



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE MECATRÓNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA INYECTORA PARA LA ELABORACIÓN DE FILAMENTO PARA IMPRESORAS 3D CON UNA CAPACIDAD DE 2kg/h.

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingenieros en Mecatrónica

AUTORES: RASHELL CAMILA GORDON MIRANDA
RONAN DAMIAN TOAPANTA VELASCO

TUTOR: RENÉ PATRICIO QUITIAQUEZ SARSOZA

Quito - Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Rashell Camila Gordon Miranda con documento de identificación N° 1726547084 y Ronan Damian Toapanta Velasco con documento de identificación N° 1752955250; manifestamos que:

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

Quito, 19 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Rashell Camila Gordon Miranda
1726547084



Ronan Damian Toapanta Velasco
1752955250

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

Nosotros, Rashell Camila Gordon Miranda con documento de identificación No. 1726547084 y Ronan Damian Toapanta Velasco con documento de identificación No. 1752955250, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del dispositivo tecnológico: “Diseño y construcción de una inyectora para la elaboración de filamento para impresoras 3d con una capacidad de 2kg/h.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

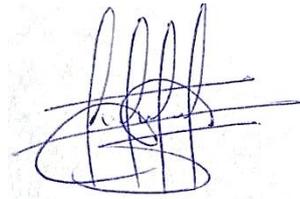
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 19 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Rashell Camila Gordon Miranda
1726547084



Ronan Damian Toapanta Velasco
1752955250

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, René Patricio Quitiaquez Sarsoza con documento de identificación N° 1710597269, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA INYECTORA PARA LA ELABORACIÓN DE FILAMENTO PARA IMPRESORAS 3D CON UNA CAPACIDAD DE 2kg/h, realizado por Rashell Camila Gordon Miranda con documento de identificación N° 1726547084 y por Ronan Damian Toapanta Velasco con documento de identificación N° 1752955250, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de dispositivo tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 19 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Ing. René Patricio Quitiaquez Sarsoza, MGTR.
1710597269

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme dar un paso tan grande en mi vida, a mi familia quienes fueron el pilar fundamental para cumplir esta meta profesional, dándome su apoyo y guía incondicional, principalmente a mis padres y abuelos por confiar en mi capacidad apoyándome en esos momentos difíciles buscando alternativas para seguir adelante, siendo mis consejeros y alentándome a cada paso de mi vida, gracias de corazón.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por darme la oportunidad de formarme como profesional, al Ingeniero Ricardo Zapata por siempre brindarnos su ayuda como sabiduría cuando lo necesitamos y especialmente a mi tutor el Ingeniero Patricio Quitiaquez por su guía, enseñanzas y eficiente supervisión para la finalización de este trabajo de titulación con excito.

Rashell Camila Gordon Miranda

Principalmente agradezco a Dios por permitirme dar un gran paso académico en mi vida, agradezco a mi familia por siempre estar a mi lado apoyándome en todos los momentos a lo largo de mi carrera universitaria. Especialmente a mis padres, los cuales con sus enseñanzas me formaron como un hombre de bien para servir de forma correcta en la sociedad, a mi hermano que gracias a su apoyo incondicional me dio fuerzas para seguir adelante cada día.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por acogerme en sus brazos y a mi tutor el Ingeniero Patricio Quitiaquez por su guía, supervisión y correcciones las cuales nos ayudaron a comprender los errores y las mejores soluciones para una finalización eficiente del trabajo de titulación. Finalmente, al Ingeniero Ricardo Zapata que gracias a sus enseñanzas y consejos se pudo realizar el trabajo con excito.

Ronan Damián Toapanta Velasco

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado con todo mi corazón a mi familia, especialmente mis padres y abuelos, por su enorme esfuerzo y sacrificio para ayudarme a culminar este gran hito de mi carrera a pesar de las adversidades que se han surgido, los que desde pequeña me han inculcado buenos valores de responsabilidad y perseverancia con una increblante fe en Dios, que ha hecho posible este logro profesional y me ha dado la fuerza de seguir adelante sin importar las dificultades.

Rashell Camila Gordon Miranda

Este trabajo de titulación le dedicó de una manera especial a mis padres los cuales gracias a sus enseñanzas a lo largo de mi vida me han permitido ser una persona responsable y dedicado a mis deberes, también a sus enseñanzas religiosas me permitieron ser una persona amable y caritativa con las personas que me rodean. A mi hermano que me motivo ser un ejemplo a seguir cada día de mi vida a luchar para convertirme en un gran profesional.

Ronan Damian Toapanta Velasco

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
NOMENCLATURA	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
OBJETO DE ESTUDIO	3
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
OBJETIVOS	4
HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	5
ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	5
CAPÍTULO 1	6
1.1. GENERALIDADES	6
1.2. MARCO TEÓRICO	6
1.2.1. Aspectos Fundamentales de la Inyección de Plástico	6
1.2.2. Tipos de máquinas inyectoras	9
1.2.2.4. Capacidad De Inyección	11
1.2.3. Tipos De Materiales De Inyección	11
1.2.4. Filamento Para Impresoras 3D	14
1.2.5. Microcontrolador PIC	16
1.2.6. Mecanismo Secundario Enrollador	17
1.2.7. Estados Del Arte	17

CAPÍTULO 2.....	19
2.1. GENERALIDADES	19
2.2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	19
2.2.1. Matrices De Alternativas	19
2.2.2. Matriz De Alternativas Para La Implementación De Una Inyectora.....	22
2.3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	24
2.3.1. Selección De Alternativas Para El Tipo De Mecanismo.....	24
2.3.2. Selección De Alternativas Para El Tipo De Calentamiento Del Material.....	25
2.3.3. Selección De Alternativas De Los Motores Para El Accionamiento.	27
2.4. ASPECTOS FUNDAMENTALES	29
2.4.2. Selección De Componentes De Control De Movimiento.....	32
2.4.3. Transferencia De Movimiento.....	34
2.4.4. Transmisión, Control De Temperatura Y Aislamiento Térmico.....	36
2.4.5. Material Eléctrico	39
2.4.6. Material De Inyección	40
2.4.7. Selección De Materiales Del Sistema Enrollador.....	42
2.5.1. Tornillo Inyector (Husillo)	44
2.5.2. Tolva.....	46
2.5.3. Presión	47
2.5.4. Esfuerzos Del Tornillo.....	48
2.5.5. Esfuerzos Del Cilindro	49
2.5.6. Boquilla	50
2.5.7. Estructura.....	50
2.5.8. Eje Hueco	51
2.5.9. Soldadura.....	52
2.5.10. Rodamientos	53
2.5.11. Pernos.....	54
2.5.12. Potencia de inyección	55
2.5.13. Resistencias.....	55
2.5.14. Motor Eléctrico	56
CAPÍTULO 3.....	58
3.1. GENERALIDADES	58
3.2. CÁLCULOS DE TORNILLO INYECTOR.....	58
3.2.1. Paso Del Husillo	58
3.2.2. Ángulo De Hélice	58

3.2.3.	Anchura Del Diente	58
3.2.4.	Holgura Del Filete	59
3.2.5.	Longitud Del Husillo	59
3.2.6.	Filetes	59
3.2.7.	Volumen De La Tolva	59
3.3.	DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN DE INYECCIÓN	61
3.3.1.	Presión Máxima.....	61
3.3.2.	Flujo.....	61
3.4.	ESFUERZOS DEL TORNILLO	62
3.4.1.	Relación De Diámetros.....	62
3.4.2.	Sección Transversal Del Husillo	63
3.4.3.	Momento De Inercia.....	63
3.4.4.	Fuerza Tangencial.....	63
3.5.	ESFUERZOS DEL CILINDRO	63
3.5.1.	Tangencial	63
3.5.2.	Radial.....	64
3.5.3.	Esfuerzo Equivalente	64
3.6.	BOQUILLA	64
3.6.1.	Presión	64
3.7.	CALCULOS ESTRUCTURALES	65
3.7.1.	Base Estructural	65
3.7.2.	Eje Hueco	66
3.8.	SOLDADURA.....	72
3.8.1.	Momento Resistente Unitario.....	72
3.8.2.	Momento De Inercia De Área Polar Unitaria.....	72
3.8.3.	Carga De Flexión.....	72
3.9.	RODAMIENTOS	73
3.9.1.	Carga Dinámica Equivalente Del Rodamiento.....	73
3.9.2.	Vida Útil Del Rodamiento	73
3.10.	PERNOS PRINCIPALES	74
3.10.1.	Fuerza Aplicada	74
3.10.2.	Resistencia A Cortante Del Perno.....	74
3.10.3.	Resistencia La Tracción Del Perno.....	75
3.11.	POTENCIA	75
3.11.1.	Potencia de inyección	75

3.12.	RESISTENCIAS	75
3.12.1.	Masa Del Polímero	75
3.12.2.	Calor.....	76
3.12.3.	Potencia De Fundición.....	76
3.12.4.	Tiempo	76
3.13.	MOTOR ELÉCTRICO	77
3.13.1.	Potencia De Salida Del Motor	77
3.13.2.	Potencia De Entrada.....	77
3.13.3.	Corriente Nominal	77
3.13.4.	Velocidad Sincrónica.....	77
3.13.5.	Torque.....	78
CAPÍTULO 4.....		79
4.1.	GENERALIDADES	79
4.2.	SIMULACIÓN Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	79
4.2.1.	Análisis De Tensión Nodal.....	79
4.2.2.	Análisis De Desplazamiento.....	80
4.2.3.	Análisis De Deformación Unitaria	80
4.2.4.	Análisis de deformación por desplazamiento.....	81
4.3.	SIMULACIÓN Y ANÁLISIS ELÉCTRICO	82
4.3.1.	Conexión De Control Del Bobinador	82
4.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	84
4.4.1.	Tiempo De Regularización De La Temperatura.....	84
4.4.2.	Grosor De Inyección.....	84
4.4.3.	Capacidad de inyección	85
4.5.	COSTOS	85
4.5.1.	Costos Directos.....	86
4.5.2.	Costos Indirectos	91
4.5.3.	Costo Total De La Máquina	92
4.5.4.	Análisis Financiero	92
CONCLUSIONES		98
RECOMENDACIONES.....		100
REFERENCIAS		101
ANEXOS		106
Anexo 1.....		106
Tabla de selección de rodamientos [56].		107

Anexo 2.....	109
Tabla de selección de interés de préstamo banco BanEcuador [60].....	109
Anexo 3.....	110
Manual De Usuario.....	110
Anexo 4.....	110
Elementos De La Máquina	110
Anexo 5.....	111
Puesta En Marcha	111
Anexo 6.....	112
Manual De Mantenimiento	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Tipos de inyectoras de plástico [5].....	7
Fig. 2 Componentes de la inyección [8].	8
Fig. 3 Máquina de pistón [10].....	9
Fig. 4 Máquina de pistón con módulo de preplastificación [10].	10
Fig. 5 Máquina de husillo [10].	10
Fig. 6 Polietileno de baja densidad (LDPE-PEBD) [15].	13
Fig. 7 Símbolo LDPE [15].....	13
Fig. 8 Filamento para impresoras 3D [18].....	14
Fig. 9 Impresora 3D [19].	15
Fig. 10 Filamento PP [20].....	16
Fig. 11 Microcontroladores PIC [21].....	16
Fig. 12 Inyección por pistón [26].	20
Fig. 13 Inyección por husillo [27].	20
Fig. 14 Inyección por doble husillo [9].	20
Fig. 15 Calentamiento por cámara de calefacción [28].	21
Fig. 16 Calentamiento por resistencias [9].	21
Fig. 17 Calentamiento por cámara de vapor [29].	21
Fig. 18 Motor AC [30].....	22
Fig. 19 Motor DC [31].....	22
Fig. 20 Servomotor [32].	22
Fig. 21 Cable THHN [39].....	31
Fig. 22 Motor YN90-120 [41].	32
Fig. 23 Variador de frecuencia J1000 [42].	33
Fig. 24 Correa dentada [43].....	34
Fig. 25 Polea dentada [44].	36
Fig. 26 Resistencia de abrazadera [45].	37
Fig. 27 Lana de fibra de vidrio con recubrimiento de aluminio [48].	38
Fig. 28 Control de temperatura TCN4S-24R [50].	39
Fig. 29 Dimensionamiento de la tolva [53].	46
Fig. 30 Soldadura y esfuerzos [55].	53
Fig. 31 Relación entre presión de la cavidad y espesor de la pared.	61
Fig. 32 Dimensionamiento del cilindro.	62
Fig. 33 Cargas de la viga 1.	67
Fig. 34 Carga triangular.	67
Fig. 35 Carga rectangular.	67
Fig. 36 Cálculo de esfuerzo cortante parte 1.	68
Fig. 37 Cálculo de esfuerzo cortante parte 2.	68
Fig. 38 Cálculo de esfuerzo cortante parte 3.	69
Fig. 39 Cálculo de esfuerzo cortante parte 4.	69
Fig. 40 Cálculo de esfuerzo cortante parte 5.	70
Fig. 41 Cálculo de esfuerzo cortante parte 6.	70

Fig. 42 Grafica de tramos.	71
Fig. 43 Diagrama de cuerpo libre soldadura [55].	72
Fig. 44 Diagrama de cuerpo rodamiento.	73
Fig. 45 Diagrama de cargas pernos principales.	74
Fig. 46 Simulación de análisis de tensión nodal.	79
Fig. 47 Simulación de análisis de desplazamiento.	80
Fig. 48 Simulación de análisis de deformación unitaria.	81
Fig. 49 Simulación de análisis de deformación por desplazamiento.	81
Fig. 50 Circuito del control del sistema bobinador.	82
Fig. 51 Conexión del control del sistema bobinador simulación.	82
Fig. 52 Simulación del osciloscopio de la conexión del control del sistema bobinador.	83
Fig. 53 Resultado del osciloscopio de la conexión del control del sistema bobinador. .	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de inyección de plásticos 1 [13].	12
Tabla 2. Características de inyección de plásticos 2 [13].	12
Tabla 3. Alternativas para el tipo de mecanismo.	20
Tabla 4. Alternativas para el tipo de calentamiento del material.	21
Tabla 5. Alternativas de los motores para el accionamiento.	22
Tabla 6. Selección de alternativa para el tipo de mecanismo.	25
Tabla 7. Selección de alternativa para el tipo de calentamiento del material.	26
Tabla 8. Selección de alternativa de los motores para el accionamiento.	27
Tabla 9. Selección de alternativa para la implementación de una inyectora.	28
Tabla 10. Composición química acero AISI SAE 1018 [34].	29
Tabla 11. Composición química acero AISI SAE 1018 [34].	30
Tabla 12. Composición química y propiedades mecánicas acero SAE 1010 [36].	30
Tabla 13. Características del aluminio [38].	31
Tabla 14. Características técnicas cable THHN [40].	31
Tabla 15. Especificaciones motor YN90-120 [41].	33
Tabla 16. Detalles técnicos del variador de frecuencia YASKAWA J1000 [42].	34
Tabla 17. Características de correas dentadas [43].	35
Tabla 18. Características de poleas para correas dentadas [43].	36
Tabla 19. Especificaciones de la resistencia de abrazadera [45].	37
Tabla 20. Datos técnicos Termocupla tipo K [46].	38
Tabla 21. Propiedades físicas de la fibra de vidrio [49].	38
Tabla 22. Características técnicas del módulo PID [50].	39
Tabla 23. Propiedades eléctricas del LDPE [51].	40
Tabla 24. Propiedades físicas del LDPE [51].	40
Tabla 25. Propiedades mecánicas del LDPE [51].	41
Tabla 26. Propiedades térmicas del LDPE [51].	41
Tabla 27. Resistencia Química del LDPE [51].	42
Tabla 28. Descripción de elementos seleccionados en el tensor.	43
Tabla 29. Descripción de elementos seleccionados en el sistema de posicionamiento.	43
Tabla 30. Descripción de elementos seleccionados en el sistema bobinador.	44
Tabla 31. Análisis de tiempos de regularización de la temperatura.	84
Tabla 32. Análisis de grosor de inyección.	85
Tabla 33. Análisis de capacidad de inyección.	85
Tabla 34. Costos de materiales de construcción.	86
Tabla 35. Costos de mano de obra.	89
Tabla 36. Costos de uso de maquinaria y herramientas.	90
Tabla 37. Costos directos totales.	91
Tabla 38. Costos indirectos.	91
Tabla 39. Costo total de la máquina.	92
Tabla 40. Precio final del producto diario.	93
Tabla 41. Precio final del producto anual.	93
Tabla 42. Flujo de ingresos.	93
Tabla 43. Flujo de egreso en salarios.	94
Tabla 44. Flujo de egresos mensuales totales.	94

Tabla 45. Flujo efectivo neto.	95
Tabla 46. Indicador de resultados VAN.	95
Tabla 47. Indicador de resultados TIR.	97

NOMENCLATURA

Símbolo	Descripción	Unidades
F	<i>Fuerza aplicada</i>	N
A	Área	m^2
<i>Letras griegas</i>		
φ	Ángulo de la hélice	$^{\circ}$
δ_{PA}	Densidad de nylon	kg/m^3
<i>Subíndices</i>		
$cont$	<i>Contacto</i>	-
ub	<i>Resistencia a la tracción</i>	-

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación detalla el proceso de diseño, además de la construcción y selección de los diferentes componentes que compondrán la máquina inyectora, la cual tiene como objetivo la fundición de plástico por medio de resistencias y un mecanismo de husillo para el movimiento del material con la que se pretende inyectar filamento que es utilizado como materia prima en las impresoras 3D.

Para la realización del mismo se emplea el plástico polietileno de baja densidad, con el que se generan carretes que contengan filamento del material establecido. Para este fin se investiga las diferentes características de inyección, con la que se determinó los parámetros adecuados con los que se trabaja en la inyección del filamento para impresoras 3D.

Para el bobinado del filamento dentro del carrete se construye una máquina secundaria compuesta por un tensor, un sistema de posicionamiento, y un mecanismo bobinaje, el que tendrá como objetivo la recolección del filamento.

Se utiliza el software SolidWorks para la verificación del correcto dimensionamiento de los diferentes elementos que forman parte de la estructura principal del equipo, en el cual se someterá a dichos componentes a diferentes esfuerzos con las cargas empleadas para conocer como trabajaría cada material a las fuerzas aplicadas, determinado así si es viable la construcción por medio de esta simulación.

Con la evaluación de estos parámetros por medio de la simulación y la selección de componentes se realizó la construcción del equipo con el que posteriormente se procede a evaluar los resultados, en los cuales se observa el correcto funcionamiento de la máquina con respecto a la inyección de filamento de manera fluida para su posterior bobinado dentro del carrete con la maquinaria secundaria encargada de la recolección del material.

Finalmente se realiza un análisis de costos, donde se observa los parámetros de rentabilidad del proyecto evidenciando un indicador positivo para la construcción de la máquina inyectora de filamento 3D.

Palabras claves: Inyección de plástico, temperatura de inyección, filamento para impresoras 3D, sistema enrollador.

ABSTRACT

In the present degree work, the design process is detailed, in addition to the construction and selection of the different components that will make up the injection machine, which has as its objective the casting of plastic by means of resistances and a spindle mechanism for the movement of the material with which it is intended to inject filament that is used as raw material in 3D printers.

To carry it out, low-density polyethylene plastic is used, with which spools containing filament of the established material are generated. For this purpose, the different injection characteristics are investigated, with which the appropriate parameters with which to work in the injection of the filament for 3D printers were determined. For the winding of the filament inside the reel, a secondary machine is built consisting of a tensioner, a positioning system, and a winding mechanism, which will have the objective of collecting the filament.

SolidWorks software is used to verify the correct dimensioning of the different elements that are part of the main structure of the equipment, in which these components will be subjected to different efforts with the loads used to know how each material would work to the applied forces, thus determining if the construction is feasible through this simulation.

With the evaluation of these parameters by means of the simulation and the selection of components, the construction of the equipment was carried out with which the results are subsequently evaluated, in which the correct operation of the machine is observed with respect to the injection of filament in a fluid way for its subsequent winding inside the spool with the secondary machinery in charge of collecting the material.

Finally, a cost analysis is carried out, where the profitability parameters of the project are observed, evidencing a positive indicator for the construction of the 3D filament injection machine.

Keywords: Plastic Injection, injection temperature, filament for 3D printers, winding system.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de las impresoras 3D se ha incrementado debido a su fácil adquisición dentro del mercado nacional como internacional, dado que en venta se encuentra todo tipo de estos equipos, para diferentes aplicaciones, en las que en su gran mayoría la materia prima que se utiliza es el filamento de plástico, donde los diferentes materiales utilizados para el mismo son variados, dando como resultado un amplio aspecto de uso por satisfacer dentro de la fabricación del mismo, siendo una opción viable la selección de la elaboración este producto.

Dado que la impresión 3D está en auge es un punto de partida importante considerar cuán viable será la construcción de una máquina que fabrique el material base con la que estos equipos son capaces de proyectar un diseño elaborado en un software de modelado 3D a una realidad donde la pieza construida pueda ser tangible, de modo que por estas características se ha hecho popular, gracias a la creación de diferentes modelos, según las medidas necesarias o gustos requeridos.

Con estos antecedentes introductorios se propone el diseño y construcción de una máquina inyectora, que sirva para la elaboración de filamento, el cual pueda ser utilizado en las impresoras 3D para la recreación de diferentes piezas. El objetivo de este equipo es generar el filamento para colocarlo dentro de un carrete el cual es utilizado en forma general en la impresión en tercera dimensión, de modo que para la realización de este trabajo de titulación se investigó e implementó el uso de plástico de polietileno de baja densidad siendo el material base con el cual se inyectará el filamento a utilizar.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para el proceso de inyección del plástico se debe tomar en cuenta que existen varios problemas que pueden afectar el inyectado del material tanto como el producto final elaborado por el equipo.

De esta forma se logra englobar a las variables más importantes que intervienen en la creación del filamento para impresoras 3D en 3 partes. La presión empleada dentro del equipo será un punto fundamental debido a que esta es la encargada de la correcta expulsión del material por medio de la boquilla, además de este otro aspecto importante es la temperatura de trabajo de la máquina dado que esta dará paso a la fundición del plástico para la posterior inyección del mismo y de igual forma la velocidad de giro del tornillo extrusor es el responsable del correcto transporte del producto por medio del cuerpo del mecanismo.

A partir de esta forma se determina que la principal problemática en el proceso de inyección es el correcto establecimiento de los valores de trabajo de los parámetros de la inyectora como lo son las variables del proceso dado que determinaran el correcto funcionamiento del equipo [1].

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En razón con lo expuesto en el planteamiento del problema, el proyecto busca responder la siguiente pregunta:

¿Cuán viable es diseñar y construir una máquina que por medio de un proceso de inyección con mecanismo de tornillo sin fin con una capacidad de 2kg/h desarrolle una producción de filamento para impresoras 3D el cual es la materia prima necesaria para la realización de impresiones de este tipo?

OBJETO DE ESTUDIO

Como objeto de estudio se considera el diseño y construcción de una inyectora de plástico con mecanismo de tornillo sin fin que conste con una capacidad de producción de 2kg/h. Por medio de este proceso se elaborará filamento para su utilización en el desarrollo de piezas en impresoras 3D.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Gracias al creciente mercado e innovación de las impresoras 3D, estas han tomado un punto muy relevante dentro de la elaboración de artículos plásticos, por ello más personas adquieren estas máquinas tanto para trabajo, educación o recreación. Esto da paso a que se amplíe el uso de filamentos en este tipo de equipos.

Dado que el mercado de impresión 3D va en aumento, se plantea una propuesta de elaboración de filamento plástico que pueda ser utilizado en la creación de figuras o piezas de plástico con el empleo de este tipo de maquinaria.

Basado en la creciente demanda del filamento que se utiliza en la impresión de objetos 3D, se propone la realización de una máquina que sea capaz inyectar plástico, con el fin de generar filamento para impresoras 3D. Para esto, se pretende hacer un análisis de la inyección del plástico y así poder determinar las características más adecuadas para el proceso a realizar [2].

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una inyectora para la elaboración de filamento para impresoras 3D con una capacidad de 2kg/h.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar un análisis de las características del material para facilitar la inyección y funcionamiento del equipo.

Diseñar la inyectora de plástico mediante un software adecuado para verificar los parámetros de resistencia del mecanismo.

Implementar la máquina mediante su construcción para evaluar su funcionamiento en la obtención del filamento para impresión 3D.

HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La calidad de inyección del equipo dependerá de las variables aplicadas para la caracterización del estado control en el proceso de inyectado de material. Este proceso de control será precisado con el establecimiento de las siguientes variables: la temperatura de funcionamiento idónea para la inyectora, la velocidad de trabajo adecuada para el correcto flujo del plástico y una presión constante para la correcta inyección del producto.

ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El alcance para el presente trabajo de titulación se centra en el diseño y construcción de una inyectora para la elaboración de filamento utilizado por las impresoras 3D para la generación de diferentes diseños, donde se considera que la capacidad de producción será de 2kg/h.

Para el diseño y construcción de la máquina se generará una caracterización de materiales, la realización de análisis y cálculos pertinentes para la inyectora, además de la simulación de los elementos principales del equipo de modo que se garantice un correcto funcionamiento.

CAPÍTULO 1

1.1. GENERALIDADES

Este capítulo aborda el marco teórico de la inyección de plástico, donde se muestra una descripción del equipo que se pretende realizar, detallando los aspectos principales contenidos dentro de la temática, a la vez de mencionar el funcionamiento de la inyectora en conjunto con los tipos de mecanismos de inyección más utilizados en la fabricación de esta maquinaria, en esta parte se incluirá los tipos de materiales usualmente utilizados para inyectar plástico, donde se especificará las características necesarias de cada material para realizar un correcto procesamiento de los mismos dentro del equipo, además incluye un estado del arte que trata la temática concerniente sobre el trabajo de titulación.

1.2. MARCO TEÓRICO

La inyección de plástico se ha desarrollado en el ámbito industrial debido a sus ventajas técnicas y económicas frente a otros procesos de conversión de materiales. Se ha encontrado una buena solución para piezas con requisitos específicos de propiedades mecánicas, peso reducido, resistencia al desgaste, aislamiento eléctrico, alta estabilidad dimensional y química en presencia de líquidos corrosivos. La mayoría de los procesos sustituyen a los materiales tradicionales [3].

Complementado con la correcta aplicación de los criterios de selección de materiales, el moldeo por inyección es uno de los procesos de fabricación más populares para productos plásticos, que ofrece buenos retornos de la industria y tiempos de ciclo más cortos. Sin duda, de todas las características que influyen en el diseño de productos moldeados por inyección, una de las más decisivas es el diseño del molde, especialmente cuando se trata de reducir los costes de moldeo por inyección [3].

1.2.1. Aspectos Fundamentales de la Inyección de Plástico

1.2.1.1. Tipos De Inyectoras

En la figura 1 se puede visualizar diferentes tipos de inyectoras, entre ellos están: “máquinas de palanca con alta velocidad y productividad y diseño sencillo, máquinas hidráulicas con ahorro de espacio, alta precisión y flexibilidad, máquinas eléctricas con alto grado de eficiencia energética, precisión, fácil limpieza y bajo nivel de ruido, micro moldeo por inyección una forma económica de producir piezas pequeñas y de micro moldeo, máquinas verticales con gran cantidad de espacio para la inserción de piezas y la automatización completa y máquinas híbridas de diseño modular de dos cuerpos que combina la fuerza y la dinámica de la máquina hidráulica y con la rapidez y la precisión de la eléctrica” [4].



Fig. 1 Tipos de inyectoras de plástico [5].

1.2.1.2. Materiales Para La Inyección

Los materiales que se pueden utilizar para el proceso de inyección son los polímeros y termo plastos, los cuales pueden ser termoestables y en algunos casos elastómeros. Lo que da como resultado que los diferentes tipos de plásticos utilizables para este proceso sean variados y en su gran cantidad diferentes. Dentro de los tipos de materiales para la inyección los que en su mayoría son usados para equipos inyectoros son el acetal poliestireno nylon plásticos reforzados con fibra cloruro de polivinilo acrilonitrilo butadieno estireno acrílico hace el politetrafluoroetileno [6].

Las piezas moldeadas por inyección de plástico se fabrican en una variedad de categorías, que incluyen: Cajas, contenedores, tapas, repuestos de automóviles, repuestos de motos, repuestos de robots, juguetes, equipos médicos, envases biomédicos [6].

1.2.1.3. Proceso De Inyección

El proceso de fabricación de piezas de plástico sigue una secuencia de operaciones que se repiten para cada pieza, este ciclo se divide en:

1) Etapa de llenado

En el inicio del proceso de inyección, el material homogéneo fundido se encuentra en la cámara de inyección también nombrado túnel de extrusión. Esta presión traslada el material hacia adelante o hacia la boquilla, siendo este expulsado de la cámara de inyección a la boquilla [7].

2) Fase de mantenimiento.

Esto requiere una presión muy alta, ya que la mezcla es muy pegajosa incluso en temperaturas altas. El material fundido debe sobrepasar la resistencia friccional entre la boquilla y la cavidad [7].

3) Plastificación o dosificación y enfriamiento

En la plastificación o dosificación se necesita un tiempo adecuado de curado para que se obtengan piezas con una buena comprensión tanto como una dimensionalidad estable, buenas propiedades mecánicas dónde no exista deformación. Por lo cual cuando se pretende una inyección en un orificio de salida muy pequeño se deberá considerar que el tiempo debe ser el idóneo para evitar el enfriamiento del material es decir su solidificación antes de llegar a la boquilla [7].

1.2.1.4. Variables Básicas De Inyección

Dentro del proceso existen variables indispensables que influyen para la correcta inyección del plástico, dentro de estos se encuentran:

Temperatura: El control de la temperatura debe realizarse con cautela para asegurar el correcto fundido del polímero del cual se realizará la inyección, donde se debe tener en cuenta la necesidad de un calentamiento previo dentro del equipo de inyección y después un correcto enfriamiento para la obtención de la proporción que se desea, siendo que la temperatura es una parte esencial para lograr la transformación del material al producto final a obtener [8].

Presión: La presión generada por el proceso también es un factor clave para la ejecución de una presión fuerte y continua lo que da como resultado que sea uno de los requisitos más importantes de este proceso [8].

Velocidad: El plástico es fundido por la resistencia en el túnel de inyección donde entra directamente en la boquilla. Este proceso debe ser instantáneo y rápido, ya que el enfriamiento comienza cuando el material se introduce por primera vez [8].

En la figura 2 se observa una representación gráfica de estos componentes.

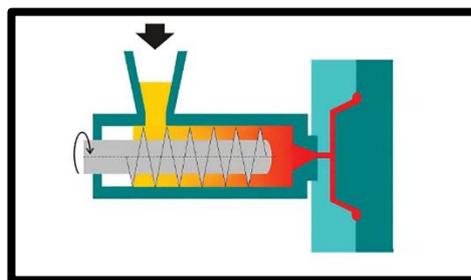


Fig. 2 Componentes de la inyección [8].

1.2.1.5. Boquilla de inyección

Uno de los elementos más importantes a considerar es la boquilla de la inyectora, dado que es del componente que se encarga de la finalización de la inyección con la que de igual manera se logra graduar el diámetro que se obtendrán del filamento 3D. Dentro de los aspectos a considerar se debe velar por la fluidez del polímero tanto como el volumen y una velocidad uniforme de flujo alrededor de la salida circular de la boquilla de forma que se consiguen espesores uniformes [9].

En el diseño de una boquilla se debe considerar dos secciones: la primera de estas será la entrada inicial del material al tener contacto con la boquilla, donde el mecanizado que se utilizará permitirá que la presión del material fluya de una manera correcta y la segunda será la parte final de la boquilla, en dónde se establecerá un diámetro de abertura con el que se determinará las dimensiones de inyección que se desea otorgar al polímero utilizado al finalizar el proceso reproducción [9].

1.2.2. Tipos de máquinas inyectoras

1.2.2.1. Máquinas De Pistón

La fase de solidificación por calor se encuentra en una cámara cilíndrica. En estas máquinas, el material se encuentra en forma de partículas granulares detrás del cilindro. El material se calienta y se funde en el cilindro de calentamiento, mientras avanza empujando continuamente la estrecha carrera del pistón en el cilindro de calentamiento [10].

El pistón de inyección presiona el material fundido a través del cilindro de inyección como se puede observar en la figura 3.

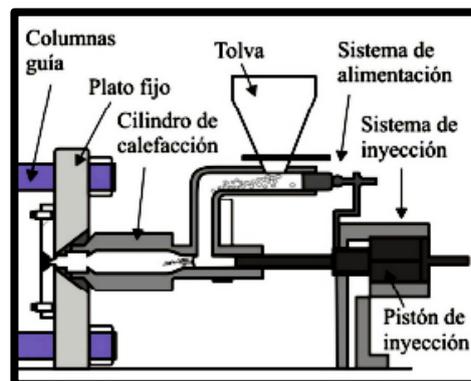


Fig. 3 Máquina de pistón [10].

1.2.2.2. Máquinas De Pistón Con Preplastificación

Las ideas previas a la plastificación incluyen calentar el material en una cámara o cilindro de calentamiento (llamado plastificante) y transferirlo desde esa cámara al cilindro de encendido. Existen básicamente dos tipos de pre condensadores, pistones y husillos, dependiendo de si se utiliza el elemento. Dependiendo del diseño, también puede ser paralelo o en ángulo, como un cilindro termoplástico o un cilindro de inyección [10].

Este mecanismo de máquina de pistón con preplastificación es visible en la figura 4.

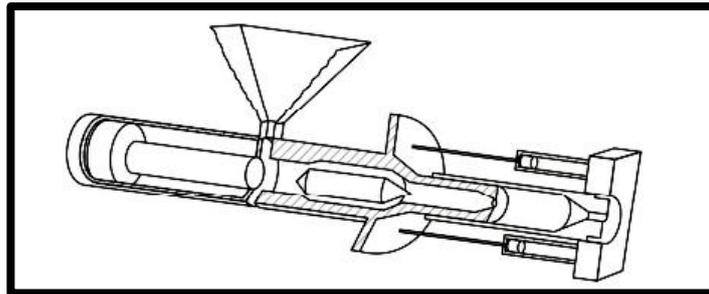


Fig. 4 Máquina de pistón con módulo de preplastificación [10].

1.2.2.3. Máquinas De Husillo

En la figura 5 se observa el mecanismo interno de la maquinaria de husillo asegura un calentamiento uniforme del material y mezcla bien los componentes. En estos dispositivos, el material de inyección de plastificante está equipado con un tubo de extrusión, por lo que calentar el material es similar a calentar una extrusora. transformación de tornillo rotativo [10].

Además de las paredes calientes, parte de la energía mecánica se convierte en calor por fricción. Los cilindros ayudan a elevar la temperatura al conducir la electricidad. Sin embargo, a diferencia de la máquina de pistón durante la extrusión, el tornillo también se mueve axialmente para la inyección. Estos dispositivos manejan el transporte de sólidos, plastificantes y el transporte de aleaciones es similar al probado en el proceso de extrusión. En interior, actualmente lo más habitual [10].

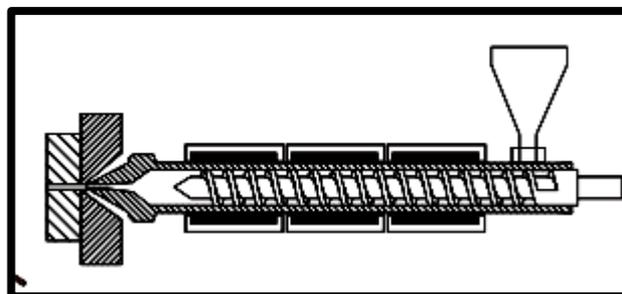


Fig. 5 Máquina de husillo [10].

1.2.2.4. Capacidad De Inyección

El catálogo del fabricante de la máquina de moldeo por inyección muestra la capacidad de inyección, el peso máximo de material que el aparato puede bombear. La cantidad de rociado en la máquina es la cantidad que vibra a lo largo del eje de rociado, y el movimiento hacia adelante está asociado con el tipo de material especificado. En la práctica, la cantidad inyectada depende del diámetro y la carrera del pistón o tornillo, y el tipo de molde utilizado caracteriza la tasa de salida del material [11].

La cantidad inyectada en el molde no debe ser inferior al 20% ni superior al 80%, el volumen del cilindro determina el tiempo de residencia del material en la cavidad, y el tiempo de plastificación debe ser prolongado para evitar el deterioro del material. no ser demasiado corto o demasiado corto para evitar la laminación adecuada [11].

1.2.3. Tipos De Materiales De Inyección

El tipo de plástico que utilizan las inyectoras es variado y dependerá de las capacidades y características de cada máquina, dentro de los plásticos de inyección más comunes están los siguientes:

Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS): El ABS es un material duro y ligero muy popular en el proceso de moldeo por inyección de plástico. Por ejemplo, los bloques de Lego están hechos de este material [12].

Policarbonato: Son resistentes a impactos y soportan una alta deformación plástica sin agrietarse ni romperse. Gracias a ellos podemos fabricar gafas, dispositivos médicos, dispositivos móviles e incluso cristales antibalas [12].

Nylon: Debido a las altas propiedades eléctricas y la resistencia del nailon, este termoplástico se usa en todo, desde artículos deportivos hasta piezas industriales [12].

Polipropileno (PP): Un material flexible con excelente resistencia química y no penetra en los alimentos. Por este motivo, se utiliza para fabricar recipientes y otras herramientas [12].

Polietileno (PE): Es uno de los plásticos más versátiles. Su alta ductilidad, resistencia a las fuerzas de tracción e impacto, baja absorción de humedad y reciclabilidad lo convierten en un material ideal para cajas y bolsas de plástico [12].

En la tabla 1 y 2, se encuentran las características de inyección de los plásticos más comunes utilizados en inyectoras, donde se puede observar variables como la velocidad del tornillo, temperatura de fundición del material y presión necesaria para una correcta inyección.

Tabla 1. Características de inyección de plásticos 1 [13].

PLÁSTICO	TEMP. FUNDIDO (°C)	TEMP. MOLDE (°C)	VEL. DEL TORNILLO RPM	PRESIÓN kg/cm ²	ENCOGIMIENTO mm/mm	SECADO
Acrílicos	222-274	65-93	50-100	3.5	0.004- 0.007	Sí
ABS	246-274	38-93	50-100	5.3-8.8	0.005- 0.007	Sí
Polióxido de fenileno	246-315	65-107	25-75	3.5	0.005- 0.006	Sí
Polycarbonato	274-329	79-107	25-50	3.5	0.006- 0.007	Sí
Nylon 6	222-274	38-93	Máxima	3.5-7.03	0.006- 0.014	Sí
Nylon 6,6	260-288	38-93	Máxima	3.5-7.03	0.012- 0.020	Sí
Acetal	204-260	65-121	100-150	3.5-7.03	0.018- 0.025	Usual-mente
Poli-etilen-tereftalato	232-260	65-107	50-100	3.5	0.016- 0.020	Sí

Tabla 2. Características de inyección de plásticos 2 [13].

PLÁSTICO	TEMP. FUNDIDO (°C)	TEMP. MOLDE (°C)	VEL. DEL TORNILLO RPM	PRESIÓN kg/cm ²	ENCOGIMIENTO mm/mm	SECADO
Poli-etileno de baja densidad	190-288	10-38	Máxima	3.5-7.03	0.015-0.025	No
Poli-etileno de alta densidad	204-315	10-38	Máxima	3.5-7.03	0.025-0.040	No
Polipropileno	218-288	10-65	Máxima	3.5-7.03	0.015-0.020	No
Poliestireno	190-288	38-65	50-200	3.5-7.03	0.004-0.010	No
PVC flexible	154-288	38-65	150-200	3.5-7.03	0.004-0.010	No
PVC rígido	165-182	38-65	50-75	10.5-14.07	0.004-0.006	No

1.2.3.1. Polietileno De Baja Densidad (LDPE-PEBD)

El polietileno de baja densidad es un polímero termoplástico compuesto por unidades repetitivas de etileno. Se llama LDPE del acrónimo inglés Low Density PolyEthylene.

Al considerar lo que su nombre indica, “el polietileno está conformado por repetidas unidades de etileno. Se le considera un polímero de adición y su proceso de polimerización suele realizarse bajo presiones de 1500 a 2000 kg/cm^2 La estructura del LDPE es de cadenas muy ramificadas. Esta característica hace que su densidad sea más baja en comparación con el polietileno de alta densidad” [14].

Esto se puede observar en la figura 6, como es la forma del material.



Fig. 6 Polietileno de baja densidad (LDPE-PEBD) [15].

Es un material blanco lechoso que se vuelve casi transparente dependiendo del espesor. Esto dificulta la impresión, la pintura y el pegado. En cambio, es un material muy simple de procesar utilizando métodos como el moldeo por inyección y la extrusión. Además, el LDPE es un material reciclable [15].

Se le asigna el Código de Identificación Plástico 4, lo que se visualiza en la figura 7.



Fig. 7 Símbolo LDPE [15].

1.2.3.2. Características Del LDPE

Dentro de las características de LDPE, las más relevantes son:

- Muy bajo coste.
- Buena resistencia térmica y química.
- Muy fácil de producir.
- Buena resistencia al impacto a bajas temperaturas.
- Excelentes propiedades de aislamiento eléctrico.
- Muy baja absorción del agua.
- Más flexible que el polietileno de alta densidad.

1.2.3.3. Aplicaciones del LDPE

Las características del LDPE Son resaltables, lo que da paso a que este material tenga varios usos, entre ellas algunas de sus aplicaciones son: bolsas de plástico, piezas para el sector automóvil, tapas flexibles, envases de alimentos, pallets, botellas, y juguetes [16].

1.2.4. Filamento Para Impresoras 3D

La impresión 3D es el proceso de esculpir objetos añadiendo materiales capa por capa para formar un modelo. Dan forma física a las ideas que tienen en la cabeza y suelen utilizarse en prototipos. Puede realizar impresiones 3D con cualquier tipo de material, pero el plástico es el material más común y es respetuoso con el medio ambiente debido a la pequeña cantidad de combustibles y máquinas que se utilizan para fabricar las piezas [17].

Para imprimir en 3D se puede encontrar filamentos de dos tamaños, que son los más usados en la impresión 3D actualmente porque son más fáciles de manipular:

Bobinas de 3.00 mm o 2.85 mm que son las más comunes en las impresoras 3D industriales y se utilizan por ser resistentes.

Bobinas de 1.75 mm que son las más comunes para el público en general ejemplos de estos se visualizan en la figura 8.



Fig. 8 Filamento para impresoras 3D [18].

1.2.4.1. Usos Del Filamento Para Impresoras 3D

En la figura 9 se observa una impresora 3D que en los últimos años ha aumentado su uso gracias al avance significativo a que tenido la impresión 3D en muchos campos aplicativos como:

- **Medicina.** Impresión de prótesis, órganos o trasplantes.
- **Automoción.** Piezas para coches y otros medios de transporte.
- **Industria.** Desarrollo de productos en industrias para diferentes tipos de negocios.
- **Impresión de alimentos.** Obtención de alimentos variados mediante impresión en tres dimensiones.
- **Otros.** Las impresoras 3D se han convertido en dispositivos muy recurrentes en centros educativos o en los estudios de arquitectura.

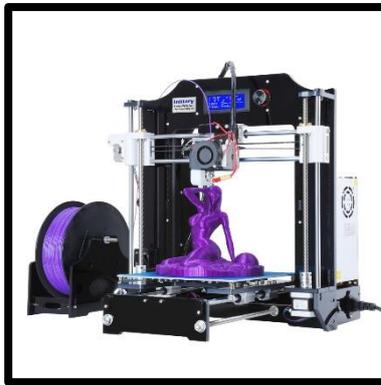


Fig. 9 Impresora 3D [19].

1.2.4.2. Filamento De Polietileno (PP)

El polipropileno (PP) es duradero, flexible, liviano, resistente a los productos químicos y puede entrar en contacto con los alimentos. Por lo tanto, se utiliza para muchas aplicaciones: plásticos, envases de alimentos, industria textil y papel moneda. Desafortunadamente, como filamento 3D, el polipropileno es notoriamente difícil de extruir, principalmente debido a la mala adhesión de la capa y la tendencia a deformarse mucho [20].

Un ejemplo de este se observa en la figura 10, donde se observa carretes de este material.

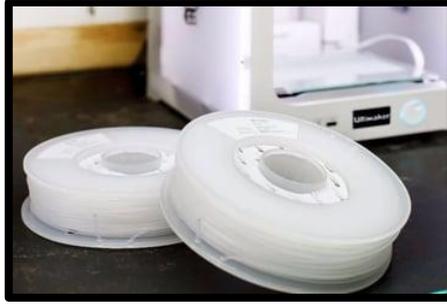


Fig. 10 Filamento PP [20].

Aparte de estas dos desventajas, el filamento de PP puede competir completamente con el PLA por la posición de filamento 3D más popular debido a su alta resistencia química y mecánica. Lo interesante es que, dado que muchos objetos cotidianos están hechos de polipropileno, incluso es posible reciclar objetos viejos y convertirlos en un nuevo filamento 3D [20].

Ventajas: Fuertes propiedades mecánicas, resistente a los agentes químicos.

Desventajas: Difícil de imprimir, propenso a la deformación, poca adherencia de las capas.

1.2.5. Microcontrolador PIC

En la figura 11, se observa el microcontrolador PIC que se conoce como un circuito integrado que se puede programar para ejecutar automáticamente una secuencia de instrucciones. Los programas se realizan en un entorno de programación adecuado y luego se transfieren como código binario a la memoria del programa del microcontrolador para su ejecución. [21].

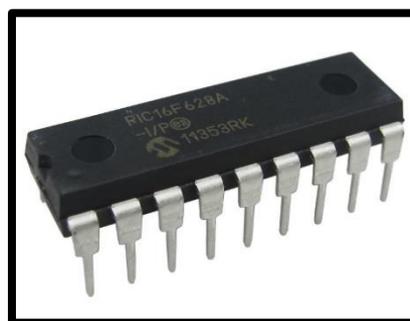


Fig. 11 Microcontroladores PIC [21].

1.2.5.1. Características Del PIC

Las características más relevantes que poseen los microcontroladores PIC son:

- Fácil migración y actualización de diseños
- Amplio rango de velocidad de operación para satisfacer las múltiples necesidades de las aplicaciones
- Dispositivos con memoria de programa desde 384B a 512 KB para cumplir los requerimientos de código
- Arquitecturas compatibles para preservar la inversión económica en el desarrollo de códigos
- Compatibilidad Pin a Pin en múltiples encapsulados, facilitando así el replazo
- Menor coste total del sistema con Periféricos Integrados
- Comunicaciones: SPI, I2C [™], UART, CAN, USB, Ethernet, IrDA®, LIN
- Control: captura / comparación, contadores, reloj en tiempo real y PWM
- Módulos Analógicos: Convertidores A / D, comparadores, amplificadores operacionales, Convertidores D / A

1.2.6. Mecanismo Secundario Enrollador

Para la complementación de la máquina se desarrollará un sistema enrollador, el que se encargará de la colocación del filamento en el carrete, este contará de 3 mecanismos secundarios que ayuden en la calibración del diámetro del filamento, el posicionamiento y el bobinado del mismo en el eje del carrete.

Este sistema secundario se compondrá de un tensor para el calibre del diámetro, un sistema de posicionamiento móvil que se encargará de colocar el filamento a lo largo del eje de forma ordenada y un bobinador que será el que girar el carrete para bobinar el filamento dentro del mismo.

1.2.7. Estados Del Arte

Se presentan los siguientes documentos, publicaciones y textos en donde se ha realizado trabajos relacionados al tema de estudio.

Se tiene el trabajo de fin de master realizado por David Beltran Audí en la UNIVERSITAT JAUME I, titulada **“Inyectora de plásticos de bajo coste”**. Este proyecto tiene como finalidad el diseño de una máquina inyectora de plásticos para piezas de pequeño tamaño y productividad moderada. El uso inicial previsto es como inyectora de producción de piezas de plástico reciclado. El concepto está basado en una iniciativa que consiste en acercar los procesos de conformado del plástico a la sociedad y recibe el nombre de Precious Plastic. Esta iniciativa tiene la finalidad de reducir el impacto de la contaminación de los plásticos en el planeta. Para ello usan los plásticos de envases y de desperdicios y les dan una nueva vida conformando piezas a partir de estos plásticos de desecho [22].

Se tiene la Tesis realizada en la Universidad Nacional Autónoma de México por Pedro Arenas Piña, titulada “**Parametrización del proceso de inyección en plásticos de ingeniería**”. Este proyecto utiliza un protocolo que tiene como fin sustituir la manera tradicional de cómo se inyecta plástico a una manera más ingenieril y formal para identificar los problemas y aciertos de cada toma de decisión durante la optimización, arranque de moldes nuevos y/o cambio de material para utilizar el mismo molde [23].

Juárez et al. en su trabajo publicado en revista de investigación 3C Tecnología, titulado “**Estudio y análisis del moldeo por inyección de materiales poliméricos termoplásticos**”, mencionan que en el presente artículo tiene como objetivo el análisis del moldeo por inyección de materiales poliméricos termoplásticos, estudiando su situación actual desde la perspectiva de la producción industrial, la evolución de la técnica y la modelización del proceso de inyección [24].

Canteros y Hüwel, en el desarrollo de su trabajo mencionan que, en su “**Diseño y Cálculo de una Inyectora de Plásticos para Uso de Laboratorio**”, se realiza el diseño y cálculo de una máquina inyectora de plásticos para uso de laboratorio con posibilidad de aplicación directa del reciclaje. El proyecto analiza cinco opciones constructivas a nivel de complejidad de construcción, así como también a nivel de esfuerzos mecánicos. La evaluación se lleva a cabo en forma teórica por la teoría planteada por Savgorodny y luego se validan a través de simulación por software [25].

CAPÍTULO 2

2.1. GENERALIDADES

Dentro del presente capítulo se abordan las alternativas de diseño consideradas para la construcción de la inyectora de plástico, estas se localizarán de acuerdo a las matrices con las alternativas concernientes a los siguientes aspectos: al mecanismo de inyección, sistema de calentamiento del material, motor para el accionamiento del equipo y la implementación de una inyectora. De las opciones presentadas se realizarán tablas de selección determinando cual sería la idónea para el diseño de la máquina, además se trata el material seleccionado para la estructura y cuerpo de la maquinaria con sus respectivas especificaciones y se adjunta la formulación de ecuaciones que serán utilizadas en el siguiente capítulo.

2.2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Para el análisis de alternativas del proyecto se seleccionan según las características de mantenimiento, costo, tipo de material y parámetros de uso.

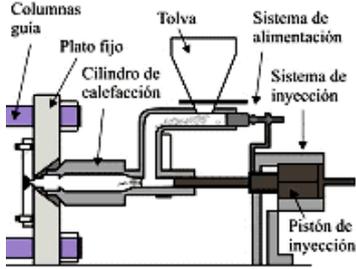
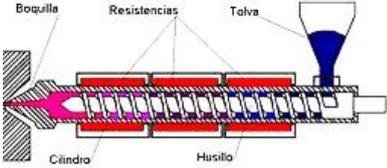
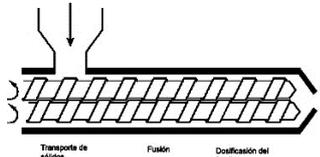
2.2.1. Matrices De Alternativas

Se desglosarán 4 diferentes matrices de alternativas dentro de las cuales se presentarán 3 alternativas por matriz, los módulos tratados serán: tipo de mecanismo, tipo de calentamiento, tipos de motores para el accionamiento y la matriz principal que contará de alternativas para la implementación de una inyectora.

2.2.1.1. Matriz De Alternativas Para El Tipo De Mecanismo.

El mecanismo de inyección se refiere a la forma de transporte e inyectado del material hacia la boquilla de la máquina, existen distintos tipos, estos se pueden observar en la tabla 3 con la visualización del componente mencionado en las figuras 12, 13 y 14, donde se describe las características de cada opción y se adjunta un gráfico referente a cada alternativa.

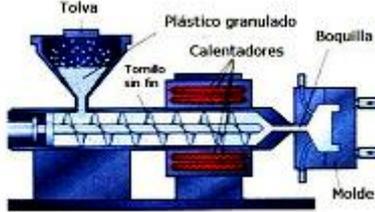
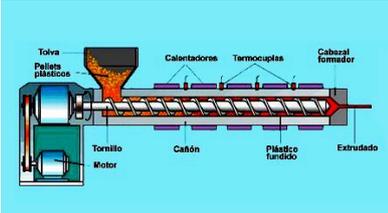
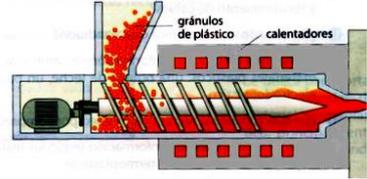
Tabla 3. Alternativas para el tipo de mecanismo.

OPCIONES	CARACTERÍSTICA	GRÁFICO
<p>Mecanismo de inyección por pistón</p>	<p>Se utiliza mucho en pequeñas inyecciones, por su operación de bajo costo y construcción, es útil en la construcción de piezas en menor escala.</p>	 <p><i>Fig. 12 Inyección por pistón [26].</i></p>
<p>Mecanismo de inyección por husillo</p>	<p>Su costo de construcción como de diseño es mayor, pero es apropiado cuando se desea una producción continua o en grandes masas.</p>	 <p><i>Fig. 13 Inyección por husillo [27].</i></p>
<p>Mecanismo de inyección por doble husillo</p>	<p>Se necesita una mayor tecnología en su diseño por lo que los costos son elevados.</p>	 <p><i>Fig. 14 Inyección por doble husillo [9].</i></p>

2.2.1.2. Matriz De Alternativas Para El Tipo De Calentamiento Del Material.

El calentamiento del material de inyección se refiere a la forma de fundir el plástico dentro de la máquina antes de llegar hacia la boquilla, existen distintos tipos de calentadores estos se pueden observar en la tabla 4 con la visualización del componente mencionado en las figuras 15, 16 y 17, donde se describe las características de cada opción y se adjunta un gráfico referente a cada alternativa.

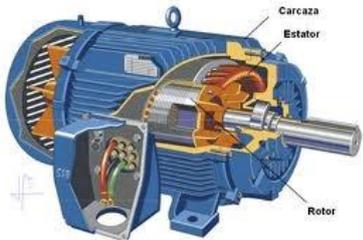
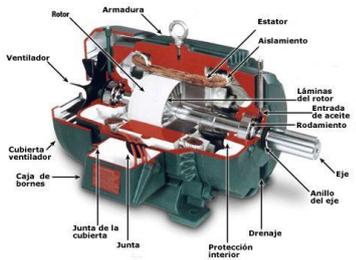
Tabla 4. Alternativas para el tipo de calentamiento del material.

OPCIONES	CARACTERÍSTICA	GRÁFICO
<p>Calentamiento del material por medio de cámara de calefacción</p>	<p>Es un sistema que posee un costo elevado de mantenimiento como de estación, pero al tener un sistema independiente de funcionamiento anula los gases de combustión.</p>	 <p><i>Fig. 15 Calentamiento por cámara de calefacción [28].</i></p>
<p>Calentamiento del material por medio de resistencias externas</p>	<p>Posee un mejor control de temperatura, además de ser fácil de instalar, sistema silencioso y seguro para operar.</p>	 <p><i>Fig. 16 Calentamiento por resistencias [9].</i></p>
<p>Calentamiento del material por medio de cámara de vapor</p>	<p>Presenta un mayor costo de instalación y mantenimiento al tener un sistema aislado para su funcionamiento.</p>	 <p><i>Fig. 17 Calentamiento por cámara de vapor [29].</i></p>

2.2.1.3. Matriz De Alternativas De Los Motores Para El Accionamiento.

El accionamiento por motor es el que permite generar el movimiento para la inyección movilizand o el husillo para el transporte e inyectado del material hacia la boquilla de la máquina, existen distintos tipos de motores a considerar entre ellos se escogen los más viables, estos se pueden observar en la tabla 5 con la visualización del componente mencionado en las figuras 18, 19 y 20, donde se describe las características de cada opción y se adjunta un gráfico referente a cada alternativa.

Tabla 5. Alternativas de los motores para el accionamiento.

OPCIONES	CARACTERÍSTICA	GRÁFICO
Motor AC	El transporte del mismo se vuelve complicado por su gran tamaño, pero posee una potencia alta y un bajo costo.	 <p data-bbox="1027 647 1310 678">Fig. 18 Motor AC [30].</p>
Motor DC	Tiene una potencia media lo que disminuye la eficacia, además de poseer un costo elevado es fácil de usar.	 <p data-bbox="1027 1016 1310 1048">Fig. 19 Motor DC [31].</p>
Servomotor	Posee un sistema silencioso, necesita ser programado por un encoder, alta potencia y costo.	 <p data-bbox="1023 1328 1321 1359">Fig. 20 Servomotor [32].</p>

2.2.2. Matriz De Alternativas Para La Implementación De Una Inyectora.

Dentro de las alternativas de implementación de una inyectora se consideran aspectos fundamentales a considerar para la obtención de la maquinaria, existen distintas formas de las cuales se consideran la compra, el alquiler o construcción del equipo, esto se detalla en los siguientes puntos.

2.2.2.1. Primera Alternativa Compra De Inyectora

La compra de una inyectora es la solución más simple, debido a que se adquirirá el equipo solo con el pago del mismo, pero en ello entran aspectos a considerar como que el costo de este tipo de maquinarias es elevado en los mercados locales por efectos de importación, puesto que en su mayoría son importadas del extranjero.

Dentro de este punto se engloba que el equipo deberá recibir un mantenimiento continuo para su buen funcionamiento, pero en ocasiones al ser maquinaria del extranjero los manuales vienen en otros idiomas y la posibilidad de realizar un correcto mantenimiento correctivo o preventivo disminuye o a su vez se realiza con costos elevados al no existir diversas alternativas.

Otra de las limitantes para la compra de una inyectora son el tipo de material de construcción y los parámetros de control, debido a que al adquirir un equipo previamente construido se debe acoger a los elementos con los cuales se realizó la implementación de la máquina, de esta forma muchas veces los repuestos no son de fácil disponibilidad por el tipo o material que se requiere. A su vez las especificaciones de control muchas veces están en otros idiomas por ello su manejo para el operador se dificulta.

2.2.2.2. Segunda alternativa alquiler de inyectora

El alquiler de una máquina inyectora es una buena opción si se necesita realizar un proceso pequeño o una baja producción debido a que los costos de alquiler son elevados dentro de la industria por la dificultad de adquisición de la maquinaria.

Una de las ventajas de esta es que no se deberá estar pendiente del mantenimiento del equipo o de qué tipo de material se utiliza en la elaboración del equipo, puesto que eso es responsabilidad del dueño de la inyectora, a su vez los parámetros de control deberán ser explicados de forma clara por el alquilante de la máquina sin importar que estén en un diferente idioma para garantizar el correcto uso de parte del alquilador.

La mayor limitante de esta opción viene si se desea producir en masa o ininterrumpidamente un producto, debido a que el coste de alquiler no generaría una ganancia estable al productor. Además, que si existe alguna avería en la máquina el costo de reparación puede correr por cuenta del cliente siendo una desventaja.

2.2.2.3. Tercera Alternativa Construcción De Inyectora

La última alternativa es el diseño y construcción de una inyectora, en esta se puede destacar que el costo en comparación a las anteriores será menor, dado que se construirá con materiales que se encuentran localmente, esto influirá directamente en que la obtención de repuestos será de fácil acceso evitando gastos innecesarios de importación de elementos para reparaciones.

Con esta alternativa se facilita la realización de mantenimientos tanto preventivos como correctivos, debido a que al ser diseñado y construido por una persona local este servicio puede ser realizado por el mismo individuo puesto que al conocer cada aspecto de la elaboración del equipo será mucho más fácil darle un soporte técnico a la inyectora.

Dado que la construcción se realizará según los requerimientos necesarios para la producción se puede escoger tanto el tipo de material con el que se la construirá, así como los parámetros de control que se requieran para el fácil entendimiento del operador al momento de manipular la máquina.

2.3.SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Dentro de la selección de alternativas se tomará en cuenta las opciones presentadas anteriormente, para generar una calificación cuantitativa de cada una considerando los siguientes aspectos: costo, peso, mantenimiento, refacciones y parámetros de control, determinando cuantitativamente con una valoración del 1 al 5 con respecto a cuanto cada alternativa cumple el criterio de comparación, siendo el 1 que no cumple y 5 que cumple completamente, para de esta forma seleccionar el sistema adecuado que se adapte a los requerimientos de inyección.

2.3.1. Selección De Alternativas Para El Tipo De Mecanismo.

Considerando las opciones de la tabla 3 se seleccionan las siguientes alternativas para la determinación del tipo de mecanismo, la selección del mismo estará representado en la tabla 6.

- **Alternativa 1:** Mecanismo de inyección por pistón.
- **Alternativa 2:** Mecanismo de inyección por husillo.
- **Alternativa 3:** Mecanismo de inyección por doble husillo.

Tabla 6. Selección de alternativa para el tipo de mecanismo.

Nº	CRITERIO DE COMPARACIÓN	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
1	Costo	5	3	1
2	Peso	2	5	2
3	Mantenimiento	3	4	2
4	Refacciones	4	4	4
5	Parámetros de control	3	5	2
6	Vida útil	4	4	4
	TOTAL	21	25	15
	Índice Porcentual	70%	83.33%	50%
	Orden de selección	2	1	3

En función del análisis de la tabla 6, el mecanismo de inyección por husillo es el más conveniente para el diseño de la inyectora de plástico, debido a que en la matriz de selección de alternativas obtiene un índice porcentual del 83,33%, a diferencia de la alternativa 1 y 3, que alcanzaron el 70% y 50% respectivamente, además esta opción permite el correcto transporte del material y es idóneo para trabajo en masa o de alta producción de modo que al necesitar una inyección constante del plástico será la elección más útil. Por lo que se selecciona la alternativa 2 como la opción a utilizar.

2.3.2. Selección De Alternativas Para El Tipo De Calentamiento Del Material.

Considerando las opciones de la tabla 4 se seleccionan las siguientes alternativas para la determinación del tipo de calentamiento del material, la selección del mismo estará representado en la tabla 7.

- **Alternativa 1:** Calentamiento del material por medio de cámara de calefacción.
- **Alternativa 2:** Calentamiento del material por medio de resistencias externas.
- **Alternativa 3:** Calentamiento del material por medio de cámara de vapor.

Tabla 7. Selección de alternativa para el tipo de calentamiento del material.

N°	CRITERIO DE COMPARACIÓN	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
1	Costo	4	4	2
2	Peso	2	5	3
3	Mantenimiento	2	4	1
4	Refacciones	5	3	5
5	Parámetros de control	4	5	3
6	Vida útil	4	3	4
	TOTAL	21	24	20
	Índice Porcentual	70%	80%	66.67%
	Orden de selección	2	1	3

Al observar los resultados obtenidos, el sistema de calentamiento del material por medio de resistencias externas es el más conveniente para el diseño de la inyectora de plástico, debido a que en la matriz de selección de alternativas obtiene un índice porcentual del 80% a diferencia de la alternativa 1 y 3, que alcanzaron el 70% y 66.67% respectivamente, del mismo modo es un sistema de instalación fácil donde el uso de resistencias garantizara un mejor control de temperatura del túnel de la inyectora. Por lo que se selecciona la alternativa 2 como la opción a utilizar.

2.3.3. Selección De Alternativas De Los Motores Para El Accionamiento.

Considerando las opciones de la tabla 5 se seleccionan las siguientes alternativas para la determinación de los motores para el accionamiento, la selección del mismo estará representado en la tabla 8.

- **Alternativa 1:** Motor AC
- **Alternativa 2:** Motor DC
- **Alternativa 3:** Servomotor

Tabla 8. Selección de alternativa de los motores para el accionamiento.

Nº	CRITERIO DE COMPARACIÓN	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
1	Costo	5	3	3
2	Peso	2	4	4
3	Mantenimiento	4	3	2
4	Refacciones	3	3	3
5	Parámetros de control	5	4	2
6	Vida útil	4	4	4
	TOTAL	23	21	18
	Índice Porcentual	76.67%	70%	60%
	Orden de selección	1	2	3

Con base a los resultados de la tabla 8, un motor AC (corriente continua) es el más conveniente para el diseño del accionamiento de la inyectora de plástico, debido a que en la matriz de selección de alternativas obtiene un índice porcentual del 76.67% a diferencia de la alternativa 2 y 3, que alcanzaron el 70% y 60% respectivamente, además de que posee una alta potencia de trabajo y su costo es accesible, por lo que se selecciona la alternativa 1 como la opción a utilizar.

2.3.4. Selección De Alternativas Para La Implementación

Considerando las opciones presentadas anteriormente se seleccionan las siguientes alternativas para la implementación de una inyectora, la selección del mismo estará representado en la tabla 9, donde a los parámetros se incluirá la capacidad de inyección y el producto, determinando el sistema adecuado que se adapte a los requerimientos de inyección.

- **Alternativa 1:** Compra de máquina inyectora.
- **Alternativa 2:** Alquiler de máquina inyectora.
- **Alternativa 3:** Construcción de máquina inyectora.

Tabla 9. Selección de alternativa para la implementación de una inyectora.

Nº	CRITERIO DE COMPARACIÓN	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
1	Costo	2	3	5
2	Peso	2	3	4
3	Mantenimiento	1	5	5
4	Refacciones	1	5	5
5	Parámetros de control	3	4	5
6	Capacidad de inyección	5	3	3
7	Producto	5	4	5
8	Vida útil	4	4	4
	TOTAL	23	31	36
	Índice Porcentual	57.5%	77.5%	90%
	Orden de selección	3	2	1

Se concluye que la construcción de una maquina inyectora es la más conveniente para el diseño del equipo de inyección de plástico, debido a que su adquisición por medio de las otras alternativas puede llegar a ser complicado y con un gran costo añadido, de forma que en la matriz de selección de alternativas obtiene un índice porcentual del 90% a diferencia de la alternativa 2 y 1, que alcanzaron el 77.5% y 57.5% respectivamente, por lo que se selecciona la alternativa 3 como la opción a utilizar.

2.4.ASPECTOS FUNDAMENTALES

Dentro de los aspectos fundamentales se expondrán los materiales con los que se trabajará además de dar la introducción de las ecuaciones principales que se utilizarán para el diseño del equipo.

2.4.1. Selección De Material Estructural

Para la selección de materiales con los cuales se realizará el diseño y construcción de la inyectora se consideran las siguientes opciones:

1.1.1.1. Acero AISI SAE 1018

El acero 1018 es un material de transmisión comúnmente utilizado en tornillos, ejes, ruedas dentadas, rodillos, etc. Su composición se expresa en porcentaje de carbono a la aleación del acero, tiene la propiedad de ser fácil de trabajar en frío y en caliente, lo que lo convierte en uno de los aceros más utilizados en la industria [33].

Como se puede observar en la tabla 10, la composición que posee el acero 1018 es de 0 a 0.20% de carbono, 0 a 0.25% de silicio, 0 a 0.70% de manganeso, 0 a 0.04% de fosforo y 0 a 0.5% de azufre [34].

Tabla 10. Composición química acero AISI SAE 1018 [34].

COMPOSICIÓN QUÍMICA				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 05

Dentro de las propiedades mecánicas del AISI 1018 se observa en la tabla 11, que la resistencia mecánica del material es de 410 a 520 N/mm^2 , el punto de fluencia es de 235 N/mm^2 , la elongación es de 20 % máx. y la dureza es de 143 Rockwell. B [34].

Tabla 11. Composición química acero AISI SAE 1018 [34].

PROPIEDADES MECÁNICAS			
RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
410 - 520	235	20	143

1.1.1.2. Acero AISI SAE 10-10

El acero 1010 es un material de transferencia de uso común en placas. Su composición se debe a la proporción de carbono en la aleación del acero, lo que lo convierte en uno de los aceros más utilizados en la industria para la fabricación de productos forjados [35].

Como se puede observar en la tabla 12, la composición que posee el SAE 1010 es de 0.08 a 0.13% de carbono, 0.30 a 0.60% de manganeso, 0.040% máximo de fósforo, 0.050% máximo de azufre y 0.10% máximo de silicio. A su vez se observa que las propiedades mecánicas varían según el estado del suministro del material [36].

Tabla 12. Composición química y propiedades mecánicas acero SAE 1010 [36].

SAE 1010	COMPOSICIÓN QUÍMICA								PROPIEDADES MECÁNICAS					
	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	Estado de suministro	Límite elástico kg/mm ²	Resistencia a la tracción kg/mm ²	% de alargamiento	% de reducción de área	Dureza Brinell
0,08/0,13% 0,30/0,60% 0,040% máx. 0,050% máx. 0,10% máx.									Laminado en caliente	32	18	25	50	150
									Calibrado	37	30	18	40	210
									Cementado, temple y revenido	45/60	40	20	40	58-60 HRC

1.1.1.3. Aluminio

Se selecciona al aluminio debido a que es uno de los metales más utilizados industrialmente por los seres humanos a nivel global por sus diferentes propiedades de maleabilidad ligereza y su vida de uso prolongada, además de poseer una buena resistencia a la corrosión. Para su uso se puede encontrar una gran variedad de aleaciones que se usan en la fabricación de diferentes maquinarias, así como de utensilios y envases [37].

En la tabla 13, se pueden observar las características que presenta el aluminio.

Tabla 13. Características del aluminio [38].

UNE	Composición química, % peso	Tratamiento	Resistencia a tracción MPa	Límite elástico MPa	Alargamiento %	Aplicaciones típicas
Aleaciones para forja						
1100	>99Al, 0.12Cu	Recocido (O) Trab. en frío (H14)	89 124	24 97	25 4	Componentes eléctricos, hojas metálicas finas (papel).
3003	1.2Mn	Recocido (O) Trab. en frío (H14)	117 159	34 149	23 7	Recipientes a presión, resistencia a corrosión, hojas metálicas finas.
5052	2.5Mg, 0.25Cr	Recocido (O) Trab. en frío (H34)	193 262	65 179	18 4	Transportes, metal de relleno en soldadura, recipientes, componentes marinos.
2024	4.4Cu, 1.5Mg, 0.6Mn	Recocido (O) Tratamiento T6	220 442	97 345	12 5	Estructuras aeronáuticas.
6061	1.0Mg, 0.6Si, 0.27Cu, 0.2Cr	Recocido (O) Tratamiento T6	152 290	82 345	16 10	Transportes, estructuras aeronáuticas y marinas y otras de alta resistencia.
7075	5.6Zn, 2.5Mg, 1.6Cu, 0.23Cr	Recocido (O) Tratamiento T6	276 504	145 428	10 8	Estructuras aeronáuticas y aeroespaciales.
Aleaciones para fundición						
355.0	5Si, 1.2Cu	Arena (T6) Molde metálico (T6)	220 285	138 -	2.0 1.5	Bombas domésticas, accesorios aeronáutica, cárter aviación.
356.0	7Si, 0.3Mg	Arena (T6) Molde metálico (T6)	207 229	138 152	3.0 3.0	Fundiciones de gran complejidad, ejes portadores de las motoras, ruedas de camiones.
332.0	9.5Si, 3Cu, 1.0Mg	Molde metálico (T5)	214			Pistones de automóviles.
413.0	12Si, 2Fe	Fundición en coquilla	297	145	2.5	Fundiciones complicadas.

1.1.1.4. CABLEADO

Se puede observar en la figura 21, los conductores estilo THHN sólidos de cobre recocido suave también están aislados de material de cloruro de polivinilo termoplástico resistente a la humedad y al calor con una cubierta protectora de nailon o poliamida aplicada.



Fig. 21 Cable THHN [39].

Se puede observar en la tabla 14 las características que posee este tipo de cableado.

Tabla 14. Características técnicas cable THHN [40].

CONDUCTOR				ESPESOR DE AISLACIÓN	DIÁMETRO EXTERIOR APROX	RESISTENCIA ELÉCTRICA DC a 20°C	PESO TOTAL APROX	CAPACIDAD DE CORRIENTE	
CALIBRE	SECCIÓN NOMINAL	# HILOS	DIÁMETRO APROX					A (1)	A (2)
AWG / MCM	mm ²	cantidad	mm	mm	mm	ohm/km	kg/km		
14	2,08	22	1,9	0,38	3,0	8,6100	26	25	35
12	3,31	41	2,4	0,39	3,5	5,4300	38	30	40
10	5,26	26	2,7	0,51	4,0	3,4100	61	40	55
8	8,37	41	3,3	0,76	5,3	2,1400	99	55	80
6	13,30	63	4,2	0,76	6,2	1,3800	147	75	105
4	21,10	100	5,2	1,02	7,8	0,8650	236	95	140
2	33,60	126	7,7	1,02	10,4	0,5440	372	130	190
1/0	53,50	200	9,9	1,27	13,2	0,3450	586	170	260
2/0	67,40	250	10,6	1,27	14,2	0,2730	701	195	300
3/0	85,00	312	12,4	1,27	15,8	0,2170	892	225	350
4/0	107,00	393	14,0	1,27	17,4	0,1720	1119	260	405
250	127,00	495	14,9	1,52	18,9	0,1470	1295	290	455
300	152,00	586	16,4	1,52	20,5	0,1220	1565	320	505
350	177,00	820	17,3	1,52	21,4	0,1050	1889	350	570
400	203,00	1171	19,1	1,52	23,2	0,0920	2031	380	615
500	253,00	1400	20,6	1,52	24,8	0,0735	2671	430	700

1.1.2. Selección De Componentes De Control De Movimiento

1.1.2.1. Motor

En la figura 22, se puede observar cómo se ve el motor de 120 w con ventilador YN90-120 VTV. El engranaje reductor está integrado en la caja de cambios y el motor. EL cuerpo integrado normalmente se denomina motor de engranaje o motor de engranaje [41].

- Motor de engranajes con requisitos técnicos internacionales para la fabricación, contenido de alta tecnología.
- Ahorro de espacio, fiable y duradero, soporta alta capacidad de sobrecarga, potencia de hasta 95kW o más.
- Bajo consumo de energía, rendimiento superior, eficiencia del reductor de velocidad de hasta 95%.
- Pequeña vibración, bajo ruido, energía, acero forjado de alta calidad, caja de hierro fundido de acero, superficie del engranaje después del tratamiento HF.
- Mecanizado de precisión, para garantizar la precisión del eje paralelo y el posicionamiento, todo esto constituye un conjunto de motor de engranaje.
- El producto utiliza una serie, diseño modular, una amplia gama de adaptabilidad, esta serie tiene una combinación extremadamente multi motor, posición de montaje y estructura del programa, según la necesidad real [41].



Fig. 22 Motor YN90-120 [41].

Las especificaciones de este motor son presentadas a continuación en la tabla 15.

Tabla 15. Especificaciones motor YN90-120 [41].

电机参数: Specifications											
名称 Name	极数 No. of p	型号 Type	功率 Power w	电压 Voltage v	频率 Frequency Hz	电流 Current A	启动转矩 Starting torque mN·m	额定转矩 Rated torque mN·m	额定转速 Rated speed r/min	电容 Capacitor μF/V AC	
可逆 电机 Reversible Motor	4	YN90-90	90	220	50	1.1	637	670	1300	6/450	
		YN90-90	90	110	50/60	2.2	637	670/554	1300/1550	25/250	
		YN90-120	120	220	50	1.25	880	880	1300	8/450	
		YN90-120	120	110	50/60	2.5	880	880/739	1300/1550	35/250	
感应 电机 Induction Motor	4	YY90-90	90	220	50	1	490	670	1300	5.5/450	
		YY90-90	90	110	50/60	2	490	670/554	1300/1550	25/250	
		YY90-120	120	220	50	1.2	637	880	1300	8/450	
		YY90-120	120	110	50/60	2.4	637	880/739	1300/1550	35/250	
三相电机 Three-phase motor	4	Y90-90	90	220	50/60	0.75	950	670/554	1300/1550	/	
		Y90-90	90	380	50/60	0.45	950	670/554	1300/1550	/	
		Y90-120	120	220	50/60	1.0	1250	880/739	1300/1550	/	
		Y90-120	120	380	50/60	0.6	1250	880/739	1300/1550	/	

1.1.2.2. Variador De Frecuencia

El J1000 cumple todos los requisitos de automatización para aplicaciones compactas con funcionamiento de velocidad variable y características de ahorro de energía [42].

- Funciones de prevención de calado para un funcionamiento estable durante los cambios de carga o de alimentación de potencia.
- Frenado de sobreexcitación para una desaceleración rápida sin resistencia de frenado externa.

Se puede observar este variador de frecuencia en la figura 23.



Fig. 23 Variador de frecuencia J1000 [42].

En la tabla 15 se especifican los detalles técnicos del variador de frecuencia a utilizar.

Tabla 16. Detalles técnicos del variador de frecuencia YASKAWA J1000 [42].

Detalles técnicos			
POTENCIA DE ENTRADA 200 V	INTENSIDAD NOMINAL DE SALIDA (HD) 1,6 A	INTENSIDAD NOMINAL DE SALIDA (ND) 1,9 A	OVERLOAD TOLERANCE (ND) 120% 60 sec
OVERLOAD TOLERANCE (HD) 150% 60 sec	INTENSIDAD SALIDA MOTOR MÁX. (HD) 0,2 kW	INTENSIDAD SALIDA MOTOR MÁX. (ND) 0,4 kW	POTENCIA DE ENTRADA DE LAS FASES Una fase
TIPO DE MOTOR Induction motor	CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES cUL, CE, RoHS, UL	TEMPERATURA AMBIENTE (MÍN.) -10 °C	TEMPERATURA AMBIENTE (MÁX.) 40 °C
TEMPERATURA AMBIENTE (MÁX.) CON DESCLASIFICACIÓN 50 °C	HUMEDAD MÁX. (SIN CONDENSACIÓN) 95 %	ALTITUD MÁX. (SIN DESCLASIFICACIÓN) 1.000 m	ALTITUD MÁX. (CON DESCLASIFICACIÓN) 3.000 m
ALTURA 128 mm	ANCHO 68 mm	PROFUNDIDAD 76 mm	PESO 0,6 kg
COOLING METHOD Air cooling	ENVOLVENTE IP20 (without top cover)	ESPECIFICACIONES MEDIOAMBIENTALES Standard	ANALOG INPUT 1
ANALOG OUTPUT 1	DIGITAL INPUT 5	DIGITAL OUTPUT 1	TORQUE CONTROL Not available
TRANSISTOR DE FRENADO External	MOTOR THERMAL PROTECTION Standard	MAX OUTPUT FREQUENCY 400 Hz	

1.1.3. Transferencia De Movimiento

1.1.3.1. Correa Dentada

En la figura 24, se puede visualizar una correa dentada, donde el uso de una correa dentada para la transmisión de movimiento es uno de los más comunes donde su principio de funcionamiento se basa en el encaje de los dientes de la correa con una polea que contengan las ranuras idóneas para su correcto movimiento, donde se caracteriza que no posee un contacto metálico y no presenta el inconveniente efecto cordal, además de no tener un deslizamiento de las correas por fricción, tampoco requiere de lubricación reduciendo los costos de mantenimiento en comparación a la transmisión con cadenas [43].



Fig. 24 Correa dentada [43].

Las características de las correas dentadas según los diferentes perfiles de dientes se observan en la tabla 17.

Tabla 17. Características de correas dentadas [43].

Características de los Diferentes Perfiles de Diente					
Synchronous Belts					
Belt Type	Pitch	Stock Widths	Max. Speed Ratio	Max. Rating, hp/in of width (except as noted)	Clearance Value
Trapezoidal					
MXL	0.080 in.	¼, ⅜, ½ in.	7.20	9.6 lb in.	N/A
XL	0.200*	¼, ⅜	7.20	3.4	0.0040-0.0050
L	0.375*	½, ¾, 1	12.00	6.4	0.0055
H	0.500*	¾, 1, 1½, 2, 3	11.14	22.4	0.0055
XH	0.875	2, 3, 4	6.67	27.2	0.0055
XXH	1.250	2, 3, 4, 5	5.00	33.5	N/A
Curvilinear					
HTD	3 mm*	6, 9, 15 mm	7.20	N/A	0.0065-0.0094
	5*	9, 15, 25	8.00	12.3	0.0080-0.0140
	8*	20, 30, 50, 85	8.73	37.2	0.0150-0.0200
	14*	40, 55, 85, 115, 170	7.71	43.9	0.0290
	20	115, 170, 230, 290, 340	6.35	90.1	N/A
Modified Curvilinear					
Type A	8 mm	12, 21, 36, 62 mm	10.18	68.3	0.0085
	14	20, 37, 68, 90, 125	8.00	163.6	0.0150
Type B	8 mm	20, 30, 50, 85	8.73	37.2	N/A
	14	40, 55, 85, 115, 170	7.71	48.6	N/A
* Available in double-sided teeth					
Belt designations:					
Type A — small ribs on back					
Type B — recess in tip of tooth					

1.1.3.2. Polea Dentada

Una polea dentada es un tipo de dispositivo mecánico de tracción que tiene la función de transmitir fuerza a un sistema de transmisión compuesto por otros elementos como cadenas, correas, piñones y engranajes. Del mismo modo, existen dos tipos de poleas, de variador o de ranura [44].

Un ejemplo de estas se visualiza en la figura 25.



Fig. 25 Polea dentada [44].

Se visualiza en la tabla 18 las características que debe poseer la polea para su implementación con una correa dentada.

Tabla 18. Características de poleas para correas dentadas [43].

Características de Poleas para Correas de Dientes Trapezoidales												
Number of Grooves	Belt Section											
	MXL (0.080)		XL (0.200)		L (0.375)		H (0.500)		XH (0.875)		XXH (1.250)	
	Diameters		Diameters		Diameters		Diameters		Diameters		Diameters	
	Pitch	Outside	Pitch	Outside	Pitch	Outside	Pitch	Outside	Pitch	Outside	Pitch	Outside
10	0.255	0.235	0.637	0.617	1.194*	1.164	---	---	---	---	---	---
12	0.306	0.286	0.764	0.744	1.432*	1.402	---	---	---	---	---	---
14	0.357	0.337	0.891	0.871	1.671	1.641	2.228*	2.174	---	---	---	---
16	0.407	0.387	1.019	0.999	1.910	1.880	2.546	2.492	---	---	---	---
18	0.458	0.438	1.146	1.126	2.149	2.119	2.865	2.811	5.013	4.903	7.162	7.042
20	0.509	0.489	1.273	1.253	2.387	2.357	3.183	3.129	5.570	5.460	7.958	7.838
22	0.560	0.540	1.401	1.381	2.626	2.596	3.501	3.447	6.127	6.017	8.754	8.634
24	0.611	0.591	1.528	1.508	2.865	2.835	3.820	3.766	6.685	6.575	9.549	9.429
26	0.662	0.642	---	---	3.104	3.074	4.138	4.084	7.242	7.132	10.345	10.225
28	0.713	0.693	1.783	1.763	3.342	3.312	4.456	4.402	7.799	7.689	---	---
30	0.764	0.744	1.910	1.890	3.581	3.551	4.775	4.721	8.356	8.246	11.937	11.817
32	0.815	0.795	2.037	2.017	3.820	3.790	5.093	5.039	8.913	8.803	---	---
34	0.866	0.846	---	---	---	---	---	---	---	---	13.528	13.408
36	0.917	0.897	2.292	2.272	4.297	4.267	5.730	5.676	---	---	---	---
40	1.019	0.999	2.546	2.526	4.775	4.745	6.366	6.312	11.141	11.031	15.915	15.795
42	1.070	1.050	2.674	2.654	---	---	---	---	---	---	---	---
44	1.120	1.100	2.801	2.781	5.252	5.222	7.003	6.949	---	---	---	---
48	1.222	1.202	3.056	3.036	5.730	5.700	7.639	7.585	13.369	13.259	19.099	18.979
60	1.528	1.508	3.820	3.800	7.162	7.132	9.549	9.495	16.711	16.601	23.873	23.753
72	1.833	1.813	4.584	4.564	8.594	8.564	11.459	11.405	20.054	19.944	28.648	28.528
84	---	---	---	---	10.027	9.997	13.369	13.315	23.396	23.286	---	---
90	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	35.810	35.690
96	---	---	---	---	---	---	15.279	15.225	26.738	26.628	---	---
120	---	---	---	---	---	---	19.099	19.045	33.423	33.313	---	---

1.1.4. Transmisión, Control De Temperatura Y Aislamiento Térmico

1.1.4.1. Resistencia de abrazadera

Las resistencias de moldeo se utilizan ampliamente en la industria del plástico, especialmente para calentar husillos en máquinas de moldeo por inyección.

Para la disipación de calor más precisa posible, la resistencia de la abrazadera debe estar completamente apretada en el husillo. Uno de ellos se muestra en la figura 26.



Fig. 26 Resistencia de abrazadera [45].

Las especificaciones técnicas de las resistencias de abrazadera se encuentran en la tabla 19.

Tabla 19. Especificaciones de la resistencia de abrazadera [45].

CARACTERÍSTICAS GENERALES
<ul style="list-style-type: none">• Funda chapa AISI – 430.• Alma y aislamiento mica.• Cinta calefactora Ni Cr 80/20,• Posibilidad de llevar taladros (sonda)
CONTROL DE CALIDAD
<ul style="list-style-type: none">• Aislamiento: 5 Megaohmios a 500 V CC en frío (mínimo).• Rigidez dieléctrica: 1500 V 1 segundo.• Potencia Nominal: +5% – 10%.

1.1.4.2. Termocupla

Se selecciona la termocupla tipo K, Uno de los termopares que tiene más uso para objetivos de industriales dada su facilidad de control y programación de las temperaturas deseadas. Está diseñado en su mayoría para uso en atmósferas neutras, donde su temperatura máxima en estado continuo es próxima a los 1100 °C y en cortos periodos de tiempo puede llegar a los 1200 °C [46].

Los datos técnicos que tiene la termocupla tipo K se detallan en la tabla 20.

Tabla 20. Datos técnicos Termocupla tipo K [46].

Combinación de Conductores		Cambio aproximado de las F.E.M. Generadas por grado celsius con la unión de referencia a 0°C μ V			Rango de funcionamiento aproximado de temperatura de la unión de medida		Tolerancias de salida de termopar a IEC 60584-1				
Conductor +	Conductor -	100°C	500°C	1000°C	Continuo	Puntual	Tipo	Clase 1	Clase 2	Clase 3	
Niquel - Cromo También conocido como: Chromel™, Thermokanthal KP™, NiCr, T1™, Tophel™	Niquel - Aluminio (magnético) También conocido como: Ni-Al, Alumel™, Thermokanthal KN™, T2™, NiAl™	42	43	39	0 a +1100°C	-180 a +1350°C	Rango de Temperatura Tolerancia Rango de Temperatura Tolerancia	-40°C a +375°C $\pm 1.5^\circ$ C 375°C a 1000°C 1200°C	-40°C a +333°C $\pm 2.5^\circ$ C 333°C a 1200°C	-167°C a +40°C $\pm 2.5^\circ$ C -200°C a - 167°C	$\pm 0.015 \cdot t $

1.1.4.3. Aislamiento De Fibra De Vidrio

Material en forma de fibras o tejidos, muy utilizado como refuerzo en la construcción de maleteros de automóviles u otros componentes plásticos, se produce mediante procesos específicos (fuerza centrífuga, chorro de vapor, bobina de alta velocidad), a partir de vidrio fundido [47]. Se puede ver en la figura 27.



Fig. 27 Lana de fibra de vidrio con recubrimiento de aluminio [48].

En la tabla 21 se visualizan las propiedades físicas que posee el material con diferentes características.

Tabla 21. Propiedades físicas de la fibra de vidrio [49].

Propiedades	Fibra de vidrio			
	Vidrio E	Vidrio R	Vidrio ECR	Vidrio S
Densidad [kg/m ³]	2620	2550	2670	2480
Coefficiente de dilatación [K ⁻¹]	$5.4 \cdot 10^{-6}$	$4.1 \cdot 10^{-6}$	$5.9 \cdot 10^{-6}$	$2.0 \cdot 10^{-6}$
Viscosidad:				
- Punto de reblandecimiento [°C]	850	950	880	1050
Resistencia a la tracción [MPa]	3450	3400	3450	4890
Módulo de elasticidad [GPa]	72,0	85,0	72,0	87,0
Alargamiento [%]	4,8	4,6	4,8	5,7
Índice de permitividad a 1 MHz	6,6	6,0	6,9	5,3

1.1.5. Material Eléctrico

1.1.5.1. Módulo de control Proporcional Integral Derivativo (PID) de temperatura.

El módulo de control proporcional integral derivativo utiliza un algoritmo de control PID con un muestreo de alta velocidad de 100 ms en su funcionamiento, evidenciando así las funciones esenciales y rendimiento mejorado en la selección y determinación de los niveles de temperatura deseados. Este módulo utiliza las salidas de selección de salida de drive (SSRP), como la de relevador para un control económico y eficaz además de poseer un tamaño compacto característico de los módulos de control de temperatura de la serie TC [50].

Este se observa en la figura 28 a continuación.



Fig. 28 Control de temperatura TCN4S-24R [50].

Las características técnicas del módulo TCN4S-24R para el control de temperatura se describen en la tabla 22.

Tabla 22. Características técnicas del módulo PID [50].

TCN4S-24R
Tipo Display: 7 segmentos LED (PV: Rojo, SV: Verde)
Tipos de entrada:
Termocuplas: K, J, L, T, R, S
RTD: Pt-100
Modos de Control: ON/OFF, P, PI, PD, PID
Salida de Control: Relé + SSR
Alarmas: Salidas Alarma 1 + Alarma 2
Alimentación: 100-240VAC 50/60Hz
Tamaño: 1/16 DIN (48x48mm)
Peso: 147g aprox.
Origen: Korea

1.1.6. Material De Inyección

1.1.6.1. Polietileno de Baja Densidad (PEBD/LDPE)

El PEBD, es un polímero termoplástico. Esto significa que a altas temperaturas se vuelve maleable o dúctil, fundiéndose cuando se calienta y endureciéndose cuando se enfría. Como el resto de termoplásticos, el LDPE es perfectamente reciclable y su densidad es mucho menor debido a su estructura de cadena muy ramificada [51].

En la tabla 23 se pueden observar las propiedades eléctricas que posee el PEBD en su composición.

Tabla 23. Propiedades eléctricas del LDPE [51].

Propiedades Eléctricas	
Constante Dieléctrica @1MHz	2,2 - 2,35
Factor de Disipación a 1 MHz	$1 - 10 \times 10^{-4}$
Resistencia Dieléctrica (kV mm ⁻¹)	27
Resistividad Superficial (Ohm/sq)	10^{13}
Resistividad de Volumen a ^C (Ohm·cm)	$10^{15} - 10^{18}$

Al observar la tabla 24 se determinan las propiedades físicas de material de inyección seleccionado.

Tabla 24. Propiedades físicas del LDPE [51].

Propiedades Físicas	
Absorción de Agua - en 24 horas (%)	<0,015
Densidad (g cm ⁻³)	0,92
Índice Refractivo	1,51
Índice de Oxígeno Límite (%)	17
Inflamabilidad	Si
Resistencia a los Ultra-violetas	Aceptable

Las propiedades mecánicas del LDPE se especifican en la tabla 25, donde se puede observar el comportamiento mecánico del material.

Tabla 25. Propiedades mecánicas del LDPE [51].

Propiedades Mecánicas	
Alargamiento a la Rotura (%)	400
Dureza - Rockwell	D41 - 46 - Shore
Módulo de Tracción (GPa)	0,1 - 0,3
Resistencia a la Tracción (MPa)	5 - 25
Resistencia al Impacto Izod (J m ⁻¹)	>1000

Para lograr una correcta fundición del material se deben considerar las propiedades térmicas del polietileno de baja densidad que se detallan en la tabla 26.

Tabla 26. Propiedades térmicas del LDPE [51].

Propiedades Térmicas	
Calor Específico (J K ⁻¹ kg ⁻¹)	1900
Coefficiente de Expansión Térmica (x10 ⁻⁶ K ⁻¹)	100 - 200
Conductividad Térmica a 23C (W m ⁻¹ K ⁻¹)	0,33
Temperatura Máxima de Utilización (°C)	50-90
Temperatura Mínima de Utilización (°C)	-60
Temperatura de Deflexión en Caliente - 0.45MPa (°C)	50
Temperatura de Deflexión en Caliente - 1.8MPa (°C)	35

El PEBD tiene una buena resistencia química a algunos materiales, pero presenta una mala con otros, en la tabla 27 se especifican el tipo de resistencia dependiendo el material.

Tabla 27. Resistencia Química del LDPE [51].

Resistencia Química	
Ácidos - concentrados	Aceptable
Ácidos - diluidos	Buena
Álcalis	Buena
Alcoholes	Buena
Cetonas	Buena
Grasas y Aceites	Mala
Halógenos	Mala
Hidrocarburos Aromáticos	Mala

1.1.7. Selección De Materiales Del Sistema Enrollador

Dentro de la selección de materiales del sistema enrollador se escogerán los elementos necesarios para el diseño de los mismos, de forma que se especifique cada material utilizado para la construcción de dichos mecanismos secundarios a la inyección del filamento para impresoras 3D.

1.1.7.1. Estructura

Para el sistema entallador se realizará una estructura aparte de la de la máquina inyectora de filamento para impresoras 3D, en el cual se ubicarán los 3 mecanismos secundarios conformados por el tensor, sistema de posicionamiento y bobinador.

Se seleccionó un perfil C de acero AISI 1010 para la construcción de una estructura cuadrada, donde los mecanismos serán anclados al mismo por medio de pernos o a su vez suelda.

1.1.7.2. Motores Nema 17

Para el funcionamiento de los 3 mecanismos se selecciona 3 motores nema 17 dado que cumple con el requerimiento de movimiento de cada mecanismo, con los cuales se pretende realizar el movimiento que necesita cada equipo secundario para realizar su labor.

1.1.7.3. Tensor

Para la elaboración del tensor se seleccionan diferentes componentes que forman parte del sistema de arrastre y modulación del diámetro que se pretende con este dispositivo, se observa en la tabla 28 un listado de los elementos seleccionados y una descripción de su labor dentro del tensor.

Tabla 28. Descripción de elementos seleccionados en el tensor.

N°	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	Rodillo de caucho	Seleccionado para por la capacidad de arrastre y calibre del filamento, el cual se desplazará por medio de dos rodillos que generaran el resultado esperado.
2	Eje de rodillos	Se seleccionan 2 ejes para los rodillos que sean el anclaje del movimiento de los mismos a la estructura del tensor.
3	Rodamientos	Al seleccionar 2 rodamientos para cada rodillo se garantiza el correcto movimiento de los mismos para el arrastre y calibración del filamento.
4	Estructura	Para la estructura del tensor se seleccionó una plancha de acero sujeta con pernos la cual de estabilidad al mecanismo del tensor.

1.1.7.4. Sistema De Posicionamiento

Para la elaboración del sistema de posicionamiento se seleccionan diferentes componentes encargados del control de posición del filamento dentro del carrete, se observan en la tabla 29 un listado de los elementos seleccionados y una descripción de su labor dentro del posicionador.

Tabla 29. Descripción de elementos seleccionados en el sistema de posicionamiento.

N°	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	Posicionador	Se diseña una pieza posicionadora de filamento la cual se desplaza por medio de un eje liso y un eje roscado.
2	Eje liso	Se selecciona un eje liso de 6 mm por el cual la pieza posicionadora se desplaza para acomodar el filamento
3	Eje roscado	Al seleccionar un eje roscado de 8mm y 4 hilos que se fije a la pieza de posición con una tuerca se pretende que esta sea la trasmisora del movimiento.
4	Chumacera	Para el soporte del eje roscado se escoge una chumacera de 8mm la cual también sirve para la transmisión de movimiento del mismo.
5	Soportes	Se utilizan soportes impresos en 3D para la sujeción del eje liso en la estructura del sistema enrollador.

1.1.7.5. Sistema De Bobinado

Para la elaboración del sistema de bobinado se seleccionan diferentes componentes que se encargarán de la labor del bobinado del filamento dentro del carrete, se observan en la tabla 30 un listado de los elementos seleccionados y una descripción de su labor dentro del bobinador.

Tabla 30. Descripción de elementos seleccionados en el sistema bobinador.

Nº	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	Estructura	Se selecciona un poste estructural del mismo material que la estructura del enrollador, en el cual se colocaran los elementos del sistema de bobinado.
2	Eje roscado	Al seleccionar un eje roscado de 12mm que se fije a la pieza de estructura se pretende que esa sea la guía de posicionamiento del carrete.
3	Conos de posición	Se diseñan conos de posición con los cuales se sujetará el carrete al eje roscado, los cuales serán elaborados en impresora 3D.

1.2.FORMULACIÓN DE ECUACIONES.

Para esta sección se adjuntan las fórmulas principales para la realización de los cálculos pertinentes necesarios para el diseño, construcción y simulación de los elementos de la inyectora.

1.2.1. Tornillo Inyector (Husillo)

El husillo es una parte básica de la máquina de inyección de plástico. Se trata de una bobina de acero cuyo diseño es fundamental para el posterior rendimiento y calidad de la máquina de inyección, así como para la plastificación, homogeneización y transformación de polímeros [52].

1.2.1.1. Paso Del Husillo

$$t = 2p_x \quad (1)$$

Donde:

t : Paso del husillo

p_x : Separación círculo del eje

1.2.1.2. Ángulo De Hélice

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{t}{\pi D} \right) \quad (2)$$

Donde:

φ : Ángulo de la hélice

t : Paso del husillo

D : Diámetro del husillo

1.2.1.3. Anchura Del Diente

$$e = \left(\frac{0.12D}{3} \right) \quad (3)$$

Donde:

e : Anchura de la cresta del diente

D : Diámetro del husillo

1.2.1.4. Holgura Del Filete

$$\delta h = 0.002D \quad (4)$$

Donde:

δh : Holgura del filete

D : Diámetro del husillo

1.2.1.5. Longitud Del Husillo

$$L_t = \frac{L}{D} \quad (5)$$

Donde:

L_t : Longitud del husillo

L : Longitud del tornillo

D : Diámetro del husillo

1.2.1.6. Filetes

$$f = \frac{L_t}{D} \quad (6)$$

Donde:

f : Número de filetes

L : Longitud del tornillo

D : Diámetro del husillo

1.2.2. Tolva

Se utilizará una tolva de cuadrada, generalmente en forma de pirámide truncada, para colocar el material plástico que pasa dentro de la máquina de inyección.

1.2.2.1. Altura de sección de tolva

$$h_0 = \frac{D/2}{\tan\theta} \quad (7)$$

Donde:

h_0 : Altura 1

D : Radio exterior

θ : Angulo de la tolva

$$h_B = \frac{B/2}{\tan\theta} \quad (7.1)$$

Donde:

h_B : Altura 2

B : Radio interior

θ : Angulo de la tolva

En la figura 29, se observa el dimensionamiento a considerar para la determinación del volumen requerido de la tolva.

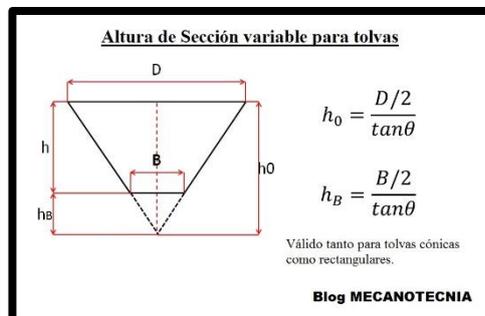


Fig. 29 Dimensionamiento de la tolva [53].

1.2.2.2. Esfuerzos de la tolva

$$P_v = \frac{\rho \cdot g \cdot D}{4 \cdot \mu \cdot K \cdot g_c} \left(1 - \exp \left(- \frac{4 \cdot z \cdot \mu \cdot K}{D} \right) \right) \quad (7.2)$$

Donde:

P_v : Presión del fondo de tolva

z : Altura de tolva

ρ : Densidad del material

μ : Coeficiente de fricción

D : Diámetro mayor de la tolva

g : Gravedad

1.2.3. Presión

Se describe a la presión de inyección comúnmente como la presión de la bomba de superficie requerida para lograr una inyección que permita que el producto inyectado inyecte plástico sin grietas ni golpes.

1.2.3.1. Presión Máxima

$$P_{max} = \frac{6 \cdot \pi \cdot D \cdot L_t \cdot n \cdot \mu}{h_2 \cdot \tan \varphi} \quad (8)$$

Donde:

P_{max} : Presión máxima

L_t : Longitud del husillo

D : Diámetro del husillo

n : Revoluciones del husillo

μ : Viscosidad efectiva

h_2 : Altura del husillo en la zona de dosificación

φ : Angulo de hélice

1.2.3.2. Flujo

$$R_f = \frac{L_t}{esp} \quad (8.1)$$

Donde:

R_f : Relación de flujo

L_t : Longitud del husillo

esp : espesor del cilindro

1.2.4. Esfuerzos Del Tornillo

Un husillo es un tipo de tornillo largo y de gran diámetro, utilizado para producir el desplazamiento lineal del plástico, al realizar este movimiento se ve sometido a diferentes esfuerzos como:

1.2.4.1. Relación De Diámetros

$$u = \frac{D_i}{D_{i2}} \quad (9)$$

Donde:

u : Relación entre diámetros

D_i : Diámetro interno

D_{i2} : Diámetro interno 2

2.5.4.2. Sección Transversal Del Husillo

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot (1 - u^2) \quad (9.1)$$

Donde:

A : Sección transversal del husillo

D : Diámetro del husillo

u : Relación entre diámetros

2.5.4.3. Momento de inercia

$$J = \frac{\pi \cdot D^4}{4} \cdot (1 - u^4) \quad (10)$$

J : Momento de inercia

D : Diámetro del husillo

u : Relación entre diámetros

2.5.4.4. Fuerza Tangencial

$$F_{tan} = A \cdot P_{max} \quad (11)$$

Donde:

F_{tan} : Fuerza tangencial

A: Sección transversal del husillo

P_{max} : Presión máxima

2.5.5. Esfuerzos Del Cilindro

El cilindro del inyector es la cavidad en la que se aloja el husillo, y como este es la guía de desplazamiento del material dentro de la máquina de moldeo por inyección, se calcula un cilindro de paredes gruesas [9].

2.5.5.1. Tangencial

$$\sigma_t = \frac{P_{max} \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_o^2}{r_i^2}\right) \quad (12)$$

Donde:

σ_t : Esfuerzo tangencial

P_{max} : Presión máxima

r_i : Radio interior

r_o : Radio exterior

2.5.5.2. Radial

$$\sigma_r = \frac{P_{max} \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 - \frac{r_o^2}{r_i^2}\right) \quad (13)$$

Donde:

σ_r : Esfuerzo radial

P_{max} : Presión máxima

r_i : Radio interior

r_o : Radio exterior

2.5.5.3. Esfuerzo Equivalente

$$\sigma_{eq} = \sigma_t - \sigma_r \quad (14)$$

Donde:

σ_{eq} : Esfuerzo equivalente

σ_t : Esfuerzo tangencial

σ_r : Esfuerzo tangencial

2.5.6. Boquilla

Por medio del husillo el plástico se transportará hacia la boquilla la cual dará forma al plástico fundido, para esto será necesario una presión de contacto.

2.5.6.1. Presión

$$p_{cont} = \frac{F_{tan}}{\pi \cdot \sin \varphi \cdot D_{medio} \cdot l_{apoyo}} \quad (15)$$

Donde:

p_{cont} : Presión de contacto

F_{tan} : Fuerza tangencial

φ : Ángulo de la hélice

D_{medio} : Diámetro medio

l_{apoyo} : Longitud de apoyo

2.5.7. Estructura

Para el posicionamiento de la inyectora se generará una estructura que permita tener un fácil acceso a la máquina aparte de ayudar a la estabilidad del equipo durante el tiempo de trabajo.

2.5.7.1. Fuerza Plancha

$$F = m \cdot g \quad (16)$$

Donde:

F : Fuerza

m : masa

g : gravedad

2.5.7.2. Área Plancha

$$A = 2h(a + b) + 2ab \quad (17)$$

Donde:

A : Área

a : Ancho

b : Base

h : Altura

2.5.7.3. Esfuerzo Normal Plancha

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (18)$$

Donde:

σ : Esfuerzo normal

F : Fuerza

A : Area

2.5.8. Eje Hueco

2.5.8.1. Área Del Eje Hueco

$$A_h = \frac{\pi}{4}(de^2 - di^2) \quad (19)$$

Donde:

de : Diámetro exterior

di : Diámetro interior

2.5.8.2. Máximo Par De Torsión Permisible

$$T = \frac{J \cdot \tau_{max}}{c} \quad (19.1)$$

$$J = \frac{\pi}{2}(c_2^4 - c_1^4) \quad (19.2)$$

$$c = \frac{d}{2} \rightarrow \frac{c}{1000} \quad (19.3)$$

Donde:

c_2 : Centro 2

c_1 : Centro 1

2.5.8.3. Esfuerzo Mínimo De Corte

$$\tau_{min} = \frac{c_1}{c_2} \cdot \tau_{max} \quad (20)$$

Donde:

c_2 : Centro 2

c_1 : Centro 1

2.5.8.4. Cargas Del Eje

$$\sum Ma = 0 \quad (21)$$

$$\sum Fy = 0 \quad (21.1)$$

Donde:

Ma : Masa y aceleración

Fy : Fuerzas en y

2.5.9. Soldadura

El proceso de unir dos o más partes usando soldadura, calor y/o presión, el proceso de fundir partes de una parte o agregar material de relleno y unir las durante el enfriamiento

2.5.9.1. Soldadura Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

La soldadura con gas inerte de tungsteno (TIG) utiliza el calor generado por la colisión de un arco entre el electrodo de tungsteno y la pieza de trabajo. Esto puede derretir el metal en la zona continental [54].

2.5.9.2. Soldadura Gas Metal Arc Welding (GMAW)

La soldadura GMAW se denomina así porque depende del gas inyectado (metal gas inerte o metal gas activo) y se realiza mediante el arco bajo un gas de protección con electrodos consumibles. El arco se llama así porque es creado por electrodos que consisten en alambres continuos y componentes que están protegidos por un gas inerte o un gas activo [54].

2.5.9.3. Soldadura Shield Metal Arc Welding (SMAW)

También llamada soldadura por arco es la más básica de todos los tipos de soldadura y la más fácil de aprender. Este tipo de soldadura se puede utilizar para la fabricación, la construcción y algunas reparaciones. La soldadura SMAW es útil para metales con un espesor de 4 mm o más [54].

Para el cálculo de soldadura se debe seleccionar los diferentes tipos de soldadura aplicadas en la máquina dependiendo la posición de soldadura de la figura 30.

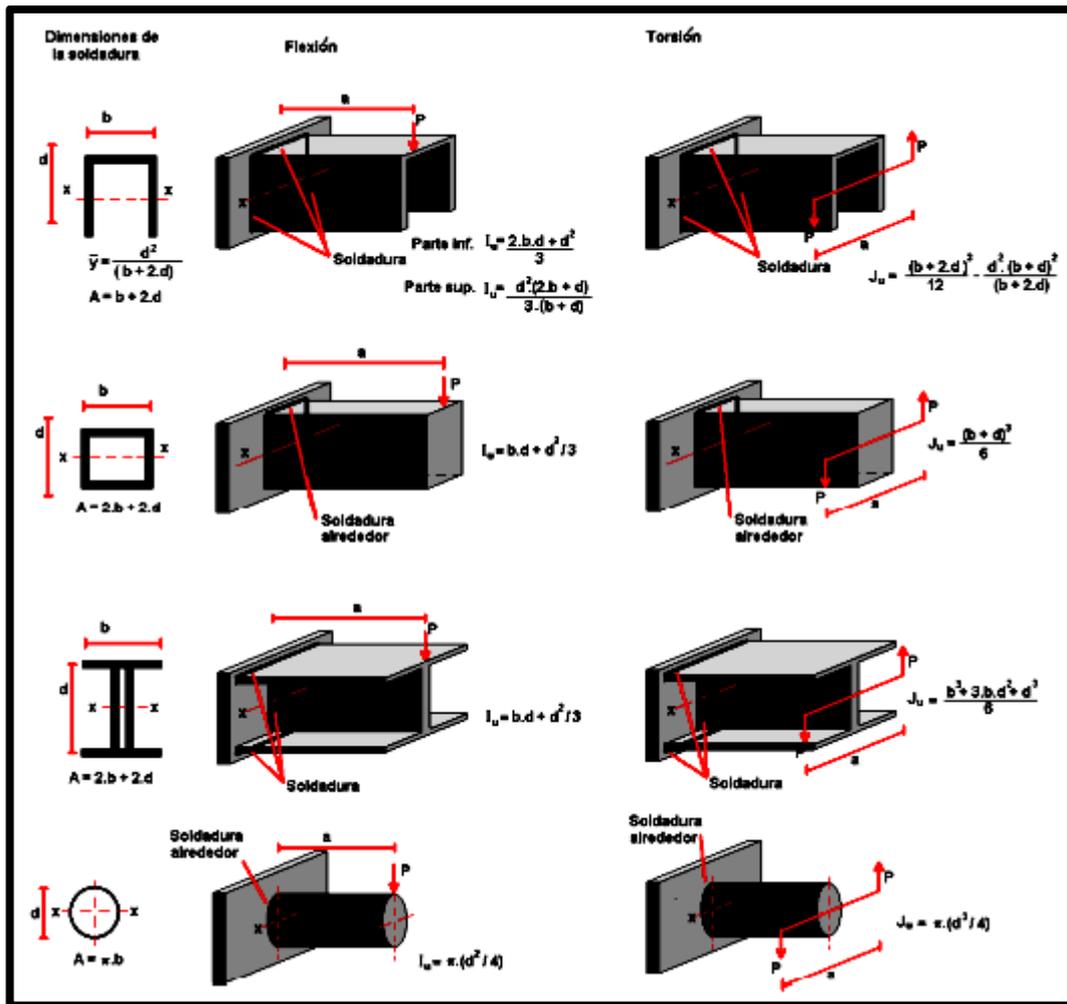


Fig. 30 Soldadura y esfuerzos [55].

2.5.10. Rodamientos

Dentro de los detalles de este tema se describe que “los rodamientos soportan y guían elementos giratorios u oscilantes de las máquinas, por ejemplo, árboles, ejes o ruedas, y transfieren las cargas entre los componentes de la máquina. Ofrecen gran precisión y baja fricción y, por lo tanto, admiten velocidades de giro elevadas al tiempo que reducen el ruido, el calor, el consumo de energía y el desgaste” [56].

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (22)$$

Donde:

L_{10} : Vida nominal

C : Carga dinámica equivalente

P : Carga radial

Este cálculo en horas:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} L_{10} \quad (23)$$

Donde:

L_{10h} : Vida nominal en horas

n : Revoluciones

2.5.11. Pernos

Los pernos son piezas metálicas cilíndricas y alargadas. Constan de un extremo redondo y otro con tuerca o acabado similar que le permite sujetar otros componentes. Los pernos pueden unir piezas grandes en una estructura. La función de los pernos es unir y montar varias placas o componentes [57].

2.5.11.1. Fuerza Aplicada

$$F_e = \frac{F_{et}}{nb} \quad (24)$$

Donde:

F_{et} : Fuerza distribuida

F_e : Fuerza externa

nb : Número de pernos

2.5.11.2. Resistencia Cortante Del Perno

$$F_v = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma M_b} \quad (25)$$

Donde:

F_v : Resistencia Cortante

f_{ub} : Resistencia a la tracción

γM_b : coeficiente de seguridad

A_s : Área resistente a la tracción

2.5.11.3. Resistencia La Tracción Del Perno

$$F_t = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma M_b} \quad (26)$$

Donde:

F_t : Resistencia a la tracción

f_{ub} : Resistencia a la tracción

γM_b : coeficiente de seguridad

A_s : Área resistente a la tracción

2.5.12. Potencia de inyección

$$P = \frac{n \cdot \pi \cdot D^2}{K^2} \quad (27)$$

Donde:

P : Potencia

n : Revoluciones

D : Diámetro del husillo

K : Factor de proporcionalidad

2.5.13. Resistencias

Se pueden fabricar todas las medidas, potencias y tensiones que precisen, están fabricadas sobre un soporte de mica. La temperatura de trabajo que pueden alcanzar es notablemente más baja que las abrazaderas cerámicas, ronda en torno a los 450°C. El hilo conductor es nicrom 80-20 [58].

2.5.13.1. Masa Del Polímero

$$m = \delta_{PA} \cdot V \quad (28)$$

Donde:

m : Masa

δ_{PA} : Densidad de LDPE

V : Volumen

2.5.13.2. Calor

$$Q_{PA} = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (29)$$

Donde:

Q_{PA} : Calor

m : Masa

C_p : Calor específico

ΔT : Diferencial de temperatura

2.5.13.3. Potencia De Fundición

$$N = C_T \cdot l \cdot \Delta T \quad (30)$$

Donde:

N : Potencia

C_T : Flujo de calor

l : Longitud

ΔT : Diferencial de temperatura

2.5.13.4. Tiempo

$$t = \frac{Q_{PA}}{W} \quad (31)$$

Donde:

t : Tiempo

Q_{PA} : Calor

W : Trabajo

2.5.14. Motor Eléctrico

Los motores eléctricos cuentan con componentes principales:

Estator: Consiste en el elemento fijo de la parte rotativa siendo uno de los componentes elementales para la transmisión de potencia en motores de eléctricos o de corriente alterna en el caso de los generadores eléctricos [59].

Rotor: Se trata de la parte que gira o rota dentro de una máquina eléctrica, ya sea un motor o un generador eléctrico.

Conmutador: Compuesto de un tipo de conmutador encontrado en algunos motores y generadores donde su función es un cambio periódico de la dirección de la corriente del motor y el circuito externo [59].

Escobillas: En los motores o generadores eléctricos es preciso establecer una conexión fija entre la máquina con las bobinas del rotor.

2.5.14.1. Potencia De Salida Del Motor

$$P_{out} = Hp \cdot 746w \quad (32)$$

Donde:

P_{out} : Potencia de salida del motor

Hp : Caballos de fuerza

2.5.14.2. Potencia De Entrada

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{n_{eff}} \quad (33)$$

Donde:

P_{in} : Potencia de entrada del motor

P_{out} : Potencia de salida del motor

n_{eff} : Eficiencia del motor

2.5.14.3. Corriente Nominal

$$I_N = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \theta} \quad (34)$$

Donde:

I_N : Corriente

P : Potencia del motor

V : Voltaje

$\cos \theta$: Factor de potencia

2.5.14.4. Velocidad Sincrónica

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (35)$$

Donde:

n_s : Velocidad sincrónica

f : Frecuencia

p : Polos

2.5.14.5. Torque

$$T = \frac{P \cdot 716}{n} \quad (36)$$

Donde:

T : Torque

P : Potencia del motor

n : rpm

CAPÍTULO 3

3.1. GENERALIDADES

En este capítulo se efectúan los cálculos necesarios para la realización del proyecto de titulación, tomando en cuenta los aspectos principales de la construcción de la máquina de modo que se parte de las ecuaciones detalladas en el capítulo 2 para dar pasó al diseño de los elementos necesarios para la construcción del del equipo inyector, en el cual se tomarán tanto medidas como datos varios de las tablas mencionadas en los capítulos anteriores, además de los anexos de los planos de la máquina. Corroborando de esta manera que los datos de las ecuaciones sean correctos y utilizables en la designación de componentes para la inyectora de plástico.

3.2. CÁLCULOS DE TORNILLO INYECTOR

3.2.1. Paso Del Husillo

$$t = 2p_x \quad (1)$$

Donde:

p_x : 10.50mm

$$t = 2(10.50)mm$$

$$t = 2(10.50)mm$$

$$t = 21mm$$

3.2.2. Ángulo De Hélice

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{t}{\pi D} \right) \quad (2)$$

Donde:

t : 21mm

D : 20mm

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{21}{\pi(20)} \right)$$

$$\varphi = 18.48^\circ$$

3.2.3. Anchura Del Diente

$$e = \left(\frac{0.12D}{3} \right) \quad (3)$$

Donde:

$D: 20\text{mm}$

$$e = \left(\frac{0.12(20)}{3} \right)$$
$$e = 0.8\text{mm}$$

3.2.4. Holgura Del Filete

$$\delta h = 0.002D \quad (4)$$

Donde:

$D: 20\text{mm}$

$$\delta h = 0.002(20)$$
$$\delta h = 0.04\text{mm}$$

3.2.5. Longitud Del Husillo

$$L_t = \frac{L}{D} \quad (5)$$

Donde:

$L: 450\text{mm}$

$D: 20\text{mm}$

$$L_t = \frac{450}{20}$$
$$L_t = 22.5\text{mm}$$

3.2.6. Filetes

Se establecerá la holgura del filete con la ecuación 4, estableciéndolo como:

$$f = \frac{L_t}{D} \quad (6)$$

Donde:

$L_t: 22.5\text{mm}$

$D: 20\text{mm}$

$$f = \frac{22.5}{20}$$
$$f = 1.13\text{mm}$$

3.2.7. Volumen De La Tolva

$$h_0 = \frac{D/2}{\tan\theta} \quad (7)$$

Donde:

D : 400mm

θ : 45°

$$h_0 = \frac{400/2}{\tan(45)}$$

$$h_0 = 200mm$$

$$h_B = \frac{B/2}{\tan\theta} \quad (7.1)$$

Donde:

B : 45mm

θ : 45°

$$h_B = \frac{45/2}{\tan(45)}$$

$$h_B = 22.5mm$$

3.2.8. Esfuerzos de la tolva

$$Pv = \frac{p_0 \cdot g \cdot D}{4 \cdot \mu \cdot K \cdot g_c} \left(1 - \exp\left(-\frac{4 \cdot z \cdot \mu \cdot K}{D}\right) \right) \quad (7.2)$$

Donde:

z : 0.2m

p_0 : 1.36

μ : 2.7

D : 0.4m

g : 9.81

K : 0.400

$$Pv = \frac{1.36 \cdot 9.81 \cdot 0.4}{4 \cdot 2.7 \cdot 0.4 \cdot 1} \left(1 - \exp\left(-\frac{4 \cdot 0.2 \cdot 2.7 \cdot 0.4}{0.4}\right) \right)$$

$$Pv = 1.1Pa$$

3.3. DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN DE INYECCIÓN

3.3.1. Presión Máxima

En la obtención de la presión máxima se usa la ecuación 8, para el establecimiento de los siguientes valores:

$$P_{max} = \frac{6 \cdot \pi \cdot D \cdot L_t \cdot n \cdot \mu}{h_2 \cdot \tan \varphi} \quad (8)$$

Donde:

L_t : 22.5mm

D : 20mm

n : 1600rpm

μ : 700Pa s

h_2 : 20mm

φ : 18.48°

$$P_{max} = \frac{6 \cdot \pi \cdot 20 \cdot 22.5 \cdot 1600 \cdot 700}{20 \cdot \tan(18.48)}$$

$$P_{max} = 14.21 \text{ MP}$$

3.3.2. Flujo

Para calcular la presión de inyección es necesario establecer la longitud máxima de recorrido del material y el espesor de pared de la pieza. Esto se comparará en la figura 31, donde se puede observar una comparación entre el espesor de la pared del cilindro y la presión necesaria dentro de la cavidad.

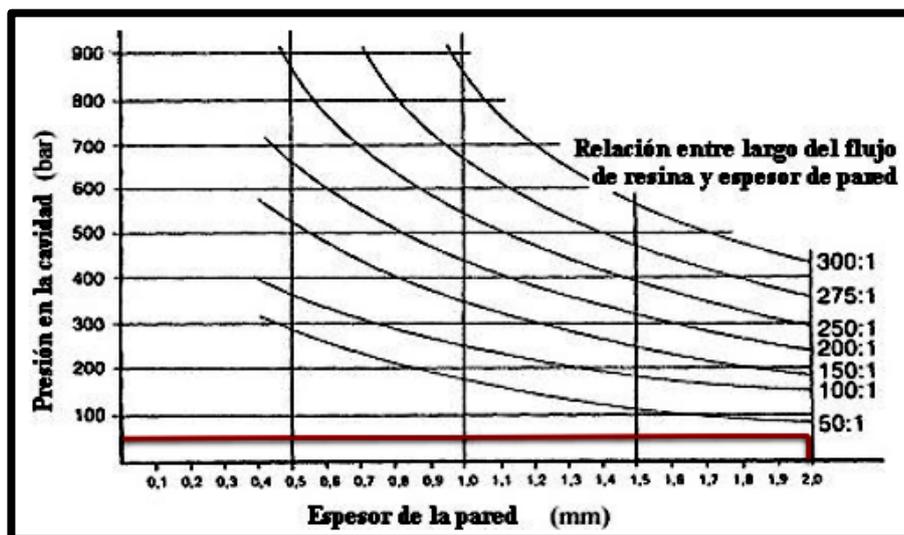


Fig. 31 Relación entre presión de la cavidad y espesor de la pared.

Utilizando la fórmula 8.1 se procede a obtener la relación de flujo con los siguientes datos obtenidos de la figura 32:

$$R_f = \frac{L_t}{esp} \quad (8.1)$$

Donde:

$$L_t = 450\text{mm}$$

$$esp = 19.5\text{mm}$$

$$R_f = \frac{450\text{mm}}{19.5\text{mm}}$$



Fig. 32 Dimensionamiento del cilindro.

Figura 26. Dimensionamiento del cilindro

$$R_f = 23.08 \rightarrow R_f = 23 : 1$$

Con la relación de flujo y el espesor de pared se ingresa en la figura 8, donde se obtiene la presión de inyección adecuada esta tiene un valor de: 46 Bar (668 psi)

3.4. ESFUERZOS DEL TORNILLO

3.4.1. Relación De Diámetros

Con la ecuación 9, se podrá determinar la relación entre diámetros.

$$u = \frac{Di}{Di2} \quad (9)$$

Donde:

$$Di: 10.5\text{mm}$$

$$Di2: 20\text{mm}$$

$$u = \frac{10.50}{20}$$

$$u = 0.53\text{mm}$$

3.4.2. Sección Transversal Del Husillo

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot (1 - u^2) \quad (9.1)$$

Donde:

D : 20mm

u : 0.525 mm

$$A = \frac{\pi \cdot 20^2}{4} \cdot (1 - 0.525^2)$$

$$A = 2.28 \text{ cm}^2$$

3.4.3. Momento De Inercia

$$J = \frac{\pi \cdot D^4}{4} \cdot (1 - u^4) \quad (10)$$

Donde:

D : 20mm

u : 0.525

$$J = \frac{\pi \cdot 20^4}{4} \cdot (1 - 0.525^4)$$

$$J = 11.61 \text{ cm}^4$$

3.4.4. Fuerza Tangencial

$$F_{tan} = A \cdot P_{max} \quad (11)$$

Donde:

A : 0.000228 m^2

P_{max} : 14.21300263 MPa

$$F_{tan} = 0.000228 \cdot 14.21300263 \cdot 1000$$

$$F_{tan} = 3.24 \text{ kN}$$

3.5. ESFUERZOS DEL CILINDRO

3.5.1. Tangencial

$$\sigma_t = \frac{P_{max} \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 + \frac{r_o^2}{r_i^2} \right) \quad (12)$$

Donde:

$$P_{max}: 14.21300263 \text{ MPa}$$

$$r_i: 20.15\text{mm}$$

$$r_o: 30\text{mm}$$

$$\sigma_t = \frac{14.21300263 \cdot 20.15^2}{30^2 - 20.15^2} \cdot \left(1 + \frac{30^2}{20.15^2}\right)$$
$$\sigma_t = 37.57\text{Mpa}$$

3.5.2. Radial

$$\sigma_r = \frac{P_{max} \cdot r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \cdot \left(1 - \frac{r_o^2}{r_i^2}\right) \quad (13)$$

Donde:

$$P_{max}: 14.21300263 \text{ MPa}$$

$$r_i: 20.15\text{mm}$$

$$r_o: 30\text{mm}$$

$$\sigma_r = \frac{14.21300263 \cdot 20.15^2}{30^2 - 20.15^2} \cdot \left(1 - \frac{30^2}{20.15^2}\right)$$
$$\sigma_r = -14.21\text{Mpa}$$

3.5.3. Esfuerzo Equivalente

$$\sigma_{eq} = \sigma_t - \sigma_r \quad (14)$$

Donde:

$$\sigma_t: 37.57\text{Mpa}$$

$$\sigma_r: -14.21\text{Mpa}$$

$$\sigma_{eq} = 37.57 - (-14.21)$$

$$\sigma_{eq} = 51.78\text{Mpa}$$

3.6. BOQUILLA

3.6.1. Presión

$$p_{cont} = \frac{F_{tan}}{\pi \cdot \sin \varphi \cdot D_{medio} \cdot l_{apoyo}} \quad (15)$$

Donde:

$$F_{tan}: 3.24\text{kN}$$

$$\varphi: 18.48^\circ$$

$$D_{medio}: 12.60\text{mm}$$

$$l_{apoyo}: 24.6\text{mm}$$

$$p_{cont} = \frac{32405.646}{\pi \cdot \sin(18.48) \cdot 12.60 \cdot 24.6}$$
$$p_{cont} = 104.98\text{Mpa}$$

3.7. CALCULOS ESTRUCTURALES

3.7.1. Base Estructural

3.7.1.1. Fuerza

$$F = m \cdot g \quad (16)$$

Donde:

$$m: 80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$g: 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 80 \cdot 9.8$$

$$F = 7.84 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$

3.7.1.2. Área

$$A = 2h(a + b) + 2ab \quad (17)$$

Donde:

$$a: 0.0125\text{m}$$

$$b: 0.19\text{m}$$

$$h: 0.3\text{m}$$

$$A = 2 \cdot 0.3(0.0125 + 0.19) + 2 \cdot 0.0125 \cdot 0.19$$

$$A = 0.1263\text{m}^2$$

3.7.1.3. Esfuerzo Normal

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (18)$$

Donde:

$$F: 7.84 \frac{N}{m^3}$$

$$A: 0.1263m^2$$

$$\sigma = \frac{7.84}{0.1263}$$

$$\sigma = 65.07 \frac{N}{m}$$

3.7.2. Eje Hueco

3.7.2.1. Área Del Eje Hueco

$$Ah = \frac{\pi}{4}(de^2 - di^2) \quad (19)$$

Donde:

$$de: 30mm$$

$$di: 20.15mm$$

$$Ah = \frac{\pi}{4}(30^2 - 20.15^2)$$

$$Ah = 387.7mm$$

3.7.2.2. Máximo Par De Torsión Permisible

Para obtener este dato se considera un máximo permisible del material de 440MPa.

$$T = \frac{J \cdot \tau_{max}}{c} \quad (19.1)$$

$$J = \frac{\pi}{2}(c_2^4 - c_1^4) \quad (19.2)$$

$$c = \frac{d}{2} \rightarrow \frac{c}{1000} \quad (19.3)$$

Donde:

$$c_2: 0.015m$$

$$c_1: 0.010m$$

$$J = \frac{\pi}{2}(0.015^4 - 0.010^4)$$

$$J = 6.38 \cdot 10^{-8}m^4$$

$$T = \frac{6.38 \cdot 10^{-8}m^4 \cdot 440MPa}{0.015m}$$

$$T = 1.87 kN \cdot m$$

3.7.2.3. Esfuerzo Mínimo De Corte

$$\tau_{min} = \frac{c_1}{c_2} \cdot \tau_{max} \quad (20)$$

Donde:

$$c_2: 0.015m$$

$$c_1: 0.010m$$

$$\tau_{min} = \frac{0.010m}{0.015m} \cdot 440MPa$$

$$\tau_{min} = 293MPa$$

3.7.2.4. Cargas Del Eje

Para la realización del análisis de cargas del eje se utilizarán las figuras 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 y 42, como base diagramas para la realización de los cálculos del eje.

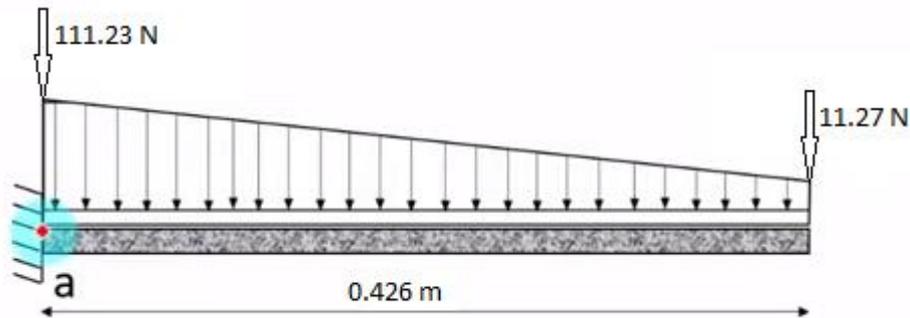


Fig. 33 Cargas de la viga 1.

$$P = b \cdot h$$

$$P = 0.426m \cdot 11.27 \frac{N}{m}$$

$$P = 4.80N$$

$$Cx = \frac{b}{2}$$

$$Cx = \frac{0.426m}{2}$$

$$Cx = 0.213m$$

11.27 N/m



Fig. 35 Carga rectangular.

$$P = \frac{b \cdot h}{2}$$

$$P = \frac{0.426m \cdot 99.96 \frac{N}{m}}{2}$$

$$P = 21.30N$$

$$Cx = \frac{1}{3} \cdot b$$

$$Cx = \frac{1}{3} \cdot 0.426m$$

$$Cx = 0.142m$$

99.96 N/m

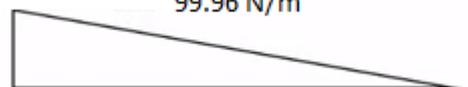


Fig. 34 Carga triangular.

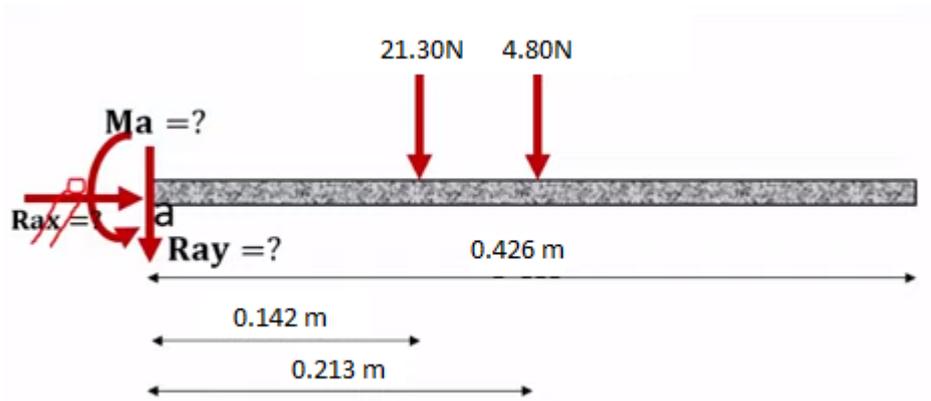


Fig. 36 Cálculo de esfuerzo cortante parte 1.

$$\sum Ma = 0 \quad (21)$$

$$Ma - 21.30N(0.142m) - 4.80N(0.213m) = 0$$

$$Ma = 4.047Nm$$

$$\sum Fy = 0 \quad (21.1)$$

$$Ray - 21.30N - 4.80N = 0$$

$$Ray = 26N$$

Diagrama de momento flector y fuerza cortante.

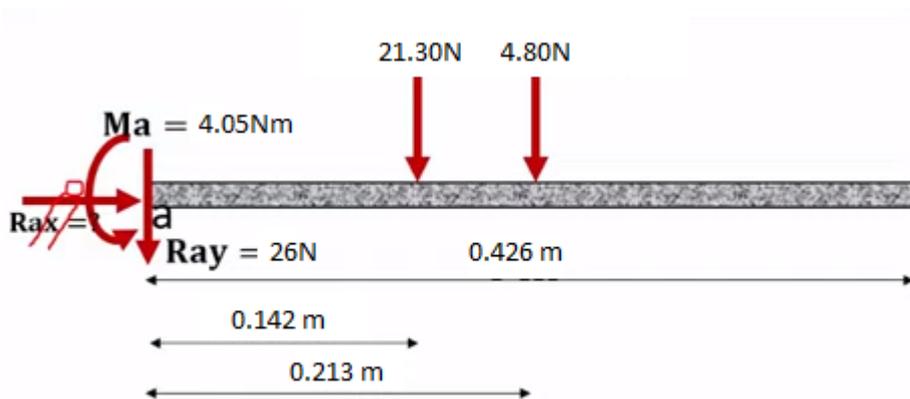


Fig. 37 Cálculo de esfuerzo cortante parte 2.

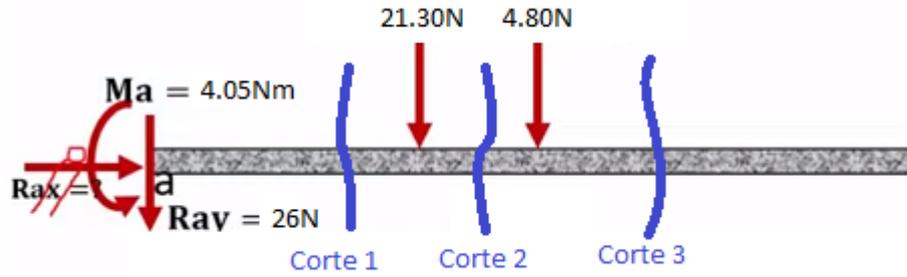


Fig. 38 Cálculo de esfuerzo cortante parte 3.

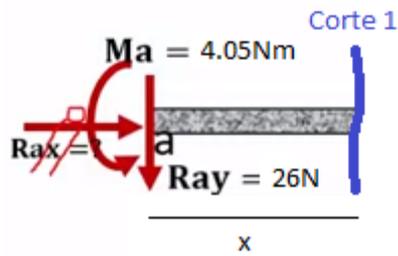


Fig. 39 Cálculo de esfuerzo cortante parte 4.

Tramo 1

$$\sum Mi = 0$$

$$4.05 - 26(x) + Mk1 = 0$$

$$Mk1 = 26x - 4.05$$

Evaluar:

$$x=0$$

$$Mk1 = -4.05$$

$$x=0.142$$

$$Mk1 = -0.358$$

$$\sum Fy = 0$$

$$26 - Qk1 = 0$$

$$Qk1 = 26N$$

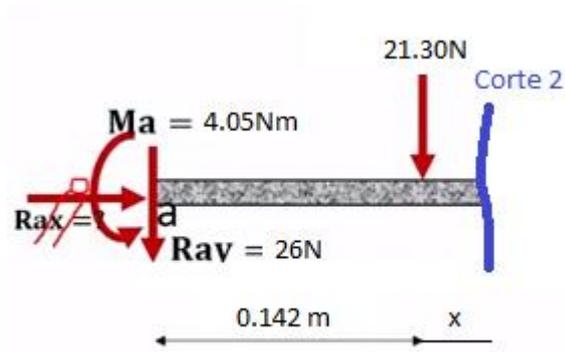


Fig. 40 Cálculo de esfuerzo cortante parte 5.

Tramo 2

$$\sum Mi = 0$$

$$4.05 - 26(0.142 + x) + 21.30(x) + Mk2 = 0$$

$$Mk2 = 4.7x - 0.358$$

Evaluar:

$$x=0$$

$$Mk2 = -0.358$$

$$x=0.071$$

$$Mk2 = -0.024$$

$$\sum Fy = 0$$

$$26 - 21.30 - Qk2 = 0$$

$$Qk2 = 4.7N$$

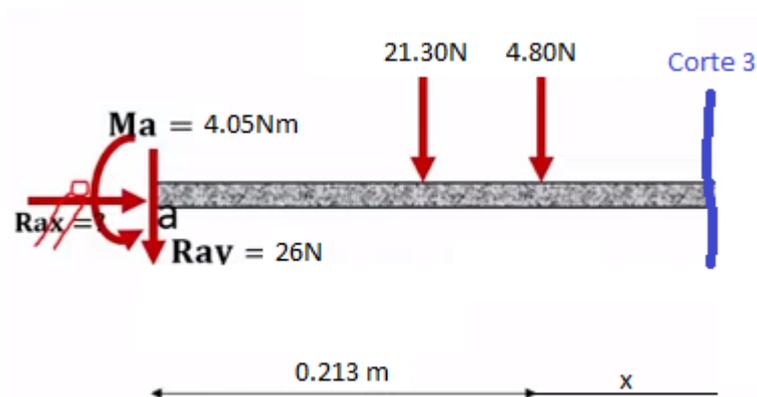


Fig. 41 Cálculo de esfuerzo cortante parte 6.

Tramo 3

$$\sum M_i = 0$$

$$4.05 - 26(0.213 + x) + 21.30(0.071 + x) + 4.80(x) + Mk3 = 0$$

$$Mk3 = 0.1x - 0.024$$

Evaluar:

$$x=0$$

$$Mk3 = -0.024$$

$$x=0.213$$

$$Mk3 = 0$$

$$\sum Fy = 0$$

$$26 - 21.30 - 4.80 - Qk3 = 0$$

$$Qk3 = 0.1N$$

Gráfica de tramos

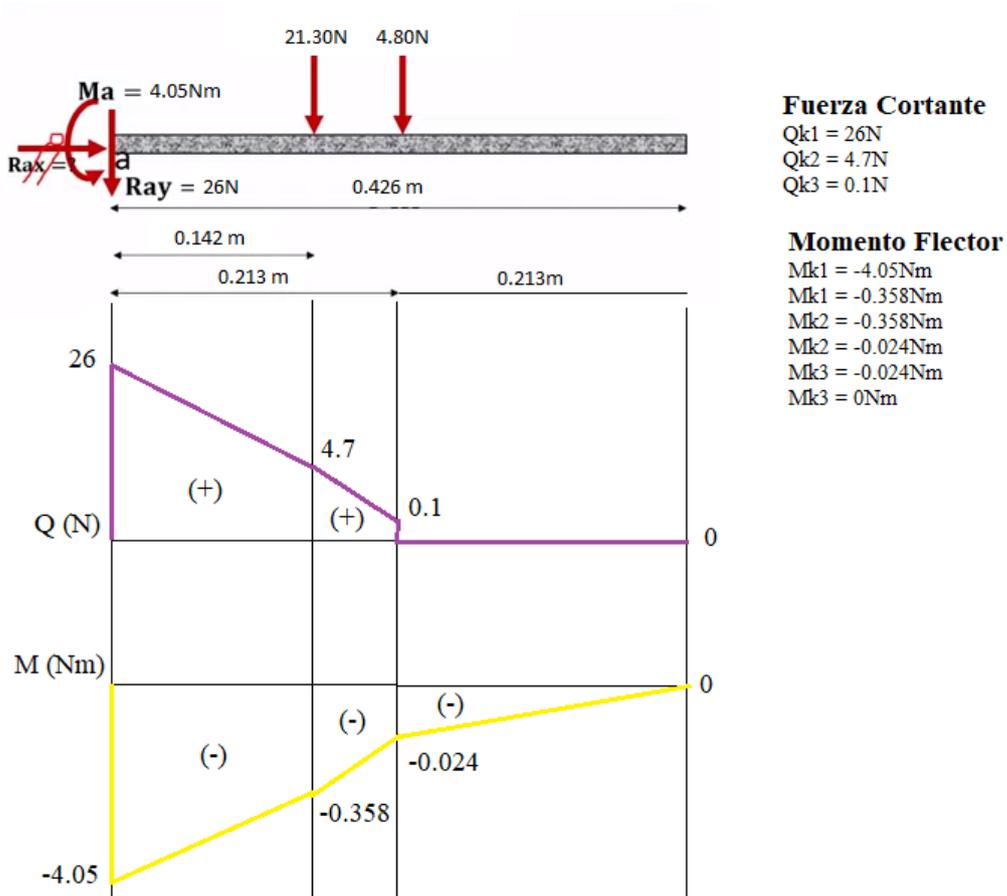


Fig. 42 Gráfica de tramos.

3.8. SOLDADURA

La soldadura del túnel inyector conformado por un eje hueco será unido a la placa de sujeción, que será la encargada de sostener el sistema de inyección, para eso se selecciona una junta de filete con una soldadura alrededor del cilindro de la cual se calculará los momentos de inercia de área polares unitarios, los momentos resistentes unitarios y la carga de flexión el diagrama de cuerpo libre se observa en la figura 43.

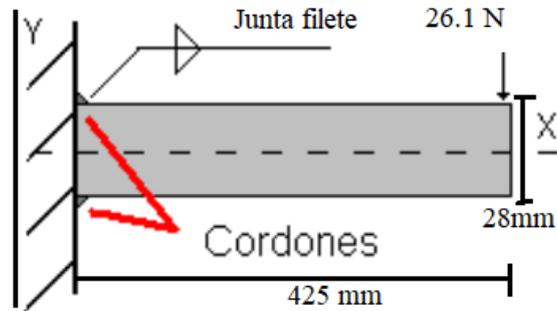


Fig. 43 Diagrama de cuerpo libre soldadura [55].

3.8.1. Momento Resistente Unitario

$$Iu = \pi \left(\frac{d^2}{4} \right)$$

$$Iu = \pi \left(\frac{28^2}{4} \right)$$

$$Iu = 615.75 \text{ mm}^2$$

3.8.2. Momento De Inercia De Área Polar Unitaria

$$Ju = \pi \left(\frac{d^3}{4} \right)$$

$$Ju = \pi \left(\frac{28^3}{4} \right)$$

$$Ju = 17241.06 \text{ mm}^2$$

3.8.3. Carga De Flexión

3.8.3.1. Esfuerzo de corte puro

$$\tau' = \frac{V}{A}$$

$$\tau' = \frac{26.1N}{1231.50}$$

$$\tau' = 0.021 \text{ N/mm}^2$$

3.8.3.2. Esfuerzo de corte

$$\tau = \frac{M}{0.707 \cdot hc \cdot Iu}$$

$$\tau = \frac{4050}{0.707 \cdot 2 \cdot 615.75}$$

$$\tau = 4.05 \text{ N/mm}^2$$

3.9. RODAMIENTOS

Para transmitir el par requerido al eje y limitar su flexión, es necesario un diámetro de eje de 10 mm. Según el diámetro de eje requerido, se selecciona el rodamiento rígido de bolas 6200-2RSH. Se comprobará carga dinámica y la vida nominal SKF, en la figura 44 se visualiza el diagrama de cuerpo del rodamiento.

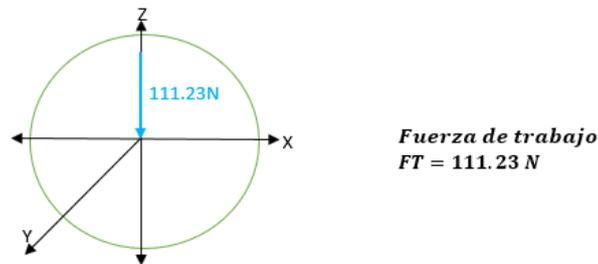


Fig. 44 Diagrama de cuerpo rodamiento.

3.9.1. Carga Dinámica Equivalente Del Rodamiento

$$P = 111.23 \text{ N} \sim 0.111 \text{ kN}$$

3.9.2. Vida Útil Del Rodamiento

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (22)$$

Donde:

C: 5.4kN

P: 0.111kN

$$L_{10} = \left(\frac{5.4}{0.111}\right)^3$$

$$L_{10} = 115 \text{ millones de rev}$$

Este cálculo en horas:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} L_{10} \quad (23)$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot 1300} \cdot 115$$

$$L_{10h} = 1474 \text{ horas de funcionamiento}$$

3.10. PERNOS PRINCIPALES

En la figura 45 se observa el diagrama de diseño de cargas que se utilizó para el diseño de la junta de los pernos principales del proyecto.

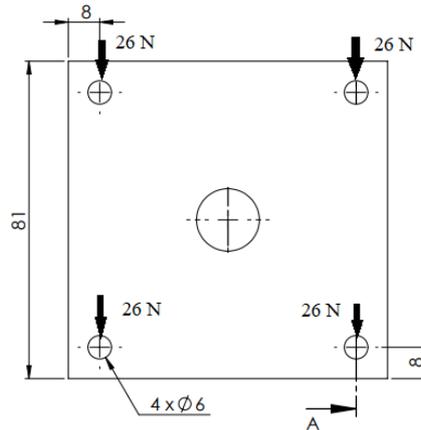


Fig. 45 Diagrama de cargas pernos principales.

3.10.1. Fuerza Aplicada

$$Fe = \frac{Fet}{nb} \quad (24)$$

Donde:

$$Fet: 103.95N$$

$$nb: 4$$

$$Fe = \frac{103.95N}{4}$$

$$Fe = 26N$$

3.10.2. Resistencia A Cortante Del Perno

$$Fv = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot As}{\gamma Mb} \quad (25)$$

Donde:

$$f_{ub}: 400 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma Mb: 1.25$$

$$As: 8.43 \text{ mm}^2$$

$$Fv = \frac{0.6 \cdot 400 \cdot 8.43}{1.25}$$

$$Fv = 1618.56N$$

3.10.3. Resistencia La Tracción Del Perno

$$Ft = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot As}{\gamma Mb} \quad (26)$$

Donde:

$$f_{ub}: 400 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma Mb: 1.25$$

$$As: 8.43 \text{ mm}^2$$

$$Ft = \frac{0.9 \cdot 400 \cdot 8.43}{1.25}$$

$$Ft = 2427.84N$$

3.11. POTENCIA

3.11.1. Potencia de inyección

$$P = \frac{n \cdot \pi \cdot D^2}{K^2} \quad (27)$$

Donde:

$$n: 1300 \text{ rpm}$$

$$D: 20 \text{ mm}$$

$$K: 66.7$$

$$P = \frac{1300 \cdot \pi \cdot 20^2}{66.7^2}$$

$$P = 0.367 \text{ kW}$$

3.12. RESISTENCIAS

3.12.1. Masa Del Polímero

$$m = \delta_{PA} \cdot V \quad (28)$$

Donde:

$$\delta_{PA}: 0.92 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$V: 1 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3$$

$$m = 0.92 \cdot 1 \cdot 10^{-6}$$

$$m = 9.2 \cdot 10^{-7} \text{ g}$$

3.12.2. Calor

$$Q_{PA} = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (29)$$

Donde:

$$m: 9.2 \cdot 10^{-7} \text{ g}$$

$$C_p: 1900$$

$$\Delta T: 30$$

$$Q_{PA} = 9.2 \cdot 10^{-7} \cdot 1900 \cdot 30$$

$$Q_{PA} = 0.05244 \text{ W}$$

3.12.3. Potencia De Fundición

$$N = C_T \cdot l \cdot \Delta T \quad (30)$$

Donde:

$$C_T: 1900$$

$$l: 4.51 \text{ m}$$

$$\Delta T: 30$$

$$N = 1900 \cdot 4.51 \cdot 30$$

$$N = 0.257 \text{ W}$$

3.12.4. Tiempo

$$t = \frac{Q_{PA}}{W} \quad (31)$$

Donde:

$$Q_{PA}: 0.05244$$

$$W: 0.367 \text{ W}$$

$$t = \frac{0.05244}{0.367 \text{ W}}$$

$$t = 0.1428 \text{ s}$$

3.13. MOTOR ELÉCTRICO

3.13.1. Potencia De Salida Del Motor

$$P_{out} = Hp \cdot 746w \quad (32)$$

Donde:

Hp : 217.821Hp

$$P_{out} = 217.82 \cdot 746w$$
$$P_{out} = 162.49W$$

3.13.2. Potencia De Entrada

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{n_{eff}} \quad (33)$$

Donde:

P_{out} : 162.49KW

n_{eff} : 0.82

$$P_{in} = \frac{162.49W}{0.82}$$
$$P_{in} = 198.16W$$

3.13.3. Corriente Nominal

$$I_N = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \theta} \quad (34)$$

Donde:

I_N : Corriente

P : 120

V : 220

$\cos \theta$: $\cos(1)$

$$I_N = \frac{120}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot \cos(1)}$$
$$I_N = 0.3149A$$

3.13.4. Velocidad Sincrónica

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (35)$$

Donde:

f : 60Hz

p : 4

$$n_s = \frac{120 \cdot 60}{4}$$

$$n_s = 1800$$

3.13.5. Torque

$$T = \frac{P \cdot 716}{n} \quad (36)$$

Donde:

T : Torque

P : 120W

n : 1300rpm

$$T = \frac{120 \cdot 716}{1300}$$

$$T = 66.09\text{Nm}$$

CAPÍTULO 4

4.1. GENERALIDADES

En el capítulo 4 se llevará a cabo las simulaciones y análisis de resultados además de los costos necesarios para la implementación de la máquina, de modo que con las simulaciones se busca corroborar por medio del análisis de los elementos principales de la máquina que su funcionamiento y construcción sea el adecuado. Dentro de la realización del análisis de resultados se efectuaron pruebas de funcionamiento a la máquina para obtener todos los datos aplicados en las tablas, del cual se procedió hacer un estudio y determinar un resultado de las mismas. Al realizar el análisis de costos se buscan conocer la inversión inicial del trabajo de titulación tanto como el precio de distribución que tendrá el producto fabricado para de esta forma lograr obtener el VAN y el TIR para conocer si es que el proyecto será rentable y viable para la realización e implementación en el mercado.

4.2. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para la realización de la simulación y el análisis estructural se empleó el programa SolidWorks con su elemento de simulación en el cual al diseño generado en el programa se le efectuado un análisis para la comprobación de deformación del túnel externo de la inyectora con respecto a la placa de sujeción por medio de soldadura.

4.2.1. Análisis De Tensión Nodal

En la imagen 46, se puede observar la simulación del análisis de tensión nodal, donde se puede visualizar los resultados de la aplicación de una carga al túnel de la inyectora con una sujeción a la placa base.

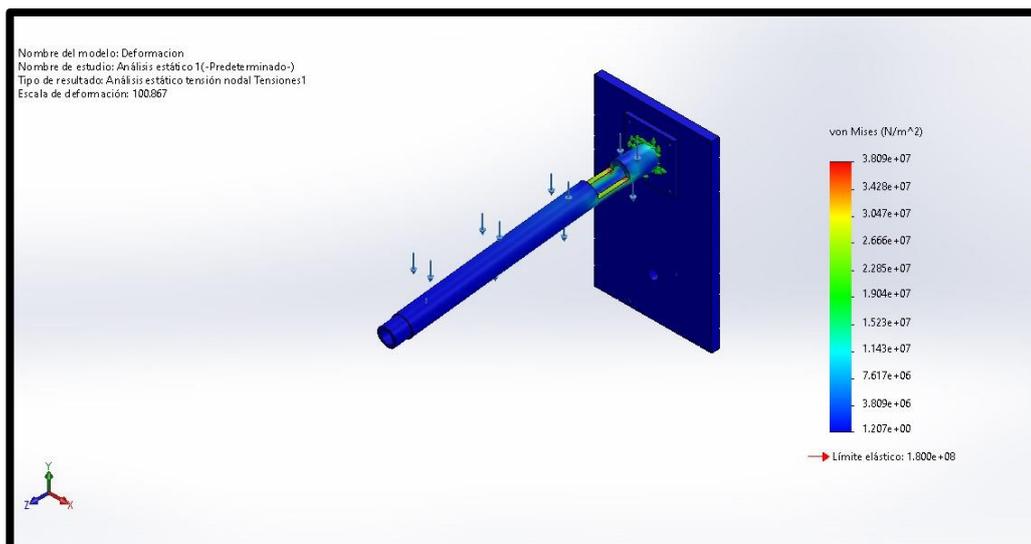


Fig. 46 Simulación de análisis de tensión nodal.

Al analizar el resultado de la simulación se visualiza que el punto de tensión nodal más frágil con $3.809 e^{07} N/m^2$ se encontrará dentro del corte para la colocación de la base de la tolva, obteniendo que esta será la zona más propensa a deformación con respecto al análisis efectuado teniendo un límite elástico de $1.8 e^{08} N/m^2$.

4.2.2. Análisis De Desplazamiento

En la simulación del análisis de desplazamiento, donde se puede visualizar los resultados de la aplicación de una carga al túnel de la inyectora con una sujeción a la placa base, esto se puede observar la imagen 47.

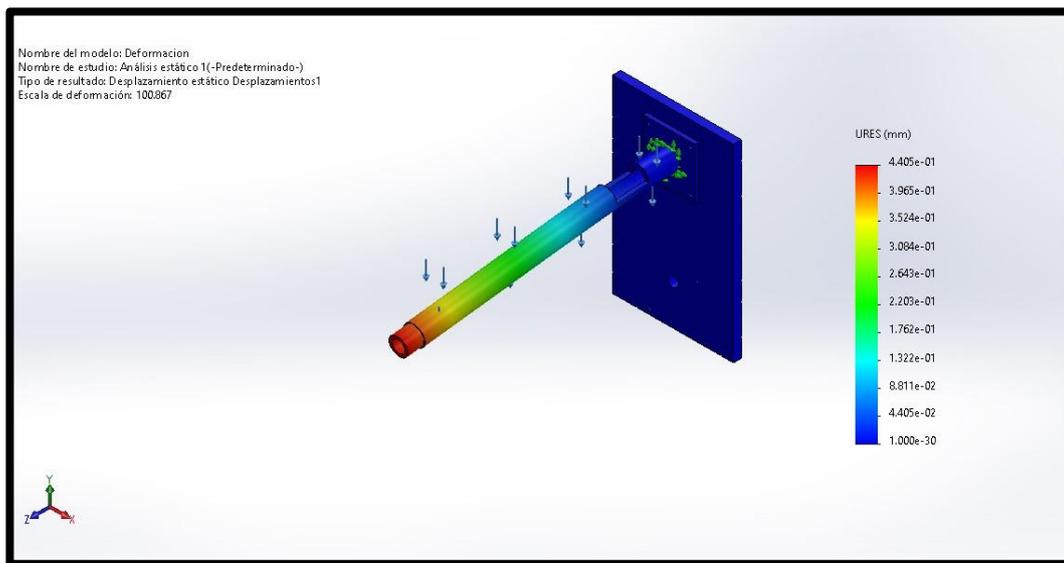


Fig. 47 Simulación de análisis de desplazamiento.

Con la visualización del resultado del análisis de la simulación, se deduce que la zona de desplazamiento se encontrará en el extremo del túnel del equipo, obteniendo que esta será la que sufra una deformación de 0.44mm, al desplazarse de su posición en el transcurso de la ejecución de la simulación.

4.2.3. Análisis De Deformación Unitaria

Se puede visualizar en la imagen 48, el análisis de deformación unitaria, donde se puede observar los resultados de la aplicación de una carga al túnel de la inyectora con una sujeción a la placa base.

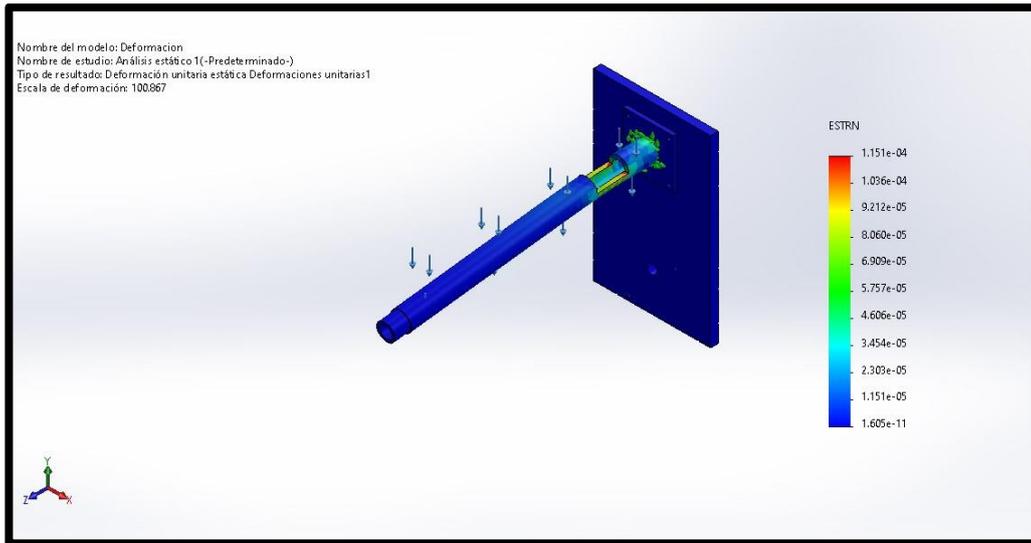


Fig. 48 Simulación de análisis de deformación unitaria.

Por la observación del resultado arrojado por el análisis de la simulación, se concluye que no existirá mayor deformación unitaria de $1.151 e^{-04}$, donde en un bajo margen la zona de posible deformación se encontrará dentro del corte para la colocación de la base de la tolva.

4.2.4. Análisis de deformación por desplazamiento

Por medio de la imagen 49, que representa el análisis de la simulación efectuada, en la cual se observa cual será el movimiento desplazado de la pieza en la aplicación de una carga al túnel de la inyectora con una sujeción a la placa base, donde se destaca que el desplazamiento por deformación se localizará al extremo externo del eje.

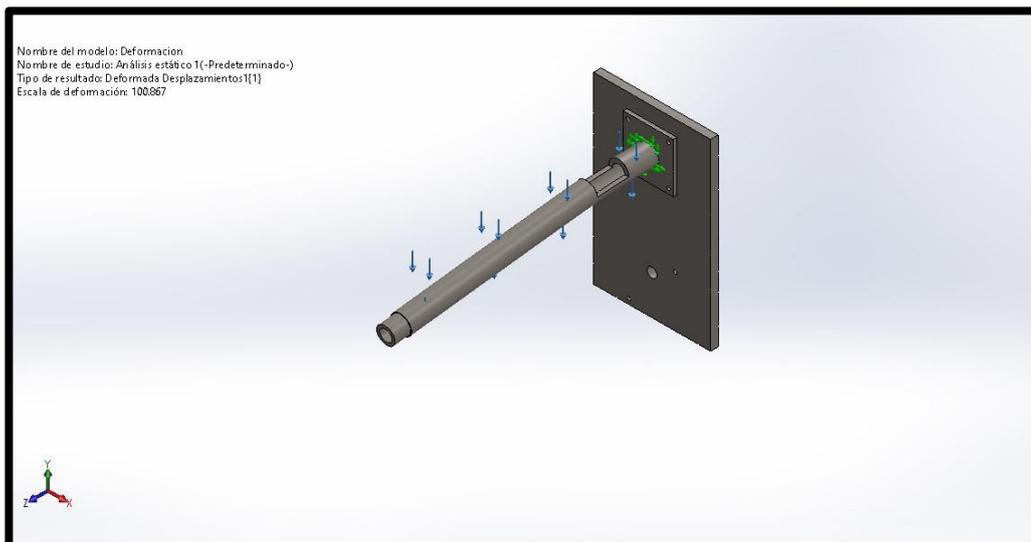


Fig. 49 Simulación de análisis de deformación por desplazamiento.

4.3. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS ELÉCTRICO

Para la simulación y comprobación del circuito eléctrico se empleó el programa Proteus, en el cual se generó un esquema eléctrico de la conexión de control del bobinador utilizado para el conteo de número de vueltas realizadas por el carrete.

4.3.1. Conexión De Control Del Bobinador

En las imágenes 50 y 51, se observa la conexión utilizada para la simulación de la lectura del número de vueltas que realiza el bobinador.

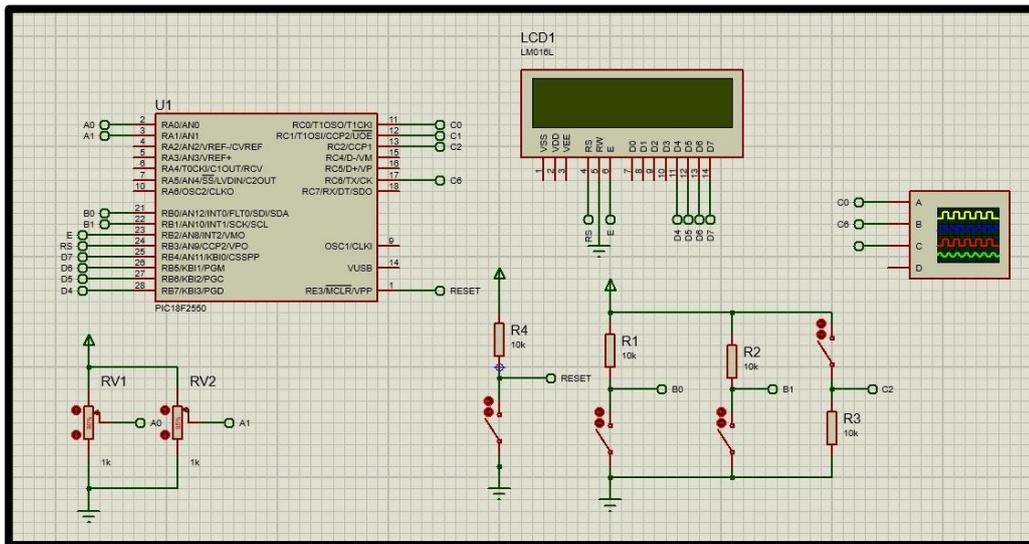


Fig. 50 Circuito del control del sistema bobinador.

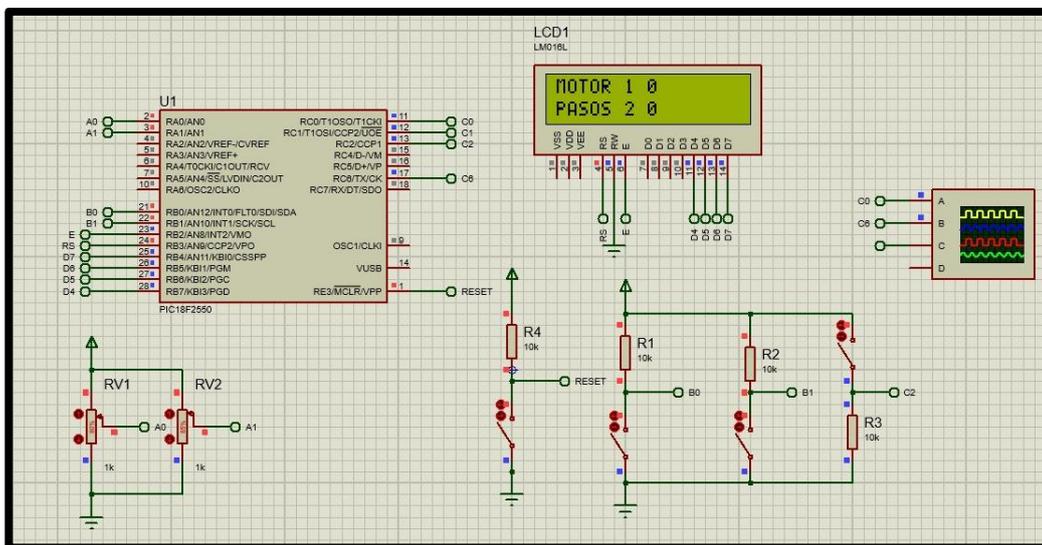


Fig. 51 Conexión del control del sistema bobinador simulación.

Se puede visualizar en las imágenes 52 y 53, la lectura de la señal del número de vueltas arrojado por la esquematización de las conexiones en donde se observa que el circuito lee la cantidad de pasos que realiza el motor apreciando esta variación por medio de la

gráfica del osciloscopio del cual al contabilizar los pasos se obtiene el número de vueltas que da el bobinador.

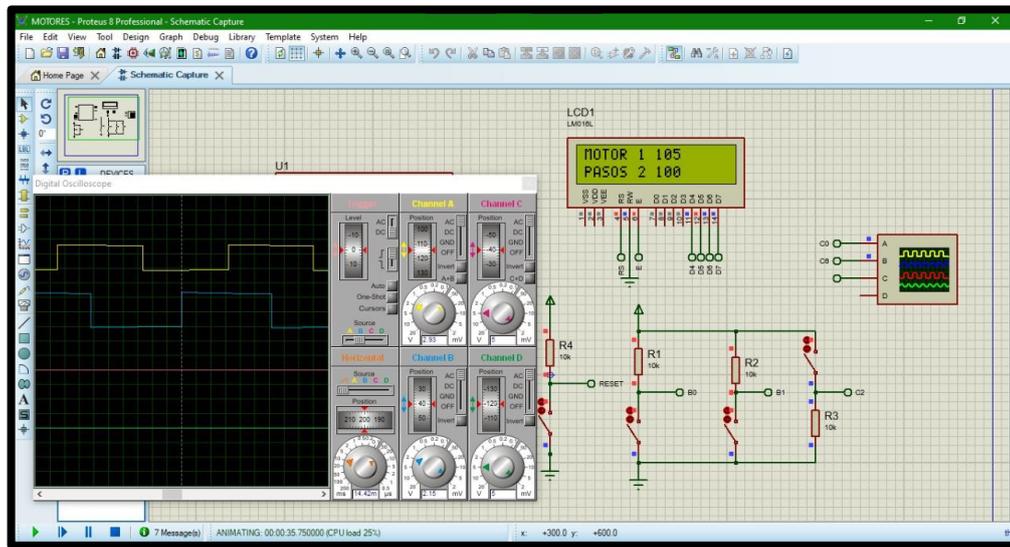


Fig. 52 Simulación del osciloscopio de la conexión del control del sistema bobinador.

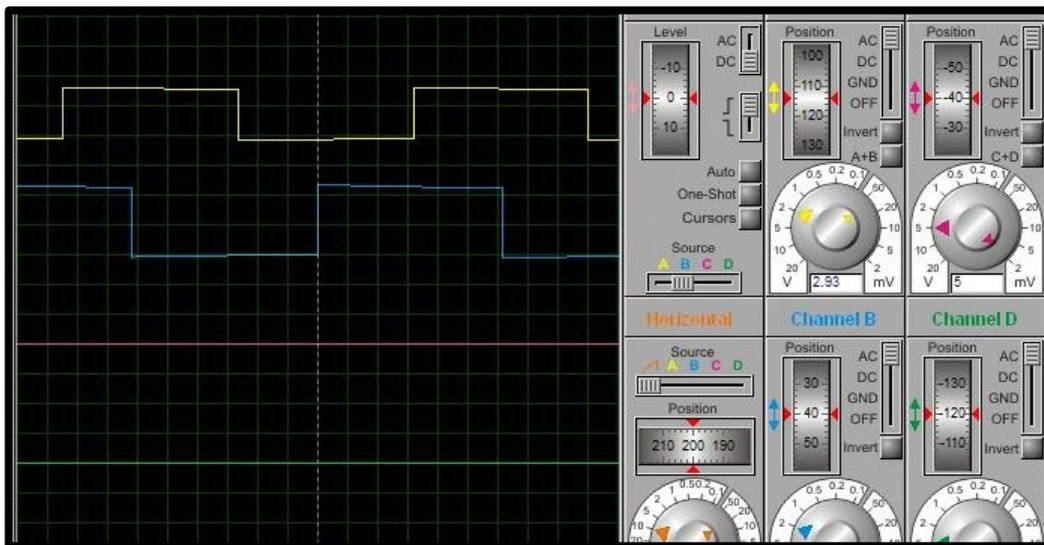


Fig. 53 Resultado del osciloscopio de la conexión del control del sistema bobinador.

Con la simulación efectuada en el osciloscopio se destaca que para el cálculo del movimiento del motor se consideran los pasos dados por el eje del motor, lo que se observa en la pantalla del osciloscopio, dando cabida a que cada 200 pasos efectuados en el mecanismo bobinador lo contará como una vuelta, lo que servirá para conocer el número de vueltas que necesita dar el carrete para colocar en el mismo el filamento para impresitas 3D.

4.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.4.1. Tiempo De Regularización De La Temperatura

Para el material empleado que es el propileno de baja densidad las temperaturas de inyección son de 190 a 288 grados Celsius. Por lo cual para hacer la prueba de regularización de temperatura se escogieron temperaturas dentro de este rango, para evidenciar en cuánto tiempo se podría obtener una condición favorable en el plástico para trabajar de manera idónea, esto se evidencia en la tabla 31, en la cual se evaluará la consistencia del material después de un tiempo de espera determinado entre 5 y 20 minutos.

Tabla 31. Análisis de tiempos de regularización de la temperatura.

Temperatura Resistencias	Tiempo de espera	Resultado
R1=190	5 minutos	Al colocar la temperatura mínima de inyección en las resistencias, al alcanzar los 20 minutos aún no se obtenía la consistencia requerida para empezar con la inyección del filamento y al lograr la consistencia la inyección del mismo se dificultaba. Por lo cual se descarta utilizar el tiempo mínimo en las resistencias.
R2=190	10 minutos	
R3=190	20 minutos	
R1= 190	5 minutos	Al colocar temperaturas diferentes dentro de cada resistencia por medio del módulo Pid se evidencia que al paso de 15 minutos la consistencia del plástico es la idónea para la inyección del filamento dando como resultado que la aplicación de diferentes temperaturas dentro del rango del material es el método adecuado a usarse en el equipo.
R2= 260	10 minutos	
R3= 200	15 minutos	
R1= 288	5 minutos	Al colocar la temperatura máxima de inyección del material se evidencia que está al paso de 10 minutos obtendrá la consistencia idónea para la inyección, pero por la alta temperatura el material empezará a degradarse en algunas zonas. Por lo cual estas temperaturas no serán las indicadas para la selección.
R2=288	10 minutos	
R3=288	20 minutos	

4.4.2. Grosor De Inyección

Para la realización de la prueba de grosor de inyección se inyectó material sin un tiempo determinado para evidenciar cuál es el grosor del material con y sin el arrastre del tensor y qué cantidad de material se generará según el grosor de inyección, esto se puede corroborar en la tabla 32, donde se adjuntan los resultados de medición y peso del material en base de estudios realizados al producto obtenido de la máquina.

Tabla 32. Análisis de grosor de inyección.

Grosor del material	Cantidad de material	Resultados
20 mm	34g	Se evidencia que en su capacidad máxima el grosor del filamento será de 20 mm, por lo que al ser arrastrado por el tensor no logrará tener el diámetro establecido para el bobinado del filamento.
13.5 mm	27g	Al bajar la capacidad del grosor del filamento este será 13.5 mm evidenciando que con el arrastre del tensor se necesitará menos cantidad de material para lograr el diámetro requerido.
4 mm	8g	Al estabilizar la capacidad de inyección de la máquina el grosor del filamento será 4mm del cual con el arrastre del tensor se obtendrá de manera idónea el diámetro requerido para el bobinado en el carrete.

4.4.3. Capacidad de inyección

Para lograr la cantidad de inyección necesaria se requiere de 2 kg/h lo que da que cada minuto se debe inyectar 33.3g de plástico y en las pruebas de funcionamiento de la inyectora a su velocidad máxima genera 34 gramos por hora siendo la máxima capacidad de inyección, pero para mantener el correcto funcionamiento de la máquina además de un diámetro adecuado del filamento, se establece que la inyección por minuto ideal será de 8 gramos, esto se puede observar en la tabla 33.

Tabla 33. Análisis de capacidad de inyección.

Tiempo	Cantidad de inyección estimada	Cantidad de inyección total	Cantidad de inyección ideal
1 hora	2 kg	2 kg	0.5 kg
1 minuto	33.3 g	34 g	8 g

4.5. COSTOS

Para llevar a cabo el análisis de costos se generará un desglosamiento de los costos directos e indirectos, de forma que se obtendrá el costo total de la máquina dados ciertos parámetros a considerar dentro de cada ítem considerando de este modo los materiales y equipos utilizados en la construcción de la inyectora.

4.5.1. Costos Directos

En el cálculo de los costos directos se toma en cuenta los materiales para la construcción de la máquina, la mano de obra de los operarios, al igual que el uso de herramientas y maquinaria, donde se detallada el valor unitario y un precio total de cada elemento.

4.5.1.1. Costos De Materiales De Construcción

Al evaluar los costos de materia prima dónde se adjunta cada uno de los materiales utilizados en la construcción de la máquina se agregará una descripción de cada elemento al igual que la cantidad utilizada, su precio en unitario y final, con lo cual se puede corroborar cuál es la inversión inicial en materia prima necesaria para la elaboración del equipo esto se detalla en la tabla 34.

Tabla 34. Costos de materiales de construcción.

Nº	ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO c/u	PRECIO FINAL
1	Plancha de 12.5mm de espesor	Acero AISI SAE 10-10 (500x450)	1	50	50
2	Motor	YN90-120 VTV	1	200	200
3	Correa	Gt2 Cerrada 260mm	1	3.50	3.50
4	Polea dentada	Polea para correa Gt2	2	10	20
5	Tornillo	Sistema de inyección	1	250	250
6	Rodamiento de bolas	6200-2RSH	1	12	12

7	Hoja de tol galvanizado	tolva	1	27.40	27.40
8	Resistencias	Tipo abrazadera	3	25	75
10	Variador de frecuencia	YASHKAWA J1000	1	250	250
11	Termocupla	Tipo k	3	7	21
12	Módulo PID	TCN4S-24R	3	30	90
13	Boquilla y tapón		1	3.50	3.50
14	Rodillos	Rodillos de tensión	2	6	12
15	Motor a pasos	Nema 17	3	16	48
16	Acople	Para motores nema 17	3	4	4
17	Perfil cuadrado	Acero AISI SAE 10-10	1	40	40
18	Ejes	Cromado de alta frecuencia	2	5	10
19	Tornillo roscado	8mm de 4 hilos	1	18	18
20	Rodamiento lineal	Axial	1	3	3
21	Soporte	Impresión en 3D	1	5	5

22	Pieza de corrección	Impresa en 3d para la ubicación del hilo	1	5	5
23	Tornillo roscado	M20 de 400mm	1	24	24
24	Cono	Impreso en 3D	2	6	12
25	Material eléctrico	Varios	1	30	30
				TOTAL	1213.4

De los resultados de la tabla 34, se obtienen que el total de costos directos con respecto a la materia prima es de 1213.4 dólares.

4.5.1.2. Costos De Mano De Obra

Se considera como costos de manos de obra a los operadores de las maquinarias o herramientas que se utilizaron para la elaboración de la máquina dentro de la tabla 35, se especifica el número de horas utilizadas el precio por hora y el precio final de los cuales se observarán los diferentes operarios además del precio directo de mano de obra.

Tabla 35. Costos de mano de obra.

Nº	TIPO DE OPERARIO	HORAS UTILIZADAS (h)	PRECIO (c/hr)	PRECIO FINAL
1	Tornero	3	8	24
2	Fresador	2	8	16
3	Operario de corte plasma	1	2.66	2.66
4	Soldador	4	4	16
5	Técnico mecánico	1	6	6
6	Operario de impresora 3D	1	2.66	2.66
			TOTAL	67.32

Evaluando los tipos de operarios tanto como las horas utilizadas de cada uno y el precio por hora se obtiene un total de 67.32 dólares los cuales reflejan el costo de mano de obra utilizado en la construcción de la máquina inyectora.

4.5.1.3. Costes De Uso De Maquinaria Y Herramientas

Se especifica en la tabla 36, las maquinarias o herramientas utilizadas en la ejecución de la inyectora al igual que las horas utilizadas en cada una con el precio unitario por hora. Además del precio final de cada una de ellas deforma qué se calcule un precio del uso de estos equipos.

Tabla 36. Costos de uso de maquinaria y herramientas.

Nº	MAQUINARIA O HERRAMIENTA	HORAS UTILIZADAS (h)	PRECIO (c/hr)	PRECIO FINAL
1	Cortadora de plasma	1	20	20
2	Fresadora	2	30	60
3	Torno	1	10	10
4	Dobladora	1	3	3
5	Cortadora laser	1	21	21
6	Soldadora	3	7	21
7	Taladro	2	5.5	10.1
8	Moladora	2	3.6	7.2
9	Impresora 3D	6	5	30
			TOTAL	182.3

Al efectuar el cálculo de los costes del uso de maquinarias y herramientas se establece que tendrá un costo total de 182.3 dólares en los cuales se engloban los equipos utilizados en la construcción de la máquina inyectora de plástico.

4.5.1.4. Costos Directos Totales

Al haber obtenido los precios finales de los costos de materia prima mano de obra uso de maquinaria y herramientas se calcula que al unir estos parámetros se genera un costo directo final el cual es de 1463.02 dólares donde esté en la tabla 37, señala el coste de inversión directa de la construcción del equipo.

Tabla 37. Costos directos totales.

N°	COSTOS DIRECTOS	PRECIO FINAL (USD)
1	Costos de materiales de construcción	1213.4
2	Costos de la mano de obra	67.32
3	Costos de maquinarias y herramientas	182.3
TOTAL		1463.02

4.5.2. Costos Indirectos

En la tabla 38, se detalla los costos indirectos son aquellos valores que no están relacionados con los elementos de producción directa de la máquina de los cuales se desglosa hora un costo de ingeniería e imprevistos y varias que entran dentro de los parámetros adyacentes que se consideran cuando se realiza la elaboración de un equipo.

Tabla 38. Costos indirectos.

N°	DESCRIPCIÓN	VALOR (USD)
1	Costos de ingeniería	300
2	Costos de imprevistos y varios	70
TOTAL		370

Al considerar los valores de los diferentes aspectos dentro de la evaluación de los costos indirectos obtiene que el valor final del mismo es de 370 dólares.

4.5.3. Costo Total De La Máquina

Una vez calculado el costo directo e indirecto de la fabricación de la máquina se procede a calcular el costo total que se observa en la tabla 39 de la elaboración del equipo por medio de los parámetros evaluados anteriormente deforma que se encuentre el valor de inversión.

Tabla 39. Costo total de la máquina.

Nº	DESCRIPCIÓN	VALOR (USD)
1	Costos Directos	1463.02
2	Costos Indirectos	370
TOTAL		1833.36

Siendo considerados los costos directos e indirectos se obtiene que el valor de inversión de la máquina inyectora de plástico será de 1833.36 dólares.

4.5.4. Análisis Financiero

Un análisis financiero es la evaluación de diferentes parámetros dónde se considera cuáles son los puntos determinantes en la producción de un elemento de los cuales se obtendrá la fiabilidad del producto al igual que conocer cuán viable será la construcción de la máquina y en qué tiempo será posible la recuperación de la inversión inicial.

4.5.4.1. Precio Final Del Producto

Para la ejecución de un buen análisis financiero es necesario conocer el precio final diario del producto, al igual el precio final anual del mismo esto se puede observar en las tablas 40 y 41.

Tabla 40. Precio final del producto diario.

MATERIAL	HORAS/DÍA	PESO Kg/h	PRECIO Kg	PRECIO FINAL DIARIO (USD)
Filamento de impresora 3D (LDPE)	2	1	18	36

Tabla 41. Precio final del producto anual.

MATERIAL	HORAS/AÑO	PESO Kg	PRECIO Kg	PRECIO FINAL ANUAL (USD)
Filamento de impresora 3D (LDPE)	400	400	18	7200

4.5.4.2. Flujo De Ingresos

Con el precio final anual obtenido de \$7200 dólares se establecen que este será el flujo de ingresos por año. Como se observa en la tabla 42, se considera de forma ideal que durante 3 años este ingreso no fluctuará de forma que se mantenga en el mismo valor durante este periodo de tiempo.

Tabla 42. Flujo de ingresos.

AÑOS	INGRESO(USD)
1	7200
2	7200
3	7200

4.5.4.3. Flujo De Egresos

Del mismo modo que se calcula el flujo de ingresos se llevará a cabo el flujo de egresos para saber qué cantidad de dinero se gasta en la producción del filamento para impresoras 3D con lo cual se considerarán distintos aspectos como son el sueldo del trabajador que se observa en la tabla 43, donde se especifica el salario básico el porcentaje de salario en un día la remuneración y el precio según las horas trabajadas.

Tabla 43. Flujo de egreso en salarios.

SALARIO BÁSICO (USD)	PORCENTAJE DE SALARIO EN UN DÍA (USD)	REMUNERACIÓN c/h (USD)	HORAS TRABAJADAS (USD)
425	21.25	2.66	2.66

4.5.4.4. Flujo De Egresos Mensuales

Para complementar el cálculo de flujo de egresos mensuales aparte de considerar el sueldo del trabajador se agrega el precio de los servicios básicos y una cantidad de gastos varios que se producen durante el mes de trabajo esto se puede observar en la tabla 44.

Tabla 44. Flujo de egresos mensuales totales

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (USD)
Sueldo trabajador	425
Servicios básicos	50
Gastos varios	30
TOTAL	505

Con el cálculo de flujo de egresos mensuales se obtiene que este será de \$505 de forma que anualmente el flujo de egreso será de \$6060 al año.

4.5.4.5. Flujo Efectivo Neto

El flujo de efectivo Neto no señala cuál será la ganancia total de la producción del filamento de impresoras 3D tomando en cuenta el flujo de ingresos y flujo de egresos calculados con anterioridad de los cuales se puede evidenciar en la tabla 45.

Tabla 45. Flujo efectivo neto.

AÑOS	FLUJO DE INGRESO (A) (USD)	FLUJO DE EGRESO (B) (USD)	FLUJO NETO $f_n = A - B$ (USD)
1	7200	6060	1140
2	7200	6060	1140
3	7200	6060	1140

Generando el cálculo del flujo neto se tendrá una ganancia neta de \$1140 de los cuales en forma ideal se obtendrá el mismo en los tres años considerados.

4.5.4.6. Valor Actual Neto (VAN)

Para seguir con el análisis financiero se calcula el VAN el cuál es uno de los indicadores que sirve para valorar y determinar la viabilidad tanto como la rentabilidad del proyecto indicando si este tiene una buena perspectiva a futuro o si es inviable la construcción de la máquina para su posterior producción para hacer una correcta evaluación del van en la tabla 46, se observa los indicadores para conocer si el proyecto funcionaría o si generaría una pérdida en su elaboración.

Tabla 46. Indicador de resultados VAN.

INDICADOR	CONDICIONES
$VAN > 0$	El proyecto es viable
$VAN = 0$	No genera pérdidas ni ganancias
$VAN < 0$	El proyecto no es viable

$$VAN = \left(\frac{f_1}{(1+i)^1} + \frac{f_2}{(1+i)^2} + \frac{f_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{f_n}{(1+i)^n} - I_o \right)$$

Donde:

f_n : Flujo de efectivo del proyecto

n : Periodos

i : Taza de interés

I_0 : Inversión inicial

Se escogen un período de 3 años para la evaluación del van además se seleccionó el interés de BanEcuador especificado en el anexo 3 y se utiliza la inversión inicial de los costos directos.

n : 3 años

i : 12.96%

I_0 : 1833.36

$$VAN = \left(\frac{1140}{(1 + 0.1296)^1} + \frac{1140}{(1 + 0.1296)^2} + \frac{1140}{(1 + 0.1296)^3} - 1833.36 \right)$$

$$VAN = 860.18$$

Dado que el valor del van es de 860.18 según la tabla el proyecto sería viable para su construcción siendo que no generaría ninguna pérdida y si daría ganancias en la producción y venta del mismo.

4.5.4.7. Tasa Interna De Retorno (TIR)

Siguiendo con el cálculo Financiero se procede a evaluar la TIR que es uno de los métodos de examinación de proyectos de los cuales se utilizan para analizar cuál sería la tasa de beneficio que se puede obtener de la inversión generada obteniendo cuál sería la rentabilidad de la construcción de la máquina inyectora del mismo modo que la producción y venta del filamento para impresoras 3D.

En la tabla 47, se puede observar cómo determinar si el proyecto es viable inviable o a su vez no genera ni pérdidas ni ganancias realizando un análisis de rentabilidad mediante la comparación del mismo.

Tabla 47. Indicador de resultados TIR.

INDICADOR	CONDICIONES
TIR > i	El proyecto es viable
TIR = i	No genera pérdidas ni ganancias
TIR < i	El proyecto no es viable

$$0 = \frac{f1}{(1+i)^1} + \frac{f2}{(1+i)^2} + \frac{f3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{fn}{(1+i)^n} - I_o$$

$$0 = \frac{1140}{(1+i)^1} + \frac{1140}{(1+i)^2} + \frac{1140}{(1+i)^3} - 1833.36$$

$$i = 39\%$$

Con la ayuda de los parámetros de cálculo del TIR de Excel se obtiene qué se tendrá una tasa interna de retorno del 39%, al compararlo con la tabla se deduce que el proyecto es viable para su construcción y difusión en el mercado puesto que será viable la recuperación de la inversión.

CONCLUSIONES

- Al indagar los diferentes materiales que se utilizan en la fabricación de filamento para impresoras 3D, se encontró un sin número de tipos de plástico utilizables en la realización del mismo del 90% de estos, se indagó sus propiedades mecánicas de inyección y resistencia. Dentro de estas características se consideró la temperatura de fundido, que la velocidad necesaria del tornillo es de 900 a 1000rpm, la presión necesaria de 668 psi, debido a que presenta características de inyección simples que se pueden cumplir con el equipo de inyección diseñado.
- Tomando en cuenta los diferentes parámetros de construcción y materiales empleados para cada elemento, se concluye que estructuralmente el equipo tiene una buena resistencia a los análisis realizados presentando una deformación por gravedad de 0.44 mm, siendo el resultado más evidente dentro de la simulación. Una vez establecidos los parámetros de construcción y la selección de los diferentes componentes tanto como de sus materiales utilizados se procede a realizar mediante un software la verificación de los parámetros de resistencia del mecanismo, el programa seleccionado para esta labor es SolidWorks, debido a sus posibilidades de simulación con respecto a las cargas aplicadas dentro de la estructura base de la máquina inyectora compuesta por la placa vertical y el túnel de inyección dónde será colocado el tornillo.
- Se llega a la determinación de que la máquina en su máximo trabajo inyecta una cantidad de 34 gramos por minuto dando la cantidad de 2 kilogramos por hora, pero por el grosor del material tanto como para no sobre esforzar a la inyectora la cantidad de inyección ideal del material por hora se bajará a 0.5 kg y 8 gramos por minuto, siendo está la capacidad de trabajo empleada para la máquina tomando en cuenta tanto los parámetros de trabajo y el diámetro final que se le deberá otorgar al filamento.
- Con los resultados obtenidos se establece que la cantidad del trabajo será menor a la que puede alcanzar la máquina punto máximo. De la misma forma se hicieron pruebas para calcular qué temperatura sería la idónea de trabajo para la fundición del material dentro del equipo dónde para el plástico de polietileno de baja densidad evidenciando que se deberá colocar temperaturas diferentes en cada resistencia dentro del rango que designa el material de 190 a 288 °C. Para lograr una consistencia adecuada de inyección del filamento para impresoras 3D.
- Según el análisis financiero se ultima que a partir del cálculo de flujo efectivo neto se procede a ejecutar el estudio del valor actual neto, del cual se obtiene 860.18, lo que denota que el resultado es positivo siendo viable su ejecución. Del mismo modo da parte para la realización de la tasa interna de retorno con una resolución que detalla que la tasa de beneficio será del 39%, lo cual refleja que la construcción y puesta en marcha del trabajo de titulación será rentable y generará ganancias con las que se recupere la inversión realizada.

- El precio establecido referencial de 18 a 25 dólares investigado dentro del mercado productivo del producto, lo cual también está compuesto por los costos de producción da como resultado la selección del precio en 20 dólares, dando paso a que la máquina sea viable para su recuperación en un tiempo estimado de 2 años según el análisis financiero realizado para la corroboración de la viabilidad del producto en la cual se establece que en el presente trabajo de titulación será posible la recuperación de la inversión inicial de \$1833.36, después de su construcción.

RECOMENDACIONES

- Es importante realizar una correcta selección de los componentes tanto como de los materiales a utilizar con los cuales se realizarán la construcción de la máquina inyectora, dado que de este modo se puede garantizar un correcto funcionamiento del equipo en las condiciones necesarias de trabajo requeridas para la adecuación a las capacidades propuestas.
- La correcta evaluación de las alternativas es el punto de partida más relevante a tomar en cuenta debido a que de esto dependerá tanto la durabilidad como eficiencia de trabajo de la maquinaria de inyección siendo así que para el diseño de la inyectora de filamento para impresoras 3D se buscó seleccionar la mejor opción en cada uno de los componentes evaluados generando que la máquina sea construida con las mejores alternativas calificadas.
- Es importante tomar en cuenta el manual de usuario tanto como el manual de mantenimiento para lograr la eficiencia del equipo, de igual forma que el correcto manejo de los controles de la máquina consiguiendo el funcionamiento idóneo con la producción adecuada del producto.

REFERENCIAS

- [1] A. Silva y V. Miguel, «Tecnología del plástico,» Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.plastico.com/temas/VARIABLES-OCULTAS-EN-EL-PROCESO-DE-INYECCION+125937>.
- [2] Interempresas, «Interempresas,» 03 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Fabricacion-aditiva/Articulos/301043-Aumenta-la-demanda-de-impresoras-3D-a-raiz-de-la-pandemia-del-COVID-19.html>.
- [3] R. P. Ospina y J. C. Acosta Prado, «El MOLDEO EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS PARA EL LOGRO DE OBJETIVOS EMPRESARIALES,» *SciELO*, vol. 15, nº 1, 2017.
- [4] Cosmos Online, «Cosmos Online,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.cosmos.com.mx/wiki/maquinas-inyectoras-de-plastico-4rys.html>.
- [5] OVACEN, «OVACEN,» 2022. [En línea]. Available: <https://ovacen.com/como-hacer-una-maquina-para-reciclar-plastico/>.
- [6] Gestión de Compras, «Gestión de Compras industrial sourcing,» 09 Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.gestiondecompras.com/es/productos/piezas-plasticas/inyeccion-de-piezas-plasticas/>.
- [7] Mariano, «Tecnología de los plásticos,» 13 Junio 2012. [En línea]. Available: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-ii.html>.
- [8] E. B. Martí, «Interempresas,» 24 Febrero 2021. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/326284-Proceso-de-inyeccion-en-el-plastico.html>.
- [9] Tecnología de los plásticos, «Tecnología de los plásticos,» 15 Marzo 2011. [En línea]. Available: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>.
- [10] M. Beltrán y A. Marcilla, «RUA. UA,» 2011. [En línea]. Available: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16980/1/TEMA5_Moldeo_por_inyeccion.pdf.
- [11] Instituto Nacional de Aprendizaje, «Inavirtual,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.ina-pidte.ac.cr/mod/url/view.php?id=48635>.

- [12] Infinitia Industrial Consulting, «Infinitia Industrial Consulting,» 7 Junio 2021. [En línea]. Available: <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/moldeo-inyeccion-de-plastico-que-es/>.
- [13] Universidad de las Américas Puebla., «Coleccion de tesis digitales. Universidad de las Américas Puebla.,» 2022. [En línea]. Available: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/navegacion/index.html.
- [14] QuimiNet , «QuimiNet,» 11 Enero 2012. [En línea]. Available: <https://www.quiminet.com/articulos/caracteristicas-y-aplicaciones-del-poli-etileno-de-baja-densidad-ldpe-2663472.htm>.
- [15] Envselia, «Envselia,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.envselia.com/blog/que-es-el-poli-etileno-de-baja-densidad-ldpe-o-pebd-id19.htm>.
- [16] Zertek, «JUBEDI, S.L,» 2019. [En línea]. Available: <https://jubedi.com/comercializacion-de-plasticos/ldpe-poli-etileno-baja-densidad/>.
- [17] impresion3d, «Impresion 3D,» 2021. [En línea]. Available: <https://impresioni3d.com/filamentos-que-son-y-cuales-son-sus-tipos/#:~:text=La%20impresi%C3%B3n%203D%20es%20una,usualmente%20se%20usan%20para%20prototipos..>
- [18] TAICED, «TAICED - Construyendo Ideas,» 29 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://www.taiced.com/post/materiales-para-tecnologia-fdm-offf>.
- [19] R. S. M. Haro, «Comunidad Todo Comercio Exterior Ecuador,» 06 Junio 2021. [En línea]. Available: <https://comunidad.todocomercioexterior.com.ec/profiles/blogs/como-clasificar-una-impresora-3d-con-mecanismo-de-inyeccion-de>.
- [20] All3DP, «All3DP,» 25 Julio 2022. [En línea]. Available: <https://all3dp.com/es/1/filamento-3d-filamento-impresora-3d/>.
- [21] TECmikro, «TECmikro,» 2022. [En línea]. Available: <https://tecmikro.com/content/8-programacion-microcontroladores-pic>.
- [22] D. B. Audí, «"INYECTORA DE PLASTICOS DE BAJO COSTE",» UNIVERSITAT JAUME, Castellón de la Plana, 2020.
- [23] P. Arenas., «"PARAMETRIZACIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN EN PLÁSTICOS DE INGENIERÍA",» Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2014.

- [24] D. Juárez, R. Balart, M. Á. Peydró y S. Ferrandiz., «“ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL MOLDEO POR INYECCIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS TERMOPLÁSTICOS”,» *3C Tecnología*, 2012..
- [25] M. L. Canteros y E. E. Hüwel, «“DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA INYECTORA DE PLÁSTICOS PARA USO DE LABORATORIO”,» Argentina, 2018.
- [26] INESCOP; AIDIMME, «Inescop,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.inescop.es/images/Proyectos/Regionales/2017/MATRIBOT/MATRIBOT-E1.1.pdf>.
- [27] Plasticos CBTICS, «Plasticos CBTICS,» Abril 2021. [En línea]. Available: <https://plasticos-cbtis122.jimdofree.com/fj2021-sub-1-4-t-plas-prep-maq-eq-inyecci%C3%B3n/>.
- [28] M. G. L. Daniel y P. O. W. Fernando, «DISEÑO DE UNA MÁQUINA INYECTORA DE TERMOPLÁSTICOS DE,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, Ecuador, 2018.
- [29] A. Marteles, «Seguas,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.seguas.com/refrigeracion-proceso-inyeccion-plastico/>.
- [30] Alejandro, «Google Sites,» 2022. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/aleblogtecinc/home/2-electronica-1/corriente-alterna-motores-de-ca>.
- [31] J. Mejia, «Pinterest,» 2022. [En línea]. Available: <https://co.pinterest.com/pin/687080486870746738/>.
- [32] AULA21, «AULA21,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-servomotor/>.
- [33] Aceromafe, «Aceromafe,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.aceromafe.com/acero-1018-propiedades/>.
- [34] DIPAC Manta, «DIPAC Manta,» 2022. [En línea]. Available: <https://dipacmanta.com/producto/eeje-aisi-1018-transmision/>.
- [35] Gelson Luz, «Materiales Gelson Luz,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.materiales.gelsonluz.com/2020/12/sae-1010-propiedades-mecanicas-quimicas.html?m=0..>
- [36] Aceroscol, «Aceroscol,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.aceroscol.com/wp-content/uploads/2018/03/SAE-1010.pdf>.
- [37] J. M. Uriarte, «Caracteristicas.co,» 30 Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.caracteristicas.co/aluminio/>.
- [38] UPV, «Universidad politecnica de valencia,» 2022. [En línea]. Available: https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm13/fcm13_4.html.

- [39] INGELCOM, «INGELCOM,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.ingelcom.com.ec/shop/product/c20281r-cable-thhn-thwn-8-awg-rojo-16606>.
- [40] Incorea Cables, «Incorea Cables.,» 2022. [En línea]. Available: <https://incoreacables.com/producto/cable-de-cobre-tipo-thhn-flex/>.
- [41] CALTSensor Store, «AliExpress,» 2022. [En línea]. Available: <https://es.aliexpress.com/item/1005001429678067.html>.
- [42] Yaskawa Europe GmbH, «YASKAWA,» 2022. [En línea]. Available: https://www.yaskawa.es/productos/ac-drives/legacy-drives/productdetail/product/cimr-jc2a0002baa_1130.
- [43] I. J. C. M. R., «Apuntes de ingeniería mecánica,» 14 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://apuntes-ing-mecanica.blogspot.com/2020/06/correas-sincronicas-i.html>.
- [44] SADI TRANSMISIONES S.L., «SADI TRANSMISIONES,» 2021. [En línea]. Available: <https://saditransmisiones.com/poleas-dentadas/>.
- [45] Resistencias RCI, «RESISTENCIAS COLOR INDUSTRIAL,» 2022. [En línea]. Available: <https://resistencias-rci.es/catalogo/resistencia-abrazadera-rab/>.
- [46] TC Medida y Control de Temperatura, S.A., «TC Medida y Control de Temperatura, S.A.,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.tc-sa.es/termopares/tipo-k-termopar.html>.
- [47] RedGiga, «Motor GIGA,» 2022. [En línea]. Available: <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/fibra-de-vidrio-definicion-significado/gmx-niv15-con194148.htm>.
- [48] Refriworld, «REFRI WORLD,» 2022. [En línea]. Available: <https://refriworld.com.pe/tienda/suministros/aislamiento/lana-de-vidrio-con-foil-de-aluminio-de-1-5-x-1-2m-x-30m-rf3075/>.
- [49] Patentados.com, «Patentados • com,» 22 Noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://patentados.com/2010/fibras-de-vidrio-termicamente-estables>.
- [50] Exhibbir equipos, «Exhibir equipos y materiales,» 2022. [En línea]. Available: <https://exhibirequipos.com/producto/control-temperatura-autonics-tcn4s-24r/>.
- [51] Tecnología de los plásticos, «Tecnología de los plásticos blogspot,» 01 Junio 2011. [En línea]. Available: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/polietileno-de-baja-densidad.html>.

- [52] J. R. Lerma, «Interempresas,» 11 Julio 2016. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/159596-El-mecanismo-del-husillo.html>.
- [53] A. J. P. GUERRA, «Mecanotecnia,» 30 Abril 2017. [En línea]. Available: <http://mecanotecnia.blogspot.com/2017/04/>.
- [54] CEIF, « Formacion CEIF,» 2022. [En línea]. Available: <https://formacionceif.es/actualidad/que-es-la-soldadura-y-cuantos-tipos-de-soldadura-existen/#:~:text=La%20soldadura%20de%20Gas%20Inerte,relleno%20mediante%20un%20cable%20consumible..>
- [55] P. P. Ringegni, Mecanismos y Elementos de Máquinas, UNLA, 2013.
- [56] SKF, «SKF,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.skf.com/co/products/rolling-bearings/principles-of-rolling-bearing-selection/general-bearing-knowledge/bearing-basics>.
- [57] Hello Auto, «Glosario,» 2022. [En línea]. Available: <https://helloauto.com/glosario/perno>.
- [58] Diseño Nlocal, «ATVI,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.atevi.org/resistencias-electricas-inyeccion-extrusion-plasticos>.
- [59] TRANSELEC, «TRANSELEC,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.transelec.com.ar/soporte/18450/que-es-un-motor-electrico-y-como-funciona/#:~:text=Estator%3A%20se%20trata%20de%20la,caso%20de%20los%20generadores%20el%C3%A9ctricos..>
- [60] BanEcuador, «BanEcuador,» Agosto 2022. [En línea]. Available: <https://www.banecuador.fin.ec/informacion-general/tasas-de-interes/>.

ANEXOS

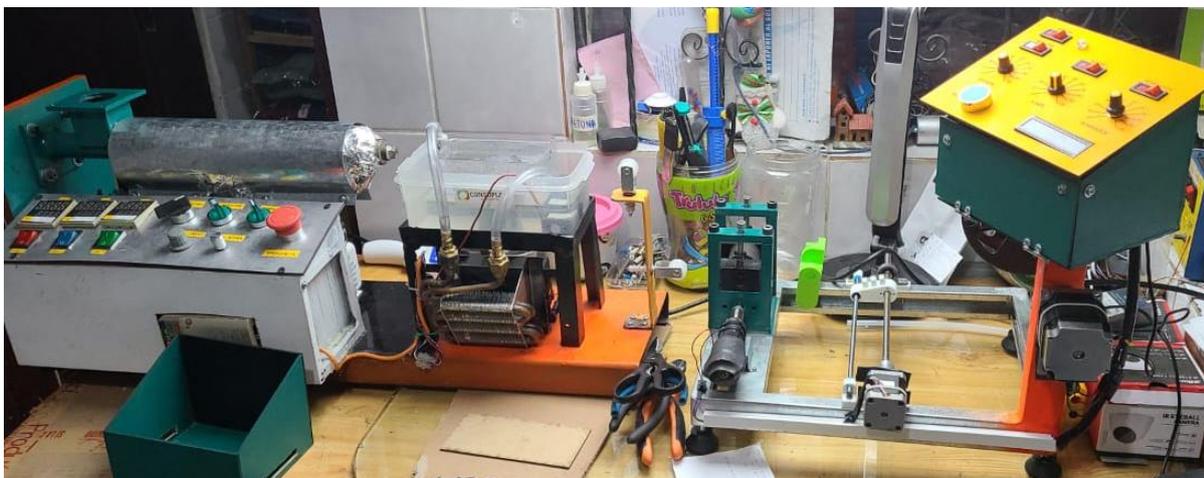
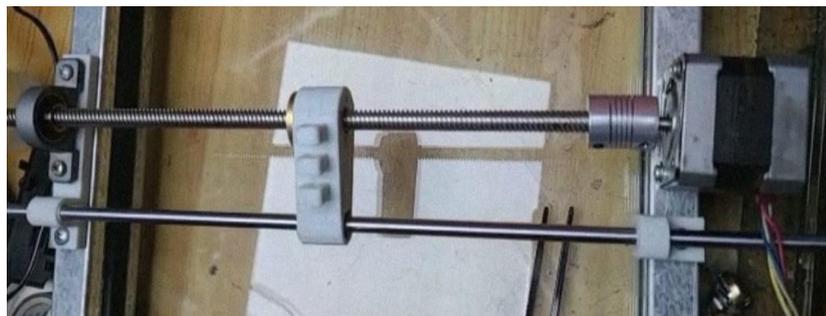
Anexo 1.

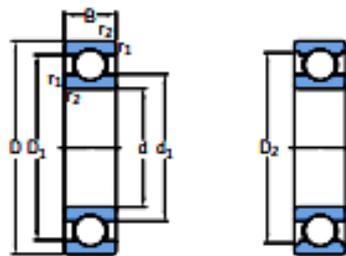
Planos

PLANOS

Anexo 2.

Imágenes de la máquina inyectora





Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	tapado en un lado ¹⁾	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P ₀	Velocidad de referencia	Velocidad límite ²⁾		Rodamiento abierto o tapado en ambos lados		
mm			kN		kN	r. p. m.		kg	-		
9	24	7	3,9	1,66	0,071	-	19 000	0,015	▶ 609-2RSH	609-RSH	
	cont.	24	7	3,9	1,66	0,071	70 000	0,014	▶ 609-2RSL	609-RSL	
		24	7	3,9	1,66	0,071	70 000	0,015	▶ 609-2Z	609-Z	
		26	8	4,75	1,96	0,083	60 000	0,02	▶ 629	-	
		26	8	4,75	1,96	0,083	-	19 000	0,02	▶ 629-2RSH	629-RSH
		26	8	4,75	1,96	0,083	60 000	0,02	▶ 629-2RSL	629-RSL	
10		26	8	4,75	1,96	0,083	60 000	0,021	▶ 629-2Z	629-Z	
		19	5	1,72	0,83	0,036	-	22 000	0,0055	61800-2RS1	-
		19	5	1,72	0,83	0,036	80 000	0,0055	61800-2Z	-	
		19	5	1,72	0,83	0,036	80 000	0,0053	61800	-	
		22	6	2,7	1,27	0,054	-	20 000	0,01	61900-2RS1	-
		22	6	2,7	1,27	0,054	70 000	0,01	61900-2Z	-	
		22	6	2,7	1,27	0,054	70 000	0,01	61900	-	
		26	8	4,75	1,96	0,083	67 000	0,019	▶ 6000	-	
		26	8	4,75	1,96	0,083	-	19 000	0,019	▶ 6000-2RSH	6000-RSH
		26	8	4,75	1,96	0,083	67 000	0,019	▶ 6000-2RSL	6000-RSL	
		26	8	4,75	1,96	0,083	67 000	0,02	▶ 6000-2Z	▶ 6000-Z	
		26	12	4,62	1,96	0,083	-	19 000	0,025	63000-2RS1	-
		28	8	5,07	2,36	0,1	60 000	0,026	16100-2Z	-	
		28	8	5,07	2,36	0,1	60 000	0,024	16100	-	
		30	9	5,4	2,36	0,1	56 000	0,031	▶ 6200	-	
	30	9	5,4	2,36	0,1	-	17 000	0,032	▶ 6200-2RSH	6200-RSH	
	30	9	5,4	2,36	0,1	56 000	0,032	▶ 6200-2RSL	6200-RSL		
	30	9	5,4	2,36	0,1	56 000	0,034	▶ 6200-2Z	6200-Z		
	30	14	5,07	2,36	0,1	-	17 000	0,04	62200-2RS1	-	

Anexo 3.

Tabla de selección de interés de préstamo banco BanEcuador [60].

CIRCULAR DE TASAS DE INTERÉS

GF-007-2022

Para el período:

JULIO 2022

TASAS ACTIVAS PARA BANCUARIOS S.P.		
TIPO DE CRÉDITO	TASA NOMINAL ANUAL	TASA EFECTIVA ANUAL (Pagos mensuales)
CRÉDITOS PRODUCTIVOS		
Productivo PYMES	9.76%	10.21%
CRÉDITOS DE CONSUMO		
	15.60%	16.77%
MICROCRÉDITOS		
Microcrédito Bantransporte	13.72%	14.62%
Microcrédito Turismo	12.25%	12.96%
Microcrédito Comercio y Servicios - Impulso Cultura	12.31%	13.03%
Microcrédito Minorista		
Crédito de Desarrollo Humano CDH	7.00%	7.23%
Microcrédito Comercio y Servicios	15.30%	16.42%
Microcrédito de Producción	12.25%	12.96%
Microcrédito de Acumulación Simple		
Microcrédito Comercio y Servicios	15.30%	16.42%
Microcrédito de Producción	12.25%	12.96%
Microcrédito de Acumulación Ampliada		
Microcrédito Comercio y Servicios	15.30%	16.42%
Microcrédito de Producción	12.25%	12.96%
SOBRREGIRO		
Sobregiro Ocasional Consumo	15.60%	16.77%
Sobregiro Ocasional Microcrédito	15.60%	16.77%
Sobregiro Ocasional Productivo PYME	10.71%	11.25%
Sobregiro Ocasional Productivo Empresarial	9.76%	10.21%
ARREGLO DE OBLIGACIONES		
Novación Microcrédito Producción	12.25%	12.96%
Novación Microcrédito Comercio y Servicios	15.30%	16.42%
Refinanciamiento Microcrédito Producción	12.25%	12.96%
Refinanciamiento Microcrédito Comercio y Servicios	15.30%	16.42%
Reestructura Microcrédito Producción	12.83%	13.61%
Reestructura Microcrédito Comercio y Servicios	17.25%	18.68%
Novación Productivo PYMES	9.76%	10.21%
Novación Productivo Empresarial	9.47%	9.89%
Refinanciamiento Productivo PYMES	9.76%	10.21%
Refinanciamiento Productivo Empresarial	9.47%	9.89%
Reestructura Productivo PYMES	10.71%	11.25%
Reestructura Productivo Empresarial	9.47%	9.89%

Anexo 4.

Manual De Usuario

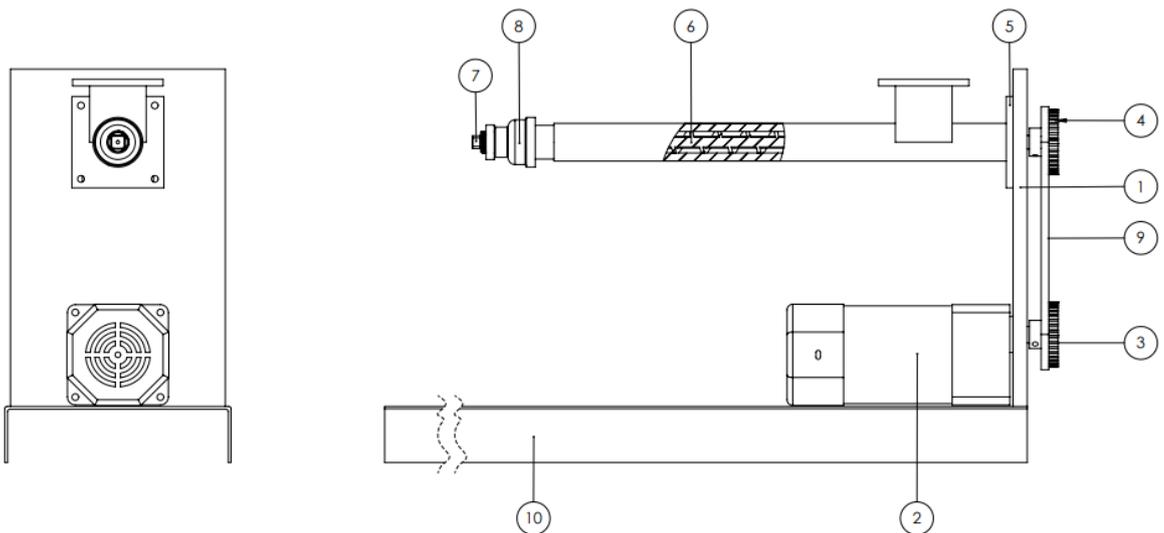
Máquina inyectora de filamento plástico.

Instrucciones de seguridad

1. Colocar la máquina en un sitio seco y plano para evitar daños.
2. Colocar el sistema alineado entre máquinas.
3. Alimentar la máquina mediante 110v conectando en cualquier tomacorriente casero, el cual alimentará al sistema de control y potencia.
4. Evitar falsos contactos y conexiones flojas.
5. Encender el sistema térmico para conseguir la temperatura adecuada.
6. Esperar a que la temperatura se estabilice para poder empezar la fabricación.
7. Observar que la tolva tenga el material adecuado.
8. Constatar la velocidad y modificarla si es necesario mediante el potenciómetro que a su vez otorgará los datos necesarios al variador de frecuencia.
9. Comprobar que el variador de frecuencia no marque ningún error.
10. Asegurarse que ningún material contaminante se encuentre en la tolva.
11. Limpiar el orificio de salida del material.
12. Al finalizar el proceso de fabricación limpiar la salida del material.
13. Esperar que la máquina llegue a una temperatura ambiente al final de su trabajo para poder manipularla.

Anexo 5.

Elementos De La Máquina



9	Correa2-1^Ensamblaje	1
8	Boquilla_cuerpo	1
7	Boquilla	1
6	Tornillo	1
5	Ensamble_Tunel	1
4	Polea_Tornillo	1
3	Polea_Motor	1
2	Motor	1
1	Base	1
Ref.	Denominación:	Cnt.

Anexo 6.

Puesta En Marcha

1. Antes de la manipulación de la máquina el operador debe colocar el EPP o elemento de protección personal.
2. Revisar que la máquina se encuentre en un lugar seco y plano.
3. Revisar que la tolva no contenga materiales ajenos al proceso de fabricación.
4. Cerciorarse que no exista conexiones flojas o cables sueltos.
5. Constatar que la posición del botón de emergencia se encuentre desactivada para el funcionamiento de la máquina.
6. Verificar el correcto encendido de la máquina mediante el interruptor principal.
7. Esperar hasta que la temperatura del sistema térmico se encuentre a la temperatura colocada para el material a trabajar.
8. Una vez llegada a la temperatura deseada observar la velocidad a la cual se va a trabajar y modificarla si el caso lo requiere.
9. Encender los motores y observar si existen fallas o sonidos ajenos al funcionamiento normal de la máquina.
10. Una vez terminado el proceso de fabricación esperar a que la máquina se estabilice a temperatura ambiente para poder manipularla.
11. Limpiar la salida de inyección de la máquina.

Anexo 7.

Manual De Mantenimiento

Manual de mantenimiento	
Instrucciones	Se recomienda seguir las instrucciones de mantenimiento para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina.
Actividades de mantenimiento diario	
Acciones programadas	Personal ejecutor
Inspección visual de la máquina.	Operario de la máquina
Inspección de los controles.	
Revisión de piñones y correa.	
Mantenimiento de la boquilla mediante una limpieza completa para que quede sin material.	Personal de mantenimiento
Actividades de mantenimiento mensual	
Acciones programadas	Personal ejecutor
Revisión de ajuste de tornillería.	Operario de la máquina
Inspección de cantidad de inyección.	
Inspección de funcionamiento de tablero de control.	
Control de niveles de temperatura de las resistencias.	
Mantenimiento de tensor, sistema de colocación y bobinador, generando una revisión de funcionamiento del sistema de control.	Personal de mantenimiento
Actividades de mantenimiento anual	
Acciones programadas	Personal ejecutor
Inspección de soldadura y rodamientos.	Operario de la máquina
Limpieza total del túnel de la máquina inyectora.	Personal de mantenimiento
Revisión o cambio de tornillos de sujeción.	Operario de la máquina
Mantenimiento de pintura.	Personal de mantenimiento
Comprobación de funcionamiento de resistencias.	Operario de la máquina