877MPa$$

$$\sigma_{f_m} = \frac{\sigma_{f_{max}} + \sigma_{f_{min}}}{2} = \frac{0,1877MPa + (-0,1877MPa)}{2}$$

$$\sigma_{f_m} = 0 MPa$$

4.4.2.2 Por torsión

$$\tau_{T \max} = \frac{38,3704}{d^3} = \frac{38,3704}{(0,019m)^3}$$

$$\tau_{T \max} = 5,594MPa$$

$$\tau_{T \min} = \frac{38,3704}{d^3} = \frac{38,3704}{(0,019m)^3}$$

$$\tau_{T \min} = 5,594MPa$$

$$\tau_{T a} = \frac{\tau_{T \max} - \tau_{T \min}}{2} = \frac{5,594MPa - 5,594MPa}{2}$$

$$\tau_{T a} = 0 MPa$$

$$\tau_{T m} = \frac{\tau_{T \max} + \tau_{T \min}}{2} = \frac{5,594MPa + 5,594MPa}{2}$$

$$\tau_{T m} = 5,594MPa$$

4.4.2.3 Límite de resistencia a fluencia

$$Se = ka \cdot kb \cdot kc \cdot kd \cdot kg \cdot Se' = ka \cdot kb \cdot kc \cdot kd \cdot kg \cdot (0,5 Sut) \quad (21)$$

ka = factor de acabado

kb = factor de tamaño

kc = factor de confiabilidad

kd = factor de temperatura

kg = factor de efectos varios

Se = límite de fatiga real, en MPa

Se' = límite de fatiga teórico, en MPa

Sut = Resistencia última del material

El acero, tiene una resistencia última Sut, de 568 MPa

4.4.2.4 Factor de acabado

Tabla 19. Parámetros en el factor de la condición superficial de Marín

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

Fuente: Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, Octava Edición, pag.280

$$ka = a \cdot S_{ut}^b$$

Para un acabado esmerilado

$$a = 1,58$$

$$b = -0,085$$

$$ka = 1,58 \cdot (568 \text{MPa})^{-0,085}$$

$$ka = 0,9216$$

4.4.2.5 Factor de tamaño

Tabla 20. Factor de tamaño

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Para carga axial no hay efecto de tamaño, por lo cual

$$k_b = 1$$

Fuente: Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, Octava Edición, pag.280

$$kb = 1,24 d^{-0,107} = 1,24 (19 \text{mm})^{-0,107}$$

$$k_b = 0,9049$$

4.4.2.6 Factor de confiabilidad

Tabla 21. Factor de confiabilidad

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_α	Factor de confiabilidad k_α
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Fuente: Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, Octava Edición, pag.285

Para el 90%

$$k_c = 0,897$$

4.4.2.7 Factor de efectos varios

$$k_g = 1$$

$$S_e = 0,9216 \times 0,9049 \times 0,897 \times 1 \times (0,5 \times 568 \text{ MPa})$$

$$S_e = 245,1657 \text{ MPa}$$

4.4.2.8 Concentración de esfuerzos y sensibilidad a la muesca

$$k_f = 1 + q(kt - 1)$$

La sección analizada no contiene concentradores de esfuerzos por lo que

$$k_t = 1$$

$$k_f = 1 + q(1 - 1)$$

$$k_{flexion} = 1$$

4.4.2.9 Cálculo factor de seguridad

$$\sigma_a = \sqrt{(K_{flexion} \cdot \sigma_{a_f} + K_{traccion} \cdot \sigma_{a_t})^2 + 3(K_{torsion} \tau_{a_t} + K_{corte} \cdot \tau_{a_c})^2}$$

$$\sigma_a = \sqrt{(1 \times 0,1877 MPa + 0 MPa)^2 + 3(0 MPa + 0 MPa)^2}$$

$$\sigma_a = 0,1877 MPa$$

$$\sigma_m = \sqrt{(\sigma_{m_f} + \sigma_{m_t})^2 + 3(\tau_{m_t} + \tau_{m_c})^2}$$

$$\sigma_m = \sqrt{(0 MPa + 0 MPa)^2 + 3(5,594 MPa + 0 MPa)^2}$$

$$\sigma_m = 9,6891 MPa$$

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

$$\frac{0,1877 MPa}{245,1657 MPa} + \frac{9,6891 MPa}{206,8 MPa} = \frac{1}{n}$$

$$n = 21$$

Se determina que el eje no va a fallar por carga dinámica ya que esta es pequeña en relación a la carga estática de torsión, el factor de seguridad es alto, pero el diámetro de 19 mm es el mínimo para poder colocar las paletas y cuchillas de mezclado.

Se sugiere que para una optimización posterior del diseño se puede ocupar por ejemplo un plástico de grado alimentación para que el factor de seguridad no se alto.

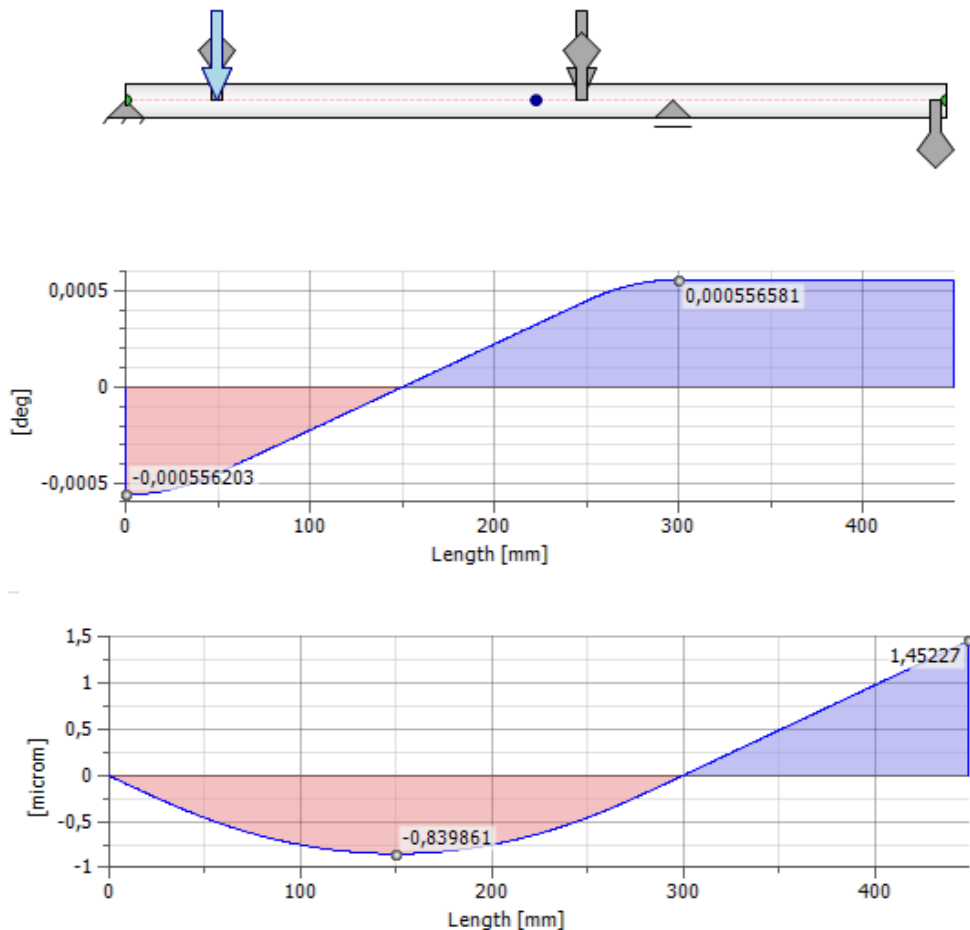
4.4.3 Verificación por deformación. Los valores de deformación máximos permisibles se detalla a continuación.

Tabla 22. Intervalos máximos típicos de pendientes y deflexiones transversales

Pendientes	
Rodillo ahusado	0.0005-0.0012 rad
Rodillo cilíndrico	0.0008-0.0012 rad
Bola con ranura profunda	0.001-0.003 rad
Bola esférica	0.026-0.052 rad
Bola autoalineante	0.026-0.052 rad
Engrane recto sin corona	< 0.0005 rad
Deflexiones transversales	
Engranes rectos con $P < 10$ dientes/pulg	0.010 pulg
Engranes rectos con $11 < P < 19$	0.005 pulg
Engranes rectos con $20 < P < 50$	0.003 pulg

Fuente: Shigley, Diseño en ingeniería mecánica, Octava Edición, pag.367

Figura 48. Diagrama de deformación eje mezclado



Fuente: Autores

El apoyo A tiene una pendiente de:

$$Pendiente = 0,000556^\circ = 0,0000097rad < 0,026$$

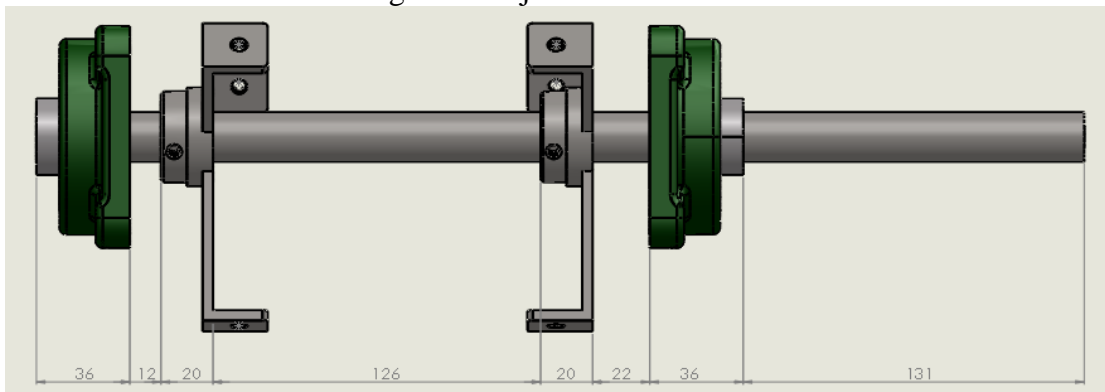
$$\delta = 0,001L = 0,001 \times 403mm$$

$$\delta = 0,403mm > 1,45227\mu m$$

No se deformará fuera de los límites permisibles.

4.4.4 *Cálculo de la velocidad crítica.* Se calcula la velocidad máxima a la que debe girar para generar vibraciones.

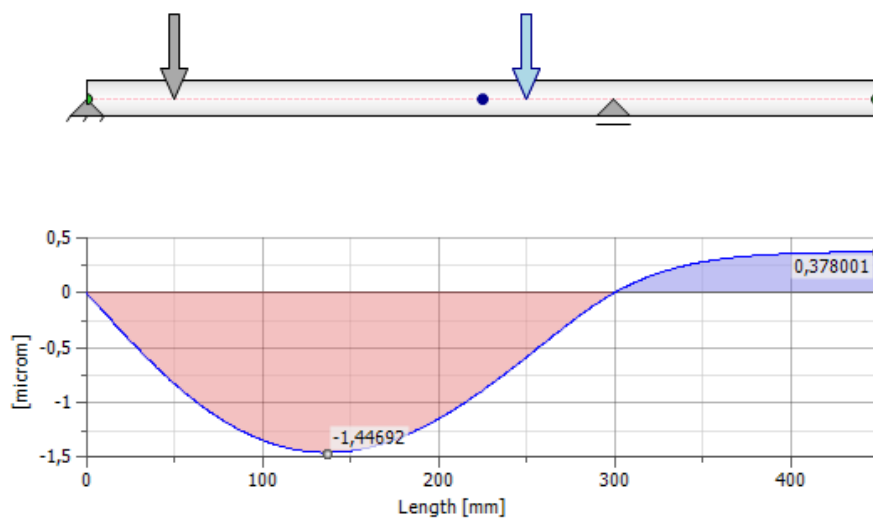
Figura 49. Eje mezclador final



Fuente: Autores

Se calcula la deformación del eje con el peso propio y los pesos que está soportando.

Figura 50. Diagrama de deformación por pesos



Fuente: Autores

$$\omega = \sqrt{\frac{g \sum m_i \delta_i}{\sum m_i \delta_i^2}} \quad (22)$$

$$m_1 = 8000 \frac{kg}{m^3} \times \frac{\pi}{4} \times (0,019m)^2 \times 0,012m$$

$$\mathbf{m_1 = 0,02722kg}$$

$$m_2 = 8000 \frac{kg}{m^3} \times \frac{\pi}{4} \times (0,019m)^2 \times 0,020m + 0,2578kg$$

$$\mathbf{m_2 = 0,3032kg}$$

$$m_3 = 8000 \frac{kg}{m^3} \times \frac{\pi}{4} \times (0,019m)^2 \times 0,0126m$$

$$\mathbf{m_3 = 0,02857kg}$$

$$m_4 = 8000 \frac{kg}{m^3} \times \frac{\pi}{4} \times (0,019m)^2 \times 0,020m + 0,2578kg$$

$$\mathbf{m_4 = 0,3032kg}$$

$$m_5 = 8000 \frac{kg}{m^3} \times \frac{\pi}{4} \times (0,019m)^2 \times 0,022m$$

$$\mathbf{m_5 = 0,05kg}$$

$$m_6 = 8000 \frac{kg}{m^3} \times \frac{\pi}{4} \times (0,019m)^2 \times 0,131m$$

$$\mathbf{m_6 = 0,297kg}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g \sum m_i \delta_i}{\sum m_i \delta_i^2}}$$

ω

$$= \sqrt{\frac{9,81 * (0,27kg * 0,18\mu m + 0,30kg * 0,82\mu m + 0,029kg * 1,45\mu m + 0,30kg * 0,57\mu m + 0,05kg * 0,18\mu m + 0,297kg * 0,38\mu m)}{0,27kg * (0,18\mu m)^2 + 0,303kg * (0,82\mu m)^2 + 0,0286kg * (1,45\mu m)^2 + 0,303kg * (0,57\mu m)^2 + 0,05kg * (0,18\mu m)^2 + 0,297kg * (0,38\mu m)^2}}$$

$$\omega = 3863,23 \frac{rad}{s} = 36891,13 rpm$$

La velocidad es mucho más alta de la que se necesita para realizar el mezclado de la masa que está en el rango de 18 a 35rpm.

4.4.5 Propiedades físicas. El cálculo de las propiedades físicas se las obtuvo de Solidworks®.

Tabla 23. Propiedades físicas - eje de mezclado

Densidad (g/mm ³)	0,01	
Masa (g)	901,51	
Volumen (mm ³)	112688.51	
Área de superficie (mm ²)	25864.84	
Centro de masa (mm)	X = 0.00 Y = 0.00 Z = 198.92	
Ejes y momentos principales de inercia: (g*mm ²) Medido desde el centro de masa.	Ix = (0.00, 0.00, 1.00) Iy = (0.71, -0.71, 0.00) Iz = (0.71, 0.71, 0.00)	Px = 41151.86 Py = 11954306.40 Pz = 11954306.40

Fuente: Autores

4.5 Selección del motor de mezclado

4.5.1 Potencia motriz. Es la potencia que se debe vencer para mover los elementos de la tolva de mezclado. Se han considerado el eje, las paletas y las cuchillas. Se procede a calcular la inercia respecto al eje de rotación de los elementos de la tolva de mezclado:

$$I_{eje\ mezclado} = 0,00004 kg.m^2$$

$$I_{paleta} = 2 \times 0,00038 kg.m^2 = 0,00076 kg.m^2$$

$$I_{cuchilla\ 1} = 0,000006627 + 0,06069(0,074)^2 = 0,000339\ kgm^2$$

$$I_{cuchilla\ 2} = 0,000006627 + 0,06069(0,064)^2 = 0,000255\ kgm^2$$

$$I_{cuchilla\ 3} = 0,000006627 + 0,06069(0,054)^2 = 0,000184\ kgm^2$$

La inercia total motriz es la suma de las inercias de los componentes a ser movidos:

$$I_M = 0,00004\ kg.m^2 + 0,00076\ kg.m^2 + 0,000339\ kg.m^2 + 0,000255\ kg.m^2 \\ + 0,000184\ kg.m^2$$

$$I_M = 0,001578\ kg.m^2$$

Las revoluciones que produce un motor comercial son:

$$\omega = 1650\ rpm = 172,78\ \frac{rad}{s}$$

La potencia motriz, necesaria para mover el eje, paletas y cuchillas

$$Ec_M = \frac{1}{2}I_M\omega^2 \tag{23}$$

Donde:

Ec_M =energía cinética motriz requerida, en N – m (J)

I_M = Inercia del subsistema, en kg-m²

ω = velocidad de rotación, en rad/s

$$Ec_{M1} = \frac{1}{2}I_M\omega^2$$

$$Ec_{M1} = \frac{1}{2}(0,001578kgm^2) \left(172,78\ \frac{rad}{s}\right)^2$$

$$Ec_{M1} = 23,55\ N - m$$

El tiempo de encendido se asume 1s

$$P_M = \frac{Ec_M}{t} \quad (24)$$

Donde:

P_M = potencia motriz requerida, en W

t = tiempo de encendido, en s

$$P_{M1} = \frac{Ec_{M1}}{t} = \frac{23,55 \text{ N} - \text{m}}{1 \text{ s}}$$

$$P_{M1} = 23,55 \text{ W}$$

La potencia para mover la masa:

$$I_{masa} = 0,0108 \text{ kgm}^2$$

$$Ec_{M2} = \frac{1}{2} I_{masa} \omega^2 = \frac{1}{2} (0,0108 \text{ kg} - \text{m}^2) \left(172,78 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)^2$$

$$Ec_{M2} = 161,21 \text{ N} - \text{m}$$

$$P_{M2} = \frac{Ec_{M2}}{t} = \frac{161,21 \text{ Nm}}{1 \text{ s}}$$

$$P_{M2} = 161,21 \text{ w}$$

La potencia requerida del motor es:

$$P = P_{M1} + P_{M2} = 23,55 \text{ W} + 161,21 \text{ W}$$

$$P = 184,76 \text{ W} \approx 0,18 \text{ KW}$$

Con esta potencia se escoge el motor de ¼ HP. La marca en el mercado nacional de motores monofásicos es WEG.

Tabla 24. Motores monofásicos weg

Nivel de Eficiencia IE1

Potencia kW	Carcasa	In (A) 400V	Ii/In	Cp/Cn	Cm/Cn	Inercia (kgm ²)	Nivel sonoro dB(A)	Peso (kg)	% de plena carga					
									Eficiencia			Factor de potencia		
									50	75	100	50	75	100

Carcasa de Aluminio- 2 Polos- Eficiencia Estándar- IE1

0,12	63	0,39	3,8	230%	230%	0,00011	52	5,3	45,5	53,5	56	0,55	0,68	0,8
0,18	63	0,55	4,2	240%	230%	0,00013	52	5,5	50,5	56,5	59	0,55	0,69	0,8
0,25	63	0,79	4,3	250%	230%	0,00016	52	5,8	52	57	60	0,5	0,65	0,76
0,37	71	0,93	4,3	230%	230%	0,00026	56	7	61,2	66	67,6	0,6	0,75	0,85
0,55	71	1,30	4,2	250%	270%	0,00034	56	7,8	67,5	70	70	0,65	0,78	0,87

Carcasa de Aluminio- 4 Polos- Eficiencia Estándar- IE1

0,12	63	0,42	3,5	200%	220%	0,00034	44	5,4	45	54	57	0,49	0,61	0,72
0,18	63	0,61	3,4	200%	220%	0,00039	44	6,4	46	54	58	0,49	0,63	0,74
0,25	71	0,81	3,5	190%	210%	0,00039	43	6,9	50	55	59	0,5	0,65	0,76
0,37	71	1,13	3,7	200%	200%	0,00056	43	8	55	60	62	0,5	0,63	0,76

Fuente: WEG, Catálogo de motores monofásicos

Se elige un motorreductor WEG con una relación de transmisión de 49 (tornillo sinfín – rueda helicoidal, por lo tanto, la velocidad en el eje de mezclado es de 33,7 rpm.

$$P = 0,18 \text{ kW}$$

$$\text{Carcasa } 63$$

$$\text{Pot} = 0,18 \text{ kW}$$

$$\text{Inercia} = 0,00013 \text{ kg.m}^2$$

$$W = 5,5 \text{ kg}$$

4.6 Selección de las chumaceras

Se siguió la metodología de selección de rodamientos del catálogo SKF, utilizando como datos de entrada el diámetro del eje, y como fuerza radial el peso de las paletas y de 4 kg de masa en cada chumacera.

$$d_{eje} = 19 \text{ mm} \approx \frac{3}{4} \text{ in}$$

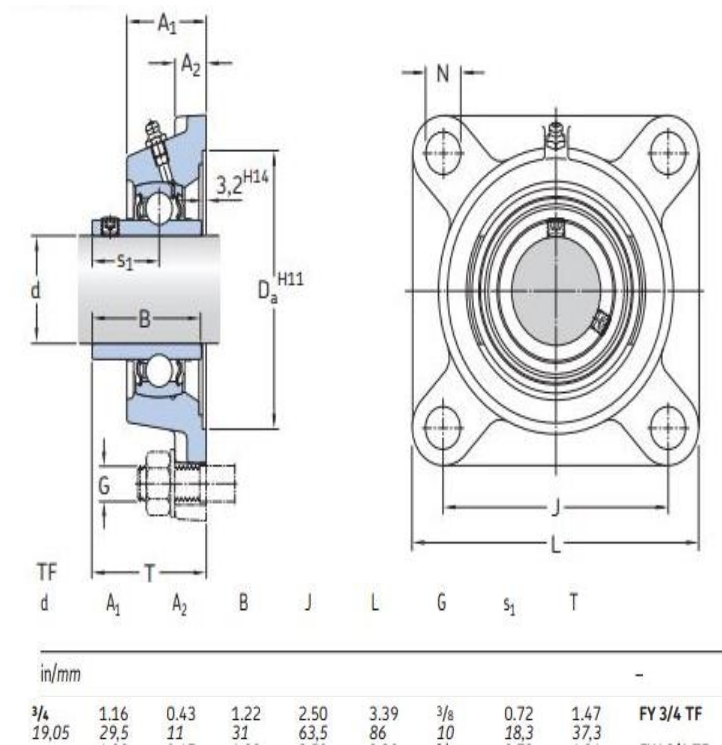
$$F_r = 2,53 \text{ N} + 4 \text{ kg} \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

$$F_r = 177,58 \text{ N}$$

$$F_a = 0$$

Se seleccionó, la chumacera FY ¾ TF, que cumple las características requeridas de diámetro. A continuación se calcula la vida que tendrá el rodamiento, con las cargas ya especificadas.

Figura 51. Chumacera seleccionada



Fuente: SKF, Y-bearings, pág.182

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad (25)$$

Donde:

C = capacidad de carga dinámica, en kN

C₀ = capacidad de carga estática, en kN

P = carga dinámica del rodamiento, en kN

L₁₀ = número de ciclos a la fatiga

$$C = 12,7 \text{ kN}$$

$$C_0 = 6,55 \text{ kN}$$

$$P = F_r$$

$$L_{10} = 3,66 \times 10^5 \text{ ciclos}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} L_{10} \quad (26)$$

Donde:

L_{10h} = número de horas a la fatiga

n = número de revoluciones del eje mezclador, en rpm

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 (34 \text{ rpm})} 3,66 \times 10^5$$

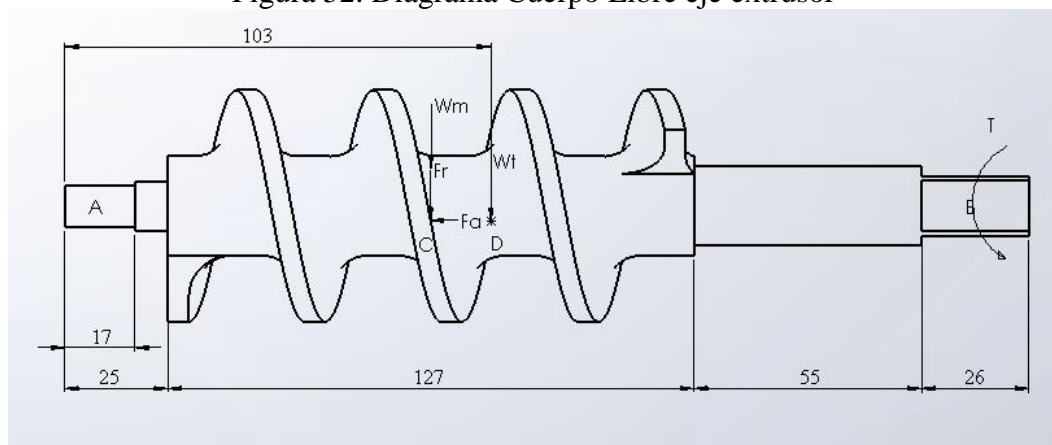
$$L_{10h} = 1,79 \times 10^8 \text{ h}$$

Por lo tanto, se concluye que la chumacera seleccionada tiene vida infinita y no fallará.

4.7 Eje extrusor

El eje extrusor es el que soportara el torque transmitido por el motor. El torque se convierte en una fuerza tangencial, la cual se descompone en dos; la axial que genera la extrusión de la masa, y la radial la cual hace rotar al eje, además soportara el peso de la masa y su peso propio.

Figura 52. Diagrama Cuerpo Libre eje extrusor



Fuente: Autores

4.7.1 *Determinación de cargas.* Los datos del motor de la moledora de carne comercial se detallan a continuación:

$$P = 0,75Hp = 0,55 kW$$

$$n = 145 rpm$$

$$n = 15,18 \frac{rad}{s}$$

Se calcula el torque transmitido por el motor

$$P = T \cdot n \quad (27)$$

Donde:

T = torque, en N-m

$$T = \frac{P}{n} = \frac{0,55 kW}{15,18 \frac{rad}{s}}$$

$$T = 36,23 Nm$$

$$\varphi = 11,55^\circ$$

El torque transmitido por el motor es igual a la fuerza tangencial por el radio (r).

$$F_t = \frac{T}{r} \quad (28)$$

$$F_t = \frac{36,23 Nm}{0,035 m}$$

$$F_t = 1035,14 N$$

Por el ángulo de la hélice la fuerza tangencial se descompone en una fuerza axial y una fuerza radial.

$$F_a = F_t \cdot \text{sen}\varphi = 1035,14 \text{ N} \times \text{sen}(11,55^\circ)$$

$$F_a = 207,26 \text{ N}$$

$$F_r = F_t \cdot \text{cos}\varphi = 1035,14 \text{ N} \times \text{cos}(11,55^\circ)$$

$$F_r = 1014,18 \text{ N}$$

4.7.2 *Propiedades físicas del eje.* Se calcula las propiedades físicas en Solidworks®

Tabla 25. Propiedades físicas del tornillo extrusor

Densidad	8,00 gramos por centímetro cúbico
Masa (g)	1049.28
Volumen (cm ³)	131.16
Área de superficie (cm ²)	312.24
Centro de masa (cm)	X = 7.79 Y = 0.02 Z = -0.05
Ejes y momentos principales de inercia: (g*cm ²)	Medido desde el centro de masa. Ix = (1.00, 0.00, 0.01) Px = 1989.46 Iy = (-0.01, 0.91, 0.40) Py = 29011.08 Iz = (0.00, -0.40, 0.91) Pz = 29062.82

Fuente: Autores

$$W_t = 1,05 \text{ kg} = 10,5 \text{ N}$$

$$W_m = 4 \text{ kg} = 39,24 \text{ N}$$

4.7.3 *Cálculo de reacciones*

$$\Sigma M_A = 0$$

$$0,08 \text{ m} \times F_r + 0,08 \text{ m} \times W_m + 94,5 \text{ m} \times W_t - 0,2115 \text{ m} \times R_{By} = 0$$

$$R_{By} = \frac{0,08 \text{ m}(1014,18 \text{ N}) + 0,08 \text{ m}(39,24 \text{ N}) + 94,5 \text{ m}(10,3 \text{ N})}{0,2115 \text{ m}}$$

$$R_{By} = 403,05 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{Ay} - Fr - Wm - Wt + R_{By} = 0$$

$$R_{By} = 1014,18\text{N} + 39,24\text{N} + 10,3\text{N} - 403,05\text{N}$$

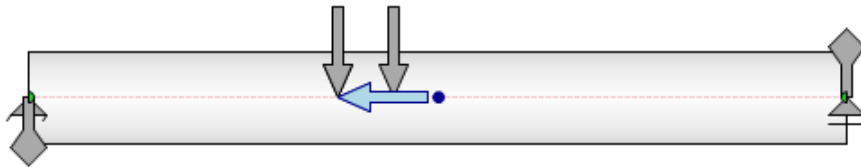
$$R_{By} = 660,67\text{N}$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$R_{Ax} - Fa = 0$$

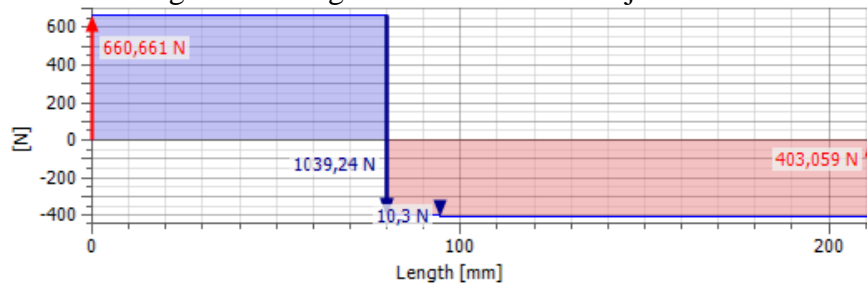
$$R_{Ax} = 207,26\text{N}$$

Figura 53. Diagrama de cuerpo libre del tornillo extrusor



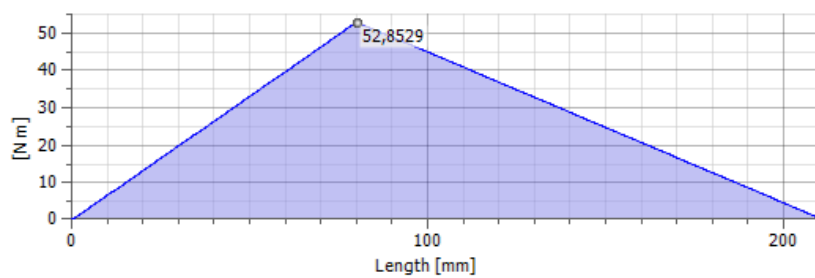
Fuente: Autores

Figura 54. Diagrama de cortante del eje extrusor



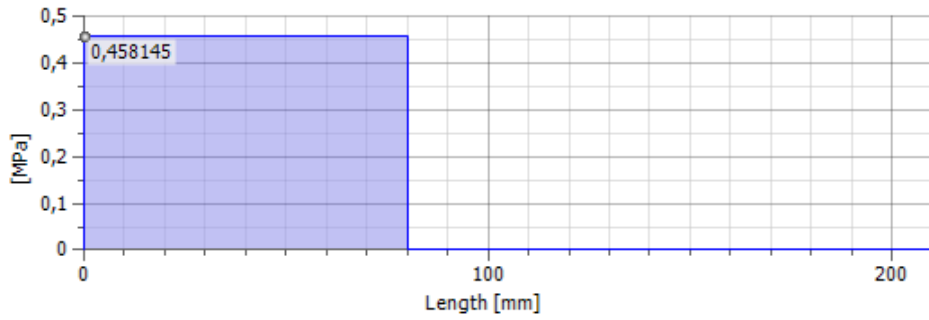
Fuente: Autores

Figura 55. Diagrama momento flector



Fuente: Autores

Figura 56. Diagrama de esfuerzo axial



Fuente: Autores

4.7.4 Verificación punto C. Se analiza con el diámetro interior del tornillo

$$d = 24mm$$

$$\sigma_f = \frac{32M_f}{\pi d^3}$$

$$\sigma_f = \frac{32(52,853 Nm)}{\pi(0,024 m)^3}$$

$$\sigma_f = 38,9 MPa$$

$$\sigma_{ax} = \frac{4F}{\pi d^2} \tag{29}$$

Donde:

σ_{ax} , esfuerzo axial, en MPa

$$\sigma_{ax} = \frac{4(207,26 Nm)}{\pi(0,024 m)^2}$$

$$\sigma_{ax} = 0,458MPa$$

$$\tau_T = \frac{16T}{\pi d^3}$$

$$\tau_T = \frac{16(36,23 Nm)}{\pi(0,024)^3}$$

$$\tau_T = 13,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_f + \sigma_{ax})^2 + 3(\tau_T + \tau_C)^2}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(38,9 \text{ MPa} + 0,458 \text{ MPa})^2 + 3(13,35 \text{ MPa})^2}$$

$$\sigma_{eq} = 45,647 \text{ MPa}$$

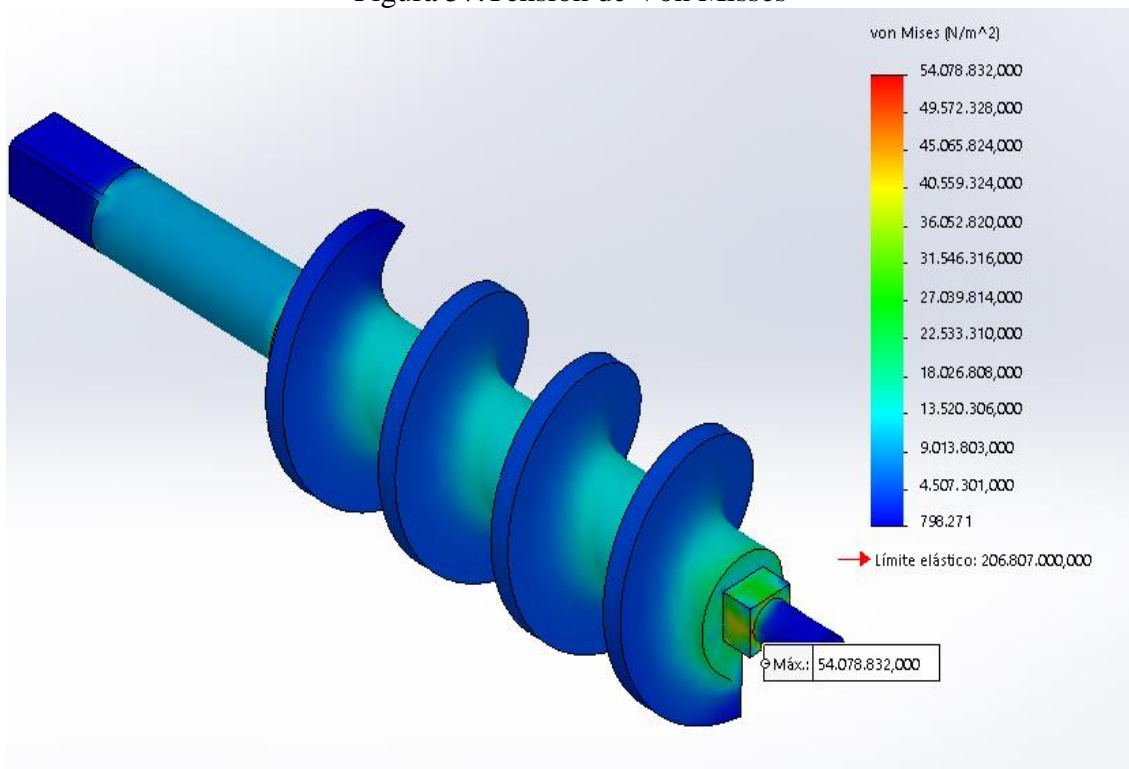
$$n = \frac{Fy}{\sigma_{eq}}$$

$$n = \frac{206,8 \text{ MPa}}{45,647 \text{ MPa}}$$

$$n = 4,53$$

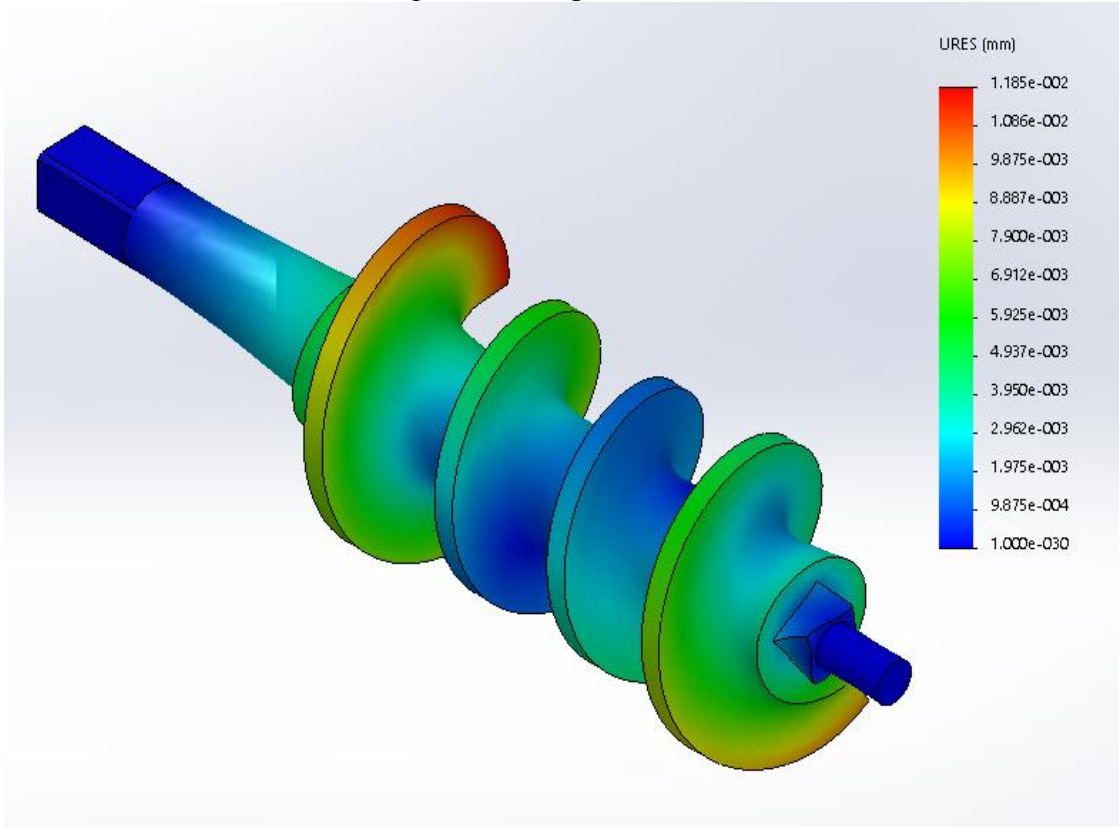
4.7.5 Verificación en Solidworks®

Figura 57. Tensión de Von Mises



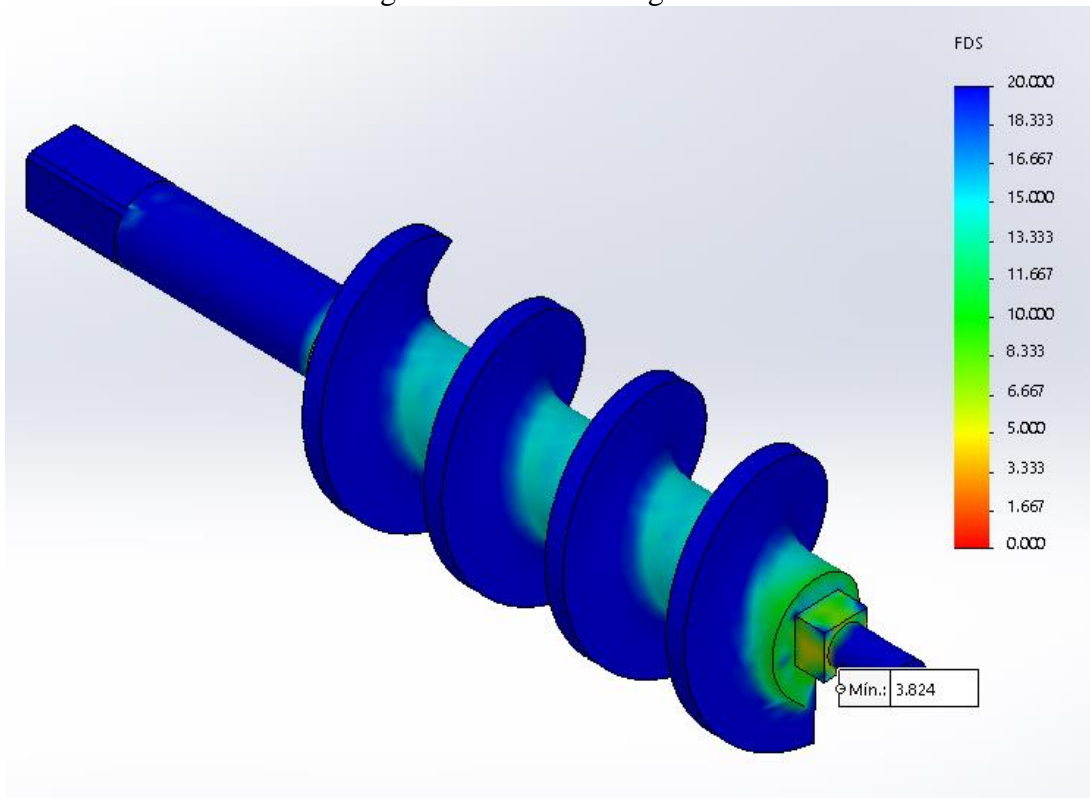
Fuente: Autores

Figura 58. Desplazamientos



Fuente: Autores

Figura 59. Factor de seguridad

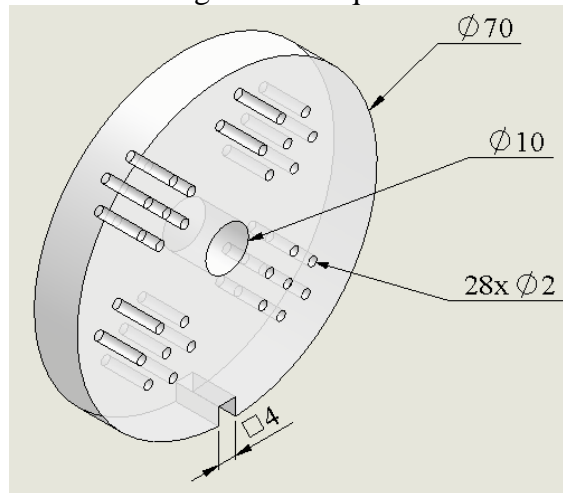


Fuente: Autores

4.8 Boquilla

La boquilla sufre la presión debida por la masa para ser extruida, es decir sufre la presión debido a la fuerza axial que genera el tornillo extrusor.

Figura 60. Boquilla



Fuente: Autores

El área en la que actúa la fuerza, es el área de la boquilla menos las perforaciones por donde saldrá la masa, el eje extrusor y el agujero del chavetero.

$$A = \frac{\pi}{4} (70 \text{ mm})^2 - \frac{\pi}{4} (28 \text{ mm})^2 - 28 \times \frac{\pi}{4} (2 \text{ mm})^2 - 4 \text{ mm} (4 \text{ mm})$$

$$A = 3666,02 \text{ mm}^2$$

$$F = F_a = 207,26 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{207,26 \text{ N}}{3666,02 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 0,56535 \text{ MPa}$$

El material usado es Nylon, que tiene un límite de fluencia $F_y = 139 \text{ MPa}$

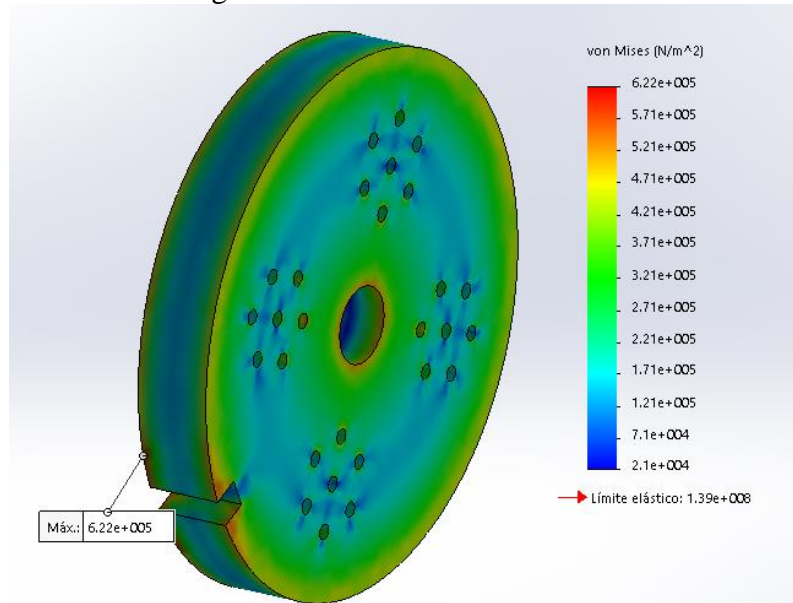
$$n = \frac{F_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{139 \text{ MPa}}{0,56535 \text{ MPa}}$$

$$n = 245,8$$

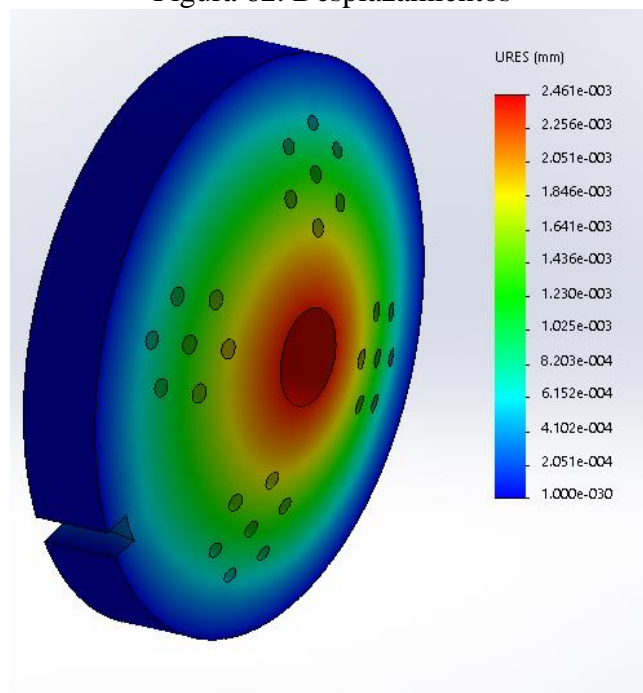
4.8.1 Verificación en Solidworks®

Figura 61. Tensión de Von Mises



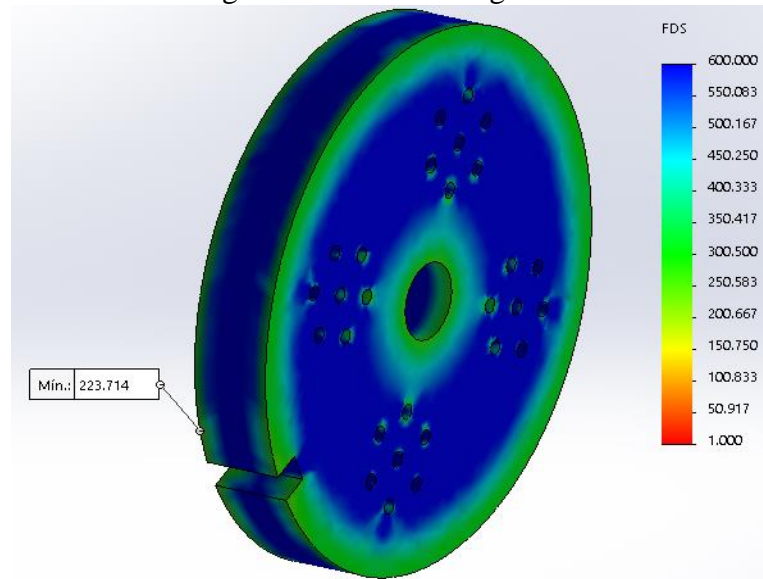
Fuente: Autores

Figura 62. Desplazamientos



Fuente: Autores

Figura 63. Factor de seguridad

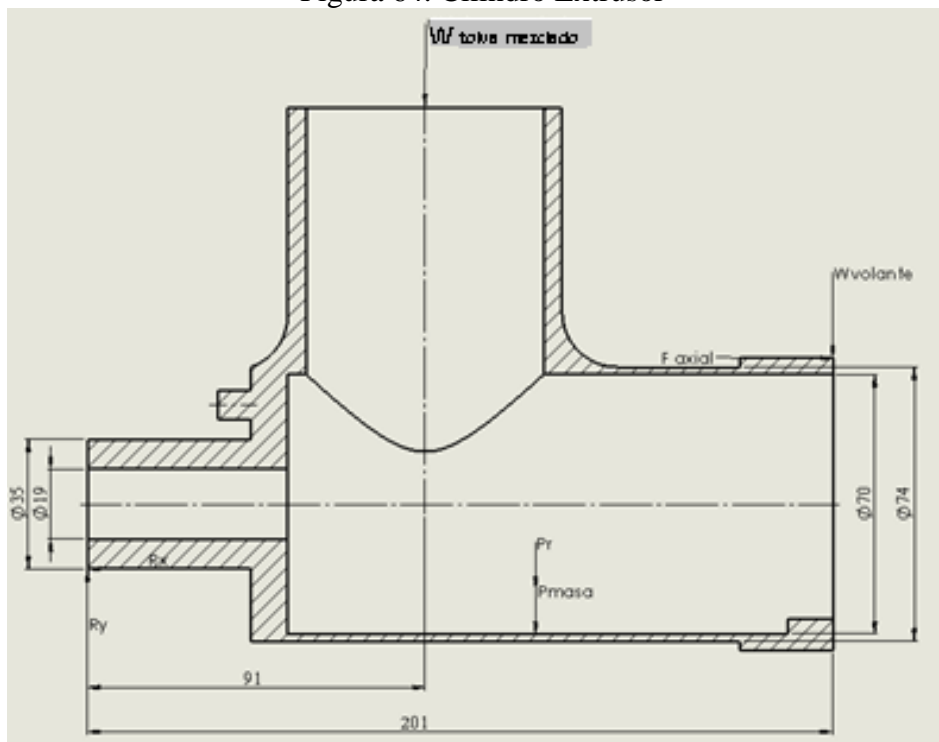


Fuente: Autores

4.9 Cilindro extrusor

El cilindro extrusor soporta el peso de la tolva de mezclado, el peso del volante que sujeta la boquilla, el peso de la masa en el cilindro, la fuerza radial generada por el tornillo extrusor y la fuerza axial.

Figura 64. Cilindro Extrusor



Fuente: Autores

Se calcula el peso de la tolva de mezclado, la cual es la suma de los pesos de sus componentes:

$$W_{tolva} = 2,85 \text{ kg}$$

$$W_{cuchillas} = 3 \times 0,06069 \text{ kg} = 0,18207 \text{ kg}$$

$$W_{masa} = 4 \text{ kg}$$

$$W_{eje \text{ mezclado}} = 0,9 \text{ kg}$$

$$W_{aspas} = 2 \times 0,257 \text{ kg} = 0,514 \text{ kg}$$

$$W_{boquete} = 1,379 \text{ kg}$$

$$W_{tapa \text{ tolva}} = 0,73 \text{ kg}$$

$$W_{chumacera} = 2 \times 0,883 \text{ kg} = 1,766 \text{ kg}$$

$$W_{varios} = 1 \text{ kg}$$

$$W_{tolva \text{ de mezclado}} = \Sigma W = 13,32 \text{ kg} = 130,6 \text{ N}$$

4.9.1 *Cálculo de esfuerzo por cilindro de presión.* Se considera como un cilindro de presión, por lo cual se calcula el esfuerzo longitudinal producido por la carga radial y el peso de la masa:

$$P = \frac{W_r + W_{masa}}{A} = \frac{1014,18 \text{ N} + 39,24 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} (0,07 \text{ m})^2}$$

$$P = 0,2737 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{longit} = \frac{P \times a^2}{b^2 - a^2} \quad (30)$$

Donde:

a = diámetro interno del barril, en m

b= diámetro exterior del barril, en m

P = esfuerzo actuante sobre el cilindro, en MPa

$$\sigma_{longit} = \frac{0,2737 \text{ MPa} \times (0,07 \text{ m})^2}{(0,074 \text{ m})^2 - (0,07 \text{ m})^2}$$

$$\sigma_{longit} = 2,33 \text{ MPa}$$

4.9.2 *Cálculo esfuerzo de flexión.* El peso de la tolva de mezclado y del volante generan flexión del cilindro respecto al punto de anclaje. Se realiza la sumatoria de fuerzas.

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_y - W_{volante} - W_{tolva \text{ mezclado}} = 0$$

$$R_y = 142,422 \text{ N}$$

Se realiza el cálculo del momento flector máximo que es igual a la reacción por la longitud del cilindro extrusor.

$$M_f = 142,422 \text{ N} \times (0,201 \text{ m})$$

$$M_f = 28,626 \text{ Nm}$$

Finalmente se calcula el esfuerzo normal que produce la flexión

$$\sigma_f = \frac{32M_f}{\pi(D^3 - d^3)} = \frac{32(28,626 \text{ Nm})}{\pi[(0,074 \text{ m})^3 - (0,07 \text{ m})^3]}$$

$$\sigma_f = 4,686 \text{ MPa}$$

4.9.3 *Cálculo esfuerzo tracción.* La carga axial genera tracción al cilindro, por lo que genera un esfuerzo normal.

$$\sigma_t = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_t = \frac{207,26 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} [(0,074 \text{ m})^2 - (0,07 \text{ m})^2]}$$

$$\sigma_t = 0,305 \text{ MPa}$$

4.9.4 *Factor de seguridad.* Como todos los esfuerzos son normales el esfuerzo equivalente es la suma algebraica de los esfuerzos al que está sometido el elemento.

$$\sigma = \sigma_{logit} + \sigma_f + \sigma_t = 2,33 \text{ MPa} + 4,686 \text{ MPa} + 0,305 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 7,32 \text{ MPa}$$

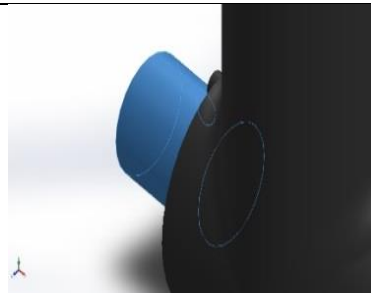
El cilindro es fundición con $F_y = 551 \text{ MPa}$, con lo que se calcula el factor de seguridad.

$$n = \frac{F_y}{\sigma} = \frac{551 \text{ MPa}}{7,32 \text{ MPa}}$$

$$n = 75,27$$

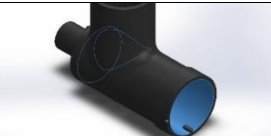

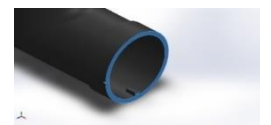



4.9.5 *Verificación en Solidworks®*

Tabla 26. Representación en Solidworks de los Soportes

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo		Entidades:	1 cara(s)		
		Tipo:	Geometría fija		
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	-207.261	276.018	-0.0021799	345.171	
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0	

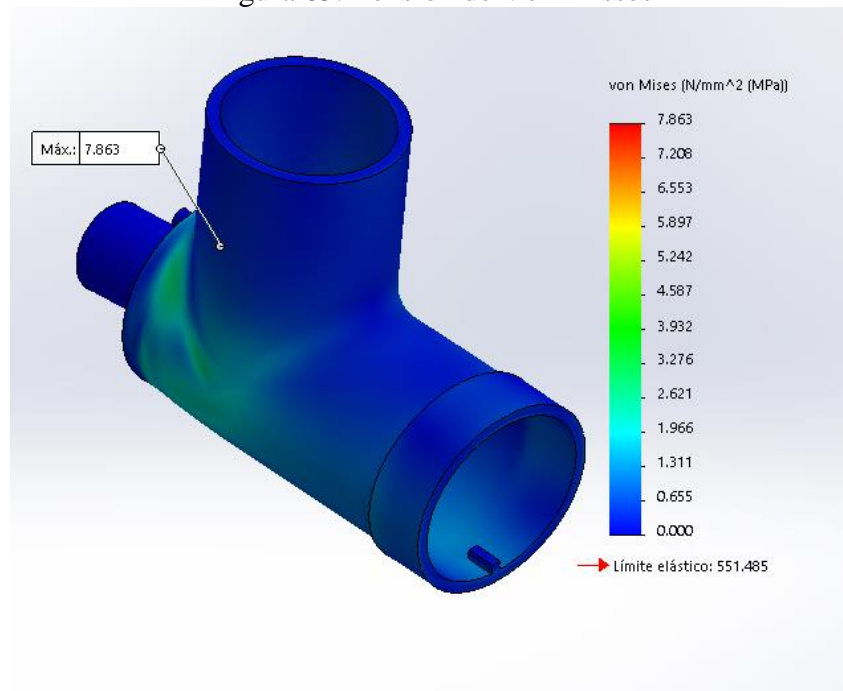
Fuente: Autores

Tabla 27. Representación en Solidworks de las Cargas

Nombre de la carga	Imagen	Detalles de carga	
Peso masa		Entidades: Tipo: Valor:	1 cara(s) fuerza normal 39.24 N
Gravedad-1		Referencia: Valores: Unidades:	Planta 0 0 -9.81 SI
Fuerza axial		Entidades: Tipo: Valor:	1 cara(s) Aplicar fuerza normal -207.26 N
Peso del volante		Entidades: Referencia: Tipo: Valores:	1 cara(s) Cara< 1 > Aplicar fuerza ---, ---, - 11.772 N
Peso tolva de mezclado		Entidades: Tipo: Valor:	1 cara(s) Aplicar fuerza normal 130.68 N
Fuerza radial		Entidades: Tipo: Valor:	1 cara(s) Aplicar fuerza normal 1014.18 N

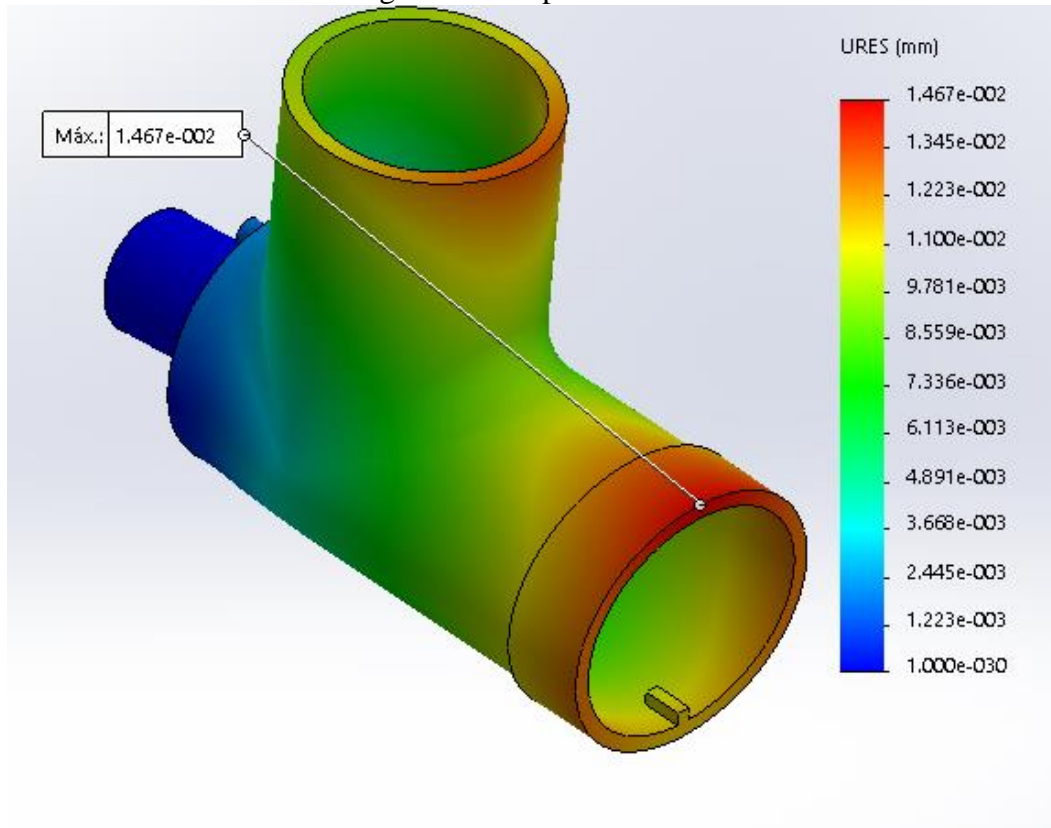
Fuente: Autores

Figura 65. Tensión de Von Misses



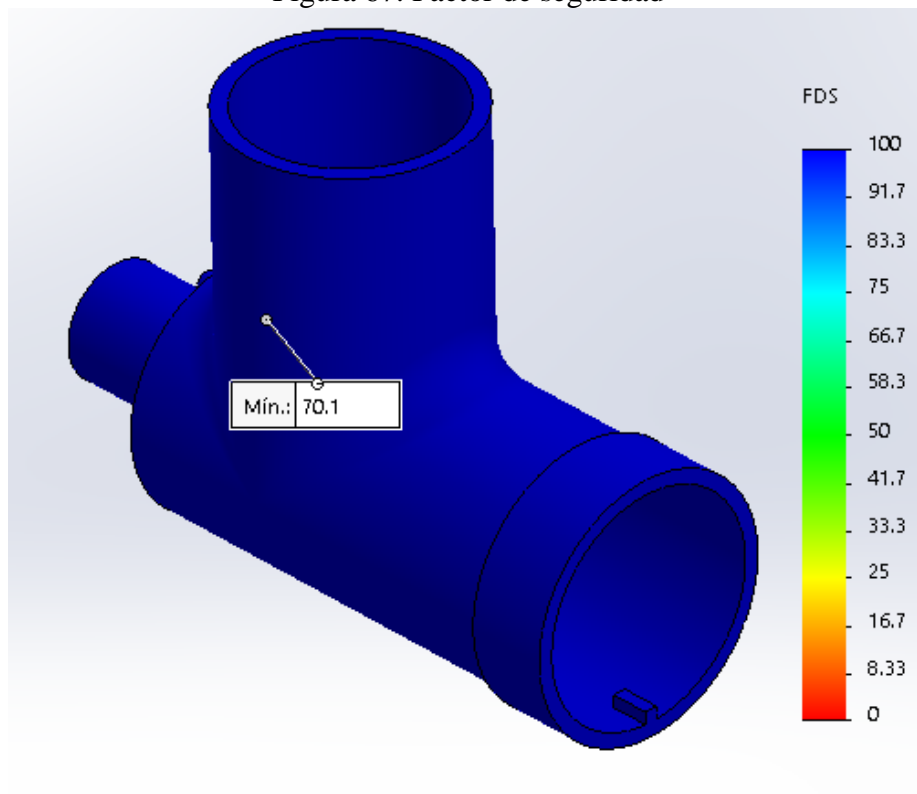
Fuente: Autores

Figura 66. Desplazamientos



Fuente: Autores

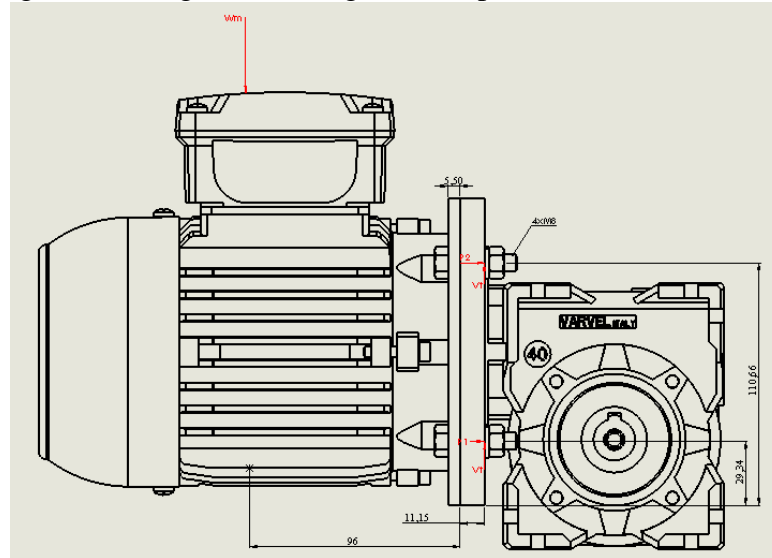
Figura 67. Factor de seguridad



Fuente: Autores

4.10 Verificación pernos motor- reductor

Figura 68. Diagrama de cargas de los pernos del motorreductor



Fuente: Autores

El peso del motor se obtiene del catálogo de motores monofásicos WEG:

$$W_m = 5,5 \text{ kg}$$

$$W_m = 53,955 \text{ N}$$

$$P = 0,25 \text{ HP} = 0,18 \text{ kW}$$

El motor genera flexión, por lo que los pernos se traccionan. Además de que todos los pernos sufrirán corte debido al peso del motor

$$M_f = W_m \times 0,096 = 53,955 \text{ N} \times 0,096 \text{ m}$$

$$M_f = 5,18 \text{ Nm}$$

La carga de los pernos inferiores, se definirá por P_1 , mientras que la carga de los pernos superiores, se definirá por P_2 .

$$P_1 = \frac{M_f \times r_1}{r_1^2 + r_2^2} \quad (31)$$

Donde:

P = carga actuante sobre los pernos, en N

r_1 = distancia horizontal hacia el perno, en m

r_2 = distancia vertical hacia el perno, en m

$$P_1 = \frac{5,18 \text{ Nm} \times (0,038 \text{ m})}{(0,038 \text{ m})^2 + (0,1052 \text{ m})^2}$$

$$P_1 = 15,733 \text{ N}$$

$$P_2 = \frac{M_f \times r_2}{r_1^2 + r_2^2}$$

$$P_2 = \frac{5,18 \text{ Nm} \times (0,1052 \text{ m})}{(0,038 \text{ m})^2 + (0,1052 \text{ m})^2}$$

$$P_2 = 43,55 \text{ N}$$

La carga de corte, se define por V_T , y será soportada igualmente por cada perno

$$V_T = \frac{W_m}{2}$$

$$V_T = \frac{53,955 \text{ N}}{2}$$

$$V_T = 26,98 \text{ N}$$

4.10.1 Perno crítico. Los pernos superiores son los que más carga deben resistir, la carga P_2 y V_2 será soportada por dos pernos.

$$P = \frac{P_2}{2} = \frac{43,55 \text{ N}}{2}$$

$$P = 21,775 \text{ N}$$

$$V = \frac{V_T}{2} = \frac{26,98N}{2} = 13,49N$$

El material del motor y del reductor es aluminio:

$$E_{m1} = E_{m2} = 70000 \text{ MPa}$$

El material de los pernos es acero:

$$E_b = 210000 \text{ MPa}$$

$$k_{m1} = \frac{0,5774\pi E_{m1} d_{m1}}{2 \ln \left(5 \frac{0,5574L_{m1} + 0,5d_{m1}}{0,5574L_{m1} + 2,5d_{m1}} \right)}$$

$$k_{m1} = \frac{0,5774\pi(70000\text{MPa})(0,01\text{m})}{2 \ln \left[5 \frac{0,5574(0,0055\text{m}) + 0,5(0,01\text{m})}{0,5574(0,0055\text{m}) + 2,5(0,01\text{m})} \right]}$$

$$k_{m1} = 1706,02 \frac{\text{MN}}{\text{m}}$$

$$k_{m2} = \frac{0,5774\pi E_{m2} d_{m2}}{2 \ln \left(5 \frac{0,5574L_{m2} + 0,5d_{m2}}{0,5574L_{m2} + 2,5d_{m2}} \right)}$$

$$k_{m2} = \frac{0,5774\pi(70000 \text{ MPa})(0,01 \text{ m})}{2 \ln \left[5 \frac{0,5574(0,01115 \text{ m}) + 0,5(0,01 \text{ m})}{0,5574(0,01115 \text{ m}) + 2,5(0,01 \text{ m})} \right]}$$

$$k_{m2} = 1061,56 \frac{\text{MN}}{\text{m}}$$

$$\frac{1}{k_m} = \frac{1}{k_{m1}} + \frac{1}{k_{m2}} = \frac{1}{1706,02 \frac{\text{MN}}{\text{m}}} + \frac{1}{1061,56 \frac{\text{MN}}{\text{m}}}$$

$$k_m = 654,377 \frac{\text{MN}}{\text{m}}$$

Tabla 28. Parámetros de tornillos de paso grueso y paso fino

Diámetro mayor nominal d , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0

Fuente: Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica 8ª edición

$$A_b = \frac{\pi}{4} (0,008m)^2 = A_b = 0,00005027m^2$$





$$k_b = \frac{A_b E_b}{L_b} = \frac{0,00005027m^2 (210000 MPa)}{0,01665m}$$

$$k_b = 634,036 \frac{MN}{m}$$

$$C = \frac{k_b}{k_m + k_b} = \frac{634,036 \frac{MN}{m}}{654,377 \frac{MN}{m} + 634,036 \frac{MN}{m}}$$

$$C = 0,49$$

Tabla 29. Resistencias mecánicas de tornillos

Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima, [†] MPa	Resistencia mínima a la tensión, [†] MPa	Resistencia mínima a la fluencia, [†] MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	
8.8	M1.6-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de medio carbono, T y R	
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero aleado, T y R	

Fuente: Shigley, Diseño en Ingeniería Mecánica 8ª edición

4.10.1.1 *Esfuerzo de pretensión.* Se elige un perno de clase 4.6.

$$\sigma_i = 0,75\sigma_p \quad \dots(32)$$

Donde:

σ_p = Resistencia mínima de prueba, en Mpa

σ_i = esfuerzo de pretensión, en MPa

$$\sigma_i = 0,75(225MPa)$$

$$\sigma_i = 168,75MPa$$

4.10.1.2 *Esfuerzo de tensión del perno:*

$$\sigma_b = \sigma_i + \frac{CnP}{A_t} = 168,75MPa + \frac{0,49n(21,775N)}{0,0000366m^2}$$

$$\sigma_b = 168,75MPa + 0,2915n$$

4.10.1.3 *Esfuerzo de corte*

$$\tau = \frac{Vn}{A_c} = \frac{21,775Nxn}{0,0000328m^2}$$

$$\tau = 0,664n$$

4.10.1.4 *Esfuerzo equivalente*

$$\sigma = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2}$$

$$\sigma = \sqrt{(168,75MPa + 0,2915n)^2 + 3(0,664n)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{1,4076n^2 + 98,38n + 28476,56}$$

4.10.1.5 Factor de seguridad

$$\sigma = S_y$$

$$\sqrt{1,4076n^2 + 98,38n + 28476,56} = 240MPa$$

$$n = 131$$

4.11 Base motor mezcladora

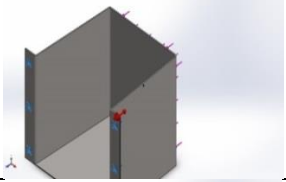
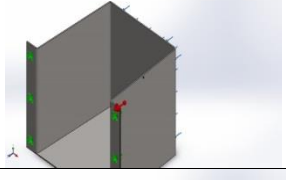
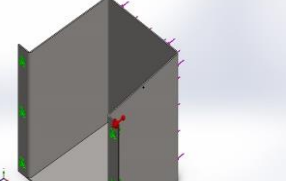
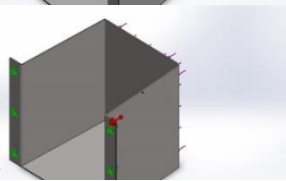
4.11.1 Fuerzas actuantes:

$$W_{motor} = 53,955N$$

$$W_{reductor} = 2,5kg = 24,52N$$

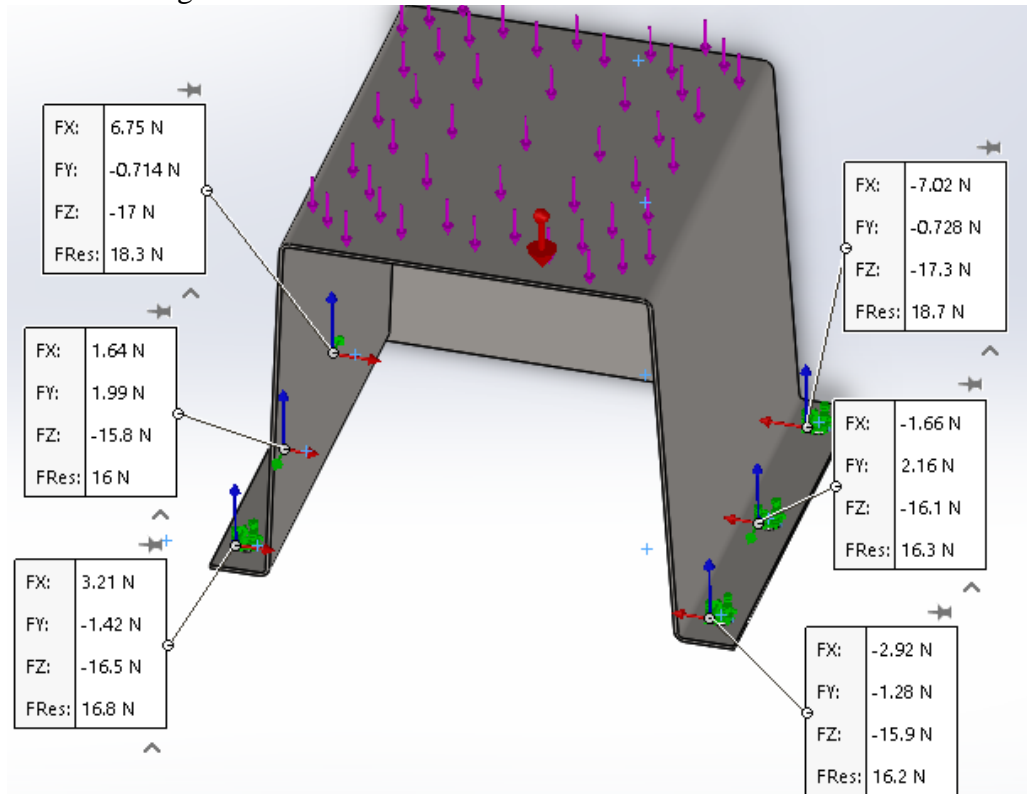
$$W_{pernos} = 1kg = 9,81N$$

Tabla 30. Comprobación en Solidworks de la base del motorreductor

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		Referencia: Cara< 1 > Valores: 0 0 -9.81 Unidades: SI
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 53.955 N
Fuerza-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 24.52 N
Fuerza-3		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 9.81 N

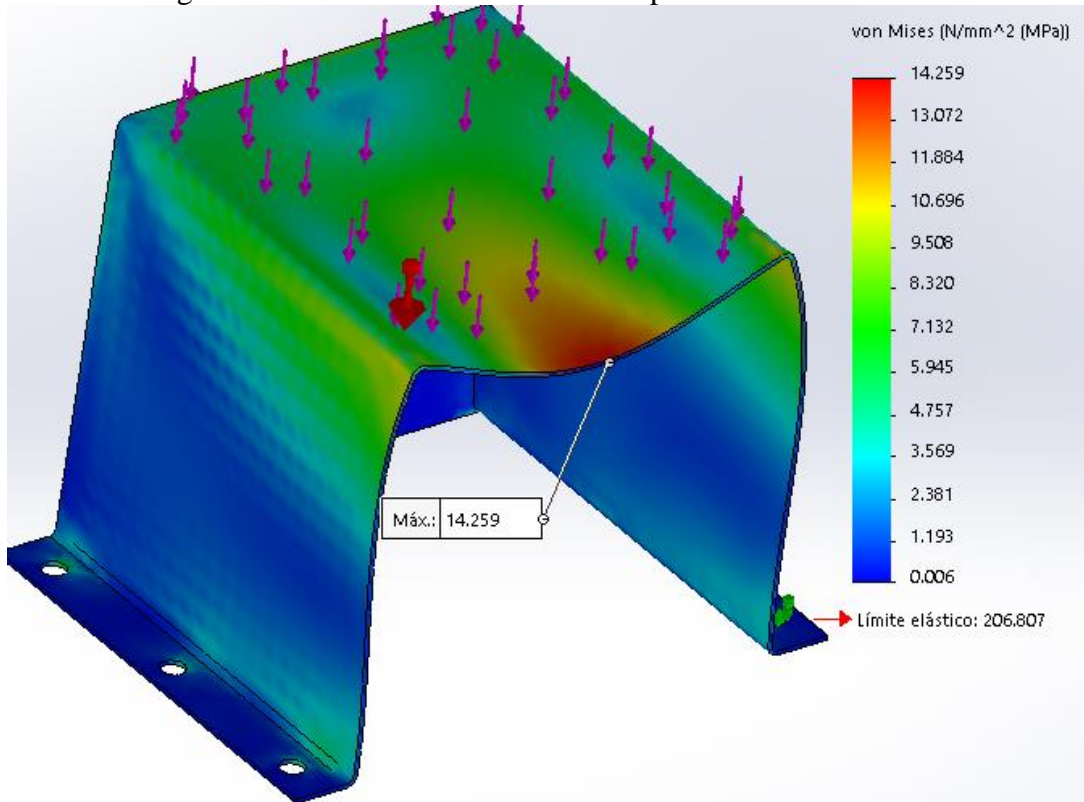
Fuente: Autores

Figura 69. Fuerzas actuantes - base del motor - mezclador



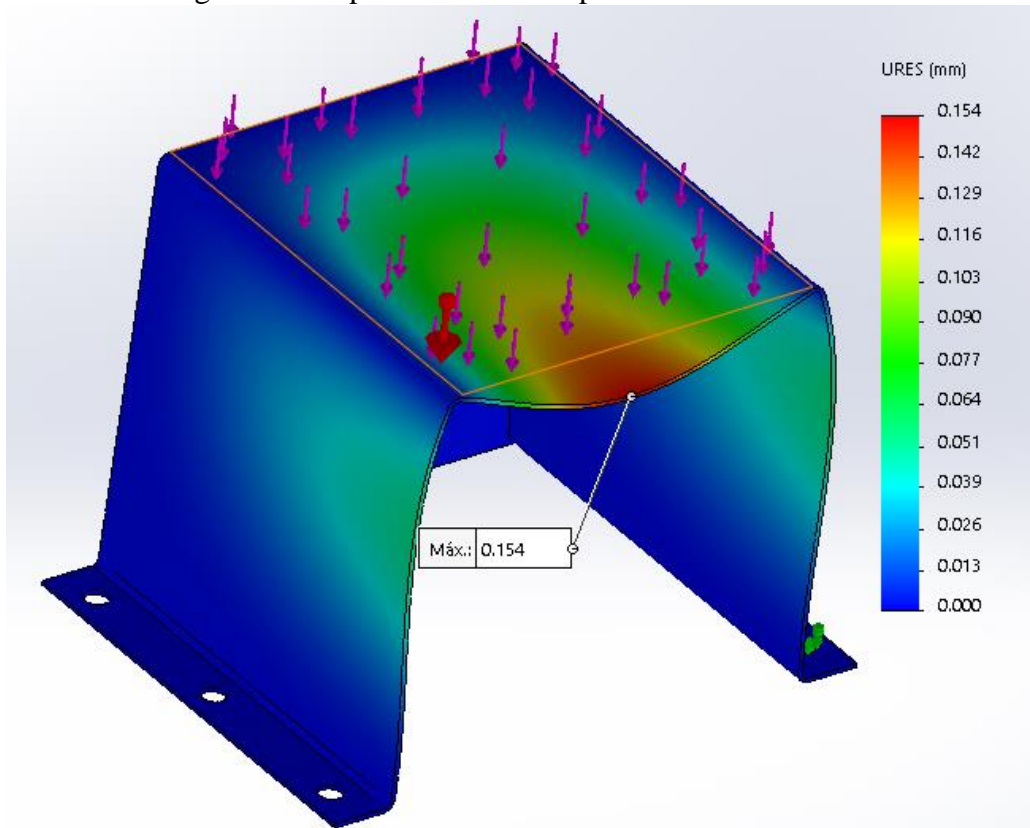
Fuente: Autores

Figura 70. Esfuerzo de Von Mises - Soporte Motor Mezclador



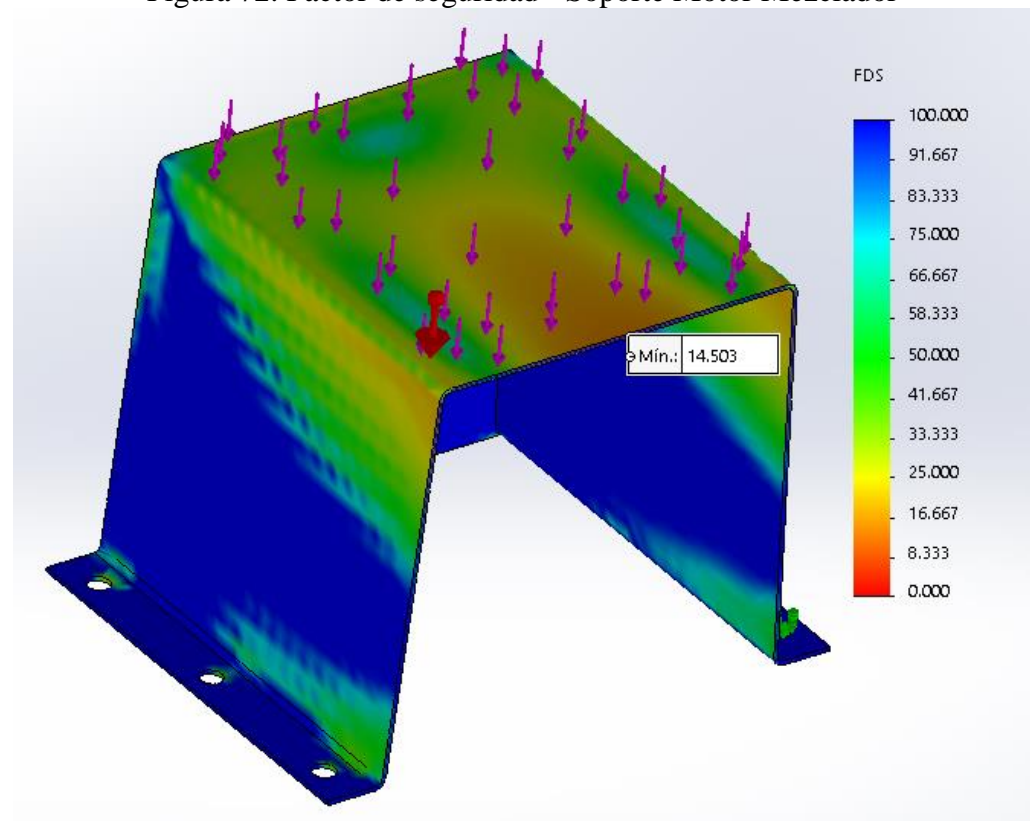
Fuente: Autores

Figura 71 Desplazamientos - Soporte Motor Mezclador



Fuente: Autores

Figura 72. Factor de seguridad - Soporte Motor Mezclador



Fuente: Autores

4.11.2 Propiedades físicas

Tabla 31. Propiedades de masa de base-motor

Densidad	0,01 gramos por milímetro cúbico
Masa (g)	1047,77
Volumen (mm ³)	130971,30
Área de superficie (mm ²)	176720,56
Centro de masa (cm)	X = 0,00 Y = 58,19 Z = -82,48
Ejes y momentos principales de inercia: (g*cm ²)	Medido desde el centro de masa. Ix = (1.00, 0.00, 0.00) Px = 5154789.42 Iy = (0.00, 0.63, -0.78) Py = 6083726.86 Iz = (0.00, 0.78, 0.63) Pz = 6552383.38

Fuente: Autores

4.12 Diseño del circuito eléctrico

Todo diseño eléctrico debe constar de un circuito de potencia y un circuito de control, para el correcto accionamiento de la máquina. El suministro de energía es 110 V. Luego de seleccionar los componentes que conforman el circuito, se elabora el circuito de control y de potencia. Además se debe seleccionar los elementos de los circuitos para las condiciones de funcionamiento de los motores que se muestran en la tabla 32.

Tabla 32. Condiciones de funcionamiento de los motores de la máquina

Motor eléctrico WEG monofásico de ¼ HP	V = 110 V
	F = 60 Hz
	I = 3,40 A
Motor eléctrico KOHLBACH monofásico de ¾ HP	V = 110 V
	F = 60 Hz
	I = 13,2 A

Fuente: Autores

Tabla 33. Componentes Eléctricos

Cantidad	Código	Descripción
2	C25BNB220	Contactador fuerza 20 A 1 HP 110 V
1	343-111-00	Relé térmico b05, capacidad 4,7 A - Maresa
1	341-861-00	Relé térmico b27T, capacidad 15 A - Maresa
2	CHT-20331	Pulsador verde 22 mm NO CHINT
4		Conductor Cu sólido AWG # 10 INCABLE (m)

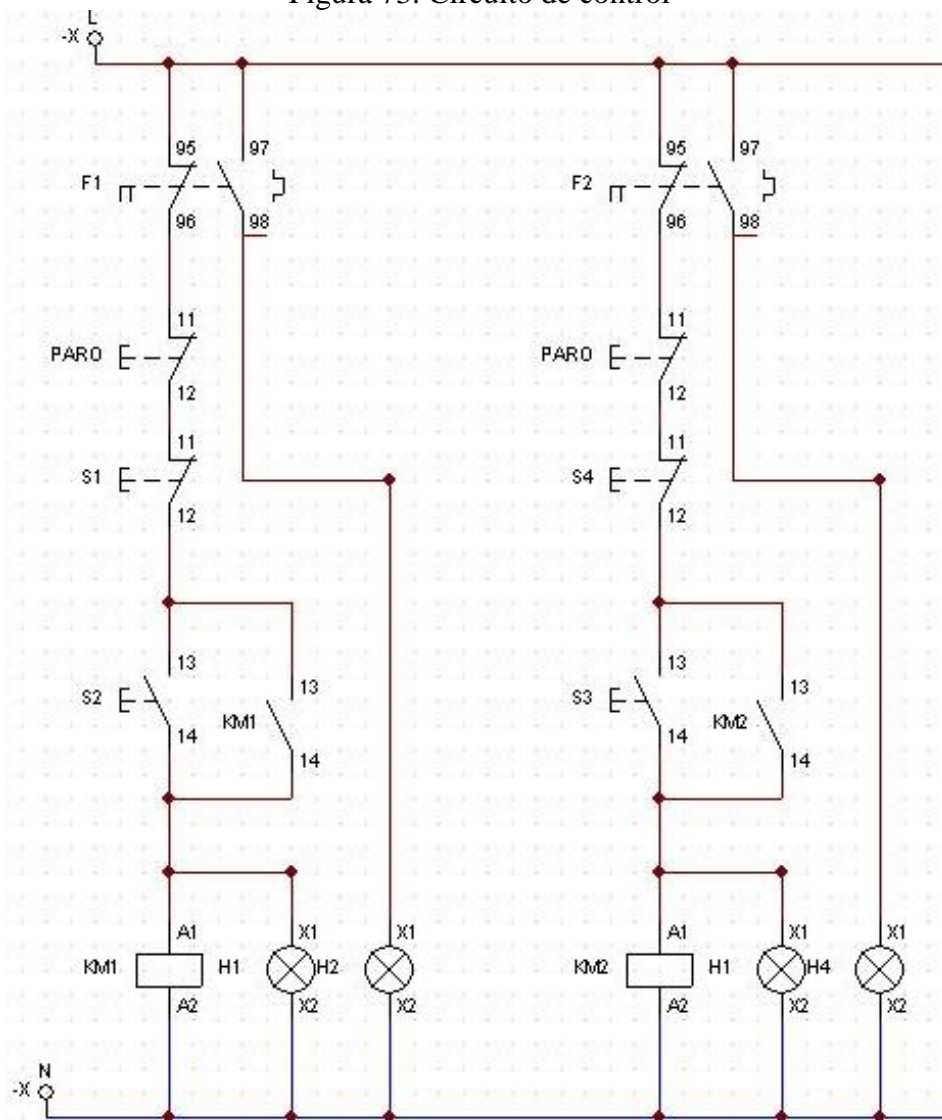
Tabla 33. (Continuación)

2		Conductor Cu Flexible #16 INCABLE (m)
2	486	Enchufe 2 patas reforzado 15A 110V COOPER

Fuente: Autores

4.12.1 *Circuito de control.* En el circuito de mando se representa la lógica cableada del automatismo y en él se incluirán los equipos que por un lado reciben la información de los distintos elementos de captación.

Figura 73. Circuito de control

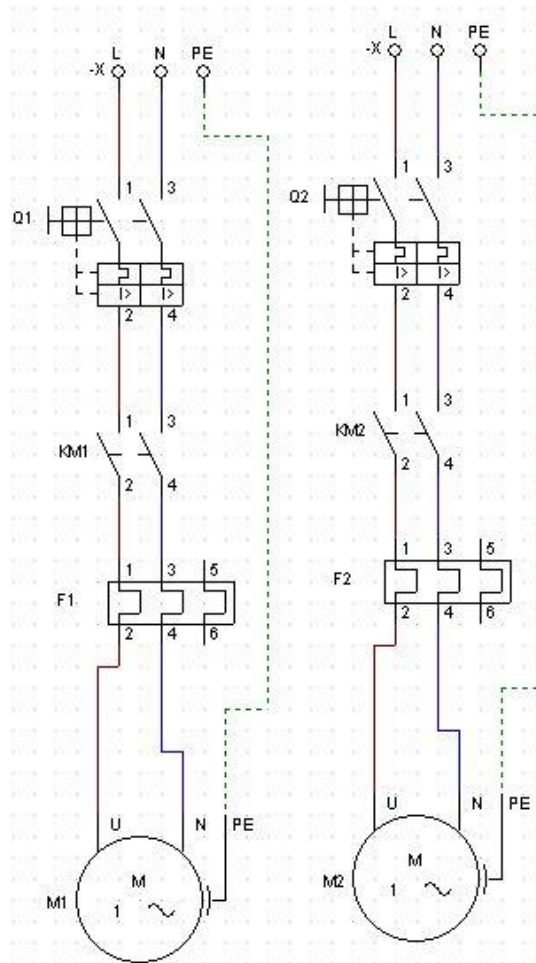


Fuente: Autores

Los mandos manuales deben proporcionar un control sobre la maquinaria que se desea controlar, pero siempre teniendo en cuenta que lo primordial es mantener la seguridad de los operarios que la controla (S.B.M, 2014).

4.12.2 *Circuito de potencia.* Los circuitos de potencia son aquellos elementos que hacen de alguna manera el trabajo duro, puesto que son los encargados de ejecutar las órdenes dictaminadas por el circuito de mando. Este tipo de circuito se caracteriza sobre todo por trabajar a tensiones superiores 110V, 220 V, 400 V y más, en corriente alterna principalmente (S.B.M, 2014).

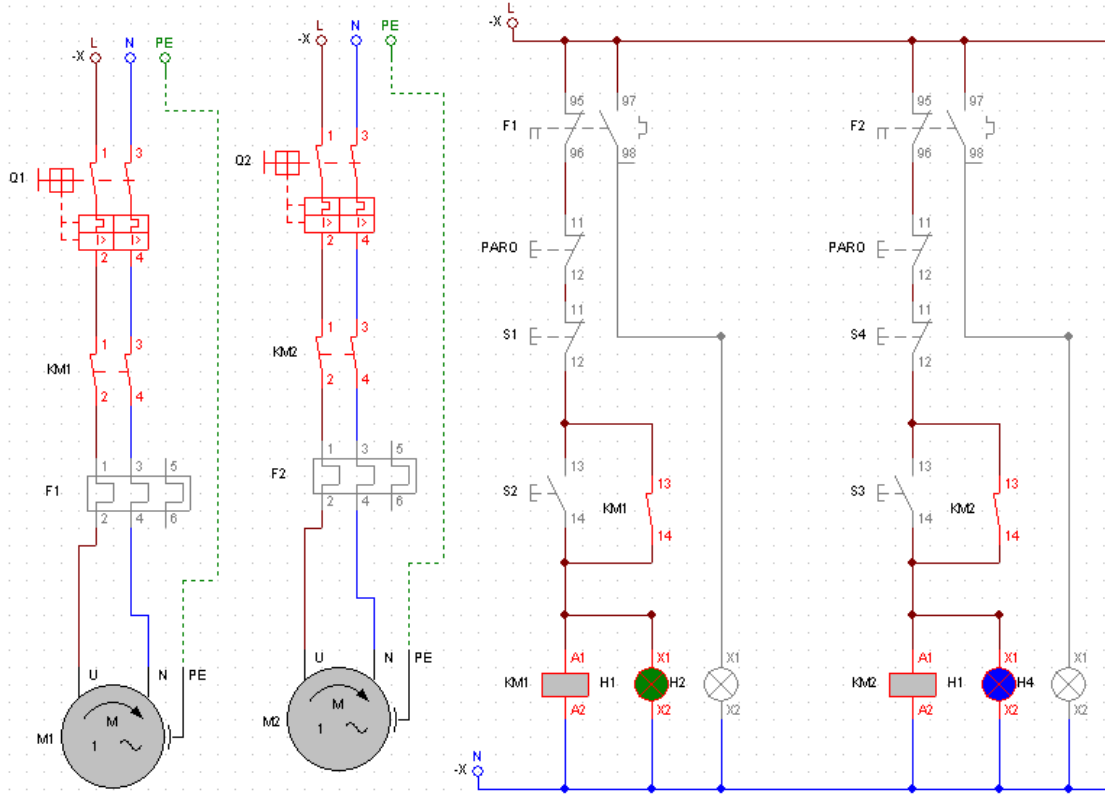
Figura 74. Circuito de potencia



Fuente: Autores

4.12.3 *Funcionamiento.* Los dos motores mostrados en la figura 74, están conectados en paralelo, el motor M1 corresponde al mezclador y el M2 al extrusor, al presionar manualmente Q1 o Q2, el sistema se energiza. Cuando en el circuito de control, se presiona S2, se activa el motor M1, y cuando se presiona S3, se activa el motor M2. Adicionalmente, se tiene un botón de PARO, que en cualquier emergencia detendrá al sistema completamente. El diagrama de los dos motores funcionando, se muestra en la figura 75.

Figura 75. Circuito de potencia y control en funcionamiento.



Fuente: Autores

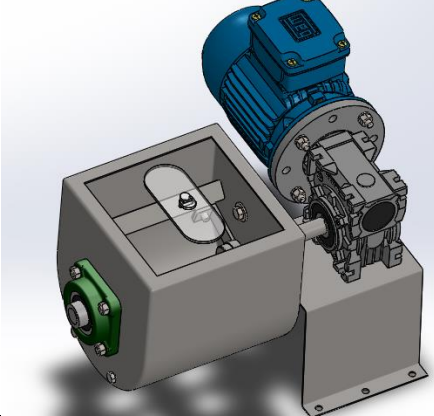
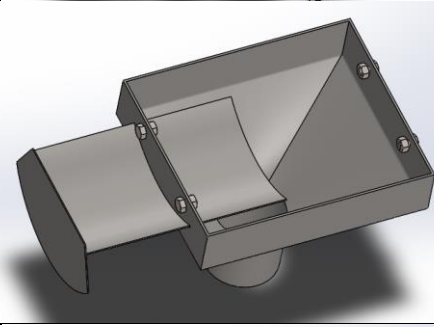
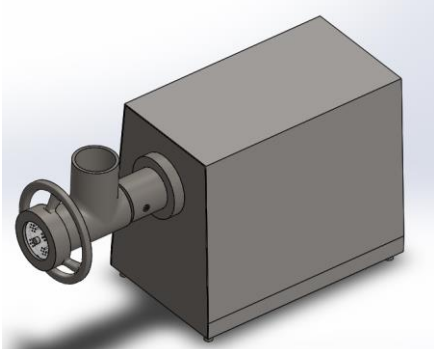
CAPÍTULO V

5. CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE LA MÁQUINA PARA LA PRODUCCIÓN DE PASTA FRESCA

5.1 Sistemas constitutivos de la máquina

En la tabla 34, se muestran los 3 sistemas principales que componen a la máquina para la producción de pasta fresca que consisten en el sistema de mezclado, de alimentación y de extrusión.

Tabla 34. Sistemas constitutivos de la máquina

Sistema	Gráfico
Sistema de mezclado	
Sistema de alimentación	
Sistema de extrusión	

Fuente: Autores

5.1.1 Construcción y montaje del sistema de mezclado. En las tablas 35, 36 y 37, se muestran las tareas a realizar para construir cada uno de los sistemas que componen la máquina.

Tabla 35. Lista de tareas para construir el sistema de mezclado

Tarea	Nombre de tarea	Duración	Predeces
1	Sistema de mezclado	1,02 días	
2	<i>Tolva</i>	<i>0,25 días</i>	
3	Rayado	10 mins	
4	Corte	20 mins	3
5	Barolado	10 mins	4
6	Soldado	20 mins	5
7	Pulido	10 mins	6
8	Rayado de chumacera	10 mins	7
9	Perforación pernos chumacera	15 mins	8
10	Perforación eje mezclado	10 mins	9
11	Corte de unión – sist de alimentación	15 mins	10
12	<i>Eje de mezclado</i>	<i>0,27 días</i>	
13	Toma de medidas	10 mins	
14	Corte	5 mins	13
15	Torneado	10 mins	14
16	Chaflanado	5 mins	15
17	Taladrado agujeros de las paletas	15 mins	16
18	Máquinado de chaveta - chavetero	15 mins	17
19	Perforación/Roscado tornillo sujeción	20 mins	18
20	Montaje	10 mins	19;2
21	<i>Tapa</i>	<i>0,15 días</i>	
22	Toma de medidas	10 mins	2;12
23	Cortado	5 mins	22
24	Doblado	10 mins	23
25	Pre soldado	10 mins	24
26	Corte de rectángulo en el centro	5 mins	25
27	Soldado	10 mins	26
28	Pulido	10 mins	27
29	Corte de tapa de acrílico	15 mins	2;12
30	Añadidura de agarradera	5 mins	29
31	Taladrado de 4 agujeros	10 mins	30
32	Unión de metal y acrílico - tornillos	10 mins	28;31
33	<i>Paletas</i>	<i>0,11 días</i>	

Tabla 35. (Continuación)

34	Rayado	15 mins	21
35	Corte	20 mins	34
36	Doblado	5 mins	35
37	Perforado	10 mins	36
38	Pulido	5 mins	37
39	<i>Paletas de mezclado</i>	<i>0,19 días</i>	
40	Toma de medidas - paletas	10 mins	33
41	Corte	10 mins	40
42	Cilindrar el eje	10 mins	41
43	Perforar al diámetro del eje	15 mins	42
44	Perforado y roscado de prisioneros	30 mins	43
45	Elaboración de paletas	60 mins	33
46	Taladrado de 6 agujeros para unir las paletas a los soportes	10 mins	45
47	Unión mediante pernos de las paletas a los soportes	15 mins	46
48	Montaje de las paletas al eje	5 mins	47
49	<i>Base del motor</i>	<i>0,2 días</i>	
50	Rayado	10 mins	39
51	Doblado	15 mins	50
52	Soldado	20 mins	51
53	Pulido	10 mins	52
54	Perforado 10 taladros sujeción (motor y base)	20 mins	53
55	Atornillado de la base del motor a la base de la máquina	10 mins	54
56	Atornillado del motor a la base del motor	10 mins	55
57	<i>Motor</i>	<i>0,1 días</i>	
58	Montaje del eje en el motor	5 mins	49
59	Alineación del motor - eje	15 mins	12;58
60	Asegurar el eje con un tope para evitar que se salga	10 mins	59
61	Conectar los cables al motor en la secuencia para 110 V	20 mins	60

Fuente: Autores

5.1.2 Construcción y montaje del sistema de alimentación

Tabla 36. Lista de tareas para construir el sistema de mezclado

Tarea	Nombre de tarea	Duración	Predeces.
62	Sistema de alimentación	0,42 días	
63	<i>Tolva</i>	<i>0,32 días</i>	

Tabla 36. (Continuación)

64	Rayado	10 mins	2;57
65	Corte	20 mins	64
66	Doblado	10 mins	65
67	Soldado tolva	20 mins	66
68	Pulido	10 mins	67
69	Perforación sistema apertura - cierre	10 mins	68
70	Taladrado de 4 agujeros para unir el mezclador a la tolva	10 mins	69
71	Corte de tubo	15 mins	70
72	Soldado tubo a tolva	12 mins	71
73	Sellado hermético rejilla apertura cierre	15 mins	72
74	Soldadura (pega tanque) de fallas en la unión de la tolva y el tubo	20 mins	73
75	<i>Sistema de apertura cierre</i>	<i>0,1 días</i>	
76	Toma de medidas	10 mins	63
77	Barolado	5 mins	76
78	Soldado de una agarradera	10 mins	77
79	Montaje en la tolva	15 mins	78
80	Soldado de un tope para evitar la salida	10 mins	79

Fuente: Autores

5.1.3 *Construcción y montaje del sistema de extrusión.* El presente trabajo es un diseño adaptativo por lo cual, se adaptó el mezclador y la tolva a una extrusora de carne que compone el sistema de extrusión. Dicho sistema se compone de un bastidor (que soporta toda la estructura de la máquina), un motor que acciona a un tornillo extrusor, un barril y una matriz de extrusión.

Tabla 37. Lista de tareas para construir el sistema de extrusión

Tarea	Nombre de tarea	Duración	Predeces.
81	Sistema de extrusión	0,42 días	
82	<i>Carcasa del motor</i>	<i>0,24 días</i>	
83	Rayado	10 mins	
84	Corte	20 mins	83
85	Doblado	10 mins	84
86	Soldado	20 mins	85
87	Pulido	10 mins	86
88	12 Perforaciones – soporte de la base	10 mins	87
89	4 Perforaciones – soporte motor (mezclador)	15 mins	88
90	Montaje	20 mins	89

Tabla 37. (Continuación)

91	Matriz de extrusión	0,18 días	
92	Toma de medidas	10 mins	82
93	Perforación de taladros de 2mm de diámetro	60 mins	92
94	Pulido	10 mins	93
95	Chaflanado	5 mins	94

Fuente: Autores

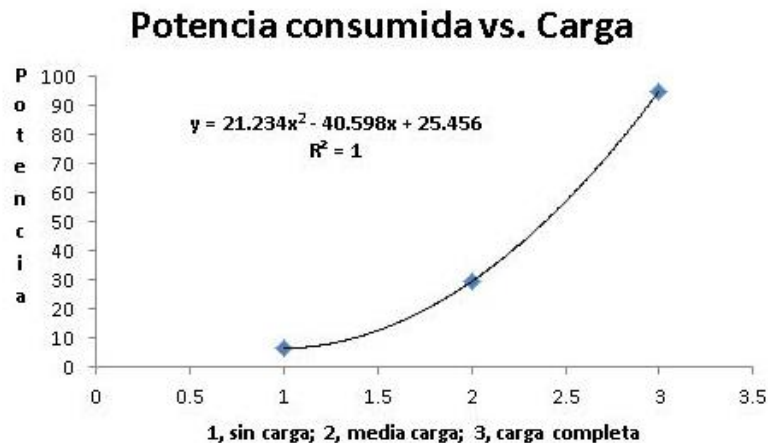
La construcción final de la máquina tomaría unos dos días consecutivos, si se contase con todos los materiales necesarios y trabajando 8 horas al días. Debido a que el diseño es adaptativo, existió dificultad en encontrar algunas piezas o adaptar otras, por lo que el proceso tomó mucho más tiempo, alrededor de 200 horas. En Anexos, se muestra el flujograma de procesos que se deberá seguir de manera secuencial y ordenada para poder obtener una máquina similar a la que es objeto del presente trabajo de titulación.

5.2 Pruebas

5.2.1 Plan de pruebas de funcionamiento. Se propone realizar pruebas de consumo de potencia dependiendo de la carga, pruebas de tiempo de amasado y pruebas de masa extruida por unidad de tiempo.

5.2.1.1 Prueba de consumo de potencia. Se realizaron pruebas de consumo de potencia; sin carga, con carga media y con carga completa. Los resultados se muestran en la figura 76, además, se presenta la ecuación de la curva y el nivel de correlación.

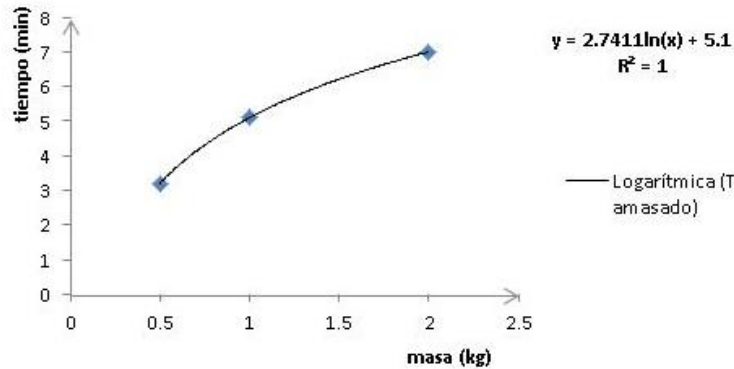
Figura 76. Potencia consumida vs. Carga



Fuente: Autores

5.2.1.2 Prueba de tiempo de amasado y capacidad máxima. Se realizaron tres pruebas, con cargas de 0,5 kg, 1 kg y 2 kg, se llegó a determinar que la última carga, es la máxima que puede contener la tolva, sin regarse.

Figura 77. Tiempo de amasado vs. Masa total amasada
Tiempo-amasado vs. masa total



Fuente: Autores

El tiempo de amasado, comparado con la carga varía de forma logarítmica, como se muestra en la figura 79, además el coeficiente de correlación es perfecto.

5.2.1.3 Prueba de masa extruida (fideo) en función del tiempo. Se midió la masa de fideo obtenida en las pruebas con 0,5, 1 y 2 kg de masa durante un tiempo de 1 min, se obtuvo finalmente un flujo de masa de 250 g/min, que transformado a caudal es:

$$Q_{real} = 230 \frac{cm^3}{min}$$

El resultado anterior excede el requerimiento planteado en el diseño, por lo cual, se acepta y verifica que la máquina tiene un funcionamiento correcto.

5.2.2 Porcentaje de cumplimiento de los parámetros técnicos importantes. Los parámetros técnicos con mayor porcentaje de incidencia de la función de calidad deben ser verificados con el fin de asegurar que la máquina cumple con los requerimientos esenciales del usuario y con los criterios ingenieriles.

Tal verificación se muestra en la tabla 38, en la cual se observa que los parámetros técnicos principales se cumplen al 100%.

Tabla 38. Porcentaje de cumplimiento de los parámetros más importantes

% Cumplido de los parámetros	25	50	75	100
Seguridad				<input checked="" type="checkbox"/>
Material Máquina				<input checked="" type="checkbox"/>
Confiabilidad				<input checked="" type="checkbox"/>
Nivel de ruido				<input checked="" type="checkbox"/>
Ciclos-Minuto(Mezclador)				<input checked="" type="checkbox"/>
Velocidad (Extrusión)				<input checked="" type="checkbox"/>
Tiempo de encendido			<input checked="" type="checkbox"/>	
Forma		<input checked="" type="checkbox"/>		
Peso		<input checked="" type="checkbox"/>		
Suministro de energía				<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: Autores

CAPÍTULO VI

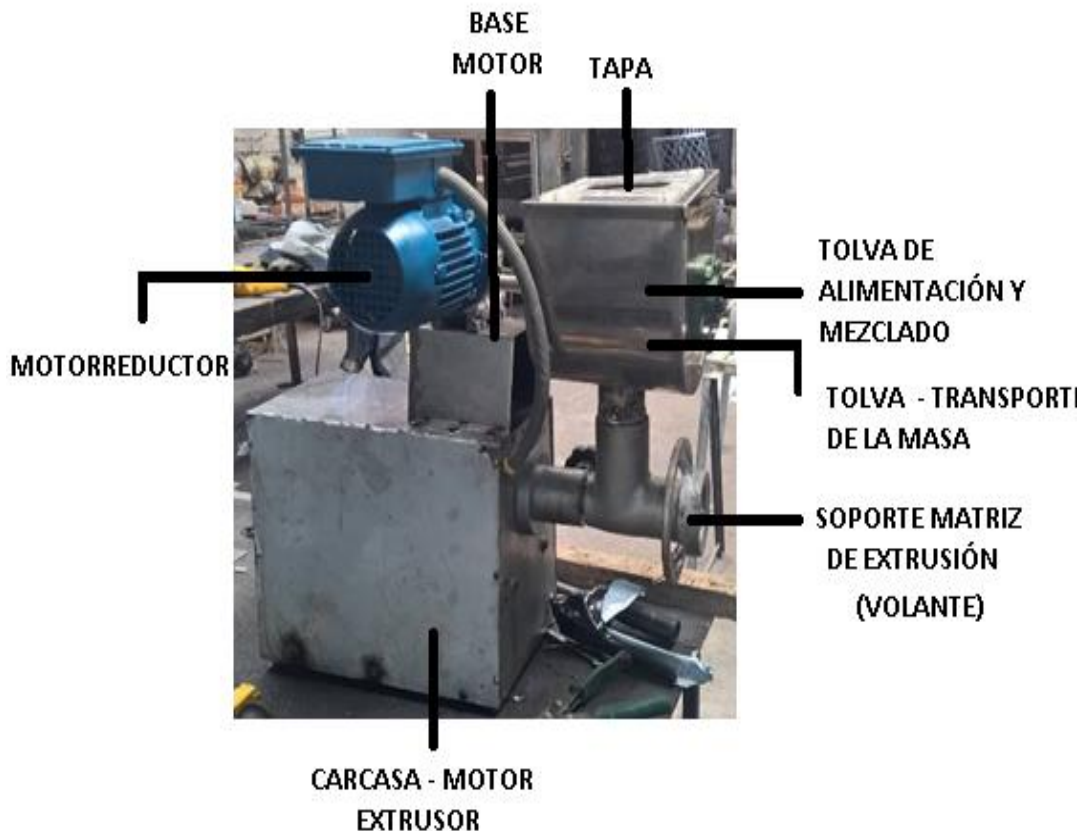
6. MANUAL DE OPERACIÓN MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE COSTOS DE LA MÁQUINA ORIENTADA AL SECTOR RESTAURANTERO PARA LA ELABORACIÓN DE FIDEOS SPAGHETTI NO. 10

6.1 Manual de Operación

En el presente manual se describe la correcta utilización, operación y mantenimiento de la máquina así como ajustes y solución de problemas; la información contenida en el presente manual es fundamental para el manejo correcto de la máquina por parte de los operadores y para efectuar un mantenimiento adecuado por parte de los mecánicos.

6.1.1 Vista General del Equipo. En la figura 80, se muestran los elementos constitutivos de la máquina productora de fideo.

Figura 78. Vista general del equipo

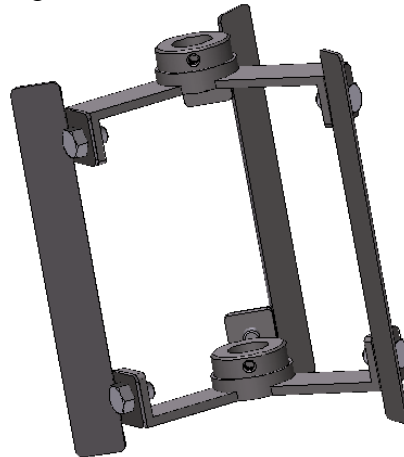


Fuente: Autores

6.1.2 Accesorios del equipo

6.1.2.1 Paletas mezcladoras. Son 3 paletas separadas 120° entre sí, van conectadas al eje del motorreductor mediante tornillos prisioneros, están construidas de acero inoxidable AISI 304; su función principal es mezclar las materias primas que se ubican en la tolva de mezclado hasta obtener una masa homogénea.

Figura 79. Paletas mezcladoras



Fuente: Autores

6.1.2.2 Tornillo sinfín. Este accesorio está montado directamente sobre el eje el motor del extrusor, su función es crear la presión suficiente sobre la masa (que viene del mezclador) para hacerla pasar a través de la matriz de extrusión.

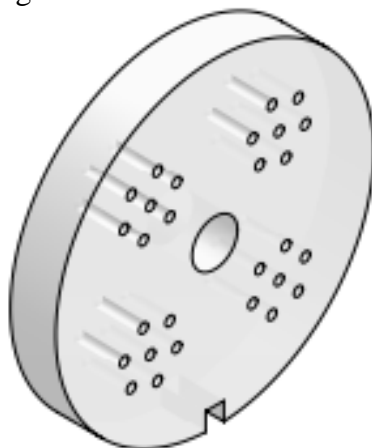
Figura 80. Tornillo sinfín



Fuente: Autores

6.1.2.3 Matriz de extrusión. Es el accesorio que le da la forma final a los fideos, debe hacerse de un material de grado alimenticio, en el caso del presente trabajo se la hizo de nylon. Los agujeros pueden tener formas diversas dependiendo del tipo de fideo que se desee fabricar.

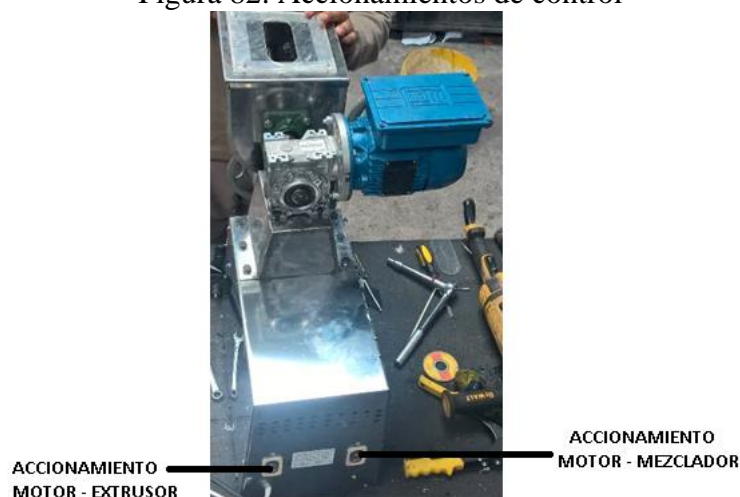
Figura 81. Matriz de extrusión



Fuente: Autores

6.1.2.4 Accionamientos de control. La función de estos accionamientos es encender y apagar la máquina. Cada motor tiene un accionamiento on – off independiente. El usuario, luego de verter las materias primas en el mezclador, lo enciende hasta comprobar visualmente que se tiene una buena mezcla. Luego de esto, se debe abrir la placa que permite el paso de la masa hacia el extrusor. Entonces, se enciende el motor del extrusor. Finalmente, cuando toda la masa haya sido extruida, se apagan los dos motores.

Figura 82. Accionamientos de control



Fuente: Autores

6.2 Características de la máquina extrusora

La máquina descrita en el presente trabajo exhibe las características que se describen en la tabla siguiente:

Figura 83. Características de la máquina extrusora de fideo

Máquina extrusora de fideo	
Características Generales	Dimensiones: Alto: 0,80 m Ancho: 0, 60 Longitud: 1 m
	Capacidad de producción: 4 kg/h
	Material de construcción: Acero inoxidable AISI 304
	Motor – mezclador: monofásico ¼ HP, CA 110 V
	Motor – extrusor: monofásico 1 HP, CA 110 V
	Peso total de la máquina: 39,7 kg

Fuente: Autores

6.3 Instalación del equipo

El presente equipo al ser diseñado para el sector restaurantero, es de instalación sencilla y para su uso requiere únicamente ser asentado sobre cualquier superficie horizontal fija y tener a disposición dos conectores de 110 V cada uno.

Figura 84. Conectores de 110 V







Fuente: <http://www.travelingeast.com/wp-content/uploads/2012/10/Power-plug-type-BAmerica-plugJapan-plug.jpg>

6.4 Instrucciones de operación

En la presente sección se describe la forma correcta del uso de la máquina, que consiste simplemente en colocar la matriz de extrusión, ajustarla con el volante y finalmente empezar el proceso con la colocación de la materia prima en la tolva, como se describió.

6.4.1 Colocación de la matriz de extrusión. En la tabla 39, se describe el proceso para colocar la matriz de extrusión:






Tabla 39. Proceso para colocar la matriz de extrusión

No.	Instrucción	Referencia
1	Verificar que el equipo se encuentra desconectado	
2	Desenroscar y retirar el volante que asegura a la matriz de extrusión.	
3	Colocar la matriz de extrusión asegurándose de ponerla en la posición correcta.	
4	Asegurar la matriz de extrusión enroscándola con el volante.	

Fuente: Autores

6.4.2 *Puesta en marcha.* Para la puesta en marcha o inicio de la máquina previa la obtención del fideo, se indica el procedimiento en la tabla 40:


Tabla 40. Proceso para poner en marcha la máquina

No.	Instrucción	Referencia
1	Conectar el equipo a la línea eléctrica	
2	Colocar un recipiente enharinado a la salida del extrusor para recibir los fideos frescos	
3	Agregue la materia prima en la tolva de ingreso.	
4	Para encender el mezclador presione el botón que se encuentra en la parte posterior derecha del equipo.	
5	Cuando la masa esté bien mezclada, presione el botón que se encuentra en la parte posterior izquierda del equipo para encender el extrusor	

Fuente: Autores

Para efectuar las pruebas en la máquina motivo del presente trabajo, se usó la receta recomendada “pasta al huevo”, cuyos ingredientes se muestran en la tabla 41.

Tabla 41. Ingredientes de la receta recomendada








Cantidad	Unidad	Ingrediente	Referencia
2	taza	Sémola de trigo	
2	unidad	Huevos	
1	cucharada	Aceite	
100	ml	Agua	

Fuente: Autores

6.5 Limpieza del equipo

Luego del proceso de obtención de la pasta, es indispensable efectuar la limpieza del equipo, para asegurar una buena limpieza se recomienda seguir el procedimiento siguiente:

Tabla 42. Procedimiento recomendado de limpieza de la máquina

No.	Instrucción	Referencia
1	Desconectar el equipo de la corriente eléctrica.	
2	Retirar la tapa de la tolva	
3	Desenroscar el volante que mantiene en su lugar a la matriz de extrusión	
4	Extraer la matriz de extrusión y el tornillo extrusor de la máquina.	
5	Sumergir la matriz, el tornillo extrusor y el volante en una solución de agua jabonosa (jabón lavaplatos).	
6	Verter la solución de agua jabonosa en la tolva de mezclado, manteniendo cerrado el paso a la zona de extrusión	
7	Luego de 5 minutos, abrir rápidamente el paso	
8	Finalmente eliminar el jabón restante, lavando la máquina con una manguera	

Fuente: Autores

Durante la limpieza con agua, evitar el contacto con la caja de control y las botoneras.

6.6 Manual de Mantenimiento

La máquina productora de fideo, al igual que cualquier máquina tiende a sufrir desgaste en sus elementos con el paso del tiempo y el uso continuo. Si no se realiza un mantenimiento adecuado, la productividad y funcionalidad de la máquina descenderán de manera gradual hasta llegar a un fallo total. El presente manual provee las pautas y procedimientos básicos para mantener el equipo en óptimas condiciones y de esta manera asegurar un correcto funcionamiento. En la tabla 43 se enlistan los elementos más sensibles de la máquina y el tipo de revisiones que deben efectuarse.

Tabla 43. Mantenimientos recomendados a la máquina

Periodos de trabajo	Elementos Principales						Trabajos a realizar
	Motores	Chumaceras	Paletas mezclador	Tornillo sinfín	Matriz de extrusión	Paso (mezclador – extrusor)	
D			X	X	X		Limpiar
M		X					Engrasar
	X		X			X	Revisar el ajuste de los pernos
T			X				Ajustar los tornillos prisioneros
						X	Cambiar los empaques que hermetizan el sistema de paso
					X		Si existe desgaste cambiar la matriz de extrusión (nylon)
	X						Revisar que las paletas estén alineadas correctamente
A		X					Alinear el eje del mezclador
	X						Cambiar los rodamientos
							Cambiar el aceite del motor

Fuente: Autores

Donde:

D: Diario

M: Mensual

T: Trimestral

A: Anual

6.7 Riesgos y medidas preventivas

Es de vital importancia para el operador de la máquina saber los riesgos que pueden existir durante el transporte u operación de la misma para poder reducirlos al mínimo y evitar de esta manera cualquier clase de infortunios o accidentes.

6.7.1 *Riesgos ergonómicos.* Estudios recientes en el campo de la ergonomía identifica a los factores ocupacionales que conllevan a los desórdenes musculoesqueléticos. El factor más importante que resulta en la formación de los desórdenes musculoesqueléticos es el balance entre la fatiga del tejido suave local y la habilidad del individuo de recuperarse de esta fatiga.

Una irrigación sanguínea suficiente es un factor crítico en controlar la fatiga del tejido suave local. Una clave importante para mantener este balance crítico es la relación entre el trabajo y los factores humanos. Los factores de riesgo relacionados a la actividad laboral y ergonomía pueden hacer más difícil mantener este balance, e incrementan la probabilidad de que algunos individuos puedan desarrollar desórdenes musculoesqueléticos.

Los mayores factores ergonómicos de riesgo en el trabajo que se consideran son:



- Elevadas repeticiones de tareas
- Esfuerzos intensos
- Posiciones incómodas repetitivas/sostenidas

En el manejo de la máquina que es motivo del presente trabajo, se describe la forma apropiada de levantar objetos pesados para reducir los requerimientos de esfuerzo, además, se recomienda ubicar la máquina a una altura de 1 m lo que evitará que el usuario deba ubicarse en posiciones incómodas para trabajar.

6.7.2 *Técnicas apropiadas para levantar objetos pesados.* De acuerdo a la Oficina de Estadísticas Laborales, más de un millón de trabajadores sufren lesiones en la espalda cada año. El dolor de espalda es una de las razones más comunes por la cual la gente pierde su trabajo. En todo empleo, la seguridad es primero, por lo que se debe

trabajar inteligentemente y seguir los siguientes pasos antes de levantar grandes pesos.

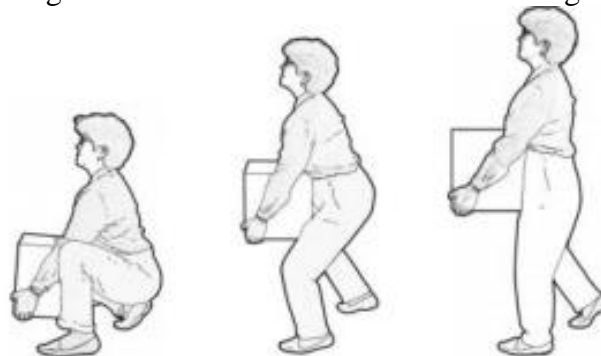
Tabla 44. Técnica apropiada para levantar objetos pesados

No.	Instrucción	Referencia
1	Siempre haga un calentamiento de su espalda y piernas antes de levantar cualquier cosa, para mejorar su rendimiento y reducir el riesgo de lesiones.	
2	Estabilizando la cadera y las piernas, mueva la parte superior de su cuerpo hacia adelante, a la derecha, atrás y a la izquierda para estirar su espalda baja. Haga 5 círculos lentamente expandiendo el círculo gradualmente cada vez, luego repita la acción en el sentido contrario	
3	Posicione su cuerpo con una pierna hacia adelante y los dedos de ese pie elevados. Mantenga su espalda recta mientras se inclina hacia adelante (a la altura de la cadera). Deberá sentir que la parte superior de su pantorrilla y su rodilla se estiran, mantenga la posición por 20 s y luego repítala en la otra pierna, cada estiramiento debe hacerse 2 veces por cada pierna.	

Fuente: Autores

6.7.2.1 *Técnica básica de elevación diagonal.* A continuación, se describe la técnica básica para levantar objetos pesados. Dicha técnica se encuentra representada en la figura 87.

Figura 85. Técnica básica de elevación diagonal



Fuente: <http://ergo-plus.com/wp-content/uploads/WA-Handout-Proper-Lifting-Techniques.pdf>

- Acérquese al objeto tanto como sea posible

6.8 Riesgos de cortaduras

Las cortaduras ocurren cuando objetos filosos cortan la superficie de la piel llegando a tejidos grasos, tendones, músculos y hasta los huesos. Especialmente en el uso de la máquina para elaborar fideos, existe riesgo para las manos del operario al momento que se inicia el proceso de mezclado.

Por lo tanto, cuando se haya encendido el motor del mezclador está terminantemente prohibido retirar la tapa hasta que no se haya apagado dicho motor. Si es necesario agregar ingredientes adicionales durante el mezclado, se lo hará por la abertura destinada a ese fin.

6.9 Riesgos eléctricos

Un riesgo eléctrico es un riesgo para una persona de muerte, shock o alguna otra lesión causada directamente o indirectamente por la electricidad. Los mayores peligros asociados con estos riesgos son:

- Contacto con partes expuestas que cause un shock eléctrico y quemaduras (por ejemplo cables expuestos u otros equipos eléctricos en contacto con superficies metálicas).
- Fallas que puedan provocar incendios
- Fuego o explosiones donde la electricidad pueda ser la fuente de ignición en una atmósfera potencialmente inflamable o explosiva.

El riesgo de lesiones debidas a la electricidad está fuertemente vinculado a dónde y cómo es usada; los riesgos son mayores en condiciones severas como en ambientes húmedos. Las medidas de control de riesgos eléctricos más comunes incluyen:

- Asegurarse que electricistas capacitados lleven a cabo los trabajos eléctricos
- Inspeccionar los cables antes de usar las máquinas y revisar que no tengan secciones descubiertas.

- Llevar a cabo mantenimientos preventivos en los equipos eléctricos, principalmente inspecciones visuales o pruebas cuando sea necesario.

6.10 Análisis de costos para la máquina productora de fideo spaghetti

Para el análisis de costos de la máquina se han tomado en cuenta cada una de las partes y subsistemas que la conforman por separado como se indica en la tabla siguiente. Los costos que se consideran son costos directos e indirectos.

Tabla 45. Subsistemas de la máquina productora de fideo spaghetti

Subsistema	Descripción
1	Sistema de extrusión
2	Sistema de alimentación y mezclado
3	Sistema motriz
4	Sistema eléctrico

Fuente: Autores

6.10.1 Costos directos. Los costos directos son gastos que una compañía puede fácilmente conectar con un objeto de coste, el cual puede ser un producto, departamento o proyecto. Esto incluye ítems tales como software, equipo, mano de obra y materia prima; estos dos últimos constituyen la mayoría de los costos directos. Por ejemplo, en la fabricación de la máquina productora de fideo spaghetti se requirió principalmente de acero inoxidable, componentes eléctricos, accesorios mecánicos y mano de obra calificada para construir la máquina. (ARLINE, 2015).

En la tabla 46 se muestra el tipo, cantidad y precio de los materiales que se usaron para construir la máquina productora de fideos spaghetti.

Tabla 46. Costo de materiales e insumos

Descripción	Unidad	Precio Unitario [USD]	Cantidad	Total [USD]
Máquina de carne	U	600	1	600,00
Acrílico 17x17x0,3cm	U	3	1	3,00
Plancha de acero inoxidable AISI 304-2B 2440x1220x2 mm	m ²	210	0,055	11,55
			0,1068	22,43
			0,088	18,48
			0,024	5,04
			0,0204	4,28

Tabla 46. (Continuación)

Plancha de acero inoxidable AISI 304-2B 2440x1220x2 mm	m ²		0,0187	3,93
			0,04896	10,28
			0,0148	3,11
			0,0432	9,07
			0,011011	2,31
			0,023232	4,88
			0,189	39,69
			0,021	4,41
Plástico alimenticio ϕ 3"	cm	8,50	2	17,00
Eje de Acero Inoxidable AISI 304 ϕ 3/4"	kg	12,6	0,9	11,34
Eje de Acero Inoxidable AISI 304 ϕ 1 1/2"	kg	12,6	0,36	4,54
Platina Acero Inoxidable AISI 304 7/8x3/16"	cm	0,15	40,8	6,12
Tuerca hexagonal 5/16"	U	0,25	16	4,00
Perno hexagonal W5/16"x1/2"	U	0,5	6	3,00
Perno hexagonal W5/16"x1"	U	0,35	8	2,80
Rodenas 5/16"	U	0,1	9	0,90
Rodenas de presión 5/16"	U	0,15	5	0,75
Perno hexagonal W5/16"x1 1/4"	U	0,4	4	1,60
Chumacera FAG FWS 204-12A	U	7,5	2	15,00
Motorreductor WEG 1/4 Hp	U	300	1	300,00
Tuerca hexagonal 1/4"	U	0,2	4	0,80
Pernos hexagonales W1/4"x7/16"	U	0,15	4	0,60
Electrodos 308L	lb	24	2	48,00
Discos de corte 7"x1/16"	U	2	3,5	7,00
			Subtotal 1	1165,91

Fuente: Autores

Tabla 47. Costo de mano de obra

Descripción	Costo / hora [USD]	Cantidad (h)	Total [USD]
Tornero	4,5	2	9,00
Electricista	3,5	1	3,50
Mecánico general	4,5	16	72,00
Ayudante	3,5	16	56,00
		Subtotal 2	140,50

Fuente: Autores

Tabla 48. Costos de máquinas y herramientas

Descripción	Costo /hora USD	Horas – uso equipo	Subtotales
Cortadora por plasma	4,5	4	18,00
Soldadora de arco	1,54	14	21,56
Soldadora de alta frecuencia TIG	4,25	1	4,25
Torno	1,35	2	2,70
Cizalla hidráulica	1,08	2,5	2,70
Baroladora	1,75	3,5	6,12
Dobladora manual	1,75	2,25	3,94
Prensa de banco	0,85	2,5	2,12
Plegadora manual	1,5	5,3	7,95
Taladro de pedestal	1,75	6,5	11,38
Flexómetro	0,8	16	12,80
Calibrador pie de rey	0,9	16	14,40
Escuadra	0,85	16	13,60
Taladro manual	1,31	4,5	5,90
Pulidora	1,2	5,3	6,36
Amoladora	1,22	16	19,52
Esmeril	1,08	16	17,28
Machuelos	0,85	2,5	2,12
Herramientas menores	1,08	16	17,28
	Subtotal 3		189,98

Fuente: Autores

Tabla 49. Costos directos totales

Descripción	Costo [USD]
Costo de materiales e insumos	1165,91
Mano de obra	140,50
Máquinas y herramientas	189,98
Transporte	15,00
Total	1511,39

Fuente: Autores

6.10.2 Costos indirectos. Los costos indirectos van más allá de los costos asociados a la creación de un producto en particular e incluyen el precio de mantener el proyecto en su totalidad. Restan luego de que todos los costos directos han sido computados, y son conocidos a veces como los costos “reales” de hacer negocios. En esta categoría están los materiales y suministros necesarios para las operaciones diarias del proyecto.

Estos incluyen ítems tales como suministros de limpieza, útiles, renta de equipos de oficina, etc. Los costos indirectos pueden ser variables y se incluyen en este grupo los costos de la electricidad y el gas. En la tabla 50, se muestra la lista de costos indirectos en los que se incurrió para la construcción de la máquina extrusora de fideos.

Tabla 50. Costos indirectos

Costos Ingenieriles	Cantidad	Unidad	Precio Unitario [USD]	Precio Total [USD]
Supervisión	4	h	7,00	28,00
Diseño	10	h	7,00	168,00
			Total	196,00

Fuentes: Autores

Tabla 51. Costos Totales

Descripción	Costos [USD]
Costos directos	1511,39
Costos indirectos	196,00
Total	1707,39

Fuente: Autores

6.10.3 *Costo de producción de 1 lb de fideo spaghetti.* Para preparar la masa alimenticia que se usará al extruir el fideo spaghetti, se debe utilizar la receta recomendada; rinde para 1 lb de spaghetti y sus costos se detallan en la tabla 52.

Tabla 52. Costo de producción de spaghetti

Ingrediente	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Harina	2 tazas	0,40	0,80
Huevos	2 unidades	0,125	0,25
Aceite	1 cucharada	0,25	0,25
Energía eléctrica	0,25 kW – h	0,08	0,02
		Total	1,32

Fuente: Autores

Partiendo de los antecedentes del presente trabajo, podemos calcular el costo de 1 libra de tallarín de buena calidad (sémola de trigo).

$$\frac{\text{Costo}}{1 \text{ lb}} = \frac{1,50 \text{ USD}}{250 \text{ g} \times \frac{2,2 \text{ lb}}{1000 \text{ g}}} = 2,73 \text{ USD}$$

Se puede observar una diferencia de precios de 1,41 USD entre el costo del spaghetti en el mercado y el costo de producción. Sin embargo, para la oferta en el mercado, consideraremos una utilidad de 0,90 USD por cada libra de spaghetti, obteniendo así un costo de venta (para el restaurante) de 4,88 USD.

$$Utilidad = 0,90 \frac{USD}{lb} \times 4 \frac{kg}{h} \times \frac{2,2 lb}{1 kg} \times \frac{8 h}{dia} \times \frac{20 dia}{mes}$$

$$Utilidad = 1152 \frac{USD}{mes}$$

6.10.4 *El Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).* El VAN y la TIR son dos herramientas financieras procedentes de las matemáticas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión, tales como el desarrollo de un nuevo producto, la adquisición de nueva maquinaria, el ingreso en un nuevo rubro de negocio, etc.

6.10.5 *Valor Actual Neto (VAN).* El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable. El VAN también nos permite determinar cuál proyecto es el más rentable entre varias opciones de inversión. Para hallar el VAN, se requiere hallar el flujo de caja, para lo cual, primero se desglosan los ingresos que se tendrán (teóricamente) al producir spaghetti con la máquina, trabajando a su capacidad de diseño y con un incremento en la producción del 5% mensual durante 6 meses.

Tabla 53. Producción mensual de spaghetti

Mes	Producción (kg / mes)	Precio unitario (USD / kg)	Total (USD / mes)
1	640,00	4,88	3123,20
2	672,00	4,88	3279,36
3	705,60	4,88	3443,33
4	740,88	4,88	3615,49
5	777,92	4,88	3796,27
6	816,82	4,88	3986,08

Fuente: Autores

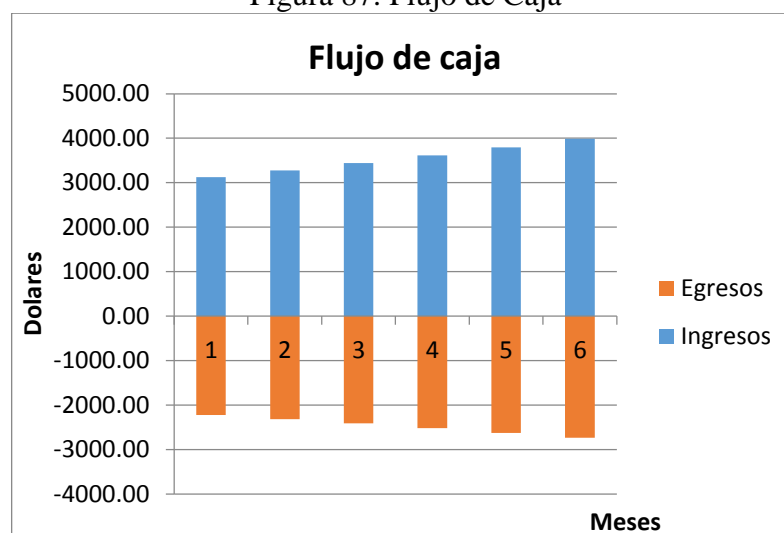
Luego, se procede a hallar el flujo de caja, restando los egresos (costo de producción y salario de un operador) de los ingresos como se muestra a continuación:

Tabla 54. Flujo de caja

Mes	Ingresos [USD]	Egresos [USD]	Flujo de caja [USD]
1	3123,20	-2224,56	898,64
2	3279,36	-2317,49	961,87
3	3443,33	-2415,06	1028,27
4	3615,49	-2517,52	1097,98
5	3796,27	-2625,09	1171,18
6	3986,08	-2738,05	1248,04

Fuente: Autores

Figura 87. Flujo de Caja



Fuente: Autores

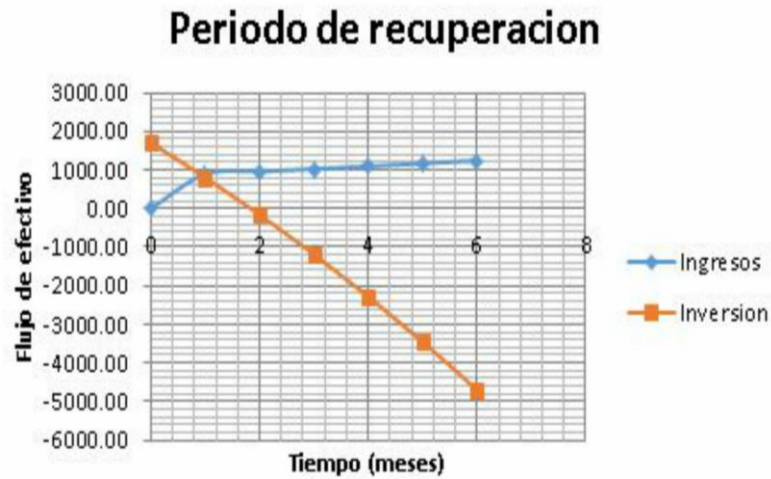
A continuación, se determina el tiempo en el que se recuperará la inversión, determinando el flujo efectivo acumulado y restándolo de la inversión inicial.

Tabla 55. Flujo neto efectivo acumulado

Mes	Flujo neto efectivo	Acumulado	Inversión inicial menos flujo efect.
0	0,00	0,00	1707,39
1	898,64	898,64	808,75
2	961,87	1860,51	-153,12
3	1028,27	2888,78	-1181,39
4	1097,98	3986,76	-2279,37
5	1171,18	5157,93	-3450,54
6	1248,04	6405,97	-4698,58

Fuente: Autores

Figura 88. Periodo de recuperación de la inversión



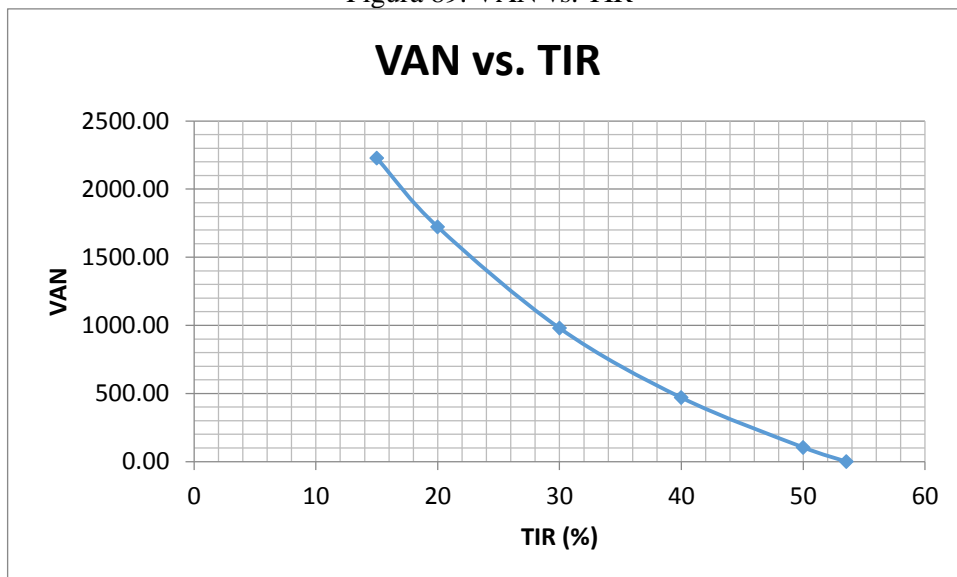
Fuente: Autores

Tabla 56. Flujo neto de efectivo - valor presente

FNE Valor Presente					
0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,54
781,43	748,87	691,26	641,89	599,09	585,28
727,31	667,97	569,16	490,75	427,50	408,01
676,10	595,06	468,03	374,73	304,67	284,08
627,77	529,50	384,43	285,81	216,88	197,56
582,28	470,67	315,43	217,76	154,23	137,25
539,56	417,96	258,56	165,75	109,57	95,26
3934,46	3430,03	2686,88	2176,70	1811,94	1707,45

Fuente: Autores

Figura 89. VAN vs. TIR



Fuente: Autores

Tabla 57. Valor Actual Neto

Tasa de descuento	VAN
15	2227,07
20	1722,64
30	979,49
40	469,31
50	104,55
53,54	0,06

Fuente: Autores

La TIR es mayor al 15 % (TIR = 53,54 %) por lo que el proyecto resulta aconsejable. Además el VAN es 2227,07 USD por lo que el proyecto resulta muy rentable. En lo referente al costo beneficio, utilizando una tasa del 15 % obtenemos un costo beneficio CB = 130,44.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Se llevó a cabo con éxito el diseño adaptativo de una máquina productora de fideo spaghetti utilizando una máquina moledora de carne como base.

La capacidad de la máquina cumple e incluso excede los requerimientos de producción del sector restaurantero (4 kg / h).

Las pruebas para determinar la capacidad de producción de la máquina se efectuaron con distintas clases de harina; la pasta de mejor consistencia se obtuvo al usar sémola de trigo.

La máquina cumple con las normas sanitarias que se requieren para el manejo de alimentos; se construyó en su totalidad con acero inoxidable AISI 304.

El tiempo de construcción total de la máquina fue de 200 h, durante 14 días

Los requisitos deseados (voz del usuario) de la máquina, obtenidos mediante encuestas a varios dueños de restaurantes se cumplieron en su mayoría, de la misma forma se cumplieron y verificaron los requerimientos técnicos (voz del ingeniero).

7.2 Recomendaciones

Verificar que la fuente de alimentación eléctrica de la máquina sea de 110 V

Asegurarse de que no exista ningún objeto extraño en la tolva ni en el extrusor antes de iniciar el proceso de mezclado y extrusión.

Asegurarse que la máquina esté apagada y desconectada antes de iniciar cualquier labor de mantenimiento (limpieza).

Enharinar el recipiente que recibirá el fideo spaghetti previamente con sémola para evitar que la pasta fresca se pegue al recipiente.

Efectuar el mantenimiento de la máquina de acuerdo al plan de mantenimiento descrito en el presente proyecto.

Apagar la máquina inmediatamente si existen vibraciones o ruidos excesivos durante la operación y buscar ayuda profesional para solucionar la avería.

Acoplar un sistema automático de corte para tener fideos homogéneos y de la misma longitud es posible, con un costo adicional.

Realizar un estudio a fondo de las propiedades de las harinas para poder obtener pastas de diferentes clases pero de gran calidad.

BIBLIOGRAFÍA

ACHITOFF-GRAY, Niki. 2015. The science of best fresh pasta. [En línea] 05 de 01 de 2015. [Citado el: 29 de 01 de 2016.] <http://www.seriousseats.com/2015/01/best-easy-all-purpose-fresh-pasta-dough-recipe-instructions.html>.

ARLINE, Katherine. 2015. Business news daily. [En línea] 19 de 06 de 2015. <http://www.businessnewsdaily.com/5498-direct-costs-indirect-costs.html>.

BUHLER. Food ingredients. [En línea] [Citado el: 29 de 01 de 2016.] http://www.buhlergroup.com/china/zh/downloads/Food_Ingredients.pdf.

CURIE, Roy. 2003. Food Safety magazine. [En línea] Marzo de 2003. [Citado el: 02 de 02 de 2016.] <http://www.foodsafetymagazine.com/magazine-archive1/februarymarch-2003/hygienic-design-of-equipment-in-food-processing/>.

EBAY. s.f.. Roma Commercial Extruder Pasta Machine + 4 Dies. [En línea] s.f. [Citado el: 8 de Julio de 2015.] <http://www.ebay.com/itm/Roma-Commercial-Extruder-Pasta-Machine-4-Dies-/350900126072>.

EPA. s.f.. Pasta manufacturing. *Food and Agricultural Industry*. [En línea] s.f. [Citado el: 12 de 10 de 2015.] <http://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch09/final/c9s09-5.pdf>.

EURO INOX. 2006. Stainless Steel in the Food & Beverage Industry. [En línea] 2006. [Citado el: 02 de 02 de 2016.] http://www.euro-inox.org/pdf/map/StSt_in_FoodandBeverage_EN.pdf.

Extrusion-Cooking of Starch. **MOSCICKI, L. 2013.** [ed.] Stanislaw Grundas y Andrzej Stepniewski. 31 de Julio de 2013, Agricultural and Biological Sciences "Advances in Agrophysical Research". 978-953-51-1184-9.

FABULOUS PASTA. Philips pasta maker review. [En línea] [Citado el: 02 de 11 de 2016.] <http://www.fabulouspasta.com/review/philips-pasta-maker-review/>.

FELLOWS, P. 2000. *Food processing technology*. Segunda. Cambridge : Woodhead publishing limited, 2000. pág. 316.

FLITE TECHNOLOGY. s.f.. Extrusion Screw Resource Center. [En línea] s.f. <http://www.extrusionscrews.com/glossary.php>.

GÓMEZ GÓMEZ, Jimmy Joane y GUTIÉRREZ BEDOYA, Jorge Edwin. 2007. *Diseño de una extrusora para plásticos*. Pereira : s.n., 2007.

HERNÁNDEZ MORETÓN, DAVID. 2015. linkedin. *Esfuerzo equivalente de Von Mises*. [En línea] 25 de 06 de 2015. <https://www.linkedin.com/pulse/esfuerzo-equivalente-de-von-mises-david-hern%C3%A1lez-moret%C3%B3n>.

HYPERVIBE. 2014. How Many Eggs Can I Safely Eat on a Daily Basis? [En línea] 20 de 04 de 2014. [Citado el: 29 de 01 de 2016.] <https://www.hypervibe.com/us/blog/how-many-eggs-can-i-safely-eat-on-a-daily-basis/>.

IES VILLALBA HERVÁS. s.f. *Elementos de Máquinas y Sistemas*. La Orotava : s.n., s.f.

IESS. 2015. Salarios Definitivos. [En línea] 2015. <https://www.iess.gob.ec/documents/10162/1573316/DEFINITIVO+SALARIOS+2015+.pdf>.

Instrucciones y Recetas. KITCHENAID. 2009. 2009.

INTERNATIONAL PASTA ORGANIZATION. 2012.

http://www.internationalpasta.org/resources/extra/file/pasta_for_children/Lesson1_Pasta_Childr_en_World_2.16.09-2.pdf. [En línea] Octubre de 2012. [Citado el: 29 de 01 de 2016.]

—. International Pasta Organization. [En línea] [Citado el: 8 de Julio de 2015.]

<http://www.internationalpasta.org/index.aspx?idsub=118>.

INUTCAM. s.f.. Alimentos Funcionales. [En línea] s.f.

<http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content->

[Disposition&blobheadervalue1=filename%3Dt065&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1220428576848&ssbinary=true](http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3Dt065&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1220428576848&ssbinary=true).

Italgi. s.f.. Dies for pasta machines. [En línea] s.f. [Citado el: 06 de 06 de 2016.]

<http://www.italgi.it/e-dies.htm>.

LA MONFERRINA. 2015. La monferrina Dolly. [En línea] 2015. <http://www.la-monferrina.com/prodotti/files/dolly.pdf>.

LUI, Y. H. 2007. *Handbook of food products manufacturing*. New Jersey : Wiley, 2007.

MÜLLER, Markus. s.f.. *Asistencia Técnica en Sistemas Motrices*. s.f.

POLYDYNAMICS. 2000. Glossary of terms. [En línea] 2000.

<http://www.polydynamics.com/glossary2.htm#P>.

RIBA, Carles. 2002. *Diseño Concurrente*. Barcelona : s.n., 2002.

S.B.M. 2014. Tecnología Electrónica. [En línea] 2014.

<http://tecnologiaelectron.blogspot.com/2014/02/circuito-de-mando-y-circuito-de-potencia.html>.

SANDOVAL, Galo y ALVAREZ, Mario. s.f.. *Manual de Elaboración de pastas alimenticias*.

Ambato : Senescyt, s.f.

SHOPPING NEWS. Vodena Dijeta. [En línea] [Citado el: 29 de 01 de 2016.]

<http://www.shoppingnews.rs/vodena-dijeta/1607/>.

Stanzy Oven Equipment, Sole Proprietorship. 2011. albiz. [En línea] 01 de 07 de 2011.

[Citado el: 02 de 11 de 2016.] <http://mumbai.all.biz/dough-mixer-g126372>.

STEEL&TUBE. s.f.. Steel and tube product catalog. [En línea] s.f.

http://steelandtube.co.nz/sites/steelandtube.co.nz/files/publications/S%26T_Stainless_Catalogue_Feb_2014_bm2.pdf.

SUR LA TABLE. 2015. Atlas® Marcato Pasta Machine, 150mm. [En línea] 2015. [Citado el:

29 de 01 de 2016.] [http://www.surlatable.com/product/PRO-](http://www.surlatable.com/product/PRO-167711/Atlas+Marcato+Pasta+Machine)

[167711/Atlas+Marcato+Pasta+Machine](http://www.surlatable.com/product/PRO-167711/Atlas+Marcato+Pasta+Machine).

VONSHEF. 2016. VonShef Manual Pasta Maker. [En línea] 19 de 01 de 2016.

<http://www.vonshef.com/product/vonshef-manual-pasta-maker/>.

WEBERS, V. y SCHRAMM, G. Faults in Pasta. [En línea] [Citado el: 29 de 01 de 2016.]

http://muehlenchemie.de/downloads-future-of-flour/FoF_Kap_23-3.pdf.

WIKIHOW. s.f. Redactar una especificación técnica. [En línea] s.f. [Citado el: 15 de 06 de 2016.] <http://es.wikihow.com/redactar-una-especificaci%C3%B3n-t%C3%A9cnica>.

WIKIPEDIA. 2016. Extrusión de poímero. [En línea] 01 de 06 de 2016.
https://es.wikipedia.org/wiki/Extrusi%C3%B3n_de_pol%C3%ADmero#Flujo_de_arrastre.

—. **2016.** Pasta. [En línea] 18 de 01 de 2016. [Citado el: 21 de 01 de 2016.]
<https://es.wikipedia.org/wiki/Pasta>.

WISEGEEK. 2014. What is a gear motor. [En línea] 2014. [Citado el: 11 de 02 de 2016.]
<http://www.wisegeek.com/what-is-a-gear-motor.htm>.

