

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL SEMIAUTOMÁTICO CAPAZ DE
REALIZAR EL ROSCADO EN ENVASES PVC EMPLEADOS EN LA
EXPLORACIÓN SÍSMICA**

**ANDRES FELIPE LUQUE ARIZA
DIEGO NICOLAS LOPEZ ALFEREZ**

**Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO**

Director

PhD., Luis Miguel Izquierdo Córdoba

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.**

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre

Firma del director

Nombre

Firma Docente Jurado 1

Nombre

Firma Docente Jurado 2

Bogotá D.C., febrero de 2023

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. ALEXANDRA MEJÍA GUZMÁN

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretario General

Dr. JOSÉ LUIS MACÍAS RODRÍGUEZ

Decana de la facultad de ingenierías

Ing. NALINY PATRICIA GUERRA PRIETO

Directora del Programa de Ingeniería Mecánica

Dra. MARÍA ANGÉLICA ACOSTA PÉREZ

DEDICATORIA

Le dedico el presente proyecto a mi Madre Alba Milena Alférez, la cual fue ha sido mi gran apoyo durante todo el proceso, Mi padre, Diego López Muñoz, el cual con su sabiduría y vasta experiencia siempre ha sabido aconsejarme y guiarme en las etapas de mi visa. Mi tía, Beatriz Castillo quien fue una personal incondicional en todo momento.

A mi familia, que a pesar de no compartir lo suficiente, siempre los llevo en mi corazón y son una gran inspiración para mi vida personal y profesional.

A nuestro director de Tesis, el profesor Luis miguel izquierdo el cual nos acompañó en el desarrollo dándonos una excelente guía durante todo el proceso.

Diego Nicolás López Alférez

Le dedico este proyecto a mi madre Yuri Ariza, a mi padre Wilmar Luque que fueron las personas más influyentes e importantes también a abuelos, tías y tíos los cuales fueron parte fundamentad durante todo mi proceso académico brindando me su apoyo y conocimiento haciéndome crecer de forma personal y profesional, ayudándome a superar cada uno de los obstáculos para alcanzar mis metas.

A mi pareja Carolina Ortega ya quedé el inicio de este proceso supo sostenerme, aconsejarme y brindarme todo el apoyo en los momentos más difíciles y delicados, como también en los más felices y dichosos.

Agradezco a mi amigo Nicolas López por sus amplios conocimientos ya que nos ayudaron a afrontar diversos retos que se presentaron durante este proceso y que me permitieron forjar un carácter distinto y observar la vida desde diferentes puntos de vista.

A nuestro director de Tesis, el profesor Luis miguel izquierdo el cual nos acompañó en el desarrollo dándonos una excelente guía durante todo el proceso.

Andrés Felipe Luque Ariza

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a Dios por permitirnos llegar a la culminación del presente proyecto, a nuestros padres quienes con su apoyo incondicional nos permitieron tener las bases que nos llevan al desarrollo personal y profesional que hoy en día alcanzamos, a los docentes y compañeros que estuvieron presentes a lo largo de la carrera de los cuales nos quedan grandes enseñanzas y recuerdos.

A la universidad de América por acogernos y ser una institución de calidad, brindándonos durante nuestro paso por ella las herramientas y habilidades para enfrentar el mundo laboral siendo profesionales competentes y capaces para brindar soluciones en la industria.

A JACARI Ltda. Por confiar y permitirnos realizar este proyecto en sus instalaciones y por brindarnos las herramientas necesarias para culminarlo.

Por último, agradecemos por el acompañamiento brindado durante este proceso al profesor Luis Miguel Izquierdo, con su ayuda y asesoramiento logramos culminar de forma satisfactoria el presente proyecto.

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	17
INTRODUCCIÓN	19
OBJETIVOS	21
JUSTIFICACIÓN	22
PREGUNTA PROBLEMA	23
1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	24
1.1 Antecedentes	24
1.2 Roscas	25
1.2.1 Generalidades	25
1.2.2 Historia	26
1.2.3 Fabricación de las Roscas	26
1.2.4 Fabricación de rosca mediante torno y fresadora	27
1.2.5 Validación de las roscas	28
1.2.6 Tipos de Rosca	28
1.3 Automatización industrial	29
1.3.1 Sistemas de control eléctricos	30
1.3.2 PLC	31
1.3.3 Electroválvulas	35
1.3.4 Electro válvulas	36
1.3.5 Finales de carrera	38
1.3.6 Pulsadores	38
1.3.7 Cilindros neumáticos	39
1.3.8 Sensores	41
1.4 Diseño	44
1.4.1 Diseño estructural	45
1.4.2 Diseño mecánico	45
2. CARACTERIZACIÓN PLANTA DE PRODUCCIÓN JACARI LTDA	47
2.1 Historia JACARI LTDA	47
2.2 Proceso de producción de envases PVC	47
2.3 Recepción de materia prima	48

2.4	Cortado	48
2.5	Roscado	49
2.6	Tapado	49
2.7	Prueba de vacío	50
2.8	Embalaje del envase PVC	51
2.9	Envase de almacenamiento PVC	51
	<i>2.9.1 Descripción envase PVC</i>	<i>51</i>
	<i>2.9.2 Características envase PVC</i>	<i>51</i>
	<i>2.9.3 Ficha técnica envase PVC</i>	<i>52</i>
3.	DISEÑO CONCEPTUAL DE SISTEMAS DE CONTROL SEMI AUTOMATICO	53
3.1	Generalidades estructurales	53
3.2	Diseño conceptual del sistema estructural	53
3.3	Planteamiento propuesta chasis-estructura	56
3.4	Elementos adicionales	57
	<i>3.4.1 Prensa</i>	<i>57</i>
	<i>3.4.2 Bandeja de almacenamiento</i>	<i>58</i>
	<i>3.4.3 Posicionador</i>	<i>59</i>
	<i>3.4.4 Lamina de salida</i>	<i>60</i>
	<i>3.4.5 Bandeja de salida</i>	<i>60</i>
3.5	Diseño conceptual Sistemas Mecánicos	61
	<i>3.5.1 Planteamiento propuesta sistemas mecánicos</i>	<i>62</i>
	<i>3.5.2 Diseño de engranajes rectos</i>	<i>64</i>
	<i>3.5.3 Diseño de ejes</i>	<i>68</i>
	<i>3.5.4 Diseño de chavetas</i>	<i>69</i>
	<i>3.5.5 Diseño de cremallera</i>	<i>71</i>
	<i>3.5.6 Selección de chamuceras</i>	<i>71</i>
	<i>3.5.7 Sistema propuesto</i>	<i>72</i>
3.6	Diseño conceptual sistema semi automático	73
	<i>3.6.1 Elementos empleados en la automatización</i>	<i>74</i>
	<i>3.6.2 Descripción elementos semiautomáticos</i>	<i>76</i>
	<i>3.6.3 Finales de carrera magnéticos</i>	<i>82</i>
	<i>3.6.4 Compresor</i>	<i>84</i>

3.6.5	<i>Unidad de mantenimiento</i>	85
3.6.6	<i>Conexiones</i>	91
3.7	Propuesta del sistema de control	101
4.	DISEÑO A DETALLE DEL SISTEMAS DE CONTROL SEMIAUTOMATICO	107
4.1	Estructura	107
4.1.1	<i>Material</i>	107
4.1.2	<i>Tensión de Von Mises</i>	110
4.1.3	<i>Factor de seguridad</i>	114
4.2	Elementos adicionales	119
4.2.1	<i>Prensa</i>	119
4.2.2	<i>Bandeja de almacenamiento</i>	122
4.2.3	<i>Bandeja de salida</i>	125
4.2.4	<i>Posicionador</i>	127
4.2.5	<i>Lamina de salida</i>	130
4.3	Simulación mecánicos	132
4.3.1	<i>Caja de engranajes</i>	133
4.3.2	<i>Cremallera</i>	140
4.3.3	<i>Eje</i>	143
4.3.4	<i>Chavetas</i>	153
4.3.5	<i>Chumaceras</i>	155
4.4	Sistemas de control semiautomático	158
4.4.1	<i>Elementos de control</i>	158
4.4.2	<i>GRAFCET</i>	158
4.4.3	<i>Ladder</i>	160
5.	VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DE UN PROCESO DE ROSCADO SEMIAUTOMATICO	163
6.	CONCLUSIONES	170
	BIBLIOGRAFÍA	172

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Características físicas de las rosca</i>	26
Figura 2 <i>Mecanizado de una rosca mediante torno</i>	27
Figura 3 <i>Mecanizado de una rosca mediante fresadora</i>	28
Figura 4 <i>Estructura interna PLC</i>	34
Figura 5 <i>Elementos de una Electroválvula</i>	36
Figura 6 <i>Electroválvula 2-2</i>	37
Figura 7 <i>Electroválvula 3-2</i>	37
Figura 8 <i>Electroválvula 5-2</i>	38
Figura 9 <i>Funcionamiento pulsador</i>	39
Figura 10 <i>Partes de un cilindro neumático</i>	41
Figura 11 <i>Sensor inductivo</i>	42
Figura 12 <i>Sensor capacitivo</i>	43
Figura 13 <i>Funcionamiento sensor fotoeléctrico</i>	44
Figura 14 <i>Diagrama de diseño</i>	46
Figura 15 <i>Portafolio productos JACARI Ltda</i>	48
Figura 16 <i>Cortado de tubo PVC</i>	48
Figura 17 <i>Roscado de envase PVC</i>	49
Figura 18 <i>Tapado de envase PVC</i>	50
Figura 19 <i>Prueba de vacío en envase PVC</i>	50
Figura 20 <i>Embalaje envases PVC</i>	51
Figura 21 <i>Diagrama de bloques</i>	55
Figura 22 <i>Planteamiento estructura y componentes</i>	56
Figura 23 <i>Planteamiento del chasis</i>	57
Figura 24 <i>Diseño Prensa</i>	58
Figura 25 <i>Diseño de la bandeja de almacenamiento para el sistema de roscado</i>	59
Figura 26 <i>Diseño del posicionador para el sistema de roscado</i>	60
Figura 27 <i>Lamina de salida</i>	60
Figura 28 <i>Bandeja de salida</i>	61

Figura 29 <i>Diagrama de bloques sistemas mecánicos</i>	63
Figura 30 <i>Características de una rosca común</i>	64
Figura 31 <i>Piñón conducido</i>	67
Figura 32 <i>Piñón conductor</i>	68
Figura 33 <i>Piñón cremallera</i>	68
Figura 34 <i>Diseño del Eje</i>	69
Figura 35 <i>Chaveta</i>	70
Figura 36 <i>Catalogo chaveta</i>	70
Figura 37 <i>Sistema piñón cremallera</i>	71
Figura 38 <i>Chumacera</i>	72
Figura 39 <i>Ensamble sistemas mecánicos</i>	73
Figura 40 <i>Tablero de control</i>	74
Figura 41 <i>Conexión válvulas y cilindros</i>	75
Figura 42 <i>Nomenclatura diagrama eléctrico</i>	75
Figura 43 <i>PLC logo siemens y amplificador</i>	76
Figura 44 <i>Braker</i>	77
Figura 45 <i>Especificaciones cilindros neumáticos doble efecto</i>	78
Figura 46 <i>Cilindro neumático doble efecto</i>	79
Figura 47 <i>Electroválvula</i>	80
Figura 48 <i>Electroválvula de doble solenoide</i>	81
Figura 49 <i>Características neumáticas electroválvulas</i>	81
Figura 50 <i>Pilotos</i>	82
Figura 51 <i>Finales de carrera</i>	83
Figura 52 <i>Especificaciones finales de carrera magnético</i>	83
Figura 53 <i>Sensor infrarrojo</i>	84
Figura 54 <i>Compresor multietapas</i>	85
Figura 55 <i>Unidad de mantenimiento</i>	86
Figura 56 <i>Componentes unidad de mantenimiento</i>	87
Figura 57 <i>Componentes FRL</i>	87
Figura 58 <i>Elementos unidad de mantenimiento</i>	88
Figura 59 <i>Componentes unidad FRL</i>	89

Figura 60 <i>Sistema lubricador</i>	90
Figura 61 <i>Componentes del sistema lubricador</i>	91
Figura 62 <i>Horquilla</i>	92
Figura 63 <i>Acople racor</i>	93
Figura 64 <i>Características físicas unión Características físicas unión</i>	93
Figura 65 <i>Regulador</i>	94
Figura 66 <i>Características físicas regulador</i>	94
Figura 67 <i>Racor en L</i>	95
Figura 68 <i>Características físicas racor en L</i>	95
Figura 69 <i>Racor roscado</i>	96
Figura 70 <i>Características físicas racor roscado</i>	96
Figura 71 <i>Silenciador</i>	97
Figura 72 <i>Manguera neumática</i>	98
Figura 73 <i>Características físicas manguera neumática</i>	98
Figura 74 <i>Cable vehicular calibre 18</i>	99
Figura 75 <i>Bloque de distribución</i>	100
Figura 76 <i>Borne</i>	101
Figura 77 <i>Características físicas bonera</i>	101
Figura 78 <i>Entradas PLC</i>	102
Figura 79 <i>Lista de entradas al PLC</i>	102
Figura 80 <i>Salidas del PLC</i>	103
Figura 81 <i>Lista salidas PLC</i>	103
Figura 82 <i>Ladder</i>	104
Figura 83 <i>Lista Ladder PLC</i>	105
Figura 84 <i>Diagrama de secuencia cilindro neumáticos</i>	105
Figura 85 <i>Simbología secuencia</i>	106
Figura 86 <i>Acero estructural</i>	107
Figura 87 <i>Estructura acero ASTM 500</i>	108
Figura 88 <i>Características físicas acero ASTM 500</i>	109
Figura 89 <i>Tensión de Von Mises</i>	111
Figura 90 <i>Fuerzas en la estructura</i>	111

Figura 91 <i>Tipo de mallado empleado</i>	113
Figura 92 <i>Tensión de Von Mises</i>	113
Figura 93 <i>Puntos críticos</i>	114
Figura 94 <i>Desplazamiento</i>	114
Figura 95 <i>Factor de seguridad</i>	115
Figura 96 <i>Soldadura</i>	116
Figura 97 <i>Características soldadura requerida cara superior</i>	117
Figura 98 <i>Trazado soldadura</i>	117
Figura 99 <i>Características soldadura requerida cara inferior</i>	118
Figura 100 <i>Trazado soldadura 1</i>	118
Figura 101 <i>Factor de seguridad soldadura</i>	¡Error! Marcador no definido.
Figura 102 <i>Simulación tensión de Von Mises soldadura</i>	¡Error! Marcador no definido.
Figura 103 <i>Propiedades acero 1045</i>	120
Figura 104 <i>Cargas ejercidas en la prensa</i>	121
Figura 105 <i>Simulación de la tensión de Von Mises en la prensa</i>	121
Figura 106 <i>Factor de seguridad prensa</i>	122
Figura 107 <i>Propiedades acero Galvanizado</i>	¡Error! Marcador no definido.
Figura 108 <i>Cargas ejercidas bandeja almacenamiento</i>	123
Figura 109 <i>Tensión de Von Mises bandeja</i>	124
Figura 110 <i>Deformaciones bandeja</i>	124
Figura 111 <i>Factor de seguridad bandeja</i>	125
Figura 112 <i>Cargas ejercidas bandeja de salida</i>	126
Figura 113 <i>Tensión de Von Mises en la bandeja de salida</i>	126
Figura 114 <i>Deformación bandeja de salida</i>	127
Figura 115 <i>Factor de seguridad bandeja de salida</i>	127
Figura 116 <i>Cargas ejercidas posicionador</i>	128
Figura 117 <i>Tensión de Von Mises en la lámina del posicionador</i>	129
Figura 118 <i>Deformación posicionador</i>	129
Figura 119 <i>Factor de seguridad posicionador</i>	130
Figura 120 <i>Cargas ejercidas lamina de salida</i>	130
Figura 121 <i>Tensión de Von Mises en la lámina de salida</i>	131

Figura 122 <i>Deformación lámina de salida</i>	132
Figura 123 <i>Factor de seguridad lámina de salida</i>	132
Figura 124 <i>Propiedades Acero 1045</i>	134
Figura 125 <i>Puntos de contacto entre piñones</i>	136
Figura 126 <i>Tensión de Von Mises doble engranajes</i>	136
Figura 127 <i>Tensión de Von Mises doble engranajes 1</i>	137
Figura 128 <i>Desplazamiento doble engranaje</i>	137
Figura 129 <i>Factor de seguridad engranajes</i>	138
Figura 130 <i>Tensión de Von Mises piñón conductor</i>	139
Figura 131 <i>Deformación piñón conductor</i>	140
Figura 132 <i>Factor de seguridad piñón conductor</i>	140
Figura 133 <i>Puntos de esfuerzo cremallera</i>	142
Figura 134 <i>Tensiones de Von Mises en la cremallera</i>	142
Figura 135 <i>Deformación de la cremallera</i>	143
Figura 136 <i>Propiedades mecánicas acero 1045 eje</i>	144
Figura 137 <i>Diagrama</i>	145
Figura 138 <i>Diagrama</i>	146
Figura 139 <i>Resistencia a Fluencia acero 1045</i>	150
Figura 140 <i>Esfuerzos en el eje</i>	151
Figura 141 <i>Desplazamiento en el eje</i>	152
Figura 142 <i>Factor de seguridad del eje</i>	153
Figura 143 <i>Propiedades acero 1020</i>	154
Figura 144 <i>Tensión de Von Mises en la cheveta</i>	154
Figura 145 <i>Deformaciones en la chaveta</i>	155
Figura 146 <i>Factor de seguridad de la chaveta</i>	155
Figura 147 <i>Características físicas rodamiento</i>	156
Figura 148 <i>Dimensiones rodamiento</i>	157
Figura 149 <i>Propiedades rodamiento</i>	157
Figura 150 <i>Grafcet</i>	159
Figura 151 <i>Entradas PLC Ladder</i>	160
Figura 152 <i>Salidas PLC Ladder</i>	161

Figura 153 <i>Programación en lenguaje Ladder</i>	162
Figura 154 <i>Caja de control</i>	163
Figura 155 <i>Almacenamiento del envase PVC</i>	164
Figura 156 <i>Posicionamiento de tubo</i>	165
Figura 157 <i>Fijación de envase PVC</i>	165
Figura 158 <i>Roscada etapa 1</i>	166
Figura 159 <i>Roscado etapa 2</i>	166
Figura 160 <i>Roscada etapa 3</i>	167
Figura 161 <i>Liberación y retiro del envase PVC</i>	167
Figura 162 <i>Disposición del envase para la línea de producción</i>	168

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Características cilindros neumáticos</i>	40
Tabla 2 <i>Dimensiones envase PVC</i>	52
Tabla 3 <i>Dimensiones Tapa</i>	52
Tabla 4 <i>Factor de sobrecarga</i>	65
Tabla 5 <i>Composición química</i>	109
Tabla 6 <i>Propiedades mecánicas</i>	109
Tabla 7 <i>Características ASTM A-36</i>	110
Tabla 8 <i>Composición química (% en peso) soldadura</i>	116
Tabla 9 <i>Propiedades mecánicas soldadura</i>	116
Tabla 10 <i>Características piñón conducido</i>	134
Tabla 11 <i>Datos del piñón conductor</i>	135
Tabla 12 <i>Características piñón conductor</i>	138
Tabla 13 <i>Propiedades acero al carbón</i>	141
Tabla 14 <i>Análisis financiero</i>	168

RESUMEN

Para el desarrollo del presente proyecto se realiza un análisis de parámetros operacionales dentro de la empresa JACARI Ltda. para el proceso de roscado en envases PVC empleados en la exploración sísmica. Con base a esto, se diseña e implementa un sistema semi automático para el roscado de envases, con el propósito de tener una producción constante dentro de la planta, considerando que el roscado de los tubos de PVC es el proceso más extenuante y tedioso dentro de la línea de producción.

De manera conjunta, se hace una caracterización de todas las etapas del proceso, la cual tendrá como fin la determinación de una propuesta viable para el sistema semiautomático que cumpla con todas las exigencias del proceso.

Se tiene en cuenta para el diseño de este sistema semiautomático de roscado, el cambio de diseño estructural presente, ya que deben hacerse adaptaciones al proceso, que se dividen en tres campos diferentes, siendo el primero el diseño y evaluación estructural. En este se estudia y plantea un chasis para la nueva estructura. En el segundo campo están los sistemas mecánicos, los cuales permiten la transmisión de movimiento hacia la roscadora. Para esto, se implementa una caja de engranajes capaces de aguantar la carga operativa de la planta. En el campo tres están los sistemas semiautomáticos, para los cuales se realiza un estudio previo del funcionamiento, y así poder determinar cuáles son los que permiten realizar el proceso de roscado sin necesidad de un operario.

Se considera para el sistema de roscado semiautomático una evaluación de esfuerzos y cargas para cada uno de los sistemas, ya que al operar en conjunto se pueden generar cargas adicionales, esto con el fin de garantizar la operación y fiabilidad de todos los componentes del sistema.

Para el diseño de cada uno de los sistemas, se emplearon distintas herramientas de software para la correcta simulación y validación del funcionamiento. Fueron utilizadas herramientas tales como: SolidWorks (simulación de esfuerzos), FluidSim, LOGOsoft y software libre para la validación de relaciones en los engranajes.

Para los materiales empleados, se realizó una búsqueda de los diferentes distribuidores a los cuales es posible tener acceso, y mediante catálogos realizar la selección de los elementos

a implementar, teniendo en cuenta funcionamiento y disponibilidad de cada uno.

El sistema final de roscado semiautomático fue puesto en marcha en la planta JACARI Ltda., donde se llevaron a cabo una serie de pruebas de funcionamiento de cada uno de los sistemas empleados, con el fin de validar el funcionamiento de los sistemas aislados y en conjunto, bajo condiciones reales de operación. El mecanismo final será patentado por JACARI Ltda. Y asumirá los derechos del mismo

Palabras clave: Roscado, Software, Sistema Semiautomático, Diseño, Producción

INTRODUCCIÓN

En Colombia, para el estudio de suelos llevados a cabo por la industria petrolera mediante la exploración sísmica, se emplean generalmente tres procedimientos diferentes. El primero, es un levantamiento Aero magnético, el cual se realiza con un magnetómetro a bordo de una aeronave o remolcado por la misma, que permite cubrir grandes áreas de tierra en un corto plazo, a medida que la aeronave está en movimiento. El magnetómetro registra la intensidad del campo magnético en el sensor, este es la combinación del campo generado en la tierra y factores ambientales que se presentan.

El segundo tipo de estudio se hace mediante vibraciones, generadas por camiones de gran tamaño y peso. Las series de vibraciones generadas en el suelo son recolectadas mediante receptores y estudiadas para su respectivo análisis.

Por último, existe un estudio realizado con explosivos, el cual se lleva a cabo mediante ondas generadas artificialmente (explosiones controladas), las cuales se reflejan en las rocas y elementos presentes en el subsuelo dependiendo de su densidad. En este estudio se requieren de receptores de alta sensibilidad, conocidos como geófonos, que miden el tiempo que tarda la onda en hacer el recorrido. Finalmente, toda la información recibida es compilada y permite generar imágenes del subsuelo. Estos estudios se emplean dependiendo del tipo de suelo y demás condiciones geográficas que lo afectan, lo que conlleva a que el estudio más empleado para la geografía colombiana sea el realizado por medio de explosivos. Este estudio se hace mediante envases de PVC donde se almacenan cargas, y posteriormente se introducen en el suelo.

La compañía JACARI LTDA se dedica a la fabricación de los envases descritos anteriormente, presentando en sus cifras un aumento significativo en la demanda de los mismos. El proceso realizado para la elaboración de estos envases incluye una máquina de roscado con funcionamiento manual, la cual es accionada por un operario mediante una manivela, y se requiere el apoyo de un operario adicional para girar el tubo y realizar el proceso de roscado por el lado contrario. Este proceso tiene un tiempo promedio de ejecución de 45 a 50 segundos.

Actualmente, al iniciar el aumento en la demanda de insumos y la competitividad del mercado, el proceso de elaboración de los envases presenta muchos retos, principalmente en

la producción, a causa del proceso manual de roscado. En base a este desafío, y en busca de una solución viable, se tomó la decisión de agilizar el proceso con el fin de mejorar el rendimiento y los tiempos en la producción. Es aquí donde la automatización presenta una serie de ventajas y beneficios en la planta, ya que esta cubre aspectos como seguridad, confiabilidad, desempeño y economía.

Por esto la importancia de la implementación de un sistema de control semi automático capaz de realizar el roscado en envases PVC, el cual lograra hacer el posicionamiento y roscado del envase, garantizando un tiempo menor para la producción de envases, y permitiendo el redireccionamiento del personal en la planta a otras actividades, aumentando la eficiencia en el desarrollo de las actividades que conlleva la producción en la planta.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar y validar experimentalmente un sistema semiautomático de control del proceso de roscado en la línea de producción de tubos PVC usados para la exploración sísmica fabricados en la empresa JACARI Ltda.

Objetivos específicos

- Caracterizar el proceso productivo de roscado en la planta JACARI Ltda.
- Realizar el diseño conceptual para el proceso semi automático de control.
- Realizar el diseño a detalle del sistema semiautomático de control a cada uno de los equipos a implementar.
- Realizar la Validación experimental del diseño planteado a través de la evaluación de funcionamiento.

JUSTIFICACIÓN

El motivo de la realización del siguiente proyecto, se da a raíz de un análisis estructural en el proceso de producción de envases en la empresa JACARI Ltda. empleados en la exploración sísmica aplicada específicamente para la industria petrolera. Este posee un sistema basado en una manivela y una rosca fija que, a pesar de ser fiable, resulta anticuado y de baja eficiencia, debido a que su funcionamiento es manual. Con el paso del tiempo y los requerimientos del mercado, la empresa se ha visto limitada por los tiempos de producción, que son cada vez más exigentes. Para JACARI Ltda. es de suma importancia contar con un proceso que permita el aumento y constancia en la producción de envases PVC que almacenan el material explosivo.

Un dispositivo semiautomático de control para el roscado de tubos PVC en la planta de JACARI Ltda. se constituye como una buena opción ya que permitirá agilizar y llevar a cabo el proceso de forma constante, con resultados confiables y cumpliendo los parámetros exigidos por el cliente, logrando una reorganización del personal para las demás actividades dentro de la planta. Esto llevará a JACARI Ltda. a ser un referente importante en el mercado, permitiendo aumentar el alcance para sus clientes y logrando abarcar mayor parte del territorio colombiano.

PREGUNTA PROBLEMA

¿Cómo proponer un diseño mecánico a detalle y el prototipado de una máquina para realizar el proceso de roscado semi automático de un tubo PVC empleado para en la exploración sísmica y fabricado en la empresa JACARI Ltda.?

1. ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

- En la facultad de ingeniería civil y mecánica de la universidad técnica de Ambato, se realizó el trabajo [1] sobre un estudio de un sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado y su incidencia en la disminución de tiempos de producción en el laboratorio de control de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato. En este trabajo fueron considerados todos los aspectos necesarios de diseño, como como lo son dimensiones estructurales, resistencias mecánicas o la sobredimensión de las capacidades, y como se puede ver afectado el mecanismo.
- En la facultad de ingeniería mecánica de la Escuela Politécnica del ejército, los autores Karina Aguas Mosquera y Fernando Salinas Toledo Realizaron el trabajo [2] acerca del Diseño y construcción de una maquina roscadora para tubos desde un cuarto hasta cuatro pulgadas de diámetro para la empresa Proasen, este proyecto contempla la realización del sistema planteado lo que da una vista clara de las diferentes variables que se deben tener en cuenta al momento de llevar a cabo su construcción además de pruebas y validaciones de los sistemas implementados, verificando su optimo desempeño.
- En la universidad Tecnológica de bolívar en la facultad de ingeniería, los autores Jesús Alberto Gonzales, Andrés Blandón Vanegas y Harold Luis Estrada llevaron a cabo el proyecto [3] sobre la automatización de criba de limpieza de áridos planta de aguas residuales. El presente proyecto abarca aspectos de diseño y operación en los cuales la implementación de un sistema de control por medio de un PLC cubre las condiciones de trabajo requeridas, logrando ventajas significativas como los son la simplificación y reducción de tareas en el proceso de limpieza de aguas residuales.
- En la facultad de ingeniería y arquitectura de la universidad cesar vallejo se lleva a cabo el proyecto[4] sobre el Diseño de maquina roscadora para reducir el tiempo de producción de tubos PVC de 1/2” hasta 2” en la empresa Yucpas, inicialmente llevan cabo una caracterización del proceso actual de la planta, lo que permite entender las condiciones de operación y rendimiento del proceso, a partir de esto realizan el planteamiento del proyecto teniendo en cuenta factores económicos y operativos.

- En la facultad de ingenierías de la Universidad América se realizó el trabajo [5] sobre el diseño de un sistema automatizado de riego y dosificación de fertilizantes y nutrientes para cultivo hidropónico de la empresa vegetales hidropónicos y orgánicos Ltda., en el cual presentan una serie de alternativas para la implementación de un sistema automatizado que les permita la dosificación y riego de diferentes químicos necesarios para el cultivo, las cuales se plantearon para solucionar problemas como el posicionamiento de los diferentes elementos en ambientes adversos como lo es un cultivo hidropónico, lo cual les permite plantear un sistema eficiente y ergonómico.

1.2 Roscas

1.2.1 Generalidades

La rosca es una arista helicoidal mecanizada en una sola pieza, esta puede ser tanto exterior como interior, tienen como principal función formar un acople mecánico mediante la unión de una rosca interna con una externa al igual que transmitir un movimiento lineal en uno de rotación o viceversa [6].

El perfil de rosca define la geometría de la rosca, esta incluye los diámetros de la rosca (Paso mayor-menor), Angulo de perfil, paso y Angulo helicoidal, los Términos empleados para las roscas son los siguientes:

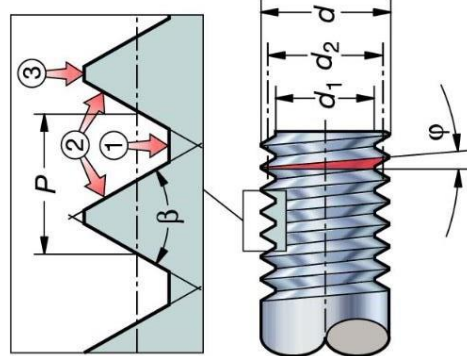
- Valle: sección inferior que une de forma adyacente los dos flancos de la rosca.

Flanco: Lateral a la superficie de la rosca que une el valle y la cresta.

Cresta: sección superior que une los dos laterales o flancos. [6].

Figura 1

Características físicas de las rosca



Nota. Forma geométrica de una rosca, tomado de

https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/4396/MTG_C.pdf

1.2.2 Historia

Los primeros indicios datan que los griegos crearon la rosca hacia el siglo V A.C., se originó en operaciones con taladro con movimiento alternativo, se enrollaba una cuerda en el palo vertical, este al desenrollarse iba dejando unas marcas helicoidales en forma de filetes, semejantes a las de un tornillo, y la cuerda al papel de una tuerca [7].

La utilización de este básicamente empezó a generalizarse en madera, como elementos de fijación, su producción masiva se dio hasta mediados del siglo XIX, la primera ilustración aparece hasta 1566, los primitivos tornillos y tuercas metálicos fueron obtenidos mediante un alambre que se enrollaba alrededor de una barra y forjando un material más blando en torno a él se obtiene una tuerca, la cual posteriormente se utilizaba para roscar la barra, obteniendo el tornillo [7]. En 1803 nació Sir Joseph Whitworth, ingeniero mecánico e inventor inglés, obsesionado con la idea de usar machuelos y dados del mismo tamaño, reunió todas las roscas de las diferentes compañías en 1841 y creó un sistema de estandarización que abarcara todos los tipos de roscas [7].

1.2.3 Fabricación de las Roscas

Existen diversos procesos establecidos para la manufactura de una rosca, estos dependen del tipo de material a roscar, tipo de rosca, hermeticidad y amplitud entre otros dependiendo la función a desempeñar de cada uno. Las roscas pueden realizarse con herramientas manuales o máquinas herramientas como taladoras, fresadora y torno.

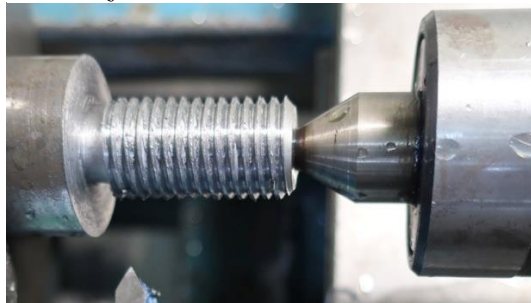
Para roscado manual comúnmente se usa macho y terraja, el macho permite roscar la parte hembra mientras que la terraja se utiliza para roscar la porción macho del par de acoplamiento [6].

1.2.4 Fabricación de rosca mediante torno y fresadora

En el caso del roscado con fresadora, permite mecanizar materiales con un grado de dureza elevado, y desarrolla velocidades de corte y avance muy superiores al roscado con macho. Para roscas que necesiten una muy alta precisión, se emplea una fresadora CNC, la cual es capaz de roscar perfiles de todos los sistemas de roscado, al ser maquinas controladas por software es posibles disminuir costos y facilitar el trabajo [6].

Figura 2

Mecanizado de una rosca mediante torno



Nota. Fabricación de una rosca

<https://www.fabricacionmecanica.es/el-torno/>

Para roscados mediante torno, al igual que en el caso de la fresadora, empleando tornos CNC, los intervalos de avance de la maquina coinciden con el paso de las mismas, el torneado con placas intercambiables se realiza haciendo varias pasadas de corte a lo largo de toda la longitud de la rosca, dividiendo la profundidad total de la rosca en varias pasadas [8].

Figura 3

Mecanizado de una rosca mediante fresadora



Nota. Ffabricación de una rosca rosca
[https://www.fabricacionmecanica.es/el-torno/-](https://www.fabricacionmecanica.es/el-torno/)

1.2.5 Validación de las roscas

Para validar los diferentes tipos de roscas, existen dos formas, indirecta o directa, para la medición indirecta se utilizan diferentes métodos, como galgas, las cuales permiten medir tanto las roscas hembras como macho, otra forma de medición son los proyectores de perfiles, los cuales en los laboratorios de metrología permite verificar la precisión de las roscas, de forma directa se utilizan micrómetros por lo general con puntas adaptadas, son introducidas en el flanco de las roscas, otra forma es encajar un juego de varillas para medir los diámetros medios [9].

1.2.6 Tipos de Rosca

1.2.6.a Métrica. Es un tipo de rosca habitual y uso común, esta se simboliza con la letra M, se denota de la forma M6, se emplea en elementos de unión como roscas, tornillos y espárragos, el diámetro exterior de la rosca se expresa en mm. También existe una variación de esta la cual es métrica fina, el símbolo es M, se denota de la forma M 6 x 0,25, se emplea para roscas de tubos de paredes delgadas, que posean alta precisión y poca longitud. El ángulo del diente de esta rosca es de 60°, las aristas son redondeadas ya que la altura de rosca es extraída 18 por la parte del diámetro máximo y 1/4 por la parte del diámetro mínimo lo que hace dar un aspecto más redondeado [10].

La rosca métrica se especifica en la norma ISO 68-1 e ISO 965-1, esta rosca no es en sí misma estanca, necesita un medio sellante, lo habitual es el uso de juntas o superficies de contacto metal-metal [10].

1.2.6.b NPT (National pipe Thread). Posee un ángulo en el diente de la rosca de 60° y aristas pronunciadas, es una rosca de 11.5 hilos por pulgada, la especificación de esta rosca se recoge en la norma ANSI B1.20.1, esta requiere de un producto sellante como cinta PTFE.

La rosca NPT se denomina de la siguiente forma: 3/8-18 NPT, lo que significa que es para tubo 3/8 y paso 18 hilos por pulgada [10].

1.2.6.c UNC. Es una rosca de paso grueso, las siglas hacen referencia al unificado normal, y hacen referencia a las series estándar de paso de rosca, en conjunto con la rosca UNF son las principales categorías del estándar unificado en Estados Unidos. La rosca UNC denomina de la siguiente forma: 3/8-16 UNC la cual tiene 16 hilos por pulgada [10].

1.2.6.d UNF Es una rosca de paso fino, las siglas hacen referencia al unificado normal, en conjunto con la rosca UNC son las principales categorías del estándar unificado en Estados Unidos. La rosca UNF denomina de la siguiente forma: 3/8-24 UNF la cual tiene 24 hilos por pulgada [10].

1.2.6.e Whitworth. El diámetro de esta rosca se expresa en pulgadas, y es empleada para la construcción de maquinaria, se emplea principalmente en los países anglosajones, esta rosca tiene un ángulo de 55° , tiene una profundidad de rosca de $0.960 \cdot P$, Se usa comúnmente en plomería de baja presión, aunque no se recomienda para sistemas hidráulicos de media y alta presión [11].

1.3 Automatización industrial

En la actualidad, una gran parte de las industrias tienen sus procesos asociados a la automatización las cuales permiten lograr un incremento significativo de la producción sin la necesidad de intervención o intervención parcial de un operario [12].

Los sistemas autónomos poseen componentes imprescindibles en todo tipo de modelos para que funcionen adecuadamente, generalmente incluyen sensores, procesadores y actuadores que ejecutan una serie de procesos los cuales pueden ser informáticos, mecánicos o industriales, esto mediante una programación establecida. En la automatización existen tres diferentes niveles [12]:

- Nivel elemental: la automatización en este nivel inicial involucra un dispositivo o máquina sencilla. La intervención es mínima, y esta puede involucrar el monitoreo de tiempos muertos, movimiento de piezas o tareas de seguridad en algunos casos

específicos.

- Nivel intermedio: el alcance en este nivel puede llegar a comprender el tratamiento que se le da a un conjunto de máquinas de funcionamiento sencillo o complejo
- Nivel alto: La automatización en este punto puede llegar a comprender el funcionamiento de un proceso de producción complejo, interviniendo procesos como supervisión, optimización, mantenimiento, control y validación de puntos de control.

1.3.1 Sistemas de control eléctricos

1.3.1.a Manual. Es el control más sencillo y empleado en la industria. Se ejecuta de forma manual en el mismo lugar donde se encuentre la máquina, y es utilizado normalmente para arranque de motores pequeños a tensión nominal. Este tipo de control es común en talleres pequeños de metales y carpintería, en que se utilizan máquinas pequeñas que pueden arrancar a plena tensión sin causar perturbaciones en las líneas de alimentación o en la máquina. Una aplicación de este tipo de control es una máquina de soldar del tipo motor generador. El control manual se caracteriza por el hecho de que el operario debe mover un interruptor o pulsar un botón para que se efectúe cualquier cambio en las condiciones de funcionamiento de la máquina o del equipo en cuestión [13].

1.3.1.b Semi-Automático Para el control semiautomático se emplean controladores, relés electromagnéticos y pilotos manuales como pulsadores, combinadores, interruptores de maniobra, entre otros. Los sistemas de control semiautomáticos se emplean principalmente para facilitar maniobras de mano y las instalaciones donde el control manual es complejo.

La clave de la clasificación como en un sistema de control semiautomático es el hecho de que los dispositivos pilotos son accionados manualmente y de que el arrancador del motor es de tipo electromagnético [13].

1.3.1.c Control Automático. Para los controles automáticos se emplean contactores eléctricos o arrancadores electromagnéticos con uno o varios pilotos automáticos. Se parte de la orden de marcha que por lo general es una operación realizada de forma manual en un panel de control o de operaciones. Si el circuito contiene uno o más dispositivos automáticos, debe ser clasificado como control automático [14].

Los contactores son dispositivos electromagnéticos, en el sentido de que en ellos se producen fuerzas magnéticas cuando pasan corrientes eléctricas por las bobinas del hilo

conductor que estos poseen y que respondiendo a aquellas fuerzas se cierran o abren determinados contactos por un movimiento de núcleos de succión o de armaduras móviles [15].

Cuando hablamos de automatización industrial, nos referimos al uso de sistemas de control, como ordenadores, autómatas programables y tecnologías de la información para manejar diferentes procesos productivos y maquinarias en la industria, eliminando en gran parte la intervención de la mano de obra y reemplazando las operaciones consideradas como peligrosas por operaciones automatizadas [16].

La automatización es una evolución de la mecanización en la industria, que utiliza dispositivos de alta capacidad de control para lograr procesos de fabricación o producción eficientes. Debido a los avances tecnológicos, los sistemas de procesamiento industrial con la industria 4.0 o cuarta revolución industrial, están cambiando la forma de producción de las compañías, donde el control informatizado de la producción para aumentar la precisión, calidad, y rendimiento de los procesos industriales se ha convertido en el actor principal de las empresas de fabricación y producción [16]. A diferencia de los sistemas manuales, los sistemas automatizados ofrecen una mayor capacidad de producción, precisión, velocidad, potencia de operación y seguridad.

Para los sistemas de control industrial es necesario emplear variables de proceso como temperatura, caudal, presión, distancia y niveles, que pueden ser detectadas o medidas simultáneamente. Estas variables son adquiridas, procesadas y controladas por sistemas de microprocesadores o controladores de procesamiento de datos [13].

Un sistema automatizado utiliza elementos y componentes especiales de hardware y software dedicados a implementar sistemas de control y monitoreo. En los últimos años, el número de estos productos se ha desarrollado a partir de diversos proveedores que ofrecen sus productos especializados, algunos de estos proveedores son Siemens, Schneider Electric, ABB, AB, National Instruments, Omron, etc.

1.3.2 PLC

El PLC o controlador lógico programable ha sido clave en la evolución de la automatización industrial, ya que es capaz de realizar tareas mucho más rápido y sin necesidad de un operario permanente, ayudando a minimizar el peligro en operaciones donde

el operario pueda estar en riesgo [17].

Este sistema inicialmente fue dirigido a la industria automotriz, ya que las líneas de producción cambiaban constantemente y para esto se necesitaba de un cambio significativo de infraestructura. Por este motivo se hizo necesario implementar un sistema que les permitiera hacer este cambio de forma más económica, y a finales de los años 60 se implantaron los primeros autómatas programables (APL o PLC). La compañía americana Bedford Asociate propuso un controlador modular digital (MODICON), en específico, el modelo MODICON 084 fue el primer PLC implementado en la compañía de automatización.

Los sistemas implementados debían ser fácilmente programables por ingenieros y personal de la planta, debían tener una vida útil considerable y ser sencillo al momento de realizar cambios en la operación [17].

En los años 70, ya se integraban los microprocesadores en los PLC, y años más tarde ya tenían la capacidad de comunicación entre ellos, permitiendo así intercambiar información, además de poderse situar lejos de los sistemas a controlar. Años después aparece la tecnología PLC, la cual consiste en la implementación de microprocesadores bit-sílice, compañías como Allen-Bradley, General eléctrica, Finac, Festo y Siemens se convirtieron en las principales compañías productoras de PLC [17].

Posteriormente se implementaron mejoras en los PLC, entradas y salidas remotas, aumento de memoria, control de posicionamiento y una gran variedad de lenguajes de programación los cuales permitían acceder a más funciones y eran más robustos, en ese tiempo, la tecnología más usada consistía en máquinas con estados secuenciales y CPU basada en el desplazamiento de bit.

En los años 80 se establece una estandarización de comunicación con el protocolo MAP (Manufacturan Automación Protocolo) de General motor, logrando también la reducción del tamaño de PLC y se programó por medio de ordenadores personales en cambio de las terminales convencionales. Por este tiempo también se incrementaron las mejoras de los PLC, dando así una mayor velocidad de respuesta, menor tamaño, servo controladores y módulos de control continuo [18].

Por los años 90 se establece el ultimo estándar, el cual intenta unificar el sistema de

programación de los PLC (IEC 1131-3) en un sistema único internacional. En la actualidad disponemos de PLC capaces de ser programados por medio de diagramas de bloques, lista de instrucciones o texto estructurado. Es común asignar al PLC funciones de control específicas y canales de comunicación entre sí, creando una red de autómatas [18].

Para entender su funcionamiento, es importante comprender la estructura interna de un PLC, la cual se presenta de la siguiente forma [19]:

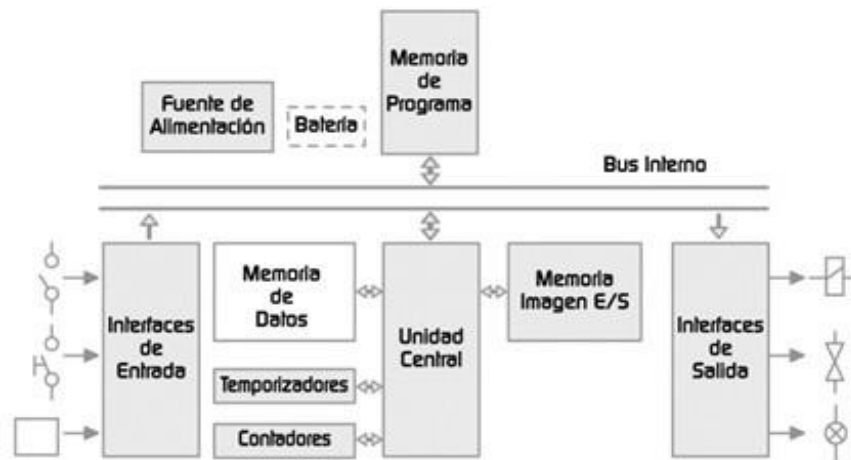
- **Unidad de Control:** Se denomina con las siglas CPU, destinada a consultar el estado de las entradas, analizar la programación instalada y posteriormente dar las instrucciones de salida.
- **ALU:** realiza operaciones aritmético-lógicas
- **Acumulador:** almacena el último resultado de la ALU
- **Flags:** indicadores de resultado (positivo, negativo, mayor, menor que)
- **Contador de Programa:** lectura de instrucciones de usuario
- **Decodificador de Instrucciones y Secuenciador:** lugar donde se decodifican las instrucciones y se generan las señales de control.
- **Pila:** Prioriza las instrucciones a realizar, evitando saltos en el programa o en las instrucciones
- **Monitor Sistema:** almacena la secuencia de puesta en marcha, rutinas de test y error de ejecución.
- **Memoria de programa:** destinada a almacenar la secuencia a realizar a partir de las señales de entrada, así como los datos de configuración del PLC.
- **Interfaz de Entrada y Salida:** Interfaces destinadas a comunicar el PLC con el entorno, recibiendo y enviando respectivamente información o instrucciones, que después serán comparados en la CPU, donde se realizarán acciones contempladas en el programa.
- **Fuente de Alimentación:** unidad donde, a través de tensión exterior, se le provee la energía necesaria al PLC para su funcionamiento.
- **Buses de Comunicación:** Conexiones que permiten la comunicación entre las unidades

de memoria, la CPU, las interfaces de salida y entrada, contamos con 3 buses:

- **Contadores:** Basados en los contadores digitales, pueden realizar el conteo de eventos externos, indicados a través de las entradas.
- **Temporizadores:** Actúa como un contador, con la diferencia que no realiza el conteo de eventos externos, lo hace a través de un generador de pulsos o de frecuencia dentro de la CPU.
- **Convertidores Analógico-Digitales:** Destinados a leer datos analógicos y convertirlos a datos binarios.

Figura 4

Estructura interna PLC



Nota. Estructura interna de un PLC <https://www.autracen.com/blog/blog-autracen-1/estructura-de-plc-51->

1.3.3 Electroválvulas

Las electroválvulas son dispositivos que responden a pulsos eléctricos, y gracias a la corriente que circula a través del solenoide, es posible abrir o cerrar la válvula controlando, de esta forma, la dirección del flujo. Las electroválvulas son más fáciles de controlar mediante programas de software, y son un componente ideal para la automatización industrial [20].

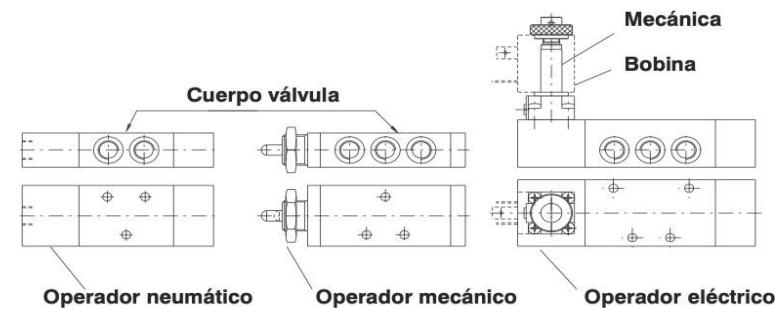
Las electroválvulas se emplean en un amplio número de sistemas y rubros industriales que manejan fluidos como agua, aire, vapor, aceites livianos, gases neutros y otros. En general, las electroválvulas se implementan en espacios de difícil acceso ya que pueden ser iniciadas por medio de acciones eléctricas, también son utilizadas en vacío o hasta en altas presiones y temperaturas. Generalmente se aplican a surtidores automáticos de combustibles, irrigación de parques, fuentes de agua danzantes, dosificadores de líquidos o gases, regulación de niveles de líquidos, en máquinas envasadoras, lavaderos automáticos de autos, máquinas de limpieza, procesos de niquelado o galvanizado, en máquinas de café y en muchos lugares más [20].

- Según la operación existe una gran variedad de válvulas las cuales permiten el correcto funcionamiento, algunas de estas válvulas son: Válvulas de interceptación: bloquean o cambian el sentido del aire comprimido en base a las necesidades (Elementos lógicos OR o AND).
- Válvulas de regulación: varían el flujo del aire comprimido en base a las necesidades regulando presión y/o caudal. (Los reguladores de flujo).
- Válvulas de distribución: desvían el flujo del aire comprimido sin variar la presión ni el caudal. Estas válvulas están compuestas de dos partes: la operativa de distribución del aire (el cuerpo de válvula), y la de mando (el operador) que acciona la primera y hace de transmisión entre el utilizador y el dispositivo neumático comandado (un cilindro, por ejemplo) [20].

La estructura de una electroválvula como se muestra en la figura 5, se compone de una bobina, un accionador mecánico, entradas y salidas, operador neumático, eléctrico y mecánico.

Figura 5

Elementos de una Electroválvula



Nota. Estructura interna electroválvula tomado

<https://www.distritec.com.ar/que-es-una-electrovalvula-y-para-que-sirve/>

1.3.4 Electro válvulas

En el mercado existen distintos tipos de electroválvulas, en algunas de estas el solenoide actúa de forma directa sobre la válvula para energizarla, en otros casos se pueden encontrar válvulas biestables, que usan una bobina para cerrar y otra para abrir la válvula, al tener dos contactos eléctricos hace que el cambio de posición abra uno de ellos y cierre el otro. A continuación, se presentan los tres tipos de electroválvulas

- Electroválvula sencilla: Son válvulas de tipo directo, esta mantiene en reposo hasta que el solenoide ejerce fuerza sobre un muelle para abrirlas, y se pueden encontrar en lavadoras y lavaplatos.
- Electroválvula asistida: Este tipo de válvulas el solenoide no las controla directamente, sino que lo hace sobre una válvula piloto secundaria que produce energía y suministra la presión que necesita la válvula principal.
- Electroválvula de tres vías: La función de este tipo de válvula es permitir la entrada de algún tipo de sustancia determinada, se pueden encontrar en sistemas de calefacción

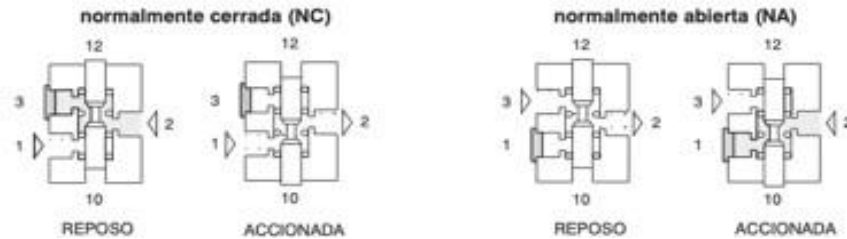
1.3.4.a Electroválvula 2-2. Las electroválvulas de este tipo tienen un embolo de acción directa, son válvulas de corte con dos puertos, uno de entrada y otro de salida como se muestra en la figura 6. Si se aplica tensión, el solenoide se desplaza hacia el interior de la bobina como resultado de la fuerza magnética y la válvula se abre [21].

Figura 6

Electroválvula 2-2

2/2 - 2 vías 2 posiciones

2 conexiones roscadas (alimentación y utilización, sin escape)



Nota. Electroválvulas <https://rodavigo.net/catalogos/PNEUMAX/01%20Introducción/04%20Información%20técnica%20III.pdf>

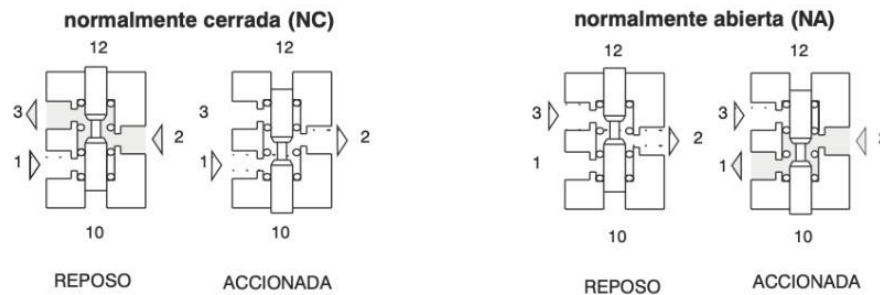
1.3.4.b Electroválvula 3-2. Es una válvula de 3 vías y 2 posiciones, y se utilizan generalmente para manejar cilindros de simple efecto, gracias a sus 3 vías de flujo el aire puede ir en dos direcciones distintas y realizar el escape en su posición cerrada como se ilustra en la figura 7[22].

Figura 7

Electroválvula 3-2

3/2 - 3 vías 2 posiciones

3 conexiones roscadas (alimentación, utilización y escape)



Nota. Electroválvulas, tomado de <https://rodavigo.net/catalogos/PNEUMAX/01%20Introducción/04%20Información%20técnica%20III.pdf>

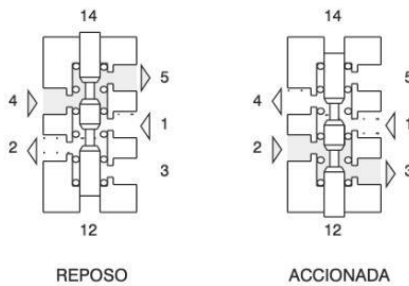
1.3.4.c Electroválvula 5-2. Estas electroválvulas poseen cinco vías y dos posiciones, donde el escape de un cilindro de doble efecto puede ser independiente de cada lado y da la posibilidad de realizar otras funciones de mando [22].

Figura 8

Electroválvula 5-2

5/2 - 5 vías 2 posiciones

5 conexiones roscadas (alimentación, utilizaciones y sus correspondientes escapes)



Nota. Electroválvulas, tomado de <https://rodavigo.net/catalogos/PNEUMAX/01%20Introducción/04%20Información%20técnica%20III.pdf> [Último acceso:01 09 2022]

1.3.5 Finales de carrera

Un final de carrera o también conocido como sensor de contacto o *limit switch*, básicamente es un interruptor que se ubica en lugares estratégicos de la carrera de un elemento móvil para saber la posición de dicho elemento. En otras palabras, es un sensor que ayuda a saber una posición en concreto de cualquier objeto móvil, como, por ejemplo; una ventana, una puerta, un elevador, cuando un objeto llega al final de una cinta transportadora o para saber si un pistón de un cilindro está afuera o adentro [23].

1.3.6 Pulsadores

Un pulsador o también conocido como botón pulsador es un elemento eléctrico que permite o impide el paso de la corriente eléctrica cuando se aprieta o pulsa. El pulsador solo se abre o se cierra cuando el usuario lo presiona y lo mantiene presionado, al soltarlo vuelve a su posición inicial, para que el pulsador funcione debe tener un resorte o muelle que hace que vuelva a la posición anterior después de presionarlo.

Figura 9

Funcionamiento pulsador



Nota. Accionamiento pulsador, tomado de <https://www.areatecnologia.com/electricidad/pulsador.html>

1.3.7 Cilindros neumáticos

Los [cilindros neumáticos](#) transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerza prensora: Este posee un émbolo o pistón que al introducirse el aire comprimido se desliza dentro de la camisa en forma lineal. Este tipo de cilindros son utilizados para [24]:

- Dispositivos de corte y prensado en la fabricación de piezas.
- Dispositivos de sujeción, de corte, de plegado y de prensado.
- Accionamiento de dosificadores de grapas en manipulados de papel y cartón.
- Expulsión de piezas en diferentes tipos de industria.
- Diferentes accionamientos para apertura de puertas, por ejemplo, en transportes públicos.
- Cilindros neumáticos de efecto simple: en este tipo de cilindros el elemento móvil (vástago) sólo se desplaza en un único sentido.
- Cilindros neumáticos de efecto doble: estos cilindros producen trabajo útil en dos sentidos, [25].

Todos los cilindros neumáticos se componen de los elementos mostrados en la Figura 10, que son el cuerpo del cilindro, un pistón, glándulas de embalaje, empaques, un vástago de pistón y una cabeza para las piezas internas. Existen muchas variedades, formas y tamaños de los cilindros neumáticos, pero, normalmente son fabricados las especificaciones de la

Tabla 1 [25]:

Tabla 1

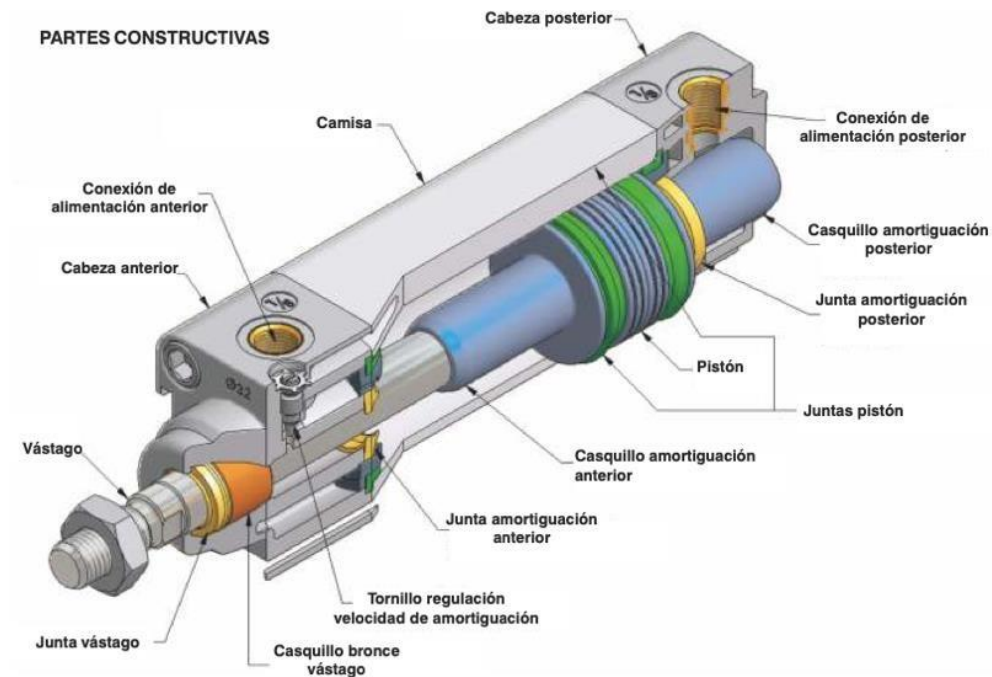
Características cilindros neumáticos

Diámetro: entre 6 a 320 mm	Entre 6 a 320 mm
Carreras: de 1 a 2000 mm	de 1 a 2000 mm
Fuerza: de 2 a 50000 N	de 2 a 50000 N
Velocidad del émbolo: 20 mm/s a 1 m/s	20 mm/s a 1 m/s

Nota. Especificaciones de cilindros neumáticos

Figura 10

Partes de un cilindro neumático



Nota. Elementos cilindro neumático tomado de <https://rodavigo.net/catalogos/PNEUMAX/01%20Introducción/04%20Información%20técnica%20III.pdf>

Los componentes internos de un cilindro neumático por lo general son sencillos para facilidad de montaje, estos permiten movimientos lineales como abrir, cerrar o movimientos angulares, no necesitan de un mantenimiento regular y la instalación de esto suele ser económica.

En el mercado se pueden encontrar una gran variedad de cilindros, depende las condiciones de trabajo para el que se requiera pueden fabricarse para operar en condiciones extremas, es uno de los sistemas más confiables ya que no poseen características explosivas ni producen calor específico. La sobre carga para los cilindros neumáticos no representa un daño significativo ya que es difícil llegar a dañar de forma permanente los equipos, dado que el aire en el cilindro no genera golpe de ariete [25].

1.3.8 Sensores

En la implementación del sistema de control se debe llevar un tipo de control sobre los diferentes tipos de proceso, para lo que se emplea un sensor industrial el cual tiene como

objetivo medir diferentes magnitudes físicas, por lo general pueden ser señales diferente a las eléctricas, son de suma importancia en la implementación de sistemas autónomos, por lo que existe una gran variedad de sensores en el mercado, con capacidades de medir variables de proceso, como temperatura, nivel, presión y flujo, variables eléctricas como lo son voltaje, corriente y frecuencia, valores mecánicos, como rotación, numero de ciclos, posición, dirección de desplazamiento, presiones estáticas, y dinámicas por ultimo variables ambientales como lo son la humedad, vibración, velocidad o dirección del viento[26].

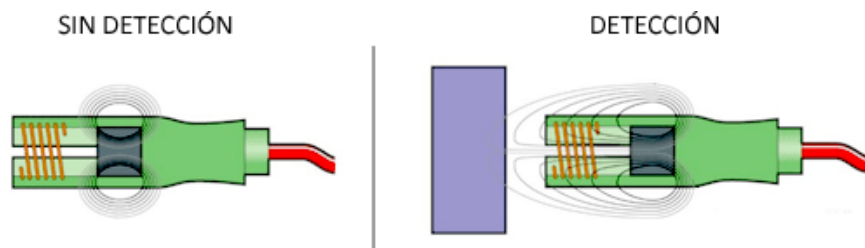
La clasificación de los diferentes tipos de sensores se da de acuerdo a sus características, ya sea que aporten energía, que den un pulso eléctrico o un rango de valor, a continuación, se presenta una clasificación de los sensores generalmente implementados para los sistemas autónomos.

1.3.8.a Sensores inductivos. Este tipo de sensor tiene como finalidad medir la distancia con respecto a un objeto metálico ferroso o no ferroso sin tener contacto directo con el elemento en cuestión. Se conoce a esta distancia como la distancia de conmutación, y la función de este circuito es generar una señal senoidal, aunque también pueden funcionar como filtro de selectividad. [27].

Los alcances de este tipo de sensores van entre 1mm y 10 mm, y es capaz de reconocer el objeto hasta que esté más cerca de la distancia de censado.

Figura 11

Sensor inductivo



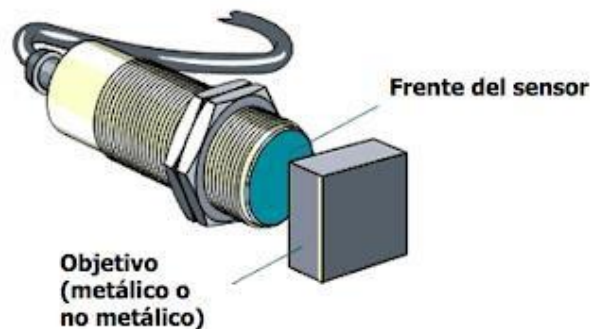
Nota. sensor inductivo tomado de <https://www.luisllamas.es/detector-de-metales-con-arduino-y-sensor-inductivo/>

1.3.8.b Sensores Capacitivos. El Sensor capacitivo se emplea para efectuar controles de presencia y medición de distancias en rangos pequeños. La medición puede determinarse con una exactitud nanométrica por lo que se pueden emplear en un gran rango de aplicaciones como pueden ser túneles de barrido o instalaciones de montaje

El funcionamiento de estos sensores como se ilustra en la Figura 12 se basa en un condensador de placas ideal, una de estas placas funciona como el sensor, la otra es el objeto de medición opuesto, entre las dos placas se genera un campo eléctrico, para garantizar que el campo eléctrico homogéneo se emplea un anillo protector alrededor de la estructura, si un cuerpo entra en el campo cambia la distancia entre las dos placas. Algunos de los elementos conductores que se emplean para los sensores capacitivos son metales, acetona, agua y tinta [28].

Figura 12

Sensor capacitivo

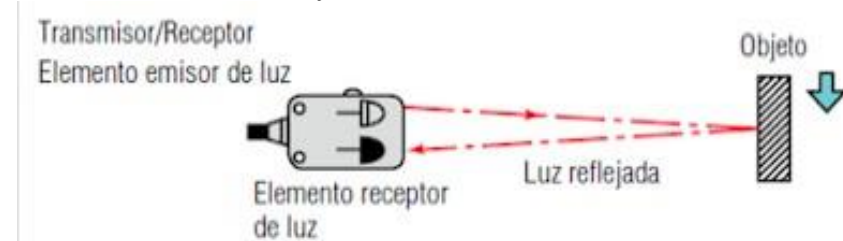


Nota. sensor capacitivo tomado de <https://sites.google.com/site/tema8otrotransductores/transductores-de-proximidad/detectores-capacitivos>

1.3.8.c Sensores Fotoeléctrico. Este sensor es un dispositivo electrónico que corresponde al cambio de la intensidad de luz. Este tipo de sensores requieren de un componente emisor que genera luz y otro componente receptor. Todos los diferentes modos de censado se basan en este principio de funcionamiento, están diseñados para la detección, presencia o ausencia y el posicionado de objetos [29].

Figura 13

Funcionamiento sensor fotoeléctrico.



Nota. Funcionamiento sensor fotoeléctrico, tomado de <https://instrumentacionmoctezuma.blogspot.com/2017/10/sensores-fotoelectricos.html>

1.3.8.d Sensores infrarrojos. Los sensores infrarrojos son elementos opto-eléctricos, que captan y miden la radiación electromagnética infrarroja dentro de un área de visión en específico, esto gracias a que todos los cuerpos emiten cierta cantidad de radiación invisible para el ojo humano. Ya que este tipo de radiación es emitida por cualquier cuerpo que se encuentre a una temperatura mayor a 0 grados Kelvin. Sin importar las condiciones ambientales, es posible hacer detecciones en entornos muy exigentes [30]. El funcionamiento de un sensor infrarrojo se da gracias a componentes piroeléctricos sensibles a variaciones de radiación en un campo determinado, así como células que filtran posibles señales contaminantes como la radiación solar. Una vez que las señales infrarrojas pasan a través del fototransistor, el dispositivo dispara o no una señal de alarma.

Las aplicaciones de este tipo de sensores van desde usos domésticos como electrodomésticos y hornos microondas hasta ciencias médicas y biológicas, para esta área proporciona una solución para algunos procedimientos de examen, por ejemplo, el examen de mamas y músculos o medición de la temperatura corporal instantánea, es decir un termómetro remoto o infrarrojo [30].

1.4 Diseño

Se habla de diseño al proceso de creación que se realiza previo a la fabricación, construcción o implementación de un dispositivo que se emplea en un proceso en específico en los diferentes ámbitos de la industria, donde se tienen en cuenta valores como la dimensión, material y su funcionamiento. El resultado de esta fabricación tiene como principal objetivo satisfacer una necesidad o un problema, además de ser seguro, fiable, competitivo y por supuesto comercializable.

Para el diseño mecánico, es necesario apoyarse en herramientas especializadas que le permita al encargado del diseño aumentar su eficiencia, reducir tiempos y alcanzar un producto con un mayor nivel de calidad. Estas herramientas en la actualidad ya permiten hacer un sin fin de pruebas sobre el diseño, como lo son pruebas de fuerza, su funcionamiento mecánico y resistencia del producto.

Se establece un panorama general de los sistemas a implementar, considerando el funcionamiento de los sistemas mecánicos y eléctricos, para así dar inicio al diseño estructural mediante cálculos de esfuerzos, características de material, el cual dará una representación clara de la integración de los sistemas anteriormente mencionados.

1.4.1 Diseño estructural

Se entiende como estructura a los elementos que en conjunto se interconectan para cumplir funciones específicas, como chasis, puentes, contenedores etc., las cualidades de una estructura generalmente debe tener seguridad, economía, racionalidad y en casos específicos la estética.

Es un proceso en el que se pueden distinguir las siguientes etapas: Formulación de objetivos y limitaciones, podría pensarse, por ejemplo, que el objetivo es la construcción de un Coliseo de Deportes y este ya trae implícitas ciertas limitaciones tales como la imposibilidad de que existan elementos que interrumpan las visuales desde las diferentes localizaciones de los espectadores o la inconveniencia eventual de utilización de tal o cual material, la primera de las limitaciones supuesta lleva a la planificación de características específicas, la cual defina determinantemente su forma[31].

Posteriormente se lleva a una aproximación, generalmente características físicas y tipo de material para el diseño, es decir, la elaboración de bocetos iniciales.

El planteamiento seleccionado debe cumplir con determinadas exigencias estructurales, es decir en cambios formales, diferentes proporciones, etc. En este punto ya exige la realización de cuantificaciones numéricas tales como: magnitud, esfuerzos correspondientes que pueden llegar a la reformulación del planteamiento [31].

1.4.2 Diseño mecánico

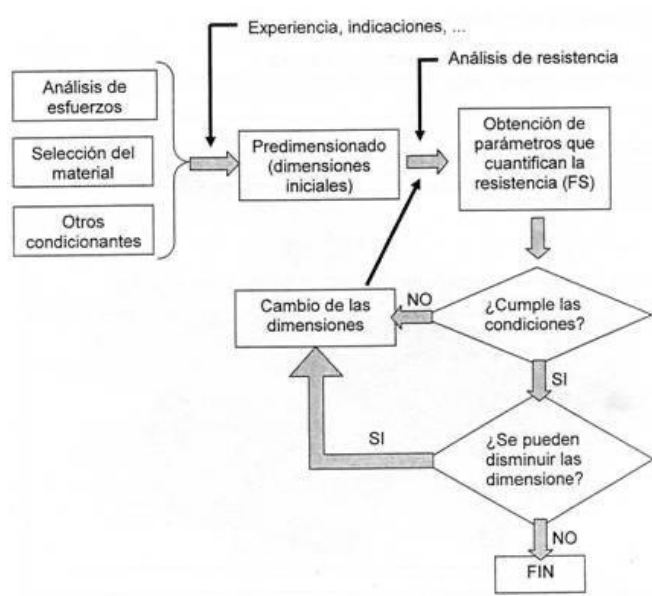
El diseño mecánico es la ciencia que se encarga de fabricar y construir todos aquellos sistemas mecánicos que permiten a diversas maquinarias funcionar correctamente. Por esta

razón, quienes se dedican a la ingeniería mecánica tienen una gran responsabilidad, ya que este correcto funcionamiento asegura un proceso óptimo y sin margen de error [32].

Para elaborar un diseño mecánico es necesario inicialmente elaborar un plan o propuesta que satisfaga determinadas necesidades, a esto se le conoce como a la transformación de ideas en un elemento útil. El diseño se puede dividir en 3 etapas, las cuales se fundamentan en funcionalidad (servicio), a la transformación, economía y normas, primero se realiza un estudio de propuestas y alternativas que se basan en el conocimiento y la experiencia. Segundo, el dimensionado, el cual tiene como parámetros el funcionamiento, seguridad y fiabilidad. Por último, está la evaluación de desempeño, la cual consiste en validar la satisfacción de los requisitos planteados [32]. En la figura 14 se ilustran las fases del diseño mecánico.

Figura 14

Diagrama de diseño



Nota. Diseño estructural, tomado de <http://joelfrax.com/disenoproceso%20de%20diseño.html>

2. CARACTERIZACIÓN PLANTA DE PRODUCCIÓN JACARI LTDA

2.1 Historia JACARI LTDA

En 1997 nació la empresa JACARI, con una trayectoria de más de 20 años, teniendo como pilares fundamentales la calidad, diseño, eficacia y cumplimiento, logrando posicionarse en el mercado de forma satisfactoria con los clientes los cuales son parte importante en la exploración de petróleo en Colombia.

Es una empresa dedicada al diseño, fabricación y venta de envases plásticos para la exploración sísmica. En cumplimiento de la misión, JACARI asume como principios fundamentales la satisfacción del cliente, garantizando calidad en sus productos, manteniendo un personal capacitado y del mismo modo trabajando en la evolución del diseño y desarrollo del envase. Así mismo, la organización se compromete a cumplir con la mejora continua del sistema de gestión garantizando el cumplimiento de los requisitos exigidos por las partes interesadas.

2.2 Proceso de producción de envases PVC

El portafolio de JACARI se divide en 7 distintos tipos de envase, los cuales se diferencian solo por su capacidad de almacenamiento, las demás características permanecen.

Por cuestiones de requerimientos, se ha enfocado la producción principalmente a la fabricación de un solo tipo de envase, este es el de 900 Gr. En la Figura 15 se presentan los diferentes envases producidos por la empresa JACARI:

Figura 15

Portafolio productos JACARI Ltda.

PRODUCTO
Envase 150g
Envase 450g
Envase 500g
Envase 600g
Envase 900g

Nota. Envases fabricados por JACARI Ltda.

El proceso de producción de los envases PVC se establece en seis secciones, las cuales están divididas de la siguiente forma:

2.3 Recepción de materia prima

Recepción de materia prima: Se recibe un tubo de PVC, el cual tiene una longitud de 6m y se almacena en una zona conjunta a la línea de producción. Cada tubo es posicionado en una estiba especial la cual está dispuesta para que el tubo pase a la zona de corte.

2.4 Cortado

Se recibe el tubo en una guía metálica, la cual se encuentra a la altura de la cortadora. Esto permite desplazar el tubo para poder cortarlo a una longitud de 48cm, y posteriormente se dispone en una bandeja de almacenamiento para continuar el proceso, como se muestra en la Figura 16.

Figura 16

Cortado de tubo PVC



Nota. Cortado de tubos fuente JACARI Ltda.

2.5 Roscado

Un operario toma el tubo, lo posiciona en una prensa la cual mantiene el tubo fijo y hace la unión del centro del tubo con el centro de la roscadora, este es acomodado de tal forma que la roscadora pueda hacer los 8 giros necesarios dentro del tubo con el buril que está en uno de sus extremos, es necesario hacer la rosca por ambos lados del tubo, por lo que es necesario que el operario le dé la vuelta a este y se repita la operación. Finalizando la operación de roscado, el tubo es depositado de tal forma que el operario del siguiente proceso pueda tomarlo. Tanto roscadora como prensa funcionan de forma manual por medio de una manivela, como se ilustra en la Figura 17.

Figura 17

Roscado de envase PVC



Nota. Roscado de envase PVC Fuente JACARI Ltda.

2.6 Tapado

Se toma el envase PVC y por una de sus roscas se le adiciona cemento solvente, el cual es especial para PVC y permite que al momento de roscar la tapa esta logre una impermeabilización completa.

Figura 18

Tapado de envase PVC



Nota. Tapado de envase PVC Fuente JACARI Ltda.

2.7 Prueba de vacío

En esta operación se revisa el correcto sellado de la tapa, y consiste en sumergir la punta cerrada del envase PVC en un recipiente con agua, para posteriormente por el otro extremo, acoplar un cierre hermético de caucho adherido a una pistola de compresor, la cual al accionarla someterá una gran presión dentro del envase, permitiendo observar si existen fugas o no en el cierre, como se muestra en la Figura 19.

Figura 19

Prueba de vacío en envase PVC



Nota. Prueba de vacío en envase PVC Fuente JACARI Ltda.

2.8 Embalaje del envase PVC

Aquí es realizado el sunchado y posterior despacho: El tubo se ordena en cantidades de 10 unidades, esta se suncha y queda un paquete listo para embalar. Estos se ordenan en pilas de 15 pisos y 10 paquetes por piso, conforme presentado en la Figura 20.

Figura 20

Embalaje envases PVC



Nota. Embalaje envases PVC
fuente JACARI Ltda.

2.9 Envase de almacenamiento PVC

2.9.1 Descripción envase PVC

El envase consta de un miple de cualquier longitud (este depende del posicionamiento del explosivo y condiciones externas del terreno), dos roscas hembra y dos tampones macho roscados a cada extremo del tubo. El tapón superior o porta detonador contiene un alojamiento doble con dos capsulas detonantes, así mismo cuenta con dos roscas exteriores, una que permite sellar el miple y la otra permite ensamblar varias cargas sucesivas.

La tapa superior aprisiona las capsulas de los detonadores y sirve como seguro para trabajar los cables de los detonadores, así mismo tiene cuatro aletas interiores que facilitan la instalación de la carga hacia el interior del pozo.

2.9.2 Características envase PVC

El compuesto PVC utilizado corresponde a la celda 12454 el cual posee características generales como: es auto extingible; no corrosivo; de fácil manejo; peso liviano; superficies lisas; tiene homogeneidad en la opacidad en todas las superficies; es resistente al impacto;

posee impermeabilidad en las uniones y estabilidad dimensional frente a cambios de temperatura. Posee una resistencia a la tensión de 7000 psi, un módulo de elasticidad en tensión de 400000 psi y una temperatura de reflexión bajo carga de 264 psi [33]

2.9.3 Ficha técnica envase PVC

2.9.3.a Especificación de la tubería. En la Tabla 2 se muestran las especificaciones de los envases dimensionales y mecánicas de los tubos PVC.

Tabla 2

Dimensiones envase PVC

Especificaciones	Datos
Diámetro exterior promedio	48.80 +/- 0.1mm
Diámetro interior promedio	45.4 +/- 0.03m
Espesor promedio	1.81 +/- 0.1mm
Calidad de extrusión	No presenta descascara miento, ni delaminación cuando se somete a inmersión de 20 min acetona
Resistencia al impacto	40J con baliza tipo A de 10 kg, y platotipo B
Peso	: 380 – 390 (g/m)
Rosca	8 hilos

Nota. Propiedades y dimensiones de la rosca en el envase PVC, tomado de JACARI Ltda.

2.9.3.b Especificaciones de la tapa. Las especificaciones técnicas de la tapa son definidas en la Tabla 3.

Tabla 3

Dimensiones Tapa

Especificaciones	Datos
Diámetro exterior	45.8 mm +/- 0.1mm
Diámetro interior	335.40mm +/- 0.1mm
Resistencia al impacto	16J
Peso	24-26 gr
Rosca	7 ½ hilos

Nota. La tabla muestra las características físicas de la tapa del envase PVC Fuente JACARI Ltda.

3. DISEÑO CONCEPTUAL DE SISTEMAS DE CONTROL SEMI AUTOMATICO

El diseño conceptual se divide en tres ámbitos, con el fin de abarcar de forma individual cada parte del sistema. Esto da orden de diseño de los mismos. Se inicia con la evaluación de una estructura propuesta conforme a los regímenes de operación de la planta. El ámbito siguiente son los sistemas mecánicos, los cuales son parte fundamental, ya que permiten el movimiento de la roscadora, y, por ende, realizan el roscado en el envase PVC. Por último, se tienen los sistemas de control, los cuales permiten el funcionamiento semiautomático de la roscadora.

Para realizar la propuesta de cada uno de los sistemas, se toman referencias bibliográficas y conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera. A partir de la caracterización de los procesos de la planta, se tienen en cuenta criterios de diseño mecánico, los cuales definen los parámetros y regímenes de operación a cada uno de los sistemas implementados.

3.1 Generalidades estructurales

Este estudio preliminar en base fundamental para la implementación del sistema semiautomático de control aplicado al proceso de roscado de tubos PVC, dentro de la operación como se menciona en el capítulo anterior, el proceso de roscado tiene una mayor relevancia, ya que se realiza con una prensa manual, un eje y dos rodamientos, los cuales realizan la rosca dentro del tubo PVC. Es por eso que se buscó incrementar la eficiencia y fiabilidad de la línea de producción, proponiendo el diseño de un dispositivo capaz de realizar de forma semiautomática el proceso de roscado.

El sistema semiautomático intervendrá únicamente en este proceso, siendo capaz de recibir el envase previamente preparado, realizar la rosca interna en el envase PVC simultáneamente por ambos costados, y posteriormente depositarlo de forma conveniente para que continúe en la línea de producción.

3.2 Diseño conceptual del sistema estructural

Actualmente el sistema de roscado opera sobre un banco de trabajo donde la roscadora está posicionada sobre una lámina de acero, lo que permite hacer la fijación de tal forma que la prensa y el centro del eje de la roscadora queden alineados en el momento de realizar la rosca.

El diseño se define a partir de la lámina mencionada, ya que esta es la encargada de sujetar la roscadora y respectivas chumaceras. Con base en esto se logra rediseñar el sistema de

fijación, el cual continúa siendo una prensa, pero adaptada a la disposición de la estructura, y se toma en cuenta el sistema anterior para realizar el alineamiento de centros entre el eje y el envase fijado en la roscadora.

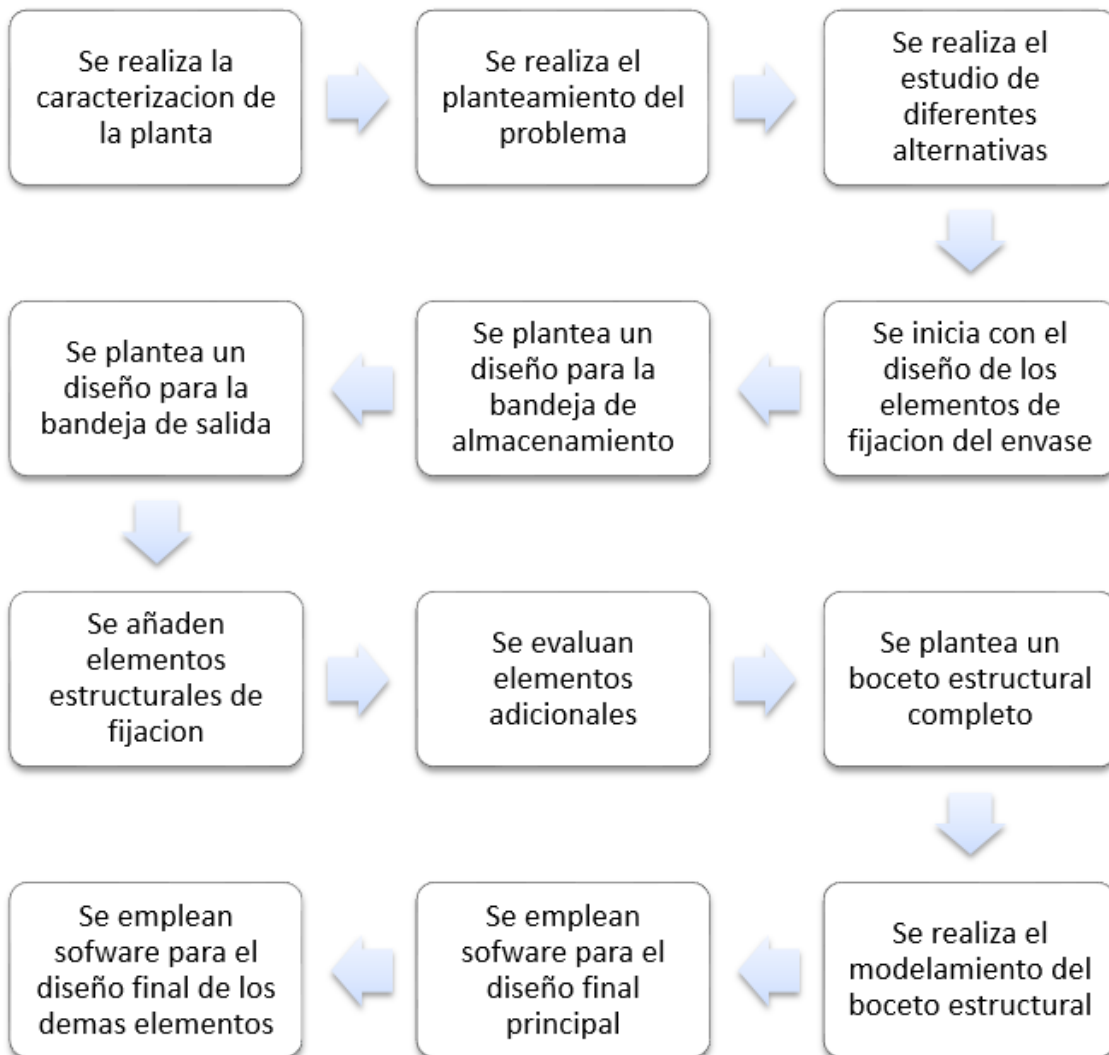
La estructura se realiza con base a parámetros establecidos por las normas de seguridad y calidad dentro de la empresa, y esta se diseña a partir de los elementos anteriormente mencionados, dado que cada uno de estos necesita una posición específica para su funcionamiento. La estructura debe brindar los soportes necesarios para cada uno de los sistemas involucrados, de modo que, con el paso del tiempo no se vean afectados los sistemas posicionados sobre esta.

La estructura se divide en cuatro secciones, teniendo inicialmente la prensa, la cual está ubicada en la parte central/superior de la estructura y deberá soportar los tres cilindros encargados del posicionamiento, fijación y salida del envase. La segunda y tercera sección es la encargada de soportar las roscadoras, la cual lleva los engranes y sistemas correspondientes.

La estructura se diseña a partir del material seleccionado, pues dado que la planta JACARI Ltda. Posee en sus instalaciones acero estructural, el cual se pone a disposición para la realización de la estructura. Con base en esto se plantea un diseño capaz de cumplir con los requerimientos de diseño, se muestra el proceso seccionado en el diagrama de bloques Figura 21.

Figura 21

Diagrama de bloques

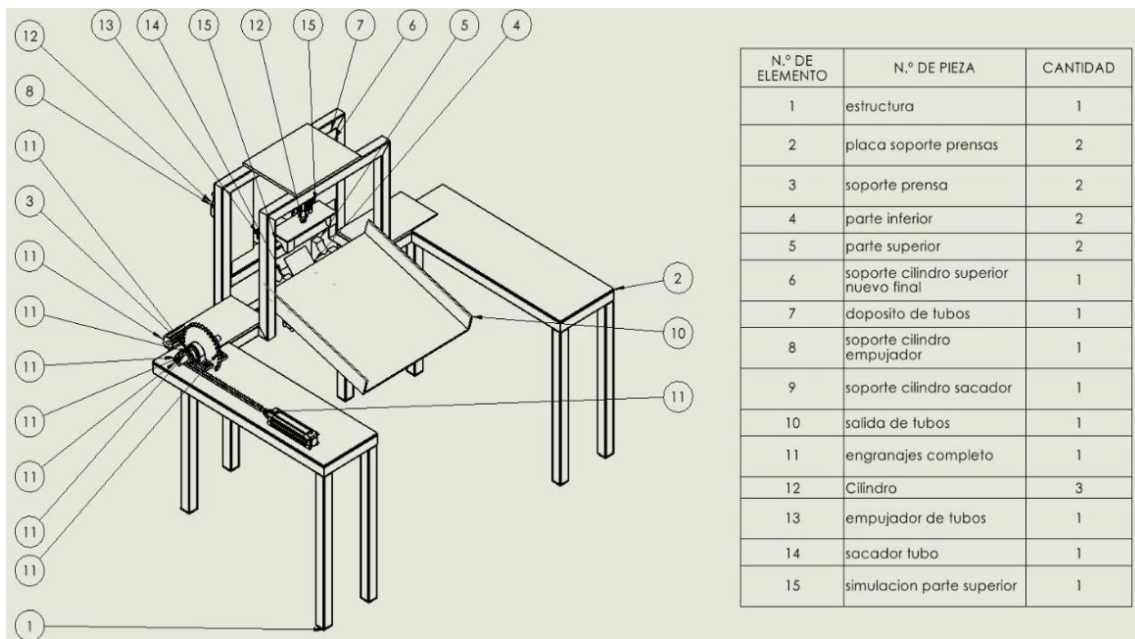


Nota. Diagrama de bloques, diseño conceptual estructural.

Posterior al diseño, se simula la estructura para dar validación de su comportamiento en operación. Esto corresponde a cálculos de esfuerzo, puntos críticos, uniones soldadas, resistencia y flexión del material. En la Figura 22 se puede apreciar la estructura planteada y sus principales componentes.

Figura 22

Planteamiento estructura y componentes



Nota. Elementos Estructurales

3.3 Planteamiento propuesta chasis-estructura

Para el diseño utilizamos la herramienta software de modelado (SolidWorks®). A partir de las nociones básicas de diseño adquiridas en la carrera de ingeniería mecánica, que involucran aspectos como: seguridad, funcionalidad, accesibilidad, utilidad se realiza el diseño. Ajustados a las condiciones de la planta, conforme se ilustra en la Figura 23, se plantea el diseño que satisfaga las necesidades y requerimientos del sistema semiautomático.

Figura 23

Planteamiento del chasis



Nota. Diseño estructural para el sistema de roscado

Este diseño es resultado del análisis de los aspectos anteriormente mencionados y un trabajo conjunto con el personal de la planta que está directamente involucrado al momento de iniciar la producción de los envases PVC.

3.4 Elementos adicionales

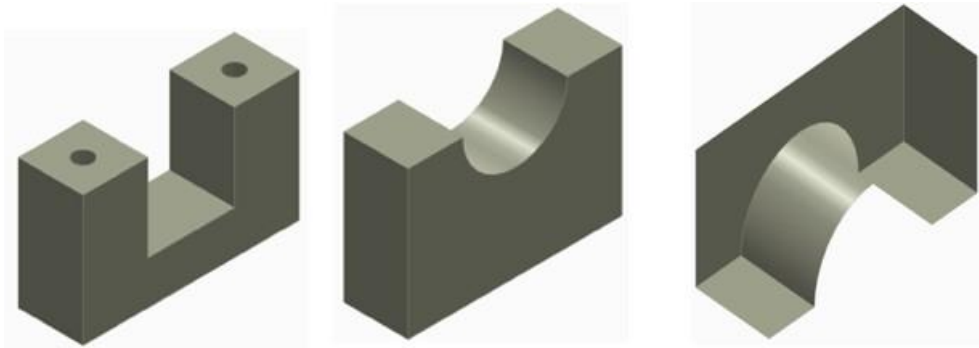
El conjunto de elementos presentados a continuación, serán los encargados de acoplar los sistemas neumáticos y eléctricos con la estructura, permitiendo así el movimiento del envase PVC por la misma.

3.4.1 Prensa

Junto a este se implementa un sistema que nos permita la fijación del tubo, el cual consiste en una prensa, que, tomando como base a la existente, se plantea entonces una capaz de sujetar el tubo y asegurar los centros del eje de la roscadora. EL diseño de la prensa se plantea en tres secciones, conforme ilustrado en la Figura 24.

Figura 24

Diseño Prensa



Nota. Diseño de la prensa para el sistema de roscado

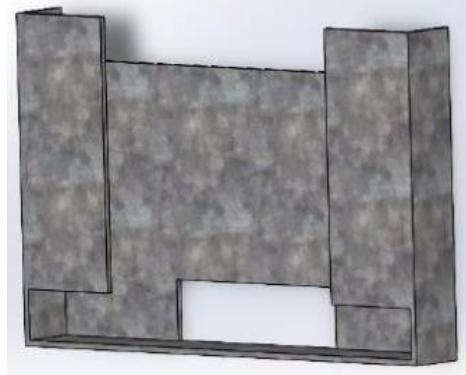
Esta es anclada a la estructura por medio de la parte inferior observada en la Figura 24, y se une a la parte media donde se fijará el envase. Para la parte superior se plantea un acople para que no tenga tolerancia con el envase al momento de estar fijada con la parte media.

3.4.2 Bandeja de almacenamiento

Es la encargada de recibir los envases ya cortados, y tiene la capacidad de almacenar hasta 5 envases los cuales se dispondrán de forma que cumplan con las necesidades de la roscadora. Esta bandeja se dispone de forma a que se adapte a la estructura, y se presenta a continuación la propuesta en la Figura 25.

Figura 25

Diseño de la bandeja de almacenamiento para el sistema de roscado



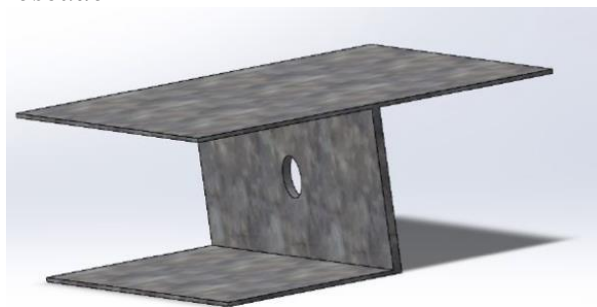
Nota. Diseño de la bandeja de almacenamiento para el sistema de roscado

3.4.3 Posicionador

El diseño planteado tiene la capacidad de disponer el envase de tal forma que este quede en la posición necesaria para el roscado. El diseño presentado en la Figura 26 se adapta a las condiciones establecidas en la estructura y podrá operar haciendo su instalación al vástago del respectivo cilindro

Figura 26

Diseño del posicionador para el sistema de roscado



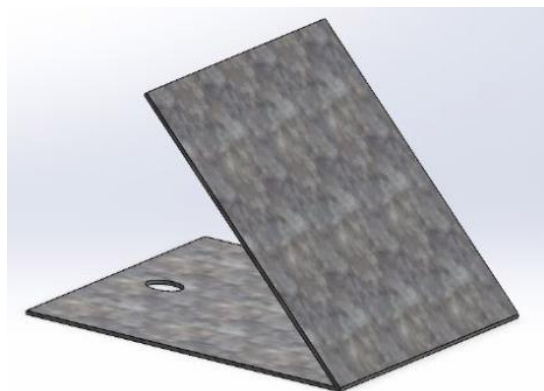
Nota. Diseño del posicionador para el sistema de roscado

3.4.4 Lámina de salida

Para permitir al envase terminar su recorrido, este debe ser expulsado de la prensa, por lo que se propone un diseño que permita realizar esta acción. Está conectado al cilindro de la parte inferior y cumple con las condiciones físicas para adaptarse a la estructura, a continuación, se presenta el diseño planteado Figura 27.

Figura 27

Lámina de salida



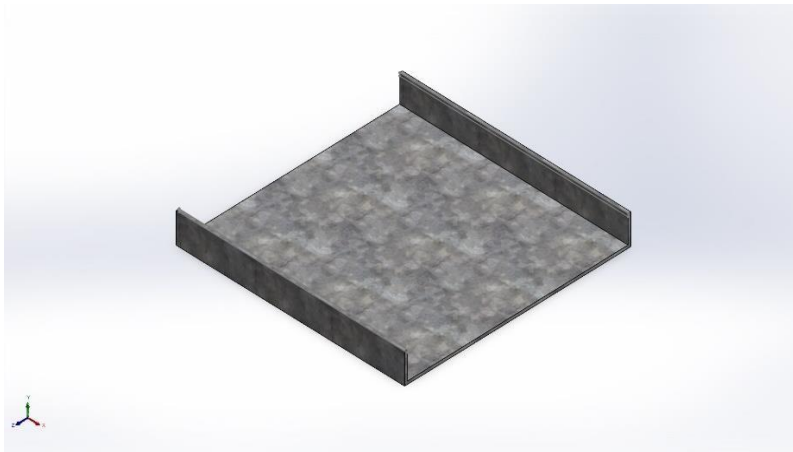
Nota. Diseño de la lámina de salida

3.4.5 Bandeja de salida

Con esta bandeja se finaliza el proceso del envase dentro del sistema, el cual permitirá su correcto almacenamiento y disposición para el proceso siguiente. El diseño propuesto se presenta en la Figura 28.

Figura 28

Bandeja de salida



Nota: Diseño de la bandeja de salida

Es conveniente aclarar que por disposición de la gerencia de la planta de JACARI Ltda. se hace el montaje inicial del lado izquierdo, ya que, al poseer la patente de la roscadora, no se nos permite hacer uso de más de una de estas. De igual forma, se establecen las condiciones de instalación del lado derecho para posteriormente al momento de tener la autorización, sea únicamente hacer la instalación de la roscadora faltante.

3.5 Diseño conceptual Sistemas Mecánicos

El diseño planteado de los sistemas mecánicos se realiza a partir de entender la necesidad y el objetivo del mismo. Al depender de la posición de la roscadora, se da la facilidad de adaptar un sistema de engranajes, y con esto se logra un sistema de transmisión capaz de hacer girar el eje de la roscadora con la suficiente fuerza para realizar la rosca dentro del envase PVC.

Este sistema parte de la idea de brindar un movimiento confiable y funcional para que con el paso del tiempo siga siendo efectivo el roscado del envase. El sistema está constituido de dos engranajes rectos, donde la función de estos es aumentar el número de vueltas por paso, lo que aumenta la revolución en el eje de la roscadora, de forma suficiente como para realizar la rosca sin alterar las condiciones físicas del envase. Están montados sobre un eje el cual es anclado mediante chumaceras a la estructura. El sistema será impulsado por una cremallera, la cual será la encargada de iniciar el movimiento y posteriormente devolver el eje a su posición inicial.

Las ventajas presentadas por este sistema y por lo cual fue seleccionado, es dado a su fiabilidad y seguridad, posee un sistema de engranajes que permiten un movimiento preciso y bajo margen de error. Este sistema de engranajes al ser accionado por una cremallera metálica, brinda una vida útil considerable y la capacidad de operar en condiciones adversas sin arriesgar confiabilidad.

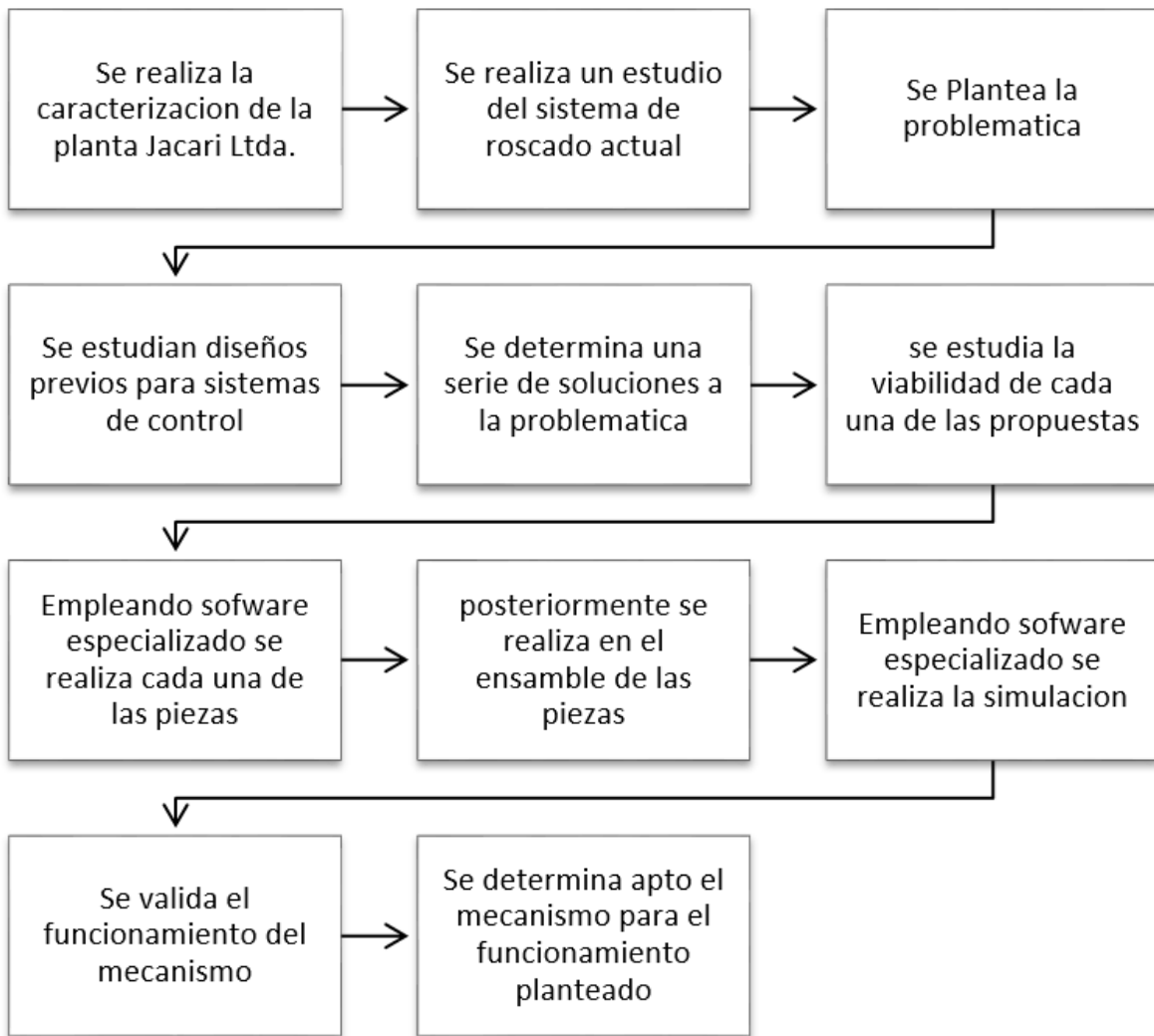
Este sistema también resulta ser más económico en comparación a otros, como, por ejemplo, considerando un motor eléctrico, así que para el tipo de trabajo a realizar se determinó el más apropiado.

3.5.1 Planteamiento propuesta sistemas mecánicos

Se debe tener en cuenta para este sistema mecánico de roscado, el tipo de rosca fabricada por JACARI Ltda., para así conocer las condiciones de operación del sistema, lo cual se muestra Figura 29 en un diagrama de proceso.

Figura 29

Diagrama de bloques sistemas mecánicos

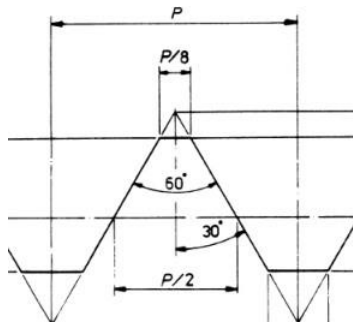


Nota. Diagrama de bloques diseño mecánico

Esta rosca se realiza mediante un buril, el cual hace una rosca de 8 hilos (establecido por las directivas de la empresa). Es determinado así por funcionalidad al momento de roscar el tapón, el cual es hecho especialmente para este tipo de envase. Es una rosca de unión común para uso general, con flancos en V y ángulo de 60° entre sí. El filete helicoidal posee una forma de triángulo equilátero con crestas truncadas y valles redondeados, y se denomina según normas ISO 68-1 e ISO 965-1.

Figura 30

Características de una rosca común



Nota. Características de una rosca tomado de <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-manuales/cuales-son-los-distintos-tipos-de-roscas-y-como-se-clasifican-una-guia-para-distinguir-las-y-conocer-las>

Partiendo de la caracterización, el sistema de roscado comprende los siguientes elementos: una lámina de acero donde se fijan dos chumaceras, las cuales permiten el libre movimiento de un eje, el cual se desplaza de forma axial gracias a una sección roscada en medio de este, que se conecta con una rosca fija. En uno de sus extremos se encuentra un buril el cual es el responsable de realizar la rosca al interior del envase PVC.

Este sistema actualmente funciona de forma manual, el cual permite el movimiento mediante una manivela, que está fijada mediante un acople especial para el eje. Al retirar este sistema posibilita adaptar un piñón, el cual se pretende conectar con el sistema de engranajes.

3.5.2 Diseño de engranajes rectos

Para el inicio del diseño de los engranajes se tuvieron dos consideraciones de especial relevancia. La primera, debe ser un sistema multiplicador y segundo el factor de sobrecarga (k_o), este nos da un valor tentativo para las variaciones de carga debido a cambios de velocidad, vibraciones y condiciones de operación, por lo que se emplea la Tabla 4:

Tabla 4*Factor de sobrecarga*

Fuente de potencia	Uniforme	Choqueligero	Choquemoderado	Choquepesado
Uniforme	1.00	1.25	1.50	1.75
Choqueligero	1.20	1.40	1.75	2.25
Choquemoderado	1.30	1.70	2.00	2.75

Nota. ¿factor de sobrecarga tomado de [https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1802/2016-Anexo%207-](https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1802/2016-Anexo%207-Diseño%20y%20seleccion%20del%20tren%20de%20engranajes.pdf?sequence=11&isAllowed=y)

[Diseño%20y%20seleccion%20del%20tren%20de%20engranajes.pdf?sequence=11&isAllowed=y](https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1802/2016-Anexo%207-Diseño%20y%20seleccion%20del%20tren%20de%20engranajes.pdf?sequence=11&isAllowed=y)

Los sistemas de engranajes rectos tienen los dientes montados en ejes paralelos, esto permite una mayor facilidad al transmitir el movimiento de un eje a otro. Otra ventaja de estos, es que no producen empuje axial dado que tienen los dientes paralelos a su eje.

Para el cálculo de cada uno de los piñones, primero se debe entender cuál es la relación que debe tener el piñón conductor al piñón conducido, para esto calculamos de forma experimental el número de vueltas necesario para que el eje haga una rosca de 8 hilos dentro el envase PVC, el cual fu determinado para un total de 16 vueltas que debe dar el eje de la roscadora para hacer la rosca, y correspondientemente, el mismo número de vueltas en sentido opuesto para quedar en la posición inicial y dar paso al tubo para que continúe el proceso.

Para el cálculo de estos engranajes se deben tener las siguientes consideraciones: inicialmente el número de vueltas que debía realizar el eje de la roscadora, y posteriormente la relación que debe tener la caja de engranajes del piñón conductor hasta el piñón conducido. Con esto se hace un planteamiento tentativo de la relación que debe tener, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$I = \frac{\text{piñon conducido}}{\text{piñon conductor}}$$

Ecuación 1.1

$$I = \frac{36}{10}$$

Ecuación 1.2

$$I = 3.6$$

Ecuación 1.3

La relación formulada da 3.6 vueltas en el piñón conducido por 1 vuelta del piñón conductor, luego se calcula la fuerza necesaria en el piñón para mover el sistema. Para esto, es necesario saber la fuerza de corte del eje en el tubo, la cual se determinó mediante un dinamómetro. Esta fuerza es de 9 kg (anexo 1) y el radio del eje, sabiendo esto se aplica la siguiente ecuación:

$$r_1 = F * r$$

Ecuación 2.1

$$r_1 = 9\text{kg} * 0.002\text{m}$$

Ecuación 2.2

$$r_1 = 1.765$$

Ecuación 2.3

Se obtiene una fuerza de 1.765 N·m al primer piñón, entonces se emplea la relación de transmisión la cual indica que.

$$r_2 = r_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)$$

Ecuación 2.4

$$r_2 = 1.765 \text{ N} \cdot m \left(\frac{36}{10} \right)$$

Ecuación 2.5

$$r_2 = 6.3568 \text{ N} * m$$

Ecuación 2.5

Luego de esto, se determina el módulo, que se define como la relación entre la medida del diámetro primitivo y el número de dientes. Dado esto, se determinan dos módulos diferentes, ya que por el tamaño del eje de la roscadora permite un módulo de 4.5, el otro se determina junto al diseño de la cremallera.

Para el primer piñón, se necesita no solo transmitir el movimiento sino estar conectado en todo momento con los demás engranajes y dado el movimiento axial de la cremallera se determina implementar un piñón largo, capaz de permanecer en contacto y permitir el desplazamiento del eje, el diseño planteado se muestra en la Figura 31.

Figura 31

Piñón conducido



Nota. Diseño piñón conducido

Para el segundo piñón, el cual estará conectado al de la roscadora, tendrá un módulo de 4.5, según el cálculo de la relación, y debe tener 36 dientes, conforme el diseño que se presenta en la Figura 32.

Figura 32

Piñón conductor



Nota. Diseño piñón conductor

Para el tercer piñón se tiene en cuenta el módulo de la cremallera, el cual es de 4. La cremallera en el mercado es compleja de obtener, por lo que se opta por un módulo comercial de fácil adquisición, y este debe permitir el movimiento continuo sobre esta. Como mencionado anteriormente, dada la relación debe tener 10 dientes, el diseño se muestra en la Figura 33.

Figura 33

Piñón cremallera



Nota. Diseño piñón conductor

3.5.3 Diseño de ejes

Para el diseño del eje se tienen en cuenta las condiciones anteriormente establecidas, las cuales son dadas por el eje de la roscadora. El diseño implica el cálculo de esfuerzos de flexión y torsión, los cuales se determinarán más adelante, y dan los factores de seguridad

para determinar si es viable la operación de este en el sistema.

Inicialmente determinamos las dimensiones de los elementos que transmitirán el movimiento, y continuo a esto se calcula la potencia o torque al cual está sometido y los elementos que irán en él, cómo las chumaceras, que por medio de rodamientos internos dará el libre movimiento al eje.

La propuesta planteada consta de un eje con dos chaveteras, los cuales permitirán la fijación de los piñones, como se muestra en la Figura 34

Figura 34

Diseño del Eje



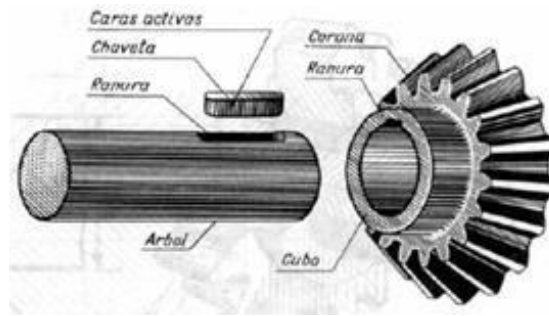
Nota. Diseño eje

3.5.4 Diseño de chavetas

Las chavetas son la interface del eje y masa de un elemento con el fin de transmitir torque, estas se posicionan en el eje, el cual se denomina chavetera, igualmente encajan en el elemento de unión o piñón ya que estos también lo poseen, es un elemento desmontable para facilitar el ensamble de los engranajes, este sistema se ilustra en la Figura 35.

Figura 35

Chaveta



Nota. Diseño chaveta Tomado de <https://www.monografias.com/trabajos66/chavetas-lenguetas/chavetas-lenguetas>

Se deben emplear chavetas capaces de soportar las fuerzas que genera cada uno de los piñones, por tal motivo se obtienen valores de referencia con parámetros de carga concentradores de esfuerzo. Las chavetas se seleccionan mediante catálogo, como se observa en la Figura 36, dependiente de los requerimientos necesario en cada punto, se establece que el tipo de chaveta será rectangular, el cual permite transmitir un gran par motriz.

Figura 36

Catalogo chaveta

Campo de aplicación	Chaveta				Chavetero										
	Sección				Largo						Profundidad				
	Diámetro eje d	Dimen normal b x h	Toleran sobre		Dim. nom. b	Tolerancia sobre b						Eje		Cubo	
			b^{h9}	h*		Por eje			Por cubo			t1		t2	
					H9	N9	P9	D10	Js9	P9	Nom	Tol.	Nom	Tol.	
De Hasta	6 8	2x2	0	0	2							1,2		1	
Más de hasta	8 10	3x3	-0,025	-0,025	3	+0,025 0	-0,004 0	-0,006 -0,031	+0,060 +0,020	±0,012	-0,006 -0,031	1,8		1,4	
Más de Hasta	10 12	4x4			4							2,5	+0,1 0	1,8	+0,1 0
Más de Hasta	12 17	5x5	0	0	5	+0,030 0	0 -0,030	-0,012 -0,042	+0,078 +0,030	±0,015	-0,012 -0,042	3		2,3	
Más de Hasta	17 22	6x6			6							3,5		3,5	

Nota. selecciones chavetas, tomado de: <https://rodavigo.net/catalogos/LASIOM/07%20Transmisión/LASIOM%2011%20Chavetas.pdf>

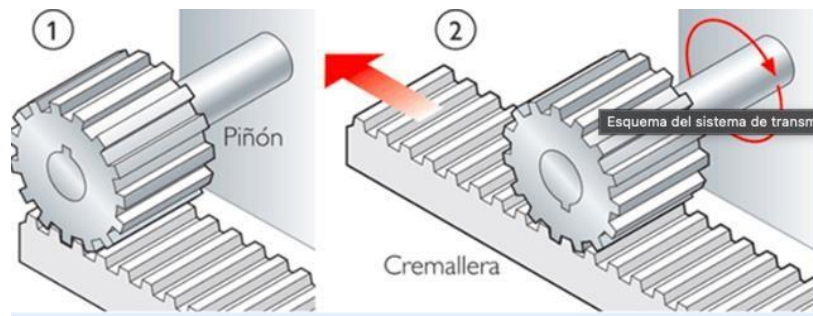
Según la figura 36, ilustra las dimensiones de una chaveta para un eje 5/8 y las tolerancias que esta debe tener.

3.5.5 Diseño de cremallera

El sistema piñón cremallera consiste en un piñón y una barra dentada, de forma que cuanto la cremallera se desplace el piñón haga un movimiento rotativo, una particularidad y beneficio de este sistema es que permite un movimiento para ambos sentidos de forma lineal, se ilustra el sistema en la Figura 37

Figura 37

Sistema piñón cremallera



Nota. Sistema Piñón Cremallera, Tomado de http://cienciasfera.com/materiales/tecnologia/tecno01/tea14/1_pincremallera.html

3.5.6 Selección de chumaceras

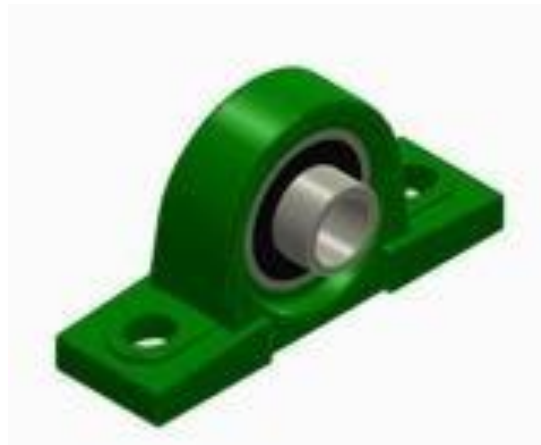
La chumacera ilustrada en la Figura 38 es un elemento que permite la rotación de un eje gracias a un rodamiento montado, y brinda soporte para el correcto movimiento del eje, generalmente son colocados paralelamente.

Para la selección de chumaceras se considera el rodamiento, el alojamiento, los retenes y el mecanismo de bloqueo. La mayoría de estos elementos poseen un sistema de lubricación, permitiendo el correcto funcionamiento en todo tipo de industrias [34].

Los rodamientos son generalmente usados para sistemas que trabajen con cargas altas a velocidades bajas, los rodamientos de rodillo esférico dan al sistema buen rendimiento con una carga axial limitada. Para la fijación con el eje la chumacera, se posee un mecanismo de bloqueo de aprisionamiento mediante un tornillo ubicado lateralmente, el cual asegura el posicionamiento del eje.

Figura 38

Chumacera



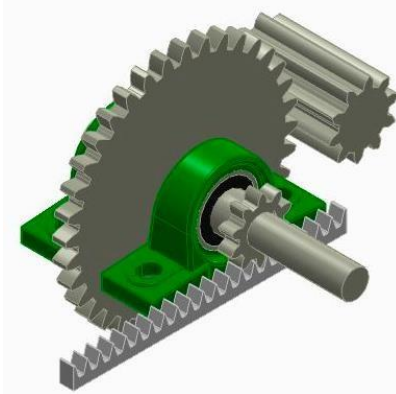
Nota. Chumacera, solido tomado de SolidWorks

3.5.7 Sistema propuesto

El sistema mecánico completo incorpora el ensamble de los elementos propuestos, el cual, con base en el planteamiento realizado, cumple con los requerimientos de operación exigidos, de acuerdo a la Figura 39

Figura 39

Ensamble sistemas mecánicos



Nota. Sistemas mecánicos propuestos

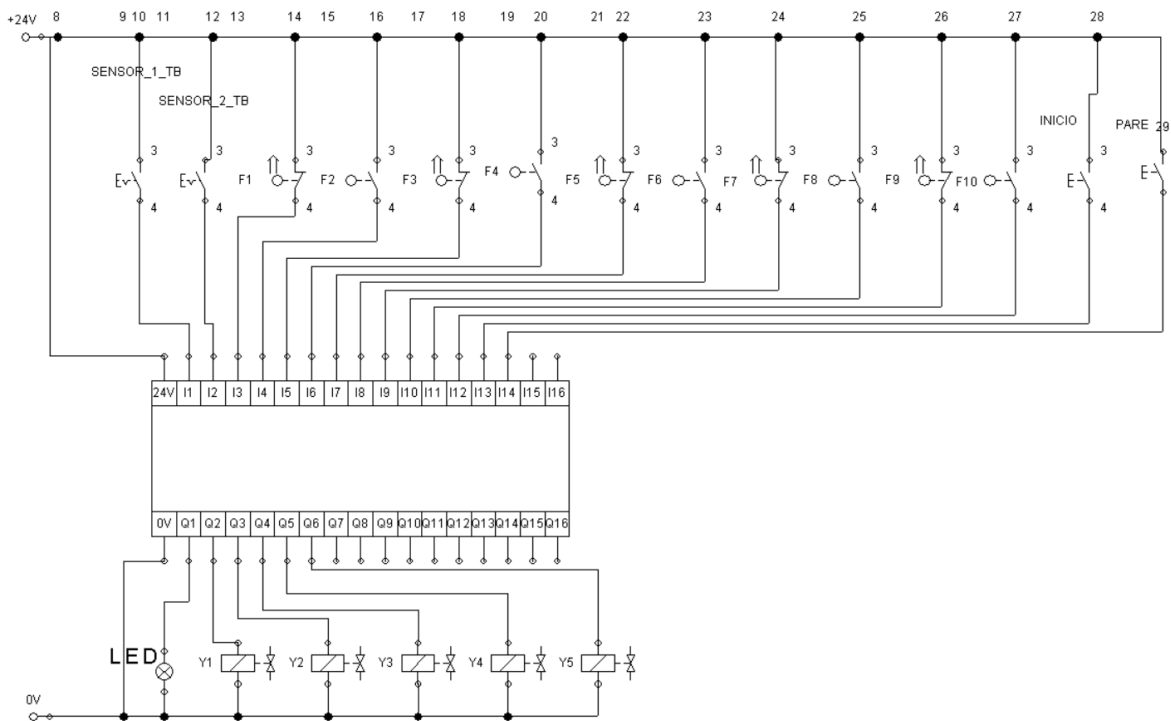
3.6 Diseño conceptual sistema semi automático

Para la implementación de los diferentes elementos de control, se comprende el funcionamiento inicial de la roscadora, y de esta forma se determinan los parámetros de operación. Luego, se plantea un sistema capaz de hacer la disposición correcta del envase en todos los puntos que involucra el roscado.

Para la implementación de estos sistemas, se plantea en base a sistemas automatizados de la industria, un sistema neumático para el cual se caracteriza por su efectividad y confiabilidad a la hora de estar en operación, así que, partiendo de esto, se proponen los elementos necesarios para cumplir las condiciones de operación.

Figura 40

Tablero de control



Nota. Diagrama panel de control

3.6.1 Elementos empleados en la automatización

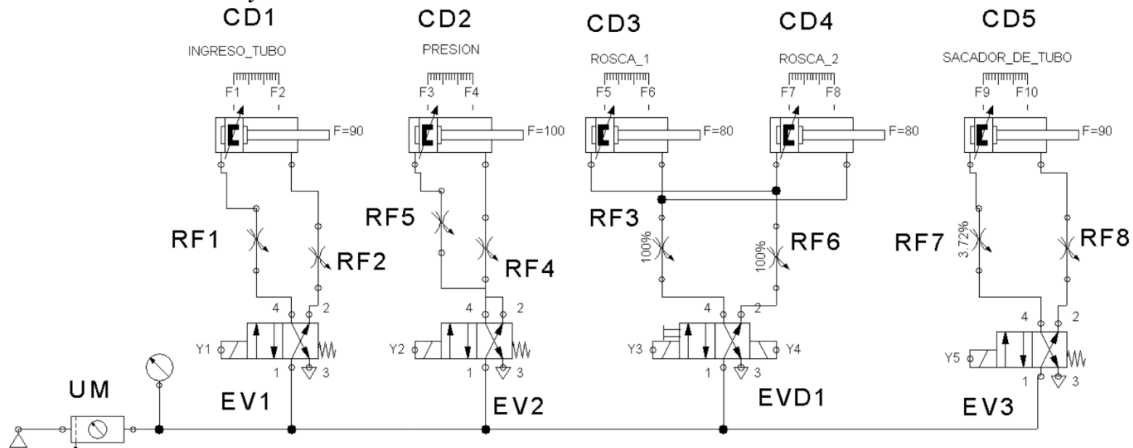
Para el sistema neumático se hace un diagrama de operación que se ilustra en la Figura 41, para así plantear el funcionamiento de los elementos de control. Se parte de los cilindros neumáticos, los cuales permitirán la correcta disposición del envase PVC durante el proceso. Para el accionamiento de estos, se emplean electroválvulas capaces de permitir el flujo hacia los diferentes cilindros, y que serán controladas mediante un controlador lógico programable (PLC), el cual para su correcto funcionamiento y evitando algún tipo de riesgo eléctrico, se protege mediante un interruptor termo magnético (braker). El PLC recibe la señal de posición de los cilindros mediante finales de carrera magnéticos, y por medio de un sensor infrarrojo detecta la posición del envase PVC al momento de ser roscado para hacer la correcta fijación y posteriormente hacer la salida.

Para el sistema neumático se dispone de un compresor el cual permite tener la presión necesaria para realizar el movimiento de los cilindros necesarios, seguido de este se necesita una unidad de mantenimiento o FRL (Filtro, regulador de presión y lubricador), que es de

vital importancia ya que permite el control de presión dirigida a los cilindros y la correcta filtración y lubricación del aire comprimido. Seguido de esta unidad, tenemos en cada una de las electroválvulas silenciadores, esto cumple la función de retener cualquier tipo de elemento para no afectar el funcionamiento en el tablero de control. En la Figura 42 se especifica la nomenclatura de los componentes del diagrama eléctrico.

Figura 41

Conexión válvulas y cilindros



Nota. Diagrama de conexión de válvulas y cilindros.

Figura 42

Nomenclatura diagrama eléctrico

Símbolo	Significado
UM	Unidad de mantenimiento
EV	Electro válvula
EVD	Electro válvula doble solenoide
CD	Cilindro doble efecto
RF	Reguladores de flujo

Nota. Nomenclatura diagrama de conexión de válvulas y cilindros

3.6.2 Descripción elementos semiautomáticos

3.6.2.a PLC (controlador lógico programable). El PLC que es utilizado, se selecciona a partir de dos necesidades relevantes, ya que debe permitir las entradas y salidas necesarias para operar todos los sistemas, y debe ser accesible.

económicamente ya que para el funcionamiento requerido no es necesario una complejidad alta y se puede optar por un sistema de funcionamiento básico.

Por medio de un estudio de proveedores y catálogos brindados por los mismos, se determina una serie de alternativas para la implementación del PLC. Se busca suplir los requerimientos planteados los cuales son un número de entradas y salidas aptas para los sistemas eléctricos y electro neumáticos, debe tener una programación y conexión apta para los sistemas presentes en la planta. Económicamente al no ser un funcionamiento de alta complejidad debe ser accesible y de un nivel intermedio. Por lo que se determina emplear un PLC LOGO de la marca siemens Figura 43, El cual se le adaptara un amplificador de salidas y entradas para suplir las necesidades del sistema.

Figura 43

PLC logo siemens y amplificador



Nota. PLC logo siemens Tomado de <https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/logo.html>

El PLC seleccionado por catálogo puede funcionar a 110V, de modo que se conecta directamente a las salidas eléctricas que dispone la planta, para asegurar cualquier tipo de riesgo eléctrico, se conecta un breaker como el mostrado en la Figura 44, el cual evita algún tipo de daño en el PLC. El sistema de alimentación eléctrica se conectará mediante cable vehicular #18.

Figura 44

Braker



Nota. Braker, Tomado de <https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/logo.html>

3.6.2.b Cilindros neumáticos. A partir de una revisión de proveedores en la zona, y del estudio de los diferentes catálogos y características ofrecidas por el distribuidor, se seleccionan los cilindros neumáticos. Se tendrán en cuenta las siguientes condiciones para hacer la selección: fuerza, longitud del vástago, presión, perfil con el fin de conocer el anclaje a la estructura. Las especificaciones generales se presentan en la Figura 45.

Figura 45

Especificaciones cilindros neumáticos doble efecto

ESPECIFICACIONES	
Presión De Trabajo	Max 10 Bar
Temperatura De Trabajo	Estándar (60°C)
Diámetros	Ø32
Tipo De Construcción	Camisa perfilada
Fluido	Aire filtrado con lubricación
Carrera	Según requerimiento

Nota. Especificaciones cilindro, Tomado de https://www.google.com/search?q=cilindro+neumatico+perfilado+pneumatic&tbm=isch&ved=2ahUKEwjy_YHf9sv7AhUUad8KHagKDsYQ2-cCegQIABAA&oq=cilindro+neumatico+perfilado+pneumatic&gs

El sistema considera para cada una de sus operaciones diferentes tipos de cilindros, así que se establecerá un orden para cada uno de los sistemas, por lo que se emplearan 3 diferentes longitudes para cada uno de los vástagos del cilindro, conservando sus propiedades y características físicas.

Figura 46

Cilindro neumático doble efecto



Nota. Cilindro neumático. Tomado de:
https://www.google.com/search?q=cilindro+neumatico+perfilado+pneumatic&tbm=isch&ved=2ahUKewjjyYHf9sv7AhUUad8KHagKDsYQ2-cCegQIABAA&oq=cilindro+neumatico+perfilado+pneumatic&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECCMQJ1DiBViQI2CNJWgAcAB4AIAB5gGIAfEKkgEGMTAuMi4xmAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQE&sclient=img&ei=QhGCY-OgLJTS_QaolbiwDA&bih=722&biw=1380&client=safari#imgsrc=r1WFkmv3h1zHbM

La operación inicial corresponde al posicionador y extractor, el cual está en la parte trasera y baja de la estructura respectivamente. Estos deberán tener una longitud mínima de 150 mm y hacer 1 Nm, esto se determina en base al peso y arrastre que ejerce en el envase PVC.

La operación siguiente es la fijación de la prensa, por lo que el cilindro necesita soportar la sección superior de esta al momento de iniciar la operación y posteriormente ejercer una fuerza considerable para evitar el movimiento del envase a la hora de roscarlo. Esta se define en 32 Pa y un recorrido hasta el punto final de 100 mm.

El proceso siguiente es el de roscado. El cilindro apto para este proceso debe tener la capacidad de mover la cremallera, la cual se conecta con el sistema de engranajes, por lo que la fuerza determinada para este se da por la fuerza de corte de la cremallera. Posteriormente

se realiza la transmisión de torque hasta el piñón conductor, esta se definió en 8 kg en el eje de la roscadora, entonces para mover la roscadora necesitamos 7.8 N·m de fuerza en la cremallera, entonces con base al catálogo de PNEUTEC se selecciona un cilindro de recorrido 500 mm y fuerza de 40 kg, el cual es el más apto para el sistema y posee las especificaciones presentadas en la Tabla 7.

3.6.2.c Electroválvula. El sistema capaz de realizar la comunicación entre el PLC y los cilindros neumáticos, por lo que su estructura está compuesta por una bobina y un cuerpo metálico Figura 47

Figura 47

Electroválvula



Nota. Electroválvula 5-2 Tomado de https://industrialesandes.co/neumatica/385-4v220-08-24vdc-valvula-solenoid-airtac-52.html?gclid=Cj0KCQiA1ZGcBhCoARIsAGQ0kkoktbcbVd6ZqjD3TmLBj1sBeM5a_ZrdLmxqau2JpxXAZZ WITGvcvgaAgLhEALw_wcB

Las electroválvulas se seleccionan dado su funcionamiento, teniendo en cuenta la operación, por lo que al ser cilindros doble efecto, es necesario emplear una electroválvula 5-2, con conexiones a ¼ para los racores de la línea hidráulica, para lo cual se emplea manguera calibre #6. Para los cilindros que accionan la cremallera es necesario una electroválvula 5-2 de doble solenoide como mostrado en la Figura 48, dado que es necesario hacer el retroceso de la misma, sus caracterizas neumáticas se presentan en la Figura 49.

Figura 48

Electroválvula de doble solenoide



Nota. Electroválvula 5-2 Tomado de https://industrialesandes.co/neumatica/385-4v220-08-24vdc-valvula-solenoide-airtac-52.html?gclid=Cj0KCQiA1ZGcBhCoARIsAGQ0kkoktbcbbVd6ZqjD3TmLBj1sBeM5a_ZrdLmxqau2JpxXAZZ WITGvcvgaAgLhEALw_

Figura 49

Características neumáticas electroválvulas

Características neumáticas	
Fluido	Aire comprimido con lubricación
Construcción	Válvula de corredera Válvula
Margen de presión	Desde 3 Bar hasta 8 Bar
Tiempo de respuesta con 6 Bar	15 m/s
Caudal nominal normal	500 l/min

Nota. Características neumáticas electroválvulas Tomado de https://industrialesandes.co/neumatica/385-4v220-08-24vdc-valvula-solenoide-airtac-52.html?gclid=Cj0KCQiA1ZGcBhCoARIsAGQ0kkoktbcbbVd6ZqjD3TmLBj1sBeM5a_ZrdLmxqau2JpxXAZZ WITGvcvgaAgLhEALw_wcB

Las características neumáticas son las mismas para los dos tipos de electroválvulas, lo que nos permite así manejar la misma presión y control de los cilindros neumáticos.

3.6.2.d Piloto. Los pilotos a implementar nos indican el inicio y final del proceso, igualmente si hay unaparada de emergencia en el sistema, estos generalmente son de color verde para cuando se está en operación y color rojo para cuando se detiene el proceso, y trabajan a un voltaje de 110V. En la Figura 50 se presenta su estructura.

Figura 50

Pilotos



Nota. Pilotos. Tomado de https://www.google.com/search?q=pilotos+de+encendido&client=safari&rls=en&sxsrf=ALiCzsY7cotNbT374sdChCqwwbhtessb3Q:1668979725986&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwisntH92b37AhV1RTABHZcVBhsQ_AUoAXoECAIQAw&biw=1389&bih=724&dpr=1#imgrc=iROOCX_foxHa1M

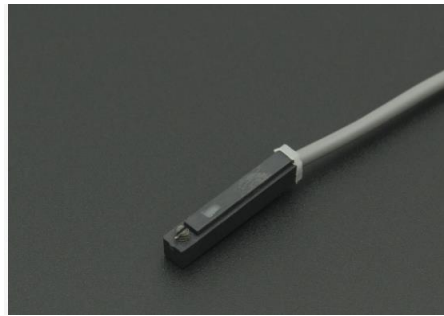
3.6.3 Finales de carrera magnéticos

Los finales de carrera de este tipo se diferencian es en su colocación, ya que depende del tipo de cilindro al que se le implemente, por lo que para un cilindro de perfil cuadrado deben tener las siguientes características: debe tener unas aletas para insertar en el cilindro, posee un tornillo para realizar la correcta fijación y que en operación no se desplace.

La mayoría de este tipo de sensores son genéricos, así que su selección fue dependiendo del distribuidor y la disponibilidad de inventario del mismo.

Figura 51

Finales de carrera



Nota. Sensor magnético Tomado de [SENSOR MAGNETICOSWITCH CS1-G](http://www.industrialesandes.co) ([industrialesandes.co](http://www.industrialesandes.co))

Figura 52

Especificaciones finales de carrera magnético

Especificaciones técnicas

Nombre del producto	Uso	Sensor magnético interruptor Cilindro neumático MD DNC CXSW CXS MGPM MGQM
Modelo		CS1-G
Voltaje		DC 5 V-240 V AC 5 V-380 V
Actual		DC 5-60mA AC 5-50mA
Indicador de luz		Led
Rango de temperatura aplicada		0-60C
Interruptor de cambio de frecuencia		3-250 Hz
Horas de trabajo		5.000.000
Material externo		Resina de aleación
Clase de protección		IP67

Nota. Especificaciones final de carrera magnético Tomado [SENSOR MAGNETICO SWITCH CS1-G](http://www.industrialesandes.co) ([industrialesandes.co](http://www.industrialesandes.co))

3.6.3.a Sensor infrarrojo. Para el posicionamiento del envase en la prensa debemos garantizar que esté correctamente ubicado el envase, así que se utiliza un sensor infrarrojo para esta tarea, el cual va ubicado en la parte inferior de la prensa y detectara cuando el envase este en esa posición

Este tipo de sensores en algunos casos traen reguladores para decidir a qué distancia ubicar el elemento Figura 53.

Figura 53

Sensor infrarrojo



Nota. Sensor infrarrojo. Tomado de https://co.wiautomation.com/schneider-electric/variadores-motores-proteccion-de-circuitos/XUK2LAKSMM12T?gclid=Cj0KCQiA1ZGcBhCoARIsAGQ0kkrDy8Sc40AkEEEimzPEz-hzefIBTYlybqiwxqUGt9PHr7G-UAd5ek4aAmpbEALw_wcB

3.6.4 Compresor

El compresor implementado lo dispone la planta de JACARI Ltda., es un compresor industrial el cual es capaz de cargar hasta los 8 Bares o 120 Psi, funciona a 110 voltios, de este saldrá el cable neumático hacia la unidad de mantenimiento figura 54.

Figura 54

Compresor multietapas



Nota. compresor fuente JACARI Ltda.

El compresor dispuesto es de pistón, este incluye varias etapas de compresión para lograr la presión requerida, lo que permite su aplicación para altas presiones.

3.6.5 Unidad de mantenimiento

La unidad de mantenimiento es un equipo que permite un aire comprimido de buena calidad para un rendimiento mayor de las unidades de potencia. La unidad garantiza un estado óptimo del aire y extiende la vida útil de los cilindros neumáticos, como principales características se tiene que mantiene el aire libre de impurezas, atrapando agua, polvo y aceite, regula la presión del aire y lubrica el aire comprimido para reducir la fricción entre las partes móviles.

Figura 55

Unidad de mantenimiento



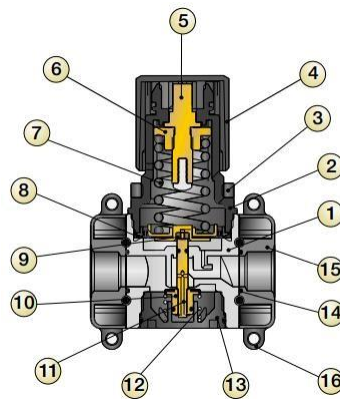
Nota. Unidad de mantenimiento.

Tomado de: [FR + L F T100](#)
([aignep.com](#))

3.6.5.a Ensamble unidad de mantenimiento. El ensamblaje de los componentes de la serie FRL, debe de seguir en líneas generales, el siguiente orden: válvula de corte V3V, filtro, regulador, lubricador y válvula de arranque progresivo. La conexión de los componentes se debe realizarse de modo que el aire fluya en la misma dirección que viene indicado en las flechas puestas en la parte superior de los componentes, según se ilustra en la Figura 56 y se especifica en la Figura 57. [35].

Figura 56

Componentes unidad de mantenimiento



Nota. Unidad de mantenimiento. Tomado de [FR + L F T100\(aignep.com\)](http://FR+L_F_T100(aignep.com))

Figura 57

Componentes FRL

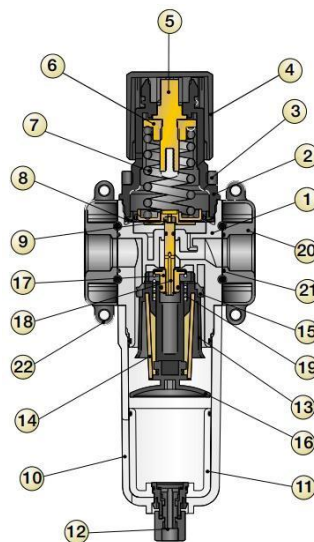
Componentes y materiales	
1	Cuerpo en tecno polímero
2	Campana en tecno polímero
3	Tuerca de fijación en tecno polímero
4	Pomo en tecno polímero
5	Tornillo de registro en latón
6	Tuerca hembra en latón
7	Muelle de registro en acero
8	Membrana
9	Juntas relievings
10	Obturador con juntas vulcanizadas
11	Eje en latón
12	Muelle obturador en acero
13	Tapón en tecno polímero
14	Junta teórica
15	Terminal en tecno polímero
16	Elemento de fijación

Nota. Componentes unidas de mantenimiento, Tomado de [FR + L F T100 \(aignep.com\)](http://FR+L_F_T100(aignep.com))

- Regulador y zona de condensación: Esta sección de la unidad de mantenimiento es fundamental para el cuidado de las unidades neumáticas, ya que permite el paso del lubricante desde el depósito de la unidad de mantenimiento hasta los sistemas neumáticos [35].
- Para añadir aceite en el lubricador, abriremos el tapón colocado en la pared superioro desenroscando el vaso, asegurándose de que no haya presión en el circuito. La regulación del aceite en el circuito se efectúa utilizando un destornillador sobre el tornillo del tapón, ajustándolo a una gota cada 300/600 N l/min [35]
- El escape de la condensación, se efectúa automáticamente cuando no hay presión en la taza, presionando la purga es posible hacer el escape de la condensación con presencia de presión, y girando la purga en sentido contrario a las agujas del reloj, el escape vuelve a posición cerrada [35].

Figura 58

Elementos unidad de mantenimiento



Nota. Unidad de mantenimiento. Tomado de:

[FR + L F T100\(aignep.com\)](http://FR+L_F_T100(aignep.com))

Figura 59

Componentes unidad FRL

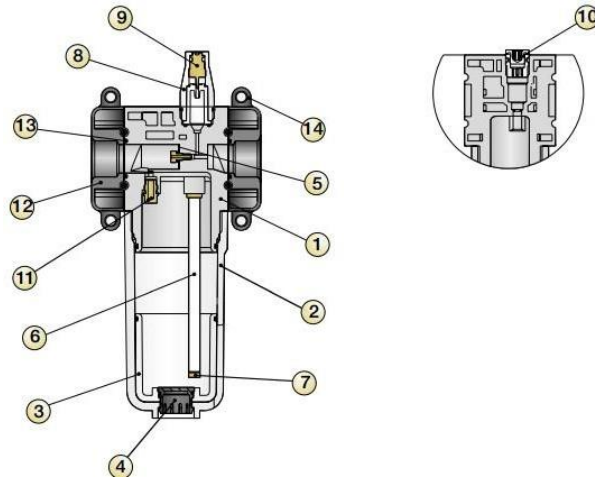
Materiales y componentes	
1	Cuerpo en tecno polímero
2	Campana en tecno polímero
3	Tuerca de fijación en tecno polímero
4	Pomo en tecno polímero
5	Tornillo de registro en latón
6	Tuerca hembra en latón
7	Muelle de registro en acero
8	Membrana
9	Junta relieving en NBR
10	Taza en tecno polímero
11	Vaso en tecno polímero
12	Purga de condensados en tecno polímero
13	Porta filtro en tecno polímero
14	Cartucho filtrante en PE
15	Centrifugador en tecno polímero
16	Deflector en tecno polímero
17	Obturador con junta vulcanizada en NBR
18	Eje en latón
19	Muelle obturador en acero inox
20	Terminal en tecno polímero PA
21	Junta teórica en NBR
22	Elemento de fijación/distancia

Nota. Componentes unidas de manteamiento, Tomado de [FR + L F T100 \(aignep.com\)](http://FR+L F T100(aignep.com))

Para añadir aceite en el lubricador, se abre el tapón colocado en la pared superior o desenroscando el vaso, asegurándose de que no haya presión en el circuito. La regulación del aceite en el circuito se efectúa utilizando un destornillador sobre el tornillo del tapón, ajustándolo a una gota cada 300/600 N l/min

Figura 60

Sistema lubricador



Nota. Unidad de mantenimiento. Tomado de [FR + L](#)
[F T100\(aignep.com\)](#)

Figura 61

Componentes del sistema lubricador

Materiales y componentes	
1	Cuerpo en tecno polímero
2	Taza en tecno polímero
3	Vaso en tecno polímero transparente
4	Tapón en tecno polímero
5	Membrana dispositivo venturi
6	Tubo aspiración aceite en Pa11
7	Filtro pequeño
8	Cúpula visor en tecno polímero transparente
9	Tornillo de regulación caudal de aceite en latón
10	Tapón carga aceite en latón
11	Difusor aire latron
12	Terminal en tecno polímero PA
13	Junta Teórica en NBR
14	Elemento de fijación/distancia

Nota. Componentes unidas de manteamiento, Tomado de [FR + L F T100 \(aignep.com\)](http://FR+L.F.T100(aignep.com))

3.6.6 Conexiones

3.6.6.a Horquilla. La horquilla es un elemento de unión externo al cilindro neumático que permite realizar la fijación con la cremallera. Este tipo de horquilla tiene dos funciones esenciales, siendo la inicial darle unión a la cremallera junto al cilindro, y la segunda es darle guía al momento desalir el vástago. En la Figura 62

3.6.6.b se ilustra una horquilla como la implementada en el proyecto.

Figura 62

Horquilla



Nota. Horquilla. Tomado de [HORQUILLA 25Y M10X1.25 \(industrialesandes.co\)](http://www.industrialesandes.co)

3.6.6.c Racores. Este es un elemento generalmente metálico, el cual se emplea para enlazar y conectar tuberías entre sí y con otros perfiles que tengan forma cilíndrica. Tienen características específicas y forman parte del sistema de tuberías, y son ampliamente utilizados para mangueras contra incendios o sistemas neumáticos.

Existe una amplia gama de variedades de racores, las cuales se presentan a continuación.

- **Conector 5 vías**

Conector rápido de bloqueo y deslizamiento de 6 mm con distribución en 5 vías, como mostrado en la Figura 63. En la Figura 64 se especifican las principales características del racor.

Figura 63

Acople racor



Nota. Acople racor.
Tomado de [conector rápido de 5 vías 6mm cpk-6](#)
([industrialesandes.co](#))

Figura 64

Características físicas unión

Características	
Distribución de conector	5 vías
Estándar	DIN
Material	Plástico
Tipo de conexión	Hembra
Tipo de plástico	PP
Diámetro interno	6mm
Presión de trabajo	0-1Mpa

Nota. Propiedades Racor, Tomado de [conector rápido de 5 vías 6mm cpk-6](#)
([industrialesandes.co](#))

• Racor de Control de flujo

Este accesorio es diseñado para controlar el flujo a través de una mariposa o tornillo que estrangula el flujo como se ilustra en la Figura 65, y además tiene una característica muy importante que lo hace tan versátil es el sistema de conexión rápida que también lo tienen la

mayoría de racores usados en la industria neumática [36].

Figura 65 *Regulador*

Regulador



Nota. Regulador de flujo
 racor. Tomado de [conector
 rápido de 5 vías 6mm cpk-6
 \(industrialesandes.co\)](http://conector rapido de 5 vías 6mm cpk-6 (industrialesandes.co))

Figura 66

Características físicas regulador

Características	
Uso del fluido	aire
Presión máxima de uso	1.32Mpa
Rango de presión	0-0.9Mpa
Ambiente temperatura del fluido	Ambiente temperatura del fluido
Diámetro del conector rápido	Diámetro del conector rápido
Diámetro del Racor	1/4

Nota. Racor de regulación Tomado de:: [conector rápido de 5 vías 6mm cpk-6
 \(industrialesandes.co\)](http://conector rapido de 5 vías 6mm cpk-6 (industrialesandes.co))

• **Racor en L**

El Racor 1/4 en L con abertura 6 mm de conexión rápida, que permite el acoplamiento de los cilindros a las electroválvulas y por su disposición permite realizar una fácil instalación. La figura 67 presenta este accesorio, y en la Figura 68 se especifican las principales características físicas. [36].

Figura 67 Racor en L

Racor en L



Nota. Acople racor en L.
Tomado de racor recto rosca
1/8\" abertura 8mm
[\(industrialesandes.co\)](http://industrialesandes.co)

Figura 68

Características físicas racor en L

Características	
Uso del fluido	aire
Presión máxima de uso	1.32Mpa
Rango de presión	0-0.9Mpa
Ambiente temperatura del fluido	Ambiente temperatura del fluido
Diámetro del conector rápido	Diámetro del conector rápido
Diámetro del Racor	1/4

Nota. Racor en L Tomado de racor recto rosca 1/8\"abertura 8mm [\(industrialesandes.co\)](http://industrialesandes.co)

• Racor roscado

Este racor es perfecto para instalaciones a presión de aire comprimido y agua, y es un elemento de alta calidad que soporta una presión de hasta 10bar. En la Figura 69 se presenta este tipo de accesorio y en la Figura 70 se describen las principales características.

Figura 69

Racor roscado



Nota. Acople racor. Tomado de [racor recto rosca 1/8" abertura 8mm \(industrialesandes.co\)](http://industrialesandes.co)

Figura 70

Características físicas racor roscado

ITEM	DESCRIPCIÓN
Conexión	Roscado
Conector A	1/8"
Conector B	8 mm
Conector A – Género	Macho
Tipo de montaje	Recto
Materia del Cuerpo	Latón
Máxima presión de funcionamiento	10 bar
Presión máxima de funcionamiento del vacío	~100Kpa
Presión de prueba	3Mpa
Temperatura ambiente y liquido	~5 a 60°C (Agua de 0 a ~40°C)
ITEM	DESCRIPCIÓN
Conexión	Roscado
Conector A	1/8"
Conector B	8 mm

Nota. Acople racor. Tomado de: industrias andes [racor recto rosca 1/8" abertura 8mm \(industrialesandes.co\)](http://industrialesandes.co)

- Silenciadores

El silenciador es un filtro neumático y está construido en latón de alta calidad con el objetivo de minimizar el ruido o el escape del dispositivo neumático, usualmente son empleados en cilindros de aire, electroválvulas, válvulas neumáticas, motores neumáticos, entre otras, gracias a su conexión rápida y confiable [37]. En la Figura 71 se presenta este accesorio.

Figura 71

Silenciador



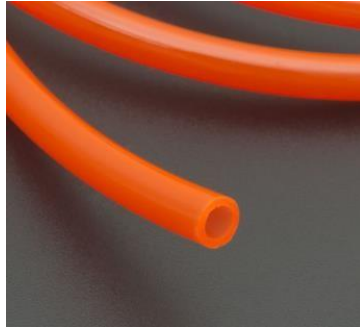
Nota. Silenciador.

Tomado de [NEUMÁTICO DE COBRE \(industrialesandes.co\)](http://industrialesandes.co)

3.6.6.d Manguera. Esta manguera neumática, ilustrada en la Figura 72, está compuesta de poliuretano y es material realmente resistente a las torceduras, es ligera y muy flexible y muy fácil en el momento de cortar con alguna herramienta [38]. En la Figura 73 se describen las principales características físicas de la manguera neumática.

Figura 72

Manguera neumática



Nota. Manguera neumática
Tomado de: [MANGUERA
NEUMATICA 8MM
\(industrialesandes.co\)](http://industrialesandes.co).

Figura 73

Características físicas manguera neumática

ITEM	DESCRIPCION
Nombre del producto	Manguera Neumática
OD	6mm
ID	4mm
Grosor de la pared	1mm/0,04"
Longitud	1mts
Color	Naranja
Presión	142.23Psi

Nota. Manguera neumática Tomado de: [MANGUERA NEUMATICA 8MM
\(industrialesandes.co\)](http://industrialesandes.co).

3.6.6.e Cableado eléctrico. Para realizar las conexiones eléctricas de todo el sistema se emplea cable vehicular de calibre 18, el cual garantiza un correcto funcionamiento para cada uno de los sistemas, segúnmostrado en la Figura 74.

Figura 74

Cable vehicular calibre 18

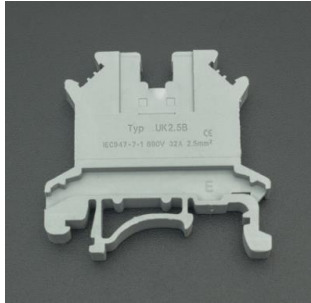


Nota. Cable vehicular Tomado de [Color Rojo Calibre 18AWG CVH18R - Suconel | Tienda electrónica | Colombia](#)

3.6.6.f Bloque de distribución. Los bloques de distribución permiten y facilitan el cableado eléctrico dentro de la cajade control, por lo que es necesaria su implementación en controles de complejidad moderada,el bloque de distribución empleado para la cada de control fue el 4p 8modulos 125a 18ka (icc) 15 conexiones sdm99[39]. En la Figura 75 se muestra un bloque distribución de uso común como el utilizado en este proyecto.

Figura 76

Borne



Nota. Borna Tomado de:
<https://sein.com.co/tienda/manobra/bornas/borna-de-conexion-tierra-din/>

Figura 77

Características físicas bonera

Atributos	Valor
Serie	<i>UK 2.5N</i>
Tamaño del cable	<i>24 – 14AWG</i>
Cables	<i>2.5mm²</i>
Color	<i>Blanco</i>
Valor unitario de corriente	<i>24 A</i>
Tensión normal	<i>800v</i>

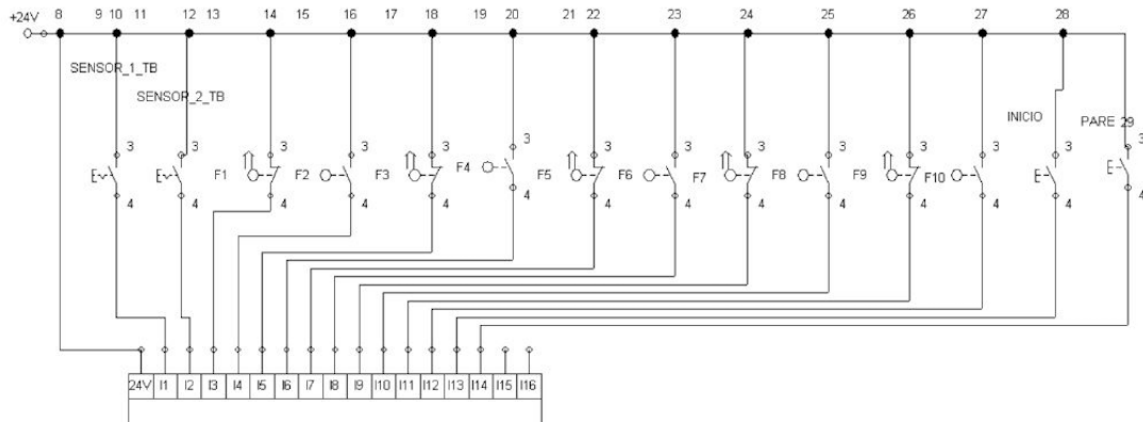
Nota. Características físicas bornera Tomado de [Suconel | Tienda electrónica | Colombia](#)

3.7 Propuesta del sistema de control

Para describir la arquitectura del sistema de automatización propuesto, se realiza un diagrama de al PLC, como presentado en la Figura 78, en donde se identifica la recepción de las señales provenientes de las entradas, que son los finales de carrera magnéticos y el sensor infrarrojo. En la Figura 79 se describe la lista de entradas al PLC.

Figura 78

Entradas PLC



Nota. Entradas PLC

Figura 79

Lista de entradas al PLC

ENTRADAS

Sensor infrarrojo	Sensor-1-TB, Sensor-2TB
Final de carrea	F1 a F10
Pulsadores	Inicio, Pare
Entradas al pc	I

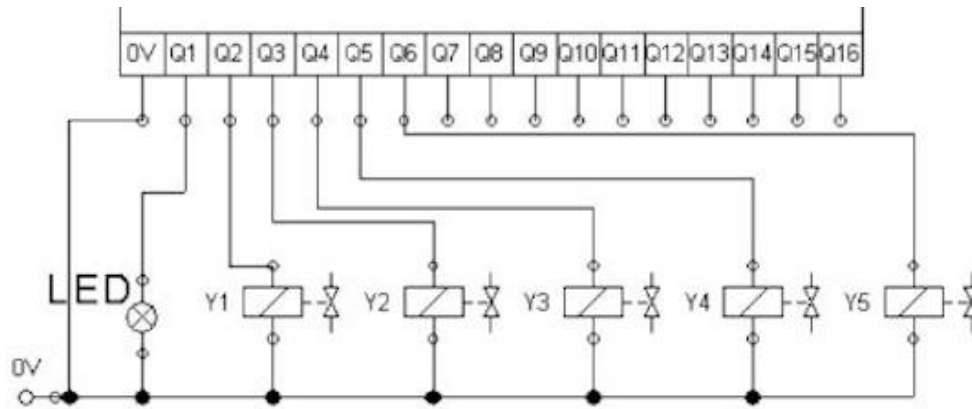
Nota. Entradas

• Salidas

Las salidas controladas del sistema, que son las electroválvulas y los pilotos, se ilustran en la Figura 80, y se describen en la Figura 81.

Figura 80

Salidas del PLC



Nota. Salidas PLC

Figura 81

Lista salidas PLC

SALIDAS	
Salidas del PLC	Q0 a Q5
Solenoides (Electroválvulas)	Y1 a Y5
Indicación de funcionamiento	LED

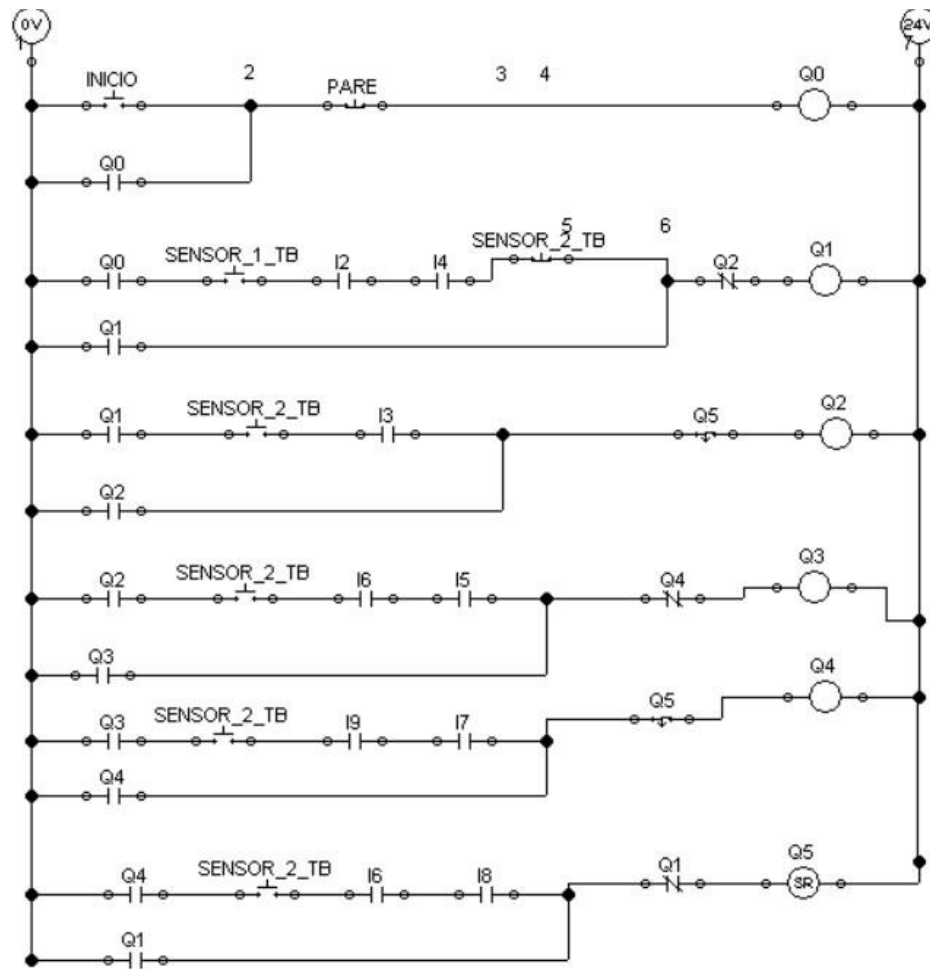
Nota. Salidas

Por último, se hace un planteamiento de la lógica Ladder de control, la cual se implementa en la herramienta de software FluidSim® para validar el funcionamiento de la lógica Ladder. En la Figura 82 se ilustra la lógica de control implementada.

• **Ladder**

Figura 82

Ladder



Nota. Ladder PLC

Figura 83

Lista Ladder PLC

LADDER	
Botón inicio	Inicio
Botón pare	Pare
Sensor infrarrojo	Sensor-1-TB, Sensor-2TB
Entradas plc	I
Salidas plc	Q

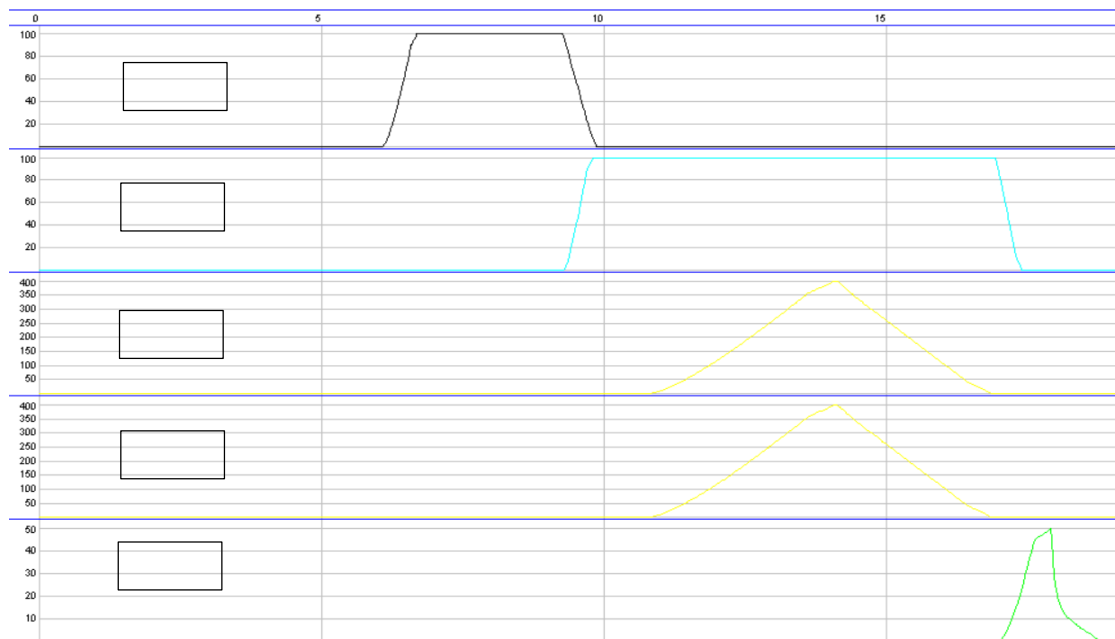
Nota. Lista Ladder

• Secuencias

La secuencia de accionamiento de los cilindros neumáticos para realizar la automatización del proceso de roscado de los tubos PVC se presenta en la Figura 84. En la Figura 85 se describen los símbolos utilizados para representar la secuencia de los actuadores neumáticos.

Figura 84

Diagrama de secuencia cilindro neumáticos



Nota. Diagrama de secuencias

Figura 85

Simbología secuencia

SIMBOLOS

Cilindro posicionador tubo	CD1
Cilindro presión adador del tubo	CD2
Cilindro de roscado	CD3, CD4
Cilindro sacador del tubo	CD5

Nota. Simbología de secuencia

4. DISEÑO A DETALLE DEL SISTEMAS DE CONTROL SEMIAUTOMATICO

En este capítulo se evalúa cada uno de los sistemas mecánicos diseñados, su resistencia, funcionamiento y demás criterios de selección que fueron considerados, estableciendo una viabilidad que permitirán determinar si el sistema tiene la capacidad de operar en las condiciones reales de la planta. Partiendo de los factores de seguridad, esfuerzos de tensión, puntos críticos y funcionamiento, se valida el diseño estructural.

4.1 Estructura

Se establece una serie de parámetros para hacer la validación de la estructura. Inicialmente las condiciones químicas y mecánicas de los diferentes tipos de materiales empleados en la estructura y elementos adicionales. Posteriormente, se validan las deformaciones y límites elásticos presentados mediante la simulación, considerando el criterio de Von Mises. De esta forma, se determina el comportamiento de la estructura con las cargas reales de operación.

Adicionalmente, se hace un estudio de las uniones soldadas, determinando las tensiones presentes en los puntos de mayor esfuerzo en la estructura según los resultados de la simulación, y se define un arco de soldadura apropiado para el tipo de apoyo.

4.1.1 Material

Como se estableció anteriormente, la empresa JACARI Ltda. Cuenta en sus instalaciones con acero estructural ASTM500, el cual se puso a disposición el presente proyecto. Las láminas de acero utilizadas se presentan en la Figura 86

Figura 86

Acero estructural



Nota. Acero estructural ASTM 500, propiedad de JACARI Ltda.

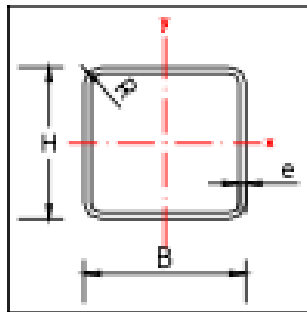
Es acero ASTM 500, principalmente se fabrican como tubos estructurales de acero al carbón, electrosoldados y sin costura, se emplea en edificaciones, carrocerías y usos

generales de estructuras con alta resistencia y buena soldabilidad.

El acero estructural de la Figura 64 posee dimensiones de 40 mm x 40 mm con 2 mm de espesor, en el catálogo de materiales de Industrias Único S.A se ilustran las propiedades físicas del material Figura 87. Las características físicas del acero ASTM 500 se presentan en la figura 88.

Figura 87

Estructura acero ASTM 500



Nota. Acero estructural. Tomado de https://es.made-in-china.com/co_sianosteel/product_ASTM-A500-Grade-a-B-C-Hot-Rolled-Square-Tube-Steel-for-Shelving_eehyruiiy.html

Figura 88

Características físicas acero ASTM 500

Designación Comercial H x B NPS (')	Espesor e pulg	Radio R pulg	Sección A pulg ²	Peso P Lb/pies	Propiedades Estáticas			
					Ix=Iy pulg ⁴	Sx=Sy pulg ³	Zx=Zy pulg ³	rx=ry pulg
1 x 1	0.078	0.234	0.267	0.907	0.036	0.072	0.089	0.368
1 x 1	0.120	0.360	0.373	1.270	0.044	0.088	0.116	0.344
1 1/4 x 1 1/4	0.078	0.234	0.345	1.175	0.077	0.122	0.148	0.471
1 1/4 x 1 1/4	0.120	0.360	0.494	1.682	0.099	0.158	0.201	0.448
1 1/2 x 1 1/2	0.078	0.234	0.423	1.438	0.138	0.185	0.221	0.572
1 3/4 x 1 3/4	0.078	0.234	0.501	1.705	0.229	0.261	0.310	0.675
2 x 2	0.078	0.234	0.578	1.969	0.349	0.349	0.411	0.777

Nota. Acero estructural. Tomado de https://es.made-in-china.com/co_sianosteel/product_ASTM-A500-Grade-a-B-C-Hot-Rolled-Square-Tube-Steel-for-Shelving_eehyruuiiy.html

El acero ASTM 500 se fabrica en 4 tipos de grados, siendo A, B y C los más empleados. Las composiciones químicas de cada uno se encuentran en la Tabla 5 y las propiedades mecánicas en la Tabla 6

Tabla 5

Composición química

ASTM A500	%C	%Nm	%P	%S
Grado A	0.23	1.35	0.035	0.035
Grado B	0.26	1.35	0.035	0.035
Grado C	0.26	1.35	0.035	0.035

Nota. Composición química ASTM 500. Tomado de <https://www.united-steel.com/es/newsshow/363.html>

Tabla 6

Propiedades mecánicas

ASTM A500	Límite de FLUENCIA MPa	Resistencia a la tracción MPa	% Elongación
Grado A	270	310	25
Grado B	315	400	23
Grado C	345	425	21

Nota. Composición química ASTM 500. Tomado de: <https://www.united-steel.com/es/newsshow/363.html>

Para el posicionamiento de los sistemas mecánicos se emplea una lámina de acero ASTM A36, cuyas características se presentan en la Tabla 7

Tabla 7 C

Características ASTM A-36

Nombre del producto	placa/hoja de acero al carbono ASTM a36
Longitud	4m-12m o según sea necesario
Ancho	0,6 m-3 m o según sea necesario
Grosor	0,1 mm-300 mm o según sea necesario
Estándar	AISI, ASTM, DIN, JIS, GB, JIS, SUS, EN, etc.
Técnica	Enrollado en caliente
Tratamiento de superficies	Limpiar, hacer estallar y pintar según los requisitos del cliente
Tolerancia de espesor	$\pm 0,1$ mm

Nota. Composición química ASTM a36. Tomado de <https://www.united-steel.com/es/newsshow/363.html>

4.1.2 Tensión de Von Mises

La tensión de Von Mises es un valor utilizado para determinar si el material seleccionado se puede llegar a fracturar. Se utiliza principalmente para materiales dúctiles como metales, y el criterio de rendimiento de Von Mises de un material bajo carga es igual o mayor que el límite de rendimiento del mismo material bajo tensión simple, entonces el material cederá. Para realizar el cálculo de la Tensión de Von Mises se parte de las tensiones principales del tensor tensión en un punto del sólido deformable (siendo $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, las tensiones principales), mediante la siguiente ecuación:

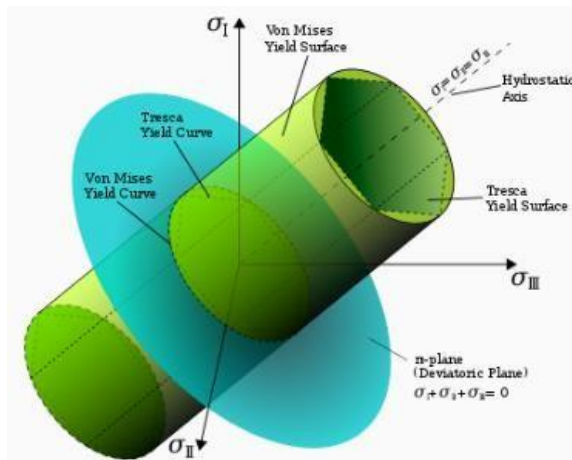
$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

Ecuación 1.2

Se puede ejemplificar al tener las superficies de fluencia de Von Mises en coordenadas de tensión principal circunscriben un cilindro con radio como se ilustra en la Figura 89.

Figura 89

Tensión de Von Mises



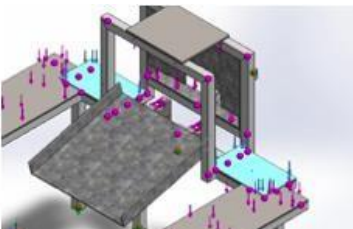
Nota. Tensión de Von mises. Tomado de:

https://hmong.es/wiki/Von_Mises_yield_criterion

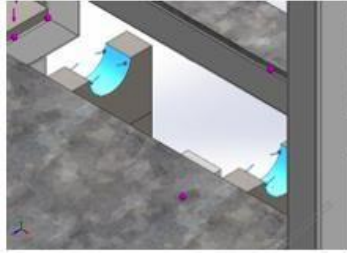
Para determinar la tensión de Von Mises se emplea el software SolidWorks, el cual permite la simulación de los puntos de apoyo y posteriormente nos arroja el valor de la tensión de Von Mises. Inicialmente, se establecen los puntos de apoyo, los cuales se determinan calculando el peso y la fuerza en los puntos donde se hace el acople de los elementos tanto eléctricos como mecánicos, y se representan en la Figura 90.

Figura 90

Fuerzas en la estructura

Nombre de carga	Imagen	Detalles	carga
Roscadora		EntidadesTipo Valor	2 carasnormal 15 kg

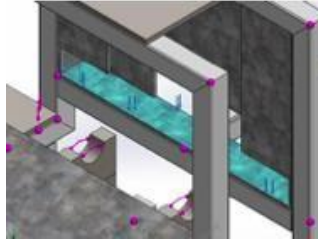
Prensa



EntidadesTipo
Valor

2 caras normal 4 kg

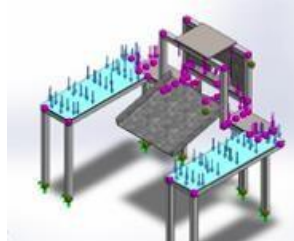
Posicionador



EntidadesTipo
Valor

1 carasnormal 1.5 kg

Sistema mecánico



EntidadesTipo
Valor

2 carasnormal 6 kg

Nota. Punto de apoyo

A partir de los puntos de apoyo se simula la estructura, donde inicialmente se realiza un mallado el cual presenta las características definidas en la Figura 91: Se realiza la simulación en el software, y se obtiene la siguiente información mostrada en la Figura 92.

Figura 91

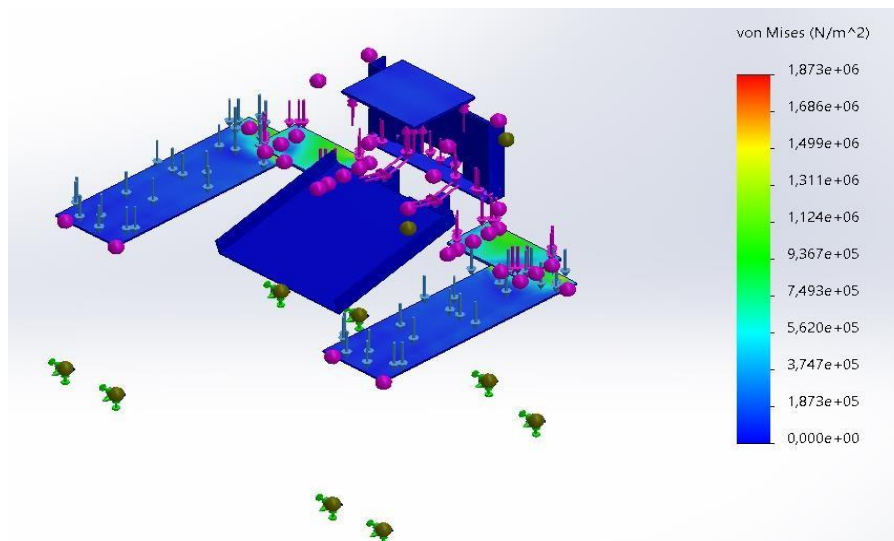
Tipo de mallado empleado

Tipo de malla	Malla mixta
Mallado utilizado	Malla basada en curvaturade combinado
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 puntos
Verificación jacobiana para el vaciado	Activar
Tamaño máximo de elemento	34,416 mm
Tamaño mínimo del elemento	1,7208 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos dealto orden

Nota. Mallada

Figura 92

Tensión de Von Mises

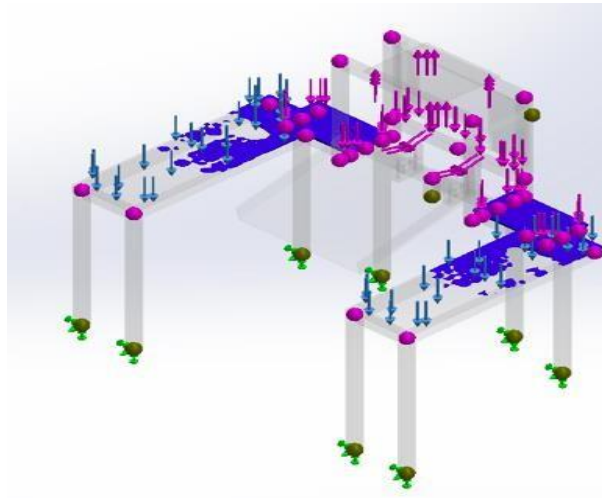


Nota. Tensión de Von Mises

Con esto obtenemos los puntos críticos, los cuales se ubican en la sección de la roscadora, y, por lo tanto, se realiza nuevamente la simulación, pero teniendo en cuenta solo estos puntos críticos, como se visualiza en la Figura 93:

Figura 93

Puntos críticos

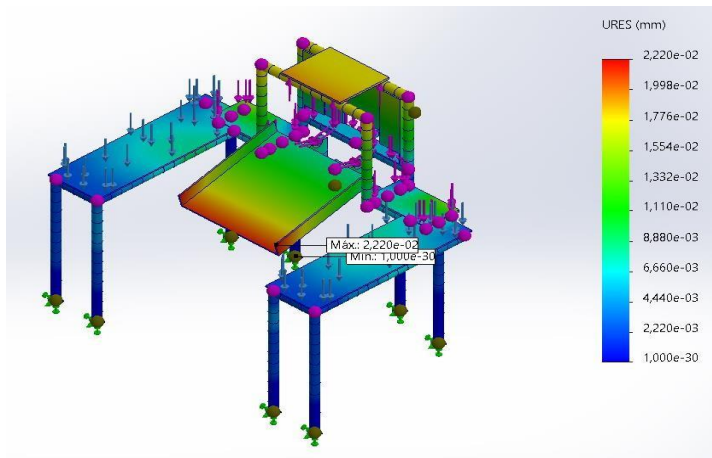


Nota. Puntos críticos

Con esta simulación, se determina el desplazamiento aproximado que puede llegar a tener la estructura, como se observa en la Figura 94:

Figura 94

Desplazamiento



Nota. Deformación

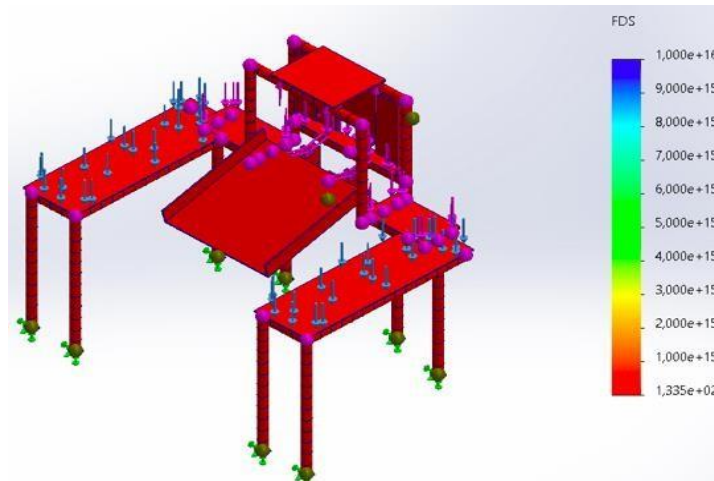
4.1.3 Factor de seguridad

En Correspondencia con las simulaciones anteriores, se determina el coeficiente de seguridad (FDS), y con este facto, se consigue determinar la resistencia mecánica y observar la viabilidad de la estructura, conforme presentado en la Figura 95.

Este coeficiente de seguridad se calcula como el cociente entre la resistencia del material y la tensión realmente del diseño.

Figura 95

Factor de seguridad



Nota. Factor de seguridad

El coeficiente de seguridad es muy superior a lo que se esperaría, esto debido al tipo de material empleado.

El factor de seguridad para la estructura es de 1.3×10^2 , lo cual es un valor admisible para la estructura y los esfuerzos que esta soporta, por lo tanto, se concluye que el diseño planteado es capaz de soportar y mantener su estabilidad en condiciones operativas

4.1.3.a Uniones soldadas. Para la estructura se emplea soldadura de electrodo 60-13, ya que es la más común para soldar aceros al carbón como mostrado en la Figura 73, y esta soldadura presenta las características definidas en las Tablas 8 y 9.

Figura 96

Soldadura



Nota. Soldadura empleada para la estructura

Tabla 8

Composición química (% en peso soldadura)

C	Si	Mn	P	S
0.090	0.210	0.372	0.016	0.018

Nota. Composición soldadura. Tomado de https://media.bahag.com/assets/28/52/2852302_25266111.pdf [Último acceso: 12 10 2022].

Tabla 9

Propiedades mecánicas soldadura

	R. Tensión (MPa)	Química(MPa)	Elongación(%)	Resistencia al impacto
Standard	>306	400-560	22>	>47
Valores típicos	465	420	26	78

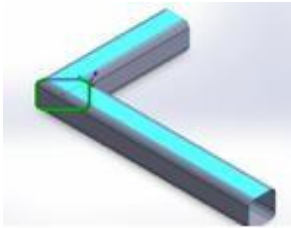
Nota. Composición soldadura. Tomado de https://media.bahag.com/assets/28/52/2852302_25266111.pdf [Último acceso: 12 10 2022].

Se parte del punto de mayor esfuerzo en la estructura de acuerdo a la simulación presentada en la Figura 97, y este se presenta en la zona de la roscadora, así que se opta por hacer la simulación de tensiones en este punto ya que con esto se demostraría que, en los demás puntos de unión, la soldadura será capaz de soportar las tensiones, por ser menores.

Figura 97

Características soldadura requerida cara superior

Conector de soldadura por aristas



Tipo	Ranura de lado único
Estándar	Estándar norteamericano
Factor de seguridad	98
Tamaño de la soldadura	6mm

Nota. Resultados de la simulación de las uniones soldadas

De aquí, se obtiene una gráfica (Figura 98) la cual da un trazado de tamaño de soldadura de arista figura 98.

Figura 98

Trazado soldadura



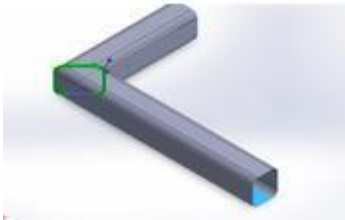
Nota. Simulación trazada de soldadura parte superior.

De esta forma, se simula para la soldadura de la sección inferior, en la Figura 99:

Figura 99

Características soldadura requerida cara inferior

Conector de soldadura por aristas



Nota. Unión soldada

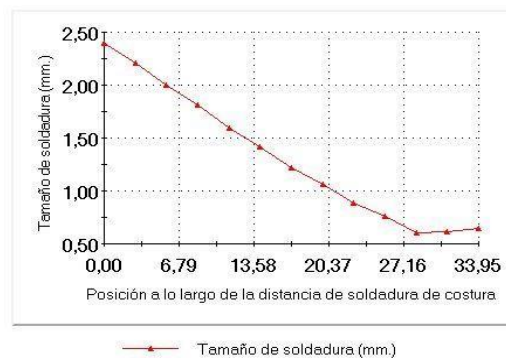
Tipo	Ranura de lado único
Estándar	Estándar norteamericano
Factor de seguridad	98
Tamaño de la soldadura	6mm

Se obtiene una gráfica (Figura 100) que da un trazado del tamaño de soldadura de arista.

Figura 100

Trazado soldadura 1

Trazado de tamaño de soldadura de arista

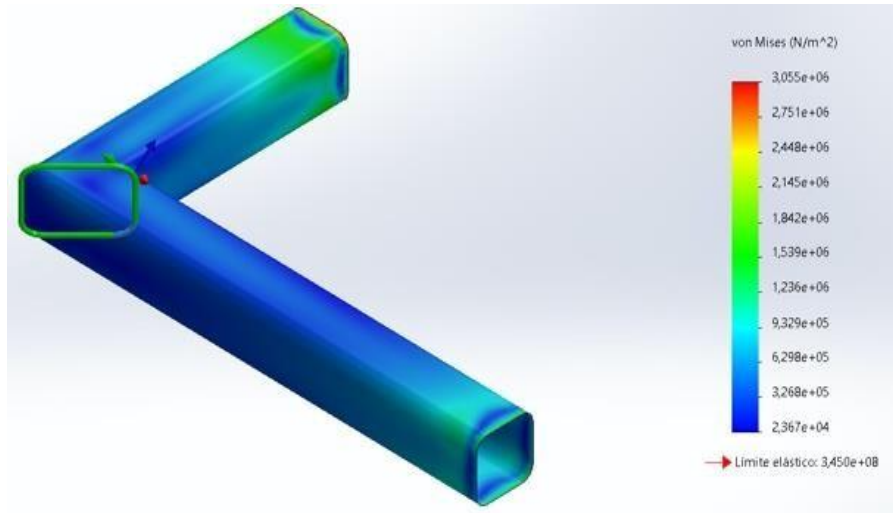


Nota. Simulación trazada de soldadura parte inferior

Finalmente, para determinar la efectividad de esta soldadura, se determina el valor de la tensión de Von Mises, y se obtiene un límite elástico de $3.450 \times 10^8 mm$, conforme se aprecia en la Figura 101, y un factor de seguridad de 62 en la Figura 102^a partir de estos valores, se determina viable y muy por encima de los estándares requeridos de operación.

Figura 102

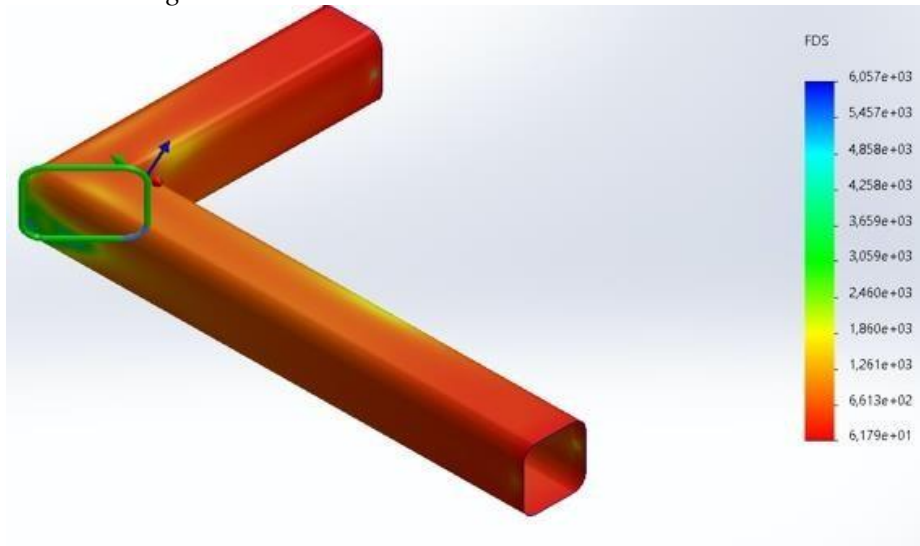
Simulación tensión de Von Mises soldadura



Nota. Simulación tensión de Von Mises

Figura 101

Factor de seguridad soldadura



Nota. Simulación factor de seguridad

4.2 Elementos adicionales

4.2.1 Prensa

Al momento de realizar la fijación del envase se realiza mediante una prensa, la cual debe ser capaz de mantener al tubo en la misma posición sin permitir ningún tipo de juego al momento de roscar. Por tal motivo, se realiza un análisis estático de cargas, con el cual se determinan los puntos críticos de presión sobre el elemento.

Inicialmente, se define el material a ser utilizado, el cual por facilidad de adquisición se consideró el acero AISI 1045, el cual presenta las propiedades descritas en la Figura 103:

Figura 103

Propiedades acero 1045

Propiedades	
Nombre:	AISI 1045 Acero estirado en frío
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Límite elástico:	5,3e+08 N/m ²
Límite de tracción:	6,25e+08 N/m ²
Módulo elástico:	2,05e+11 N/m ²
Coefficiente de Poisson:	0,29
Densidad:	7.850 kg/m ³
Módulo cortante:	8e+10 N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica:	
1,2e-05 /Kelvin	

Nota. Propiedades Acero 1045

http://www.axxocol.com/documents/axxocol/Axxocol_1045.pdf

Posteriormente se determinan los puntos donde se le aplicara la carga a la prensa. En la Figura 104 se especifica esta carga, cuyo valor corresponde a las características del cilindro neumático que la acciona.

Figura 104

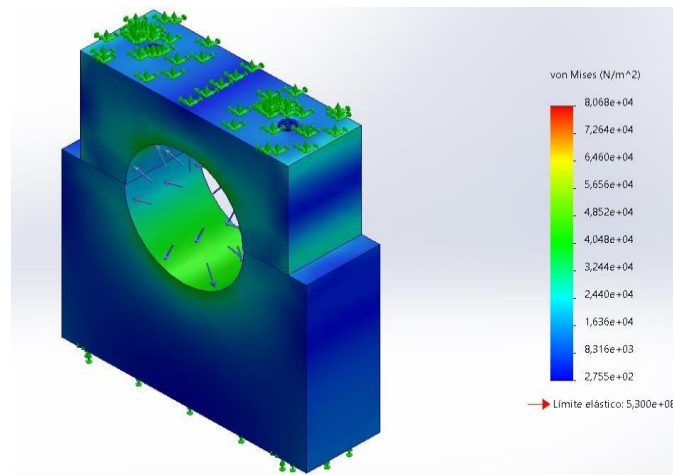
Cargas ejercidas en la prensa

Nombre de carga	Imagen	Detalles	Carga
Prensa		EntidadesTipo Valor	2 carasnormal 4 kg

Nota. Tensiones en la sección de la prensa

Figura 105

Simulación de la tensión de Von Mises en la prensa



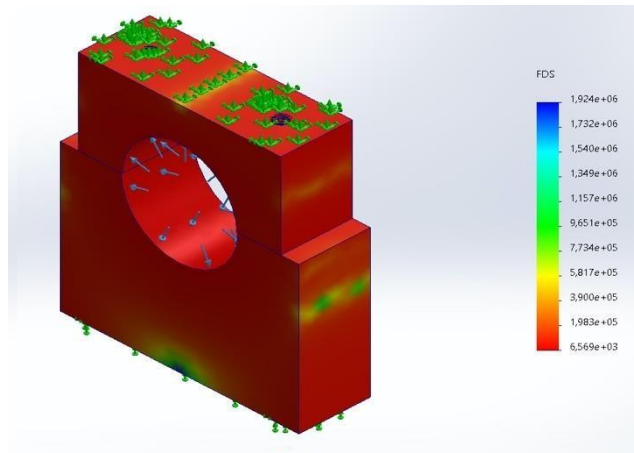
Nota. Simulación tensión de Von Mises

Como se determina de la simulación, las tensiones de Von mises nos arroja un valor de $5.300 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ el cual, al compararlo con el límite de elástico del material en la Figura 105, arroja un valor por debajo, lo que garantiza que no va a cambiar su estructura durante la operación.

Por último, se determina el factor de seguridad, el cual resulta en 6.6×10^3 , como ilustrado en la Figura 106. Se determina que la propuesta del sistema planteado es apta para realizar la operación deseada.

Figura 106

Factor de seguridad prensa



Nota. Simulación del factor de seguridad en la prensa

4.2.2 Bandeja de almacenamiento

El material empleado para la bandeja de almacenamiento es acero galvanizado calibre 18, que se seleccionó por las propiedades presentadas en la Figura 107, ya que permite acomodar los envases de forma efectiva y no agrega peso significativo a la estructura.

Figura 107

Propiedades acero Galvanizado

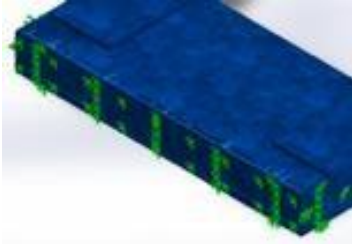
Propiedades	
Nombre:	Acero galvanizado
Tipo demodelo:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Desconocido
Límite elástico:	2,03943e+08 N/m ²
Límite de tracción:	3,56901e+08 N/m ²
Módulo elástico:	2e+11 N/m ²
Coefficiente de Poisson:	0,29
Densidad:	7.870 kg/m ³

Nota. Propiedades acero galvanizado tomado de <https://www.acesco.com.co/descargas/fichastecnicas/ficha-tecnica-acero-recubierto.pdf>

Se inicia determinando los puntos donde se le ejercerá presión, como definido en la Figura 108. Este es el punto inferior ya que los tubos estarán reposando en esa sección.

Figura 108

Cargas ejercidas bandeja almacenamiento

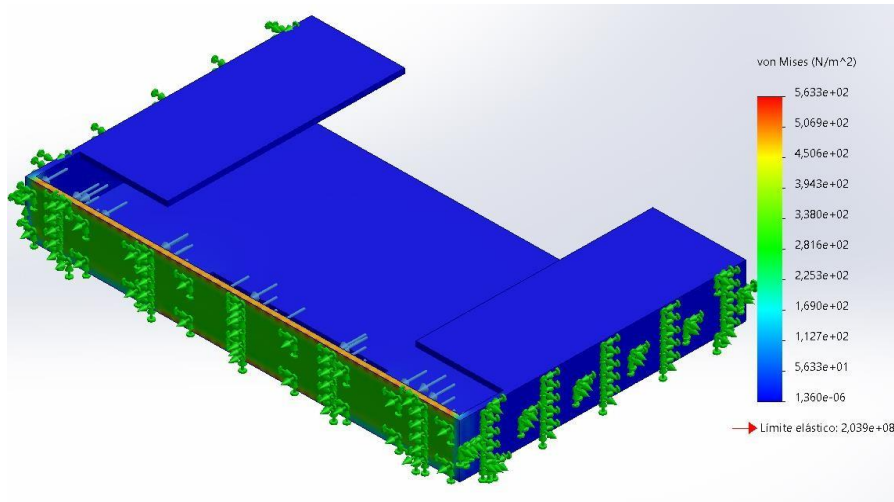
Nombre de carga	Imagen	Detalles	Carga
Bandeja de almacenamiento		EntidadesTipo Valor	1 carasnormal 1.5 kg

Nota. Puntos de esfuerzo

Se realiza la simulación para determinar el valor de la tensión de Von Mises, según presentado en la Figura 109, el cual permite obtener un valor de $5.633 \times 10^1 N/m^2$. Al ser menores las tensiones de Von Mises que el límite elástico, se concluye que la pieza es óptima para el funcionamiento.

Figura 109

Tensión de Von Mises bandeja

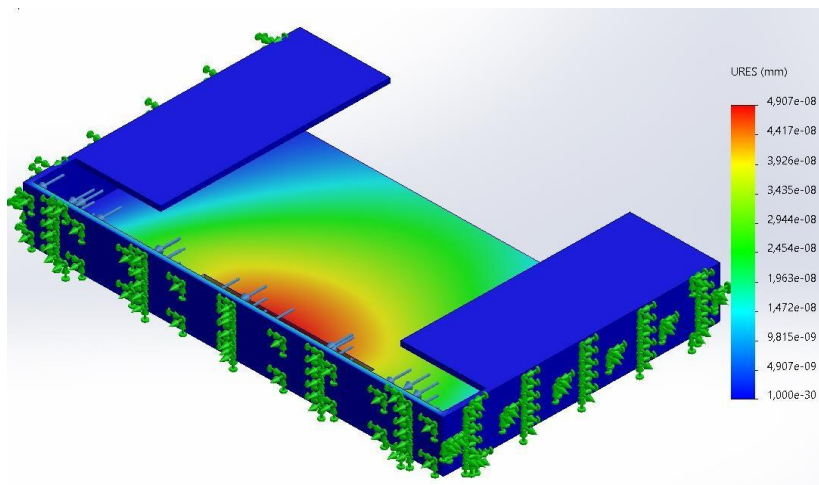


Nota. Simulación tensión de Von Mises

Se realiza la simulación de deformaciones ilustrada en la figura 110, Se determina que el mínimo y máximo de desplazamiento está en el rango de $9.815 \times 10^{-9} \text{ mm}$ y $4.417 \times 10^{-9} \text{ mm}$ respectivamente, por lo que se establece la zona con más tendencia a la deformación y se determina que no tendrá un desplazamiento relevante.

Figura 110

Deformaciones bandeja

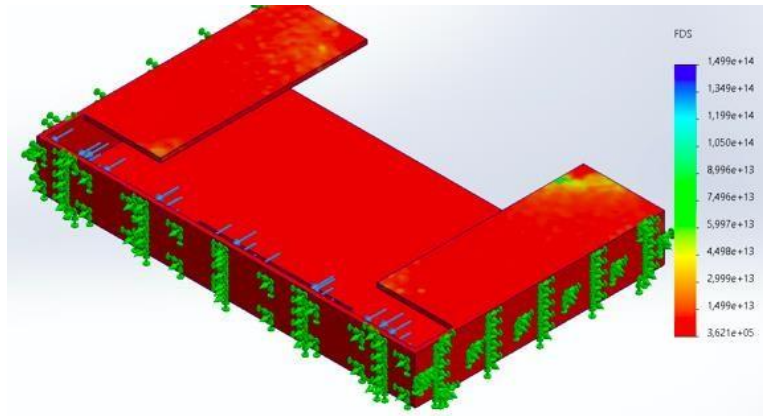


Nota. Deformaciones en bandeja de almacenamiento

Por último, se determina el valor del factor de seguridad en la Figura 111, y se tiene que es 3.6×10^5 , por lo que se considera el diseño propuesto valido para la operación.

Figura 111

Factor de seguridad bandeja



Nota. Simulación factor de seguridad

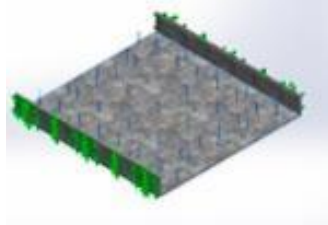
4.2.3 Bandeja de salida

El material empleado para la bandeja de salida es acero galvanizado calibre 18, que fue seleccionado por sus propiedades, presentadas en la Figura 112. Esta bandeja es la que permite hacer la correcta disposición de los tubos a la hora de terminar el roscado.

Se determinan los puntos donde están presentes las tensiones, y la fuerza presente se determina por la cantidad de tubos que irán dispuestos sobre esta. Al pesar cada uno 280 gr, se aproxima la fuerza para hacer la simulación, la cual se define en la Figura 113.

Figura 112

Cargas ejercidas bandeja de salida

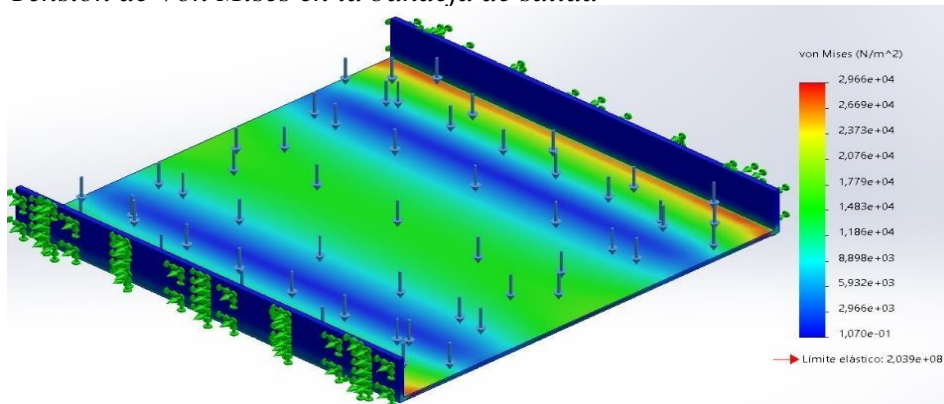
Nombre de carga	Imagen	Detalles	Carga
Bandeja de salida		EntidadesTipo Valor	1 carasnormal 0.30 kg

Nota. Cargas presentes en la bandeja de salida

Se realiza la simulación para determinar el valor de tensión de Von Mises, como mostrado en la Figura 113, el cual da un valor de $5.932 \times 10^3 \text{ N/m}^2$. Este valor de las tensiones de Von Mises es menor que el límite elástico del material, y se concluye que la pieza es óptima para el funcionamiento.

Figura 113

Tensión de Von Mises en la bandeja de salida

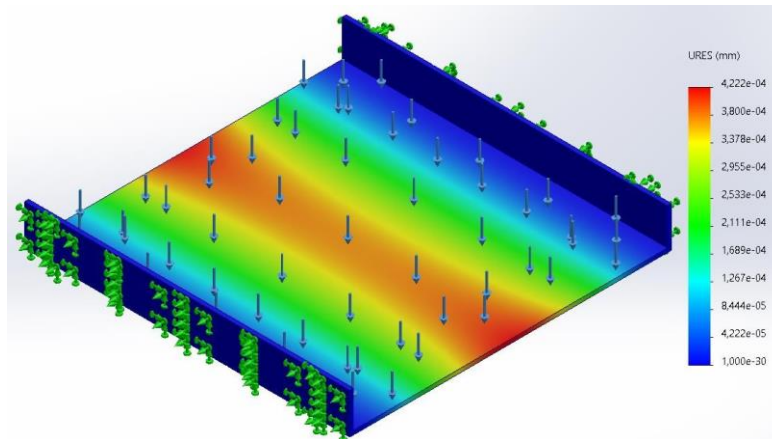


Nota. Simulación de Von Mises en la bandeja de salida

Se realiza la simulación de deformaciones ilustrada en la figura 114, Se determina que el mínimo y máximo de desplazamiento está en el rango de $8.444 \times 10^{-5} \text{ mm}$ y $3.800 \times 10^{-4} \text{ mm}$ respectivamente, por lo que se establece la zona con más tendencia a la deformación y se determina que su desplazamiento es mínimo y no presenta riesgo.

Figura 114

Deformación bandeja de salida

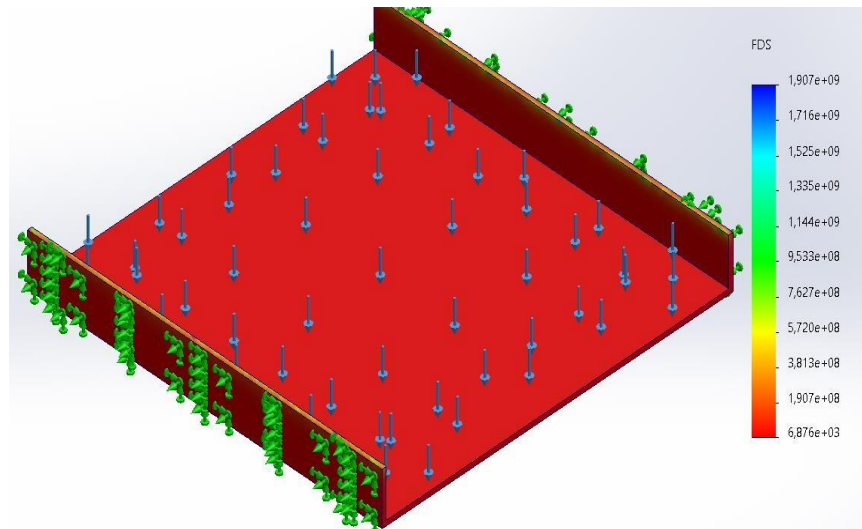


Nota. Deformación en la bandeja de salida

Por último, se simula el factor de seguridad, que es 6.9×10^3 , como se muestra en la Figura 115, y se encuentra que está por encima de las condiciones de trabajo, por lo que se concluye que se puede emplear para la operación.

Figura 115

Factor de seguridad bandeja de salida



Nota. Factor de seguridad bandeja de salida

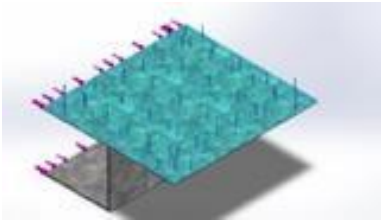
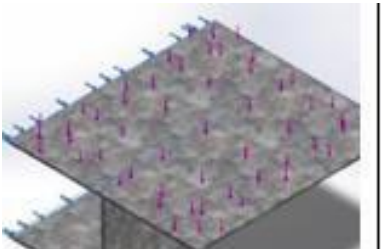
4.2.4 Posicionador

El material empleado para el posicionador es acero galvanizado calibre 18, que fue seleccionado por sus propiedades, descritas en la Figura 116. El planteamiento del diseño va de acuerdo al requerimiento operativo. Inicialmente se determinan los puntos donde se presentarán las tensiones, puesto que este elemento no solo deberá ubicar el envase PVC,

sino que deberá mantener los demás tubos en espera y sin dejarlos caer sobre el vástago del cilindro.

Figura 116

Cargas ejercidas posicionador

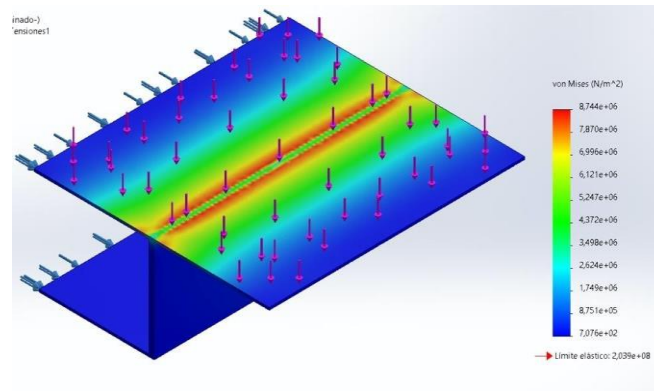
Nombre de carga	Imagen	Detalles	Carga
Fuerza 1		EntidadesTipo Valor	1 carasnormal 1.5 kg
Fuerza 2		EntidadesTipo Valor	2 carasnormal 0.3 kg

Nota. Puntos de esfuerzo posicionador

Se realiza la simulación para determinar el valor de la tensión de Von Mises ilustrado en la figura 117, con la cual se obtiene un valor de $5.247 \times 10^6 N/m^2$, que al ser menor que el límite elástico, permite concluir que la pieza es óptima para el funcionamiento.

Figura 117

Tensión de Von Mises en la lámina del posicionador

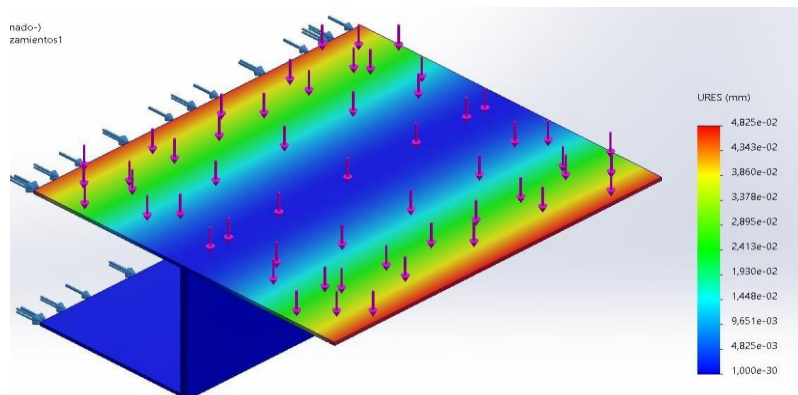


Nota. Simulación Von Mises lamina posicionador

Se realiza la simulación de deformaciones ilustrada en la Figura 118, Se determina que el mínimo y máximo de desplazamiento está en el rango de $9.651 \times 10^{-3} \text{ mm}$ y $3.860 \times 10^{-2} \text{ mm}$ respectivamente, por lo que se establece la zona con más tendencia a la deformación y se determina que su desplazamiento es mínimo y no presenta riesgo.

Figura 118

Deformación posicionador

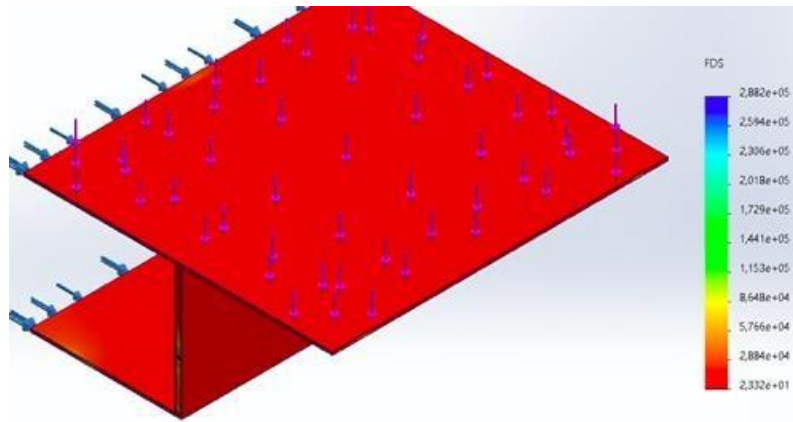


Nota. Deformación lamina posicionador

Para determinar finalmente el factor de seguridad, la simulación que se ilustra en la Figura 119 arroja un valor de 23, por lo que, según los criterios de diseño, cumple con las condiciones especificadas.

Figura 119

Factor de seguridad posicionador



Nota. Simulación de factor de seguridad posicionador

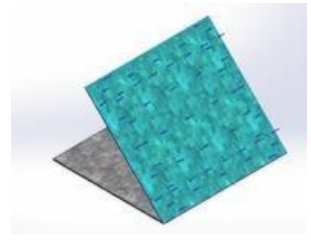
4.2.5 Lámina de salida

El material empleado para la lámina de salida es acero galvanizado calibre 18, cuyas propiedades ya fueron definidas en la Figura 120. El planteamiento del diseño se realiza de acuerdo al requerimiento operativo.

Inicialmente se determinan los puntos donde se presentan las tensiones, ya que este solo debe impulsar desde la parte inferior del envase para que este llegue a la bandeja de salida, por lo que solo una de las caras se someterá a algún tipo de fuerza, como descrito en la Figura 120.

Figura 120

Cargas ejercidas lamina de salida

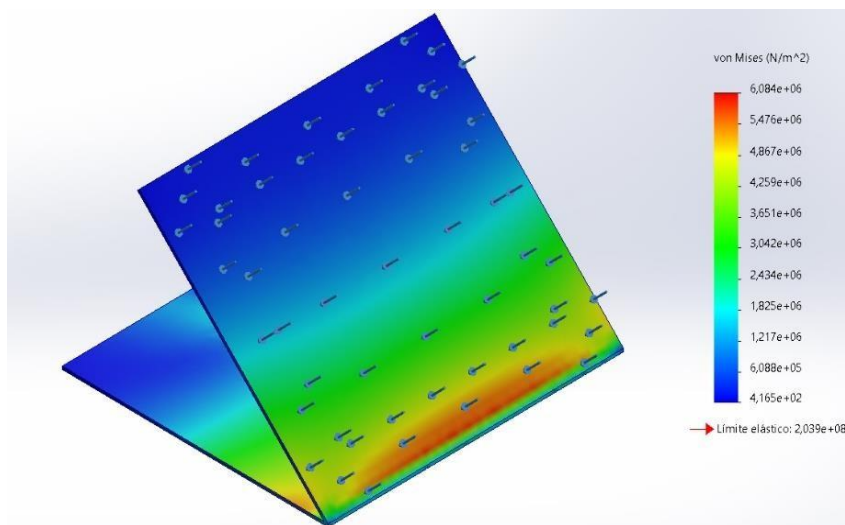
Nombre de carga	Imagen	Detalles	Carga
Fuerza 1		Entidades tipo valor	1 cara normal 0.25 kg

Nota. Simulación de factor de seguridad posicionador

Se realiza la simulación en la Figura 121 para determinar el valor de tensiones de Von Mises, la cual arroja un valor de $1.217 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ que al ser menor que el límite elástico, sugiere que la pieza es óptima para el funcionamiento.

Figura 121

Tensión de Von Mises en la lámina de salida

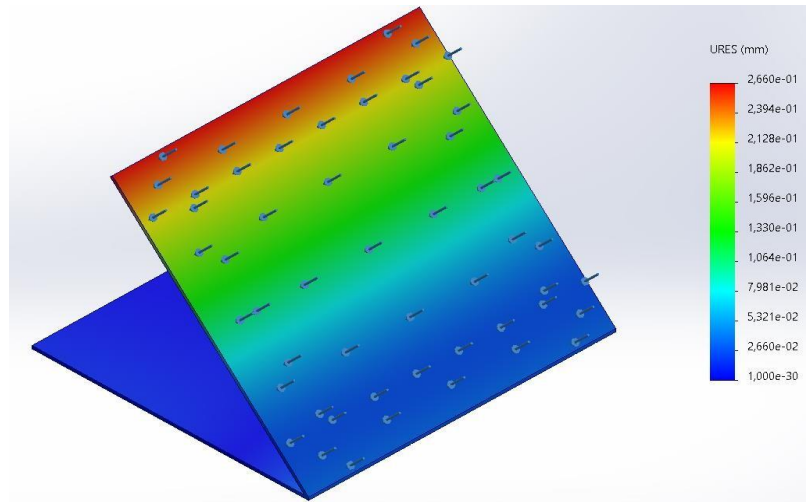


Nota. Simulación de Von Mises lámina de salida

Se realiza la simulación de deformaciones ilustrada en la figura 122, Se determina que el mínimo y máximo de desplazamiento está en el rango de $2.660 \times 10^{-2} \text{ mm}$ y $2.660 \times 1 \text{ mm}$ respectivamente, por lo que se establece la zona con más tendencia a la deformación y se determina que su desplazamiento es mínimo y no presenta riesgo.

Figura 122

Deformación lámina de salida

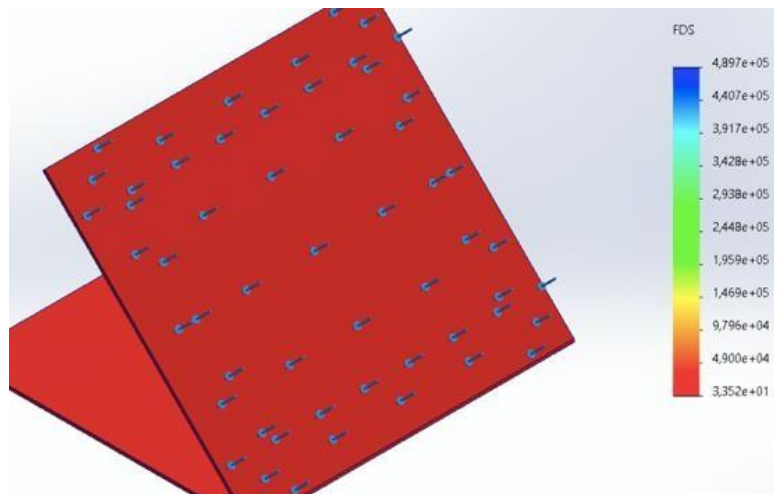


Nota. Deformación lámina de salida

Se obtiene un factor de seguridad de 34 en la simulación presentada en la Figura 123, por lo que se determina que el diseño es óptimo para las condiciones de trabajo.

Figura 123

Factor de seguridad lámina de salida



Nota. Simulación de seguridad lámina de salida

4.3 Simulación mecánicas

Se realiza una evaluación del comportamiento de los sistemas mecánicos planteados en el diseño conceptual, y de esta forma, se valida este comportamiento en condiciones de operación, considerando el criterio de Von Mises y el factor de seguridad para su posterior

selección.

El sistema de la roscadora cuenta con un eje al cual por estar ya preestablecido en la planta no se le realizará algún tipo de validación. se determinan las fuerzas presentes en este y concentradores de esfuerzo presentes, y de la misma forma, se realiza para los demás piñones y eje presente.

Para la selección de las chumaceras y chavetas se establecen las condiciones de operación y se determinan en base a catálogos de referencia de la marca FAG en el caso de la chumacera y RODAVIGO para el caso de las chavetas

4.3.1 Caja de engranajes

Para la evaluación del sistema de piñones, se determina inicialmente la fuerza y torque necesarios para realizar la rosca, se presentan en el anexo 1

El material empleado tanto para el eje y los piñones es acero AISI 1045, el cual presenta las características mecánicas descritas en la Figura 124:

Figura 124

Propiedades Acero 1045

Propiedades AISI 1045	
Límite elástico:	5,3e+08 N/m ²
Límite de tracción:	6,25e+08 N/m ²
Módulo elástico:	2,05e+11 N/m ²
Coefficiente de Poisson:	0,29
Densidad:	7.850 kg/m ³
Módulo cortante:	8e+10 N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica:	1,15e-05 /Kelvin

Nota. Composición acero 1045. Tomado de http://www.axxocol.com/documents/axxocol/Axxocol_1045.pdf [Último acceso: 12 10 2022].

Se parte desde el piñón anclado al eje de la roscadora (piñón conducido), el cual se determina a partir de las condiciones de la Tabla 10.

Tabla 10

Características piñón conducido

ELEMENTO PIÑÓN CONDUcido	VALOR	Unidad
Modulo (M)	4,5	mm
# de dientes (N)	10	
Diámetro Primitivo (Dp)	45	mm
Diámetro Exterior (De)	54	mm
Altura del diente (H)	9,7515	mm
Paso (P)	14,1372	mm
Diámetro interior (Di)	34,497	mm
Espacio entre dientes (c)	7,0686	mm
Espesor del diente (e)	7,0686	mm

Altura de la cabeza del diente (L)	4,5	mm
Altura del pie del diente (I)	5,2515	mm

Nota. Características piñón.

Unido a este se encuentra el piñón conductor, el cual se determina a partir de las características descritas en la Tabla 11.

Tabla 11

Datos del piñón conductor

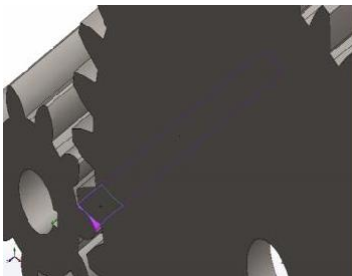
ELEMENTO (piñón conductor)	VALOR	Unidad
Modulo (M)	4,5	mm
# de dientes (N)	36	
Diámetro Primitivo (Dp)	162	mm
Diámetro Exterior (De)	171	mm
Altura del diente (H)	9,7515	mm
Paso (P)	14,1372	mm
Diámetro interior (Di)	151,497	mm
Espacio entre dientes (c)	7,0686	mm
Espesor del diente (e)	7,0686	mm
Altura de la cabeza del diente (L)	4,5	mm
Altura del pie del diente (I)	5,2515	mm

Nota. Características piñón conductor

Se determina el punto de contacto entre el piñón conducido y el piñón Conductor, como se define en la Figura 125

Figura 125

Puntos de contacto entre piñones

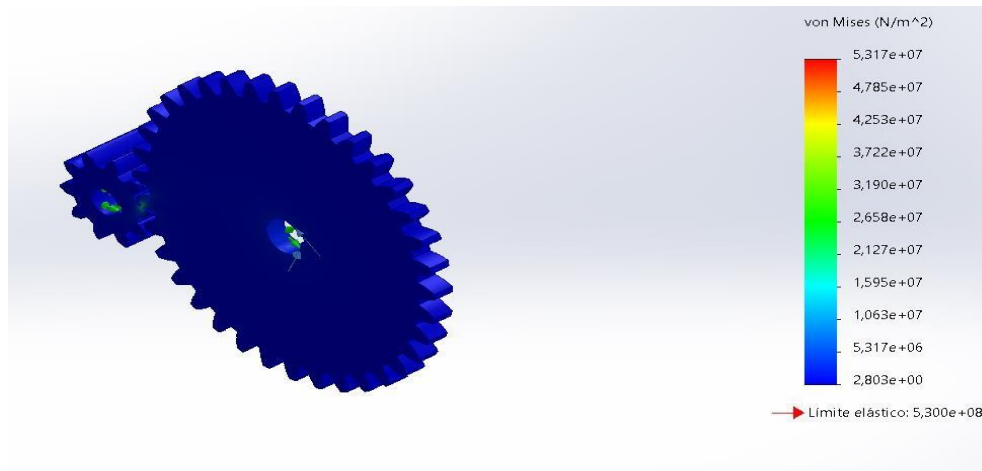
Interacción	Imagen	Detalles	Carga
Interacción local		EntidadesTipo avanzado	2 caras Par de interaccionesde contacto Superficie asuperficie

Nota. Puntos de contacto entre piñones

Posteriormente, con ayuda del software CAD, se realiza la simulación del esfuerzo de Von Mises, que es presentada en la Figura 126. Se determina el desplazamiento y el factor de seguridad, y que se toma partiendo desde el eje de la roscadora.

Figura 126

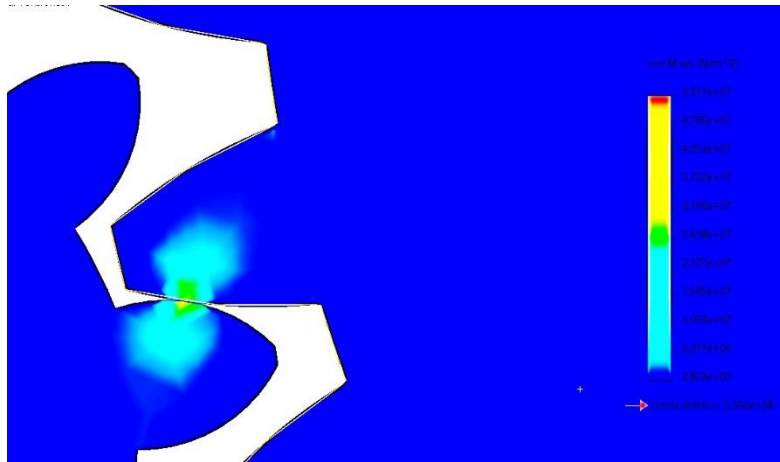
Tensión de Von Mises doble engranajes



Nota. Simulación de tensión Von Mises

Figura 127

Tensión de Von Mises doble engranajes 1



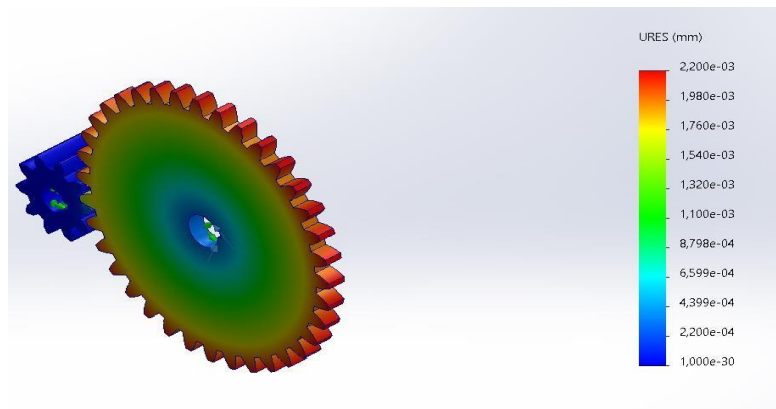
Nota. Simulación de tensión de Von Mises

Se determina la tensión de Von Mises para el diente del piñón en contacto, como se ilustra en la Figura 128, obteniéndose un valor de $1.595 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, por lo que al comparar con el límite elástico del material tabla 38, se deduce que no se fracturaran los piñones por lo que las tensiones de Von mises da un valor menor.

Se realiza la simulación de deformaciones ilustrada en la figura 95, Se determina que el mínimo y máximo de desplazamiento está en el rango de $2.200 \times 10^{-4} \text{ mm}$ y $2.200 \times 10^{-3} \text{ mm}$ respectivamente, por lo que se establece la zona con más tendencia a la deformación y se determina que su desplazamiento es mínimo y no presenta riesgo.

Figura 128

Desplazamiento doble engranaje

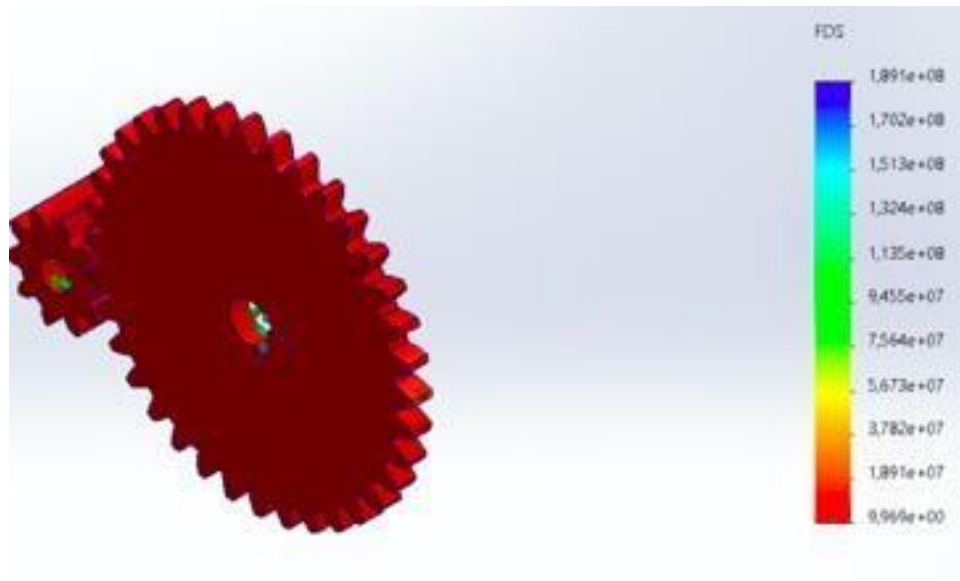


Nota. Simulación desplazamiento

Por último, se determina el factor de seguridad, con referencia a la Figura 129, determinando así el cumplimiento de todos los criterios de diseño empleados para la validación del sistema.

Figura 129

Factor de seguridad engranajes



Nota. Factor de seguridad

Para el siguiente piñón, se hace un cálculo de esfuerzos con respecto a la cremallera, ya que este es el encargado de transformar el movimiento lineal de la cremallera en rotación, así como se planteó el en diseño conceptual. Los cálculos se realizan de acuerdo a las características físicas de este, que se describen en la Tabla 12 y las propiedades mecánicas en la Tabla 12

Tabla 12

Características piñón conductor

ELEMENTO PIÑONCONDUCTOR	VALOR	Unidad
Modulo (M)	4	Mm
# de dientes (N)	10	
Diámetro Primitivo (Dp)	40	Mm
Diámetro Exterior (De)	48	Mm
Altura del diente (H)	8,668	Mm
Paso (P)	12,5664	Mm

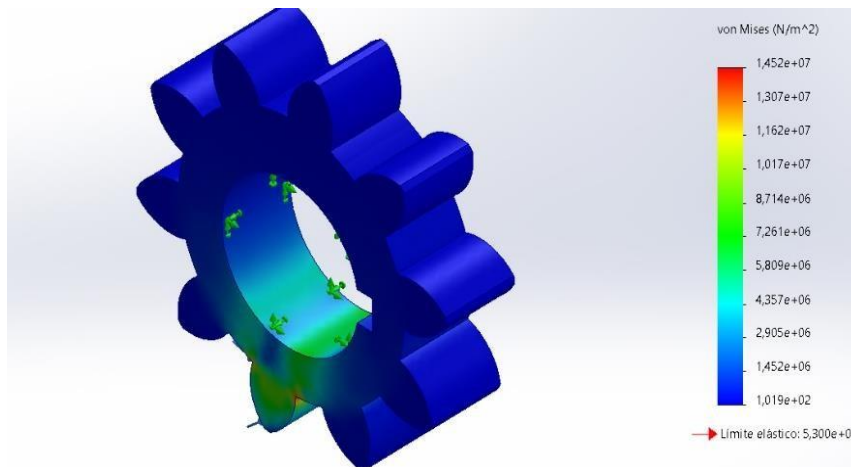
Diámetro interior (Di)	30,664	Mm
Espacio entre dientes (c)	6,2832	Mm
Espesor del diente (e)	6,2832	Mm
Altura de la cabeza del diente(L)	4	Mm
Altura del pie del diente (I)	4,668	mm

Nota. Características piñón conductor

Posteriormente, por medio del software CAD se realiza la simulación del esfuerzo de Von Mises figura 130, y se determinan el desplazamiento y el factor de seguridad.

Figura 130

Tensión de Von Mises piñón conductor



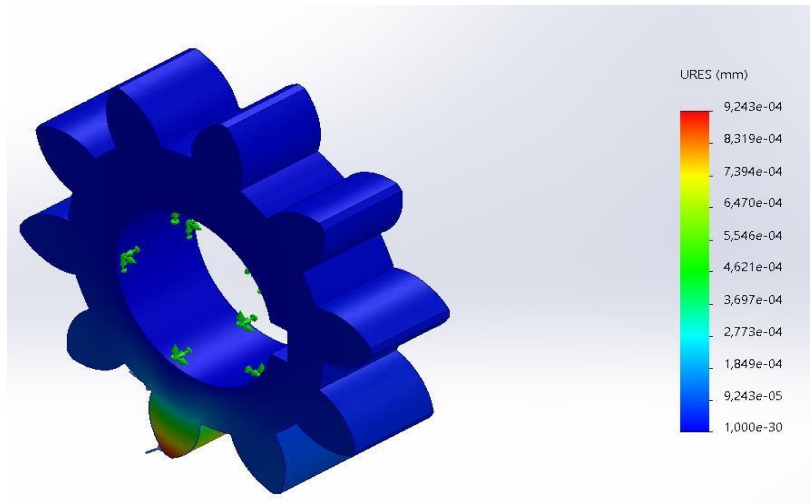
Nota. Simulación Von Mises piñón conductor

Se determina la tensión de Von mises para el diente del piñón en contacto, como ilustrado en la Figura 131, el cual arroja un valor de 5.809×10^6 , por lo que al comparar con el límite elástico del material de la Tabla 12, se deduce que no se fracturara el piñón dado que las tensiones de Von mises son menores que el límite elástico.

En correspondencia a esto, se determina el valor de deformación del diente en la Figura 131, el cual es en el punto máximo de $9.243 \times 10^{-4}mm$ lo que indica que está dentro de los límites del material y no presenta riesgo.

Figura 131

Deformación piñón conductor

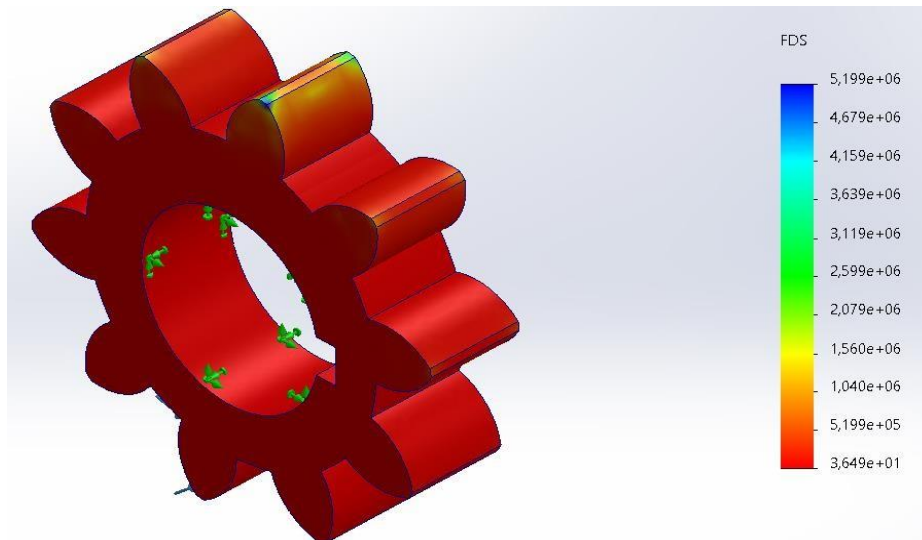


Nota. Simulación de deformación piñón conductor

Por último, determinamos el factor de seguridad según la Figura 132, el cual determina el cumplimiento de todos los criterios de diseño empleados para la validación del sistema.

Figura 132

Factor de seguridad piñón conductor



Nota. Simulación de factor de seguridad

4.3.2 Cremallera

El sistema piñón cremallera es ampliamente utilizado en diferentes sectores industriales, dada su confiabilidad y seguridad a la hora de realizar un proceso mecánico, y dada la

delicadeza del proceso se decide escoger este sistema. A continuación, se hará la validación de los criterios de diseño para la cremallera y determinar si es viable la implementación en el sistema.

La cremallera está fabricada en acero al carbón fundido, cuyas propiedades mecánicas se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13

Propiedades acero al carbón

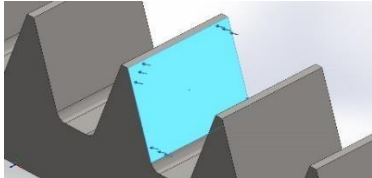
Nombre:	Acero al carbono fundido
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Desconocido
Límite elástico:	2,48168e+08 N/m ²
Límite de tracción:	4,82549e+08 N/m ²
Módulo elástico:	2e+11 N/m ²
Coefficiente de Poisson:	0,32
Densidad:	7.800 kg/m ³
Módulo cortante:	7,6e+10 N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica:	1,2e-05 /Kelvin

Nota. Propiedades del material de la cremallera, tomado de <https://grupoacura.com/blog/acero-al-carbon/>

Se determina el punto de contacto del piñón con la cremallera, como se identifica en la Figura 133.

Figura 133

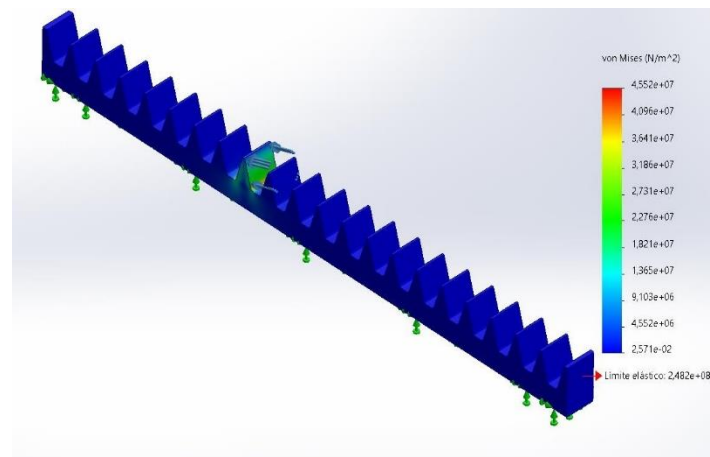
Puntos de esfuerzo cremallera

Nombre de carga	Imagen	Detalles	Carga
Fuerza 1		Entidades Tipo Valor	1 cara normal 36 kg

Nota. Punto de esfuerzo de la cremallera con el piñón conductor

Figura 134

Tensiones de Von Mises en la cremallera



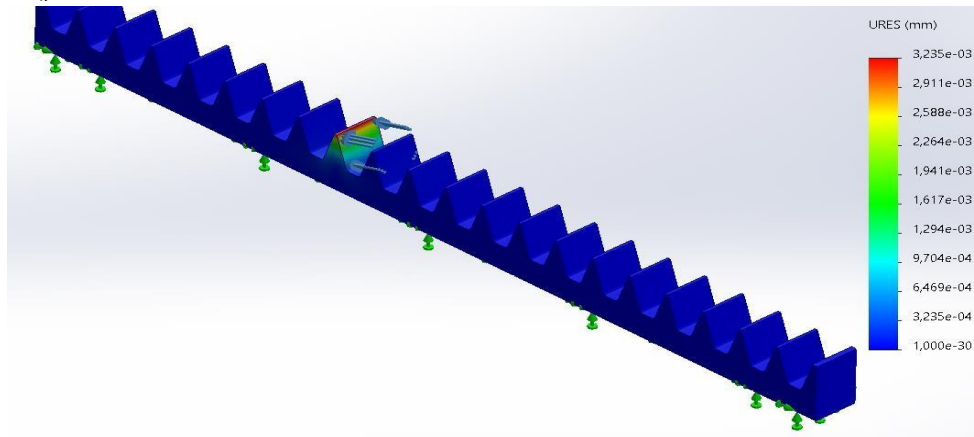
Nota. Tensión de Von Mises

Siguiente a esto se, determina el valor de la deformación del diente de la cremallera, como simulado en la Figura 135, el cual es en el punto máximo de $3.235 \times 10^{-3} N/m^2$, lo que indica que está dentro de los límites del material

Se realiza la simulación de deformaciones ilustrada en la figura 101, Se determina que el mínimo y máximo de desplazamiento está en el rango de $3.235 \times 10^{-4} mm$ y $3.235 \times 10^{-3} mm$ respectivamente, por lo que se establece la zona con más tendencia a la deformación y se determina que su desplazamiento es mínimo y no presenta riesgo.

Figura 135

Deformación de la cremallera



Nota. Simulación de deformación de la cremallera

Por último, determinamos el factor de seguridad, de acuerdo a la simulación presentada en la Figura 135, el cual determina el cumplimiento de todos los criterios de diseño empleados para la validación del sistema.

4.3.3 Eje

El diseño conceptual del eje propone en un mismo eje mecanizar dos chaveteras, los cuales permitirán la transmisión de potencia del eje conductor al conducido, las cargas ejercidas se ilustran en la figura 135, por lo que a continuación se determina la validez del planteamiento según criterios de diseño empleados en el sistema.

El eje es fabricado en AISI 1045, cuyas propiedades mecánicas se presentan en la Figura 136.

Figura 136

Propiedades mecánicas acero 1045 eje

Nombre	AISI 1045 Acero estirado en frío
Tipo de modelo	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado	Desconocido
Límite elástico	5,3e+08 N/m ²
Límite de tracción:	6,25e+08 N/m ²
Módulo elástico:	2,05e+11 N/m ²
Coefficiente de Poisson:	0,29
Densidad:	7.850 kg/m ³
Módulo cortante:	8e+10 N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica:	1,15e-05 /Kelvin

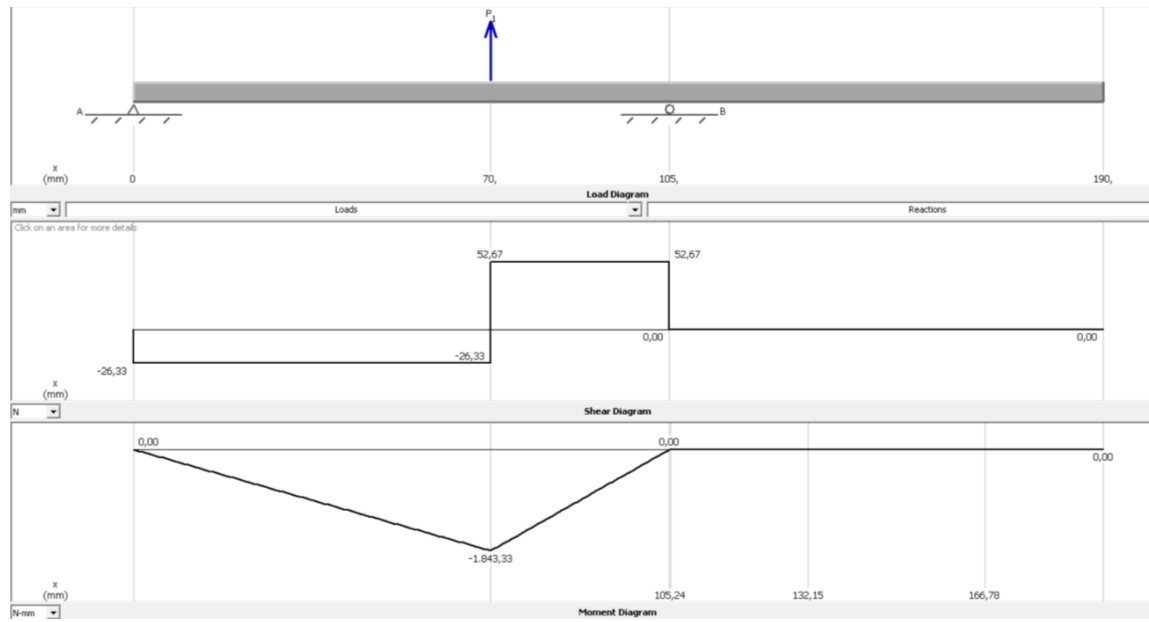
Nota. Composición acero 1045. Tomado de

http://www.axxocol.com/documents/axxocol/Axxocol_1045.pdf

4.3.3.a Cálculos para del eje. Para el cálculo del eje, se toma como referencia las Figuras 137 y 138

Figura 137

Diagrama



Nota. Simulación esfuerzos. Tomado de [MDSolids: Educational Software for Mechanics of Materials \(mst.edu\)](http://MDSolids: Educational Software for Mechanics of Materials (mst.edu))

$$R_{Ay} + P_1 - R_{By} = 0$$

Ecuación 3.1

La sumatoria de momentos en el punto A se calcula como:

$$(0,07m * P_1) - (0,105m * R_{By}) = 0$$

Ecuación 3.2

Reemplazamos valores y se obtiene:

$$(0,07m * 79N) - (0,105m * R_{By}) = 0$$

Ecuación 3.3

$$R_{By} = 52,66N$$

Ecuación 3.4

Reemplazamos en la ecuación de fuerzas en y:

$$-R_{Ay} + 79 - (52,66) = 0$$

Ecuación 3.5

$$R_{ay} = -26.34N$$

Ecuación 3.6

Se determinan los momentos por el método de áreas para el punto A-P:

$$R_{ay} * L_{ap} = A - P$$

Ecuación 3.7

Remplazamos

$$-26.34N * 0.070m = A - P$$

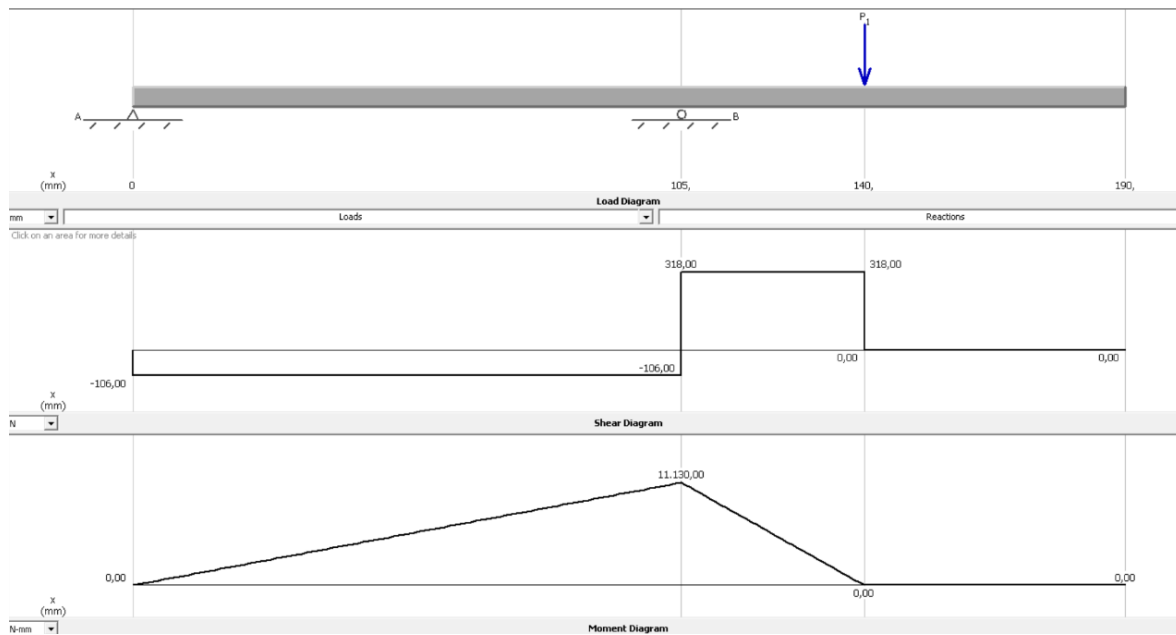
Ecuación 3.8

$$-1.8438 = A - P$$

Ecuación 3.9

Figura 138

Diagrama



Nota. simulación esfuerzos. Tomado de [MDSolids: EducationalSoftware for Mechanics of Materials \(mst.edu\)](http://MDSolids: EducationalSoftware for Mechanics of Materials (mst.edu))

A continuación, se realizan los cálculos para las reacciones en los apoyos. Para este caso, se considera el plano z -x. La sumatoria de fuerzas en z es:

$$R_{az} + P_1 - R_{bz} = 0$$

Ecuación 3.10

La sumatoria de momentos en el punto A es:

$$(0.140m * P_1) - (0.105m * R_{bz}) = 0$$

Ecuación 3.12

Se reemplazan los valores para obtener:

$$(0.140m * 318N) - (0.105m * R_{by}) = 0$$

Ecuación 3.13

$$R_{by} = 424N$$

Ecuación 3.14

Remplazando en la ecuación de fuerzas en z se obtiene:

$$-R_{ay} + 318 - (424) = 0$$

Ecuación 3.15

$$R_{ay} = -106Nm$$

Ecuación 3.16

Ahora realizamos los momentos por el método de áreas para el punto Rbz

$$R_{ay} * L_{ap} = R_{bz}$$

Ecuación 3.17

Remplazamos

$$-106N * 0.105m = R_{bz}$$

Ecuación 3.18

$$-11.13Nm = R_{bz}$$

Ecuación 3.19

Esfuerzo flexión máximo z

$$\theta_{max} = \frac{M_b * r}{I}$$

Ecuación 3.20

Teniendo

$$diámetro = 0.015m$$

Ecuación 3.21

$$Mb = 11.13Nm$$

Ecuación 3.22

Inercia

$$I = \frac{\pi}{64} d^4$$

Ecuación 3.23

Remplazando, se obtiene:

$$I = 2.4850 * 10^{-9}m^4$$

Ecuación 3.24

Luego, se determina el esfuerzo máximo:

$$\theta_{max} = \frac{11.13Nm * 0.0075m}{2.4850 * 10^{-9}m^4}$$
$$33.2Mpa$$

Ecuación 3.25

El esfuerzo de flexión máximo en y:

$$\theta_{max} = \frac{Mb * r}{I}$$

Ecuación 3.26

Teniendo

$$diametro = 0.015m$$

$$Mb = 1.84Nm$$

Inercia

$$I = \frac{\pi}{64} d^4$$

Se reemplazan los valores

$$I = \frac{\pi}{64} 0.015^4$$

Y se obtiene un valor de inercia:

$$I = 2.4850 * 10^{-9} m^4$$

Ecuación 3.28

Por consiguiente, se determina el esfuerzo máximo

$$\theta_{max} = \frac{1.84 Nm * 0.0075 m}{2.4850 * 10^{-9} m^4} = 5.3 Mpa$$

Ecuación 3.29

Torsión

$$rb = \frac{t * r}{J}$$

Ecuación 3.30

$$t = 6.4 Nm$$

$$J = 2 * I$$

Ecuación 3.31

$$J = 2 * 2.4850 * 10^{-9} m^4$$

$$J = 4.97 * 10^{-9} m^4$$

Ecuación 3.32

$$rb = \frac{6.4 * 0.0075}{4.97 * 10^{-9} m^4}$$

$$rb = 9.4 Mpa$$

Ecuación 3.33

$$r_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}\right)^2 + r^2}$$

Ecuación 3.34

Remplazamos

$$r_{max} = \sqrt{\left(\frac{32.5\text{Mpa} + 5.2\text{Mpa}}{2}\right)^2 + 9.4\text{Mpa}^2}$$

$$r_{max} = 21\text{Mpa}$$

Ecuación 3.35

La resistencia a fluencia S_y del material 1045 se obtuvo de la tabla A- 20 del libro de diseño mecánico de Shigley [41], ilustrado en la figura 105

Figura 139

Resistencia a Fluencia acero 1045

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Nota. Simulación esfuerzos. Tomado de simulación Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 9na Edición (utn.edu.ar)

$$S_y = 530$$

$$FDS = \frac{S_y}{2 * r_{max}}$$

Ecuación 4.1

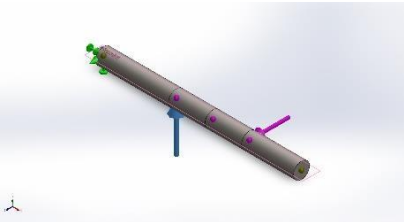
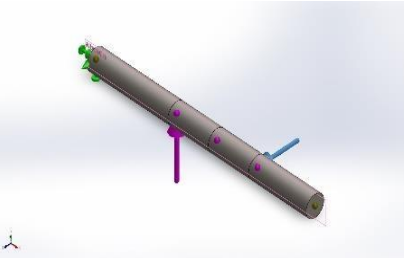
$$FDS = \frac{530Mpa}{2 * 21Mpa} = 13$$

Ecuación 4.2

El eje está anclado a dos chumaceras posicionadas para facilidad de acoplamiento de la cremallera, lo cual da dos apoyos y dos esfuerzos diferentes, como se especifica en la Figura 140.

Figura 140

Esfuerzos en el eje

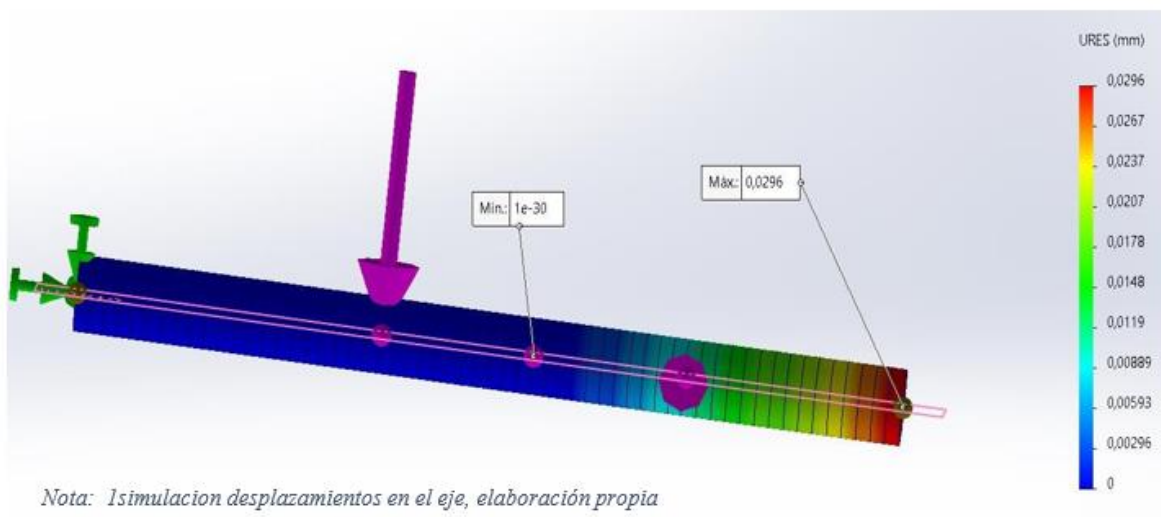
Nombre de carga	Imagen	Detalles	Carga
Fuerza 1		EntidadesTipo Valor	1 plano Fuerza 82,29Nm
Fuerza 2		EntidadesTipo Valor	1 plano Fuerza 353,16Nm

Nota. Puntos de torsión del eje

Posteriormente se realiza un análisis de desplazamiento el cual se ilustra en la Figura 141, con lo que podemos determinar que el eje será capaz de transmitir el torque sin afectar su estructura física.

Figura 141

Desplazamiento en el eje

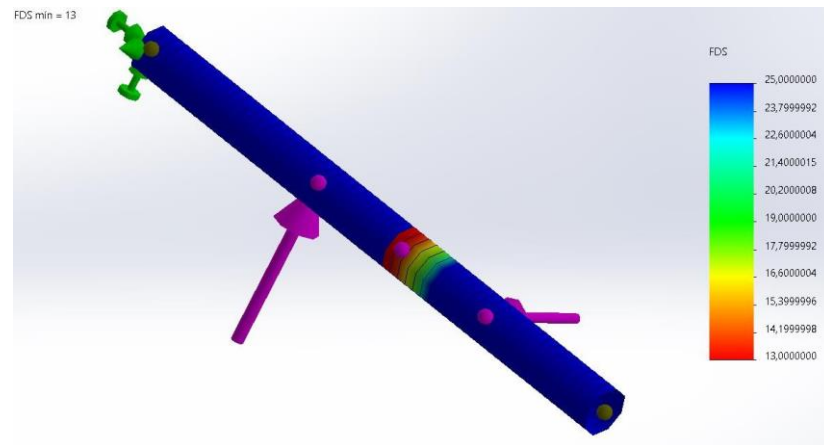


Nota. Desplazamiento del eje

Por último, es determinado el factor de seguridad presentado en la Figura 142, el cual cumple todos los criterios de diseño empleados para la validación del sistema.

Figura 142

Factor de seguridad del eje



Nota. Factor de seguridad del eje

4.3.4 Chavetas

La selección tanto de chavetas como chumaceras se puede realizar por medio de catálogo, ya que las medidas son estándar y se pueden calcular con las medidas establecidas en el eje anexo 5.

A continuación, se presenta un análisis estático para la chaveta y propiedades del material de la misma, descritos en la Figura 143

Figura 143

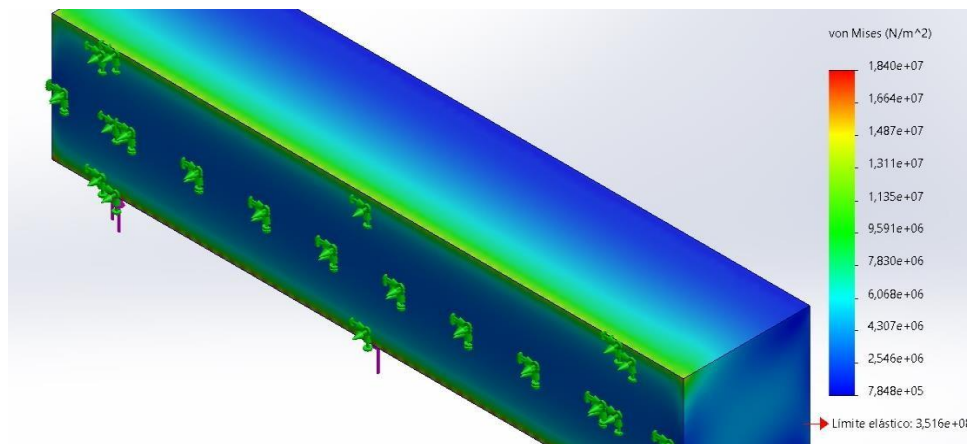
Propiedades acero 1020

Acero:	AISI 1020
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de errorpredeterminado:	Tensión de Von Mises máx.
Límite elástico:	3,51571e+08 N/m ²
Límite de tracción:	4,20507e+08 N/m ²
Módulo elástico:	2e+11 N/m ²
Coefficiente dePoisson:	0,29
Densidad:	7.900 kg/m ³
Módulo cortante:	7,7e+10 N/m ²
Coefficiente dedilatación térmica:	1,5e-05 /Kelvin
<i>Nota.</i> Composición	acero 1020. Tomado de
http://www.axxocol.com/documents/axxocol/Axxocol_1045.pdf	

De esta forma, se analizan las tensiones de Von Mises y se compara con el límite elástico del material de la chaveta que es $1.135 \times 10^7 N/m^2$ Los resultados de la simulación se presentan en la Figura 144.

Figura 144

Tensión de Von Mises en la chaveta

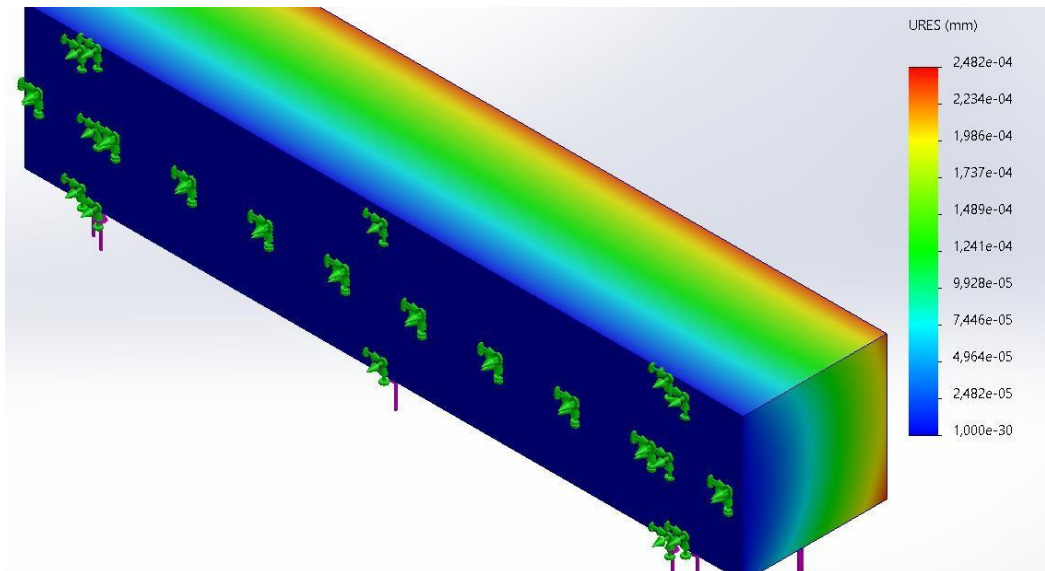


Nota. Simulación de tensiones de Von Mises en la chaveta

Se realiza la simulación de deformación para tener claro puntos máximos y mínimos de flexión, los cuales se ilustran en la Figura 145.

Figura 145

Deformaciones en la chaveta

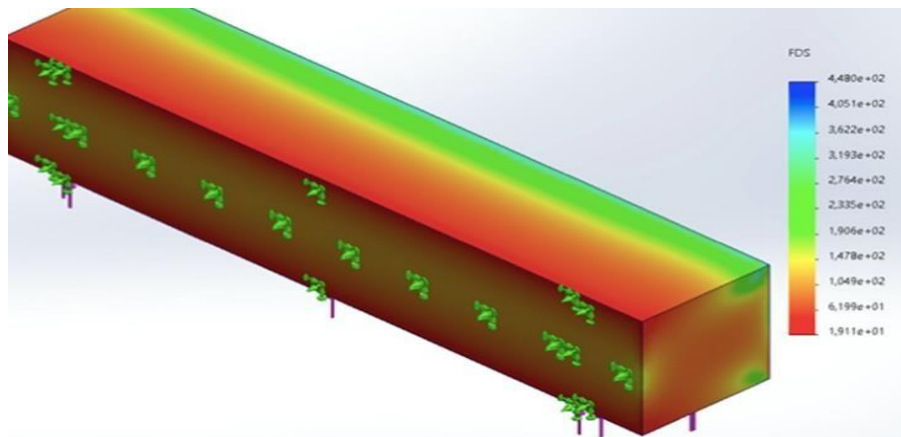


Nota. Simulación deformaciones chaveta

Por último, se determina el factor de seguridad en la Figura 146, y el valor obtenido satisface todos los criterios de diseño empleados para la validación del sistema.

Figura 146

Factor de seguridad de la chaveta



Nota. Simulación de factor de seguridad de la chaveta

4.3.5 Chumaceras

La selección tanto de chavetas como chumaceras se puede realizar por medio de catálogo, ya que las medidas son estándar y se pueden calcular con las medidas establecidas en el eje.

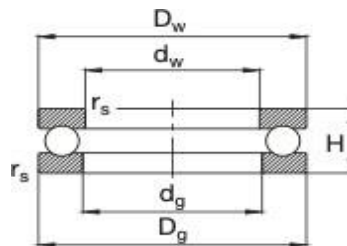
Las chumaceras deben soportar las cargas presentadas en el eje y deben acoplarse a las

características físicas de este. Realizando un estudio de las marcas accesibles, se determina la marca FAG como la mejor opción.

Para el sistema se deben implementar rodamientos axiales de bolas de simple efecto como se ilustra en la Figura 147, el cual se rige por la norma DIN 711. Ya que es el más apto para la aplicación, es presentado en las referencias 511, 512, 513 y 514

Figura 147

Características físicas rodamiento



511, 512, 513, 514

Nota. Rodamiento axial de bolas. Tomado de <https://rodavigo.net/catalogos/FAG/01%20Rodamientos%20de%20bolas/FAG%2010%20Rodamientos%20axiales%20de%20bolas.pdf>

Figura 148

Dimensiones rodamiento

Ejes	Dimensiones												Peso	
	d_w mm	d_g	D_w	D_g	H	r_s min	R	A	d_u	D_u	s_u	H_u	Roda- miento kg	Contra- placa
10	10	11	24	24	9	0,3							0,018	
	10	12	26	26	11	0,6							0,029	
	10	12	26	26	11,6	0,6	22	8,5	18	28	3,5	13	0,028	0,01
12	12	13	26	26	9	0,3							0,021	
	12	14	28	28	11	0,6							0,032	
	12	14	28	28	11,4	0,6	25	11,5	20	30	3,5	13	0,03	0,012
15	15	16	28	28	9	0,3							0,022	
	15	17	32	32	12	0,6							0,043	
	15	17	32	32	13,3	0,6	28	12	24	35	4	15	0,045	0,014
17	17	18	30	30	9	0,3							0,026	
	17	19	35	35	12	0,6							0,05	
	17	19	35	35	13,2	0,6	32	16	26	38	4	15	0,052	0,015

Nota. Rodamientos axiales de bolas. Tomado de [https://rodavigo.net/catalogos/FAG/01%20Rodamientos%20de%20bolas/FAG%2010%20Rodamientos%20a xiales%20de%20bolas.pdf](https://rodavigo.net/catalogos/FAG/01%20Rodamientos%20de%20bolas/FAG%2010%20Rodamientos%20a%20xiales%20de%20bolas.pdf)

Partiendo de la tabla de características físicas, el catálogo presenta las cargas admisibles para la chumacera

Figura 149

Propiedades rodamiento

Capacidad de carga		Coeficiente de carga mínima M	Velocidad límite min ⁻¹	Denominación abreviada		Medidas auxiliares		
din. C	estát. C ₀			Rodamiento FAG	Contraplaca FAG	D ₁ min mm	D ₂ max	r _g max
10	14	0,001	9500	51100		18	16	0,3
12,7	17	0,002	8000	51200		20	16	0,6
12,7	17	0,002	8000	53200	U200	20	18	0,6
10,4	15,3	0,001	9000	51101		20	18	0,3
13,2	19	0,002	8000	51201		22	18	0,6
13,2	19	0,002	8000	53201	U201	22	20	0,6

Nota. Rodamientos axiales de bolas. Tomado de [https://rodavigo.net/catalogos/FAG/01%20Rodamientos%20de%20bolas/FAG%2010%20Rodamientos%20a xiales%20de%20bolas.pdf](https://rodavigo.net/catalogos/FAG/01%20Rodamientos%20de%20bolas/FAG%2010%20Rodamientos%20a%20xiales%20de%20bolas.pdf)

Por lo tanto, se determina que la chumacera deberá ser de medida 5/8 con un rodamiento axial de bolas de simple efecto en pedestal, el cual presenta las capacidades para el funcionamiento operacional requerido.

4.4 Sistemas de control semiautomático

La automatización ha sido un pilar importante en la industria, permitiendo adaptar procesos obteniendo cambios significativos en los resultados, desde un principio se ha buscado agilizar y dejar atrás procesos tediosos de producción. En JACARI Ltda. parte importante de su producción se realiza de forma manual, siendo el proceso de roscado uno de los más extenuantes.

Partiendo de esta idea, se plantea un sistema de control semiautomático para implementar específicamente en el proceso de roscado. Este diseño contempla el uso de PLC, el cual controlará las electroválvulas, que son seleccionadas en función de la presión y la señal requerida. El sistema está constituido por cinco cilindros neumáticos, los cuales realizan el posicionamiento del envase PVC, el roscado del mismo y posteriormente su almacenamiento.

Para cada uno de estos elementos, se realizó un estudio previo, entendiendo cuál es su comportamiento en operación, los tipos y clasificación de cada uno, teniendo así una base conceptual para la respectiva selección de los sistemas.

El conjunto de sistemas será controlado mediante el lenguaje de programación Ladder, e irán en conjunto con los demás sistemas anteriormente evaluado

4.4.1 Elementos de control

La descripción de los sistemas parte de las salidas del PLC como se planteó anteriormente, la evaluación para cada uno de estos elementos parte del funcionamiento en operación, al igual que finales de carrera y sensores, por lo que se corroboró al realizar la conexión eléctrica de cada uno de estos.

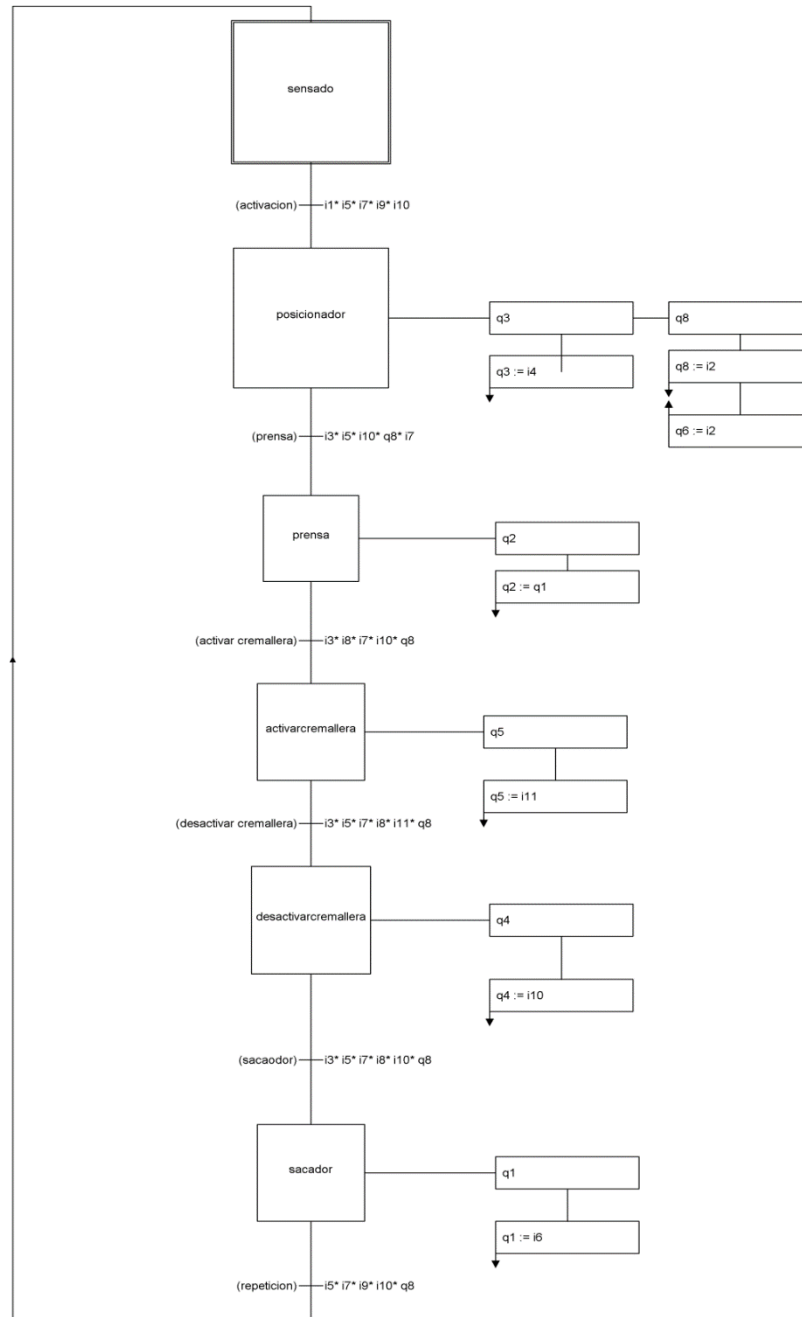
Por la parte neumática se emplearon cilindros doble efecto. Por último, para las conexiones de todo el sistema se realiza mediante cable vehicular #18 y para la línea neumática se emplea manguera #6, para salidas y entradas tanto de cilindros como de válvulas se emplean racores $\frac{1}{4}$ correspondientes con la manguera neumática.

4.4.2 GRAFCET

El Gráfico de Mando Etapa Transición (GRAFCET) para el proceso de roscado es descrito en la Figura 150.

Figura 150

Grafcet



Nota. Diagrama Grafcet

El diagrama GRAFCET que describe la evolución del proceso que se pretende automatizar, que es el roscado de los tubos PVC, permite visualizar el conjunto de etapas y transiciones que realizan cada uno de los elementos de control, y se realiza partiendo del diseño conceptual de todo el proceso

4.4.3 Ladder

Se emplea el lenguaje Ladder para hacer la programación del PLC, teniendo en cuenta inicialmente las salidas y entradas de este: Las entradas consideradas son digitales y se identifican en la Figura 151.

Figura 151

Entradas PLC Ladder

Entradas		
I1	inicio	digital
I2	pare	digital
I3	sensor	digital
I4	posicionador final	digital
I5	posicionador inicial	digital
I6	sacador final	digital
I7	sacador inicial	digital
I8	prensa final	digital
I9	presan inicial	digital
I10	cremallera inicial	digital
I11	cremallera final	digital

Nota. Entradas en el PLC

De la misma forma, las salidas del PLC son digitales, y se identifican en la Figura 152.

Figura 152

Salidas PLC Ladder

Salidas		
Q1	sacador	digital
Q2	prensa	digital
Q3	posicionador	digital
Q4	cremallera devolver	digital
Q5	cremallera inicia	digital
Q6	led rojo	digital
Q7		digital
Q8	led verde	digital

Nota. Salidas en el PLC

La programación Ladder se realiza mediante LOGOsoft el cual permite una fácil comunicación con el PLC. La programación se realiza en base al diseño conceptual planteado y queda de la siguiente forma:

5. VALIDACIÓN EXPERIMENTAL DE UN PROCESO DE ROSCADO SEMIAUTOMÁTICO

Para realizar la validación de los sistemas en las condiciones reales de operación, se realizan varias pruebas experimentales de funcionamiento del sistema en conjunto. Inicialmente, se comprueba la alimentación eléctrica de todo el sistema montado ya en la caja de control en la Figura 154.

Es necesario aclarar que por acuerdo de confidencialidad con la empresa no es posible mostrar el funcionamiento tal del sistema, ya que poseen la patente y derechos intelectuales del presente proyecto, por tal motivo solo es posible realizar la secuencia por medio de fotografías donde se evidencia la validación experimental.

Por último, se realizará un análisis de costos el cual muestra la totalidad del dinero invertido, elementos empleados y extras que se tuvieron en la construcción del sistema semiautomático.

Figura 154

Caja de control



Nota. Caja de control

Posteriormente, se realiza la secuencia de cada uno de los cilindros en funcionamiento. Inicialmente se descarga y envía el programa al PLC mediante el software LOGOSOFT, y

se da inicio a la marcha, accionando la botonera la cual se encuentra en la parte superior, y para garantizar el funcionamiento se tiene presente el piloto instalado en la parte superior de la estructura.

Inicia el proceso con la colocación de envases PVC en la bandeja, y posteriormente el cilindro realiza el posicionamiento en la prensa. Se presenta inicialmente el cilindro en operación para validar su funcionamiento sin envase PVC, como se ilustra en la Figura 155

Figura 155

Almacenamiento del envase PCV



Nota. Posicionador envases

Se continua el proceso con la fijación del envase, el cual se da por medio de la prensa, al llegar al punto final el cilindro, permite presionar de tal forma que no presente movimiento el envase PVC, como se ilustra en las Figuras 156 y 157.

Figura 156

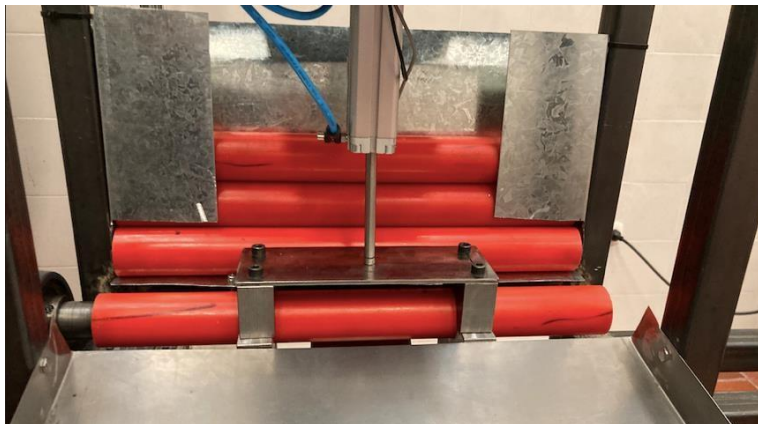
Posicionamiento de tubo



Nota. Posicionamiento del envase

Figura 157

Fijación de envase PVC



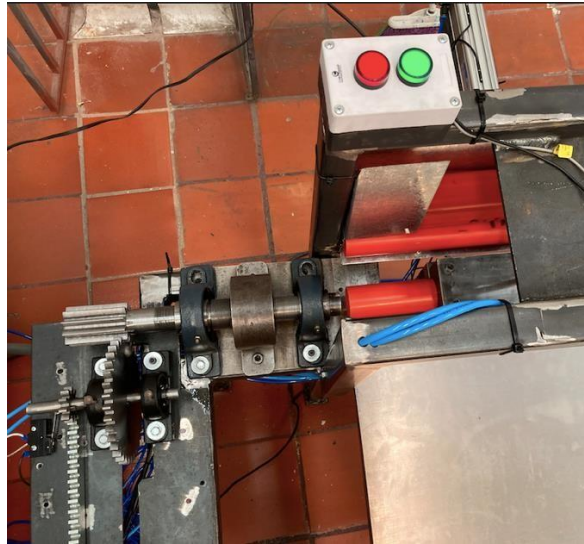
Nota. Fijación envase PVC

Una vez el tubo está fijado, se inicia con el proceso de roscado el cual se divide en tres etapas, las cuales se ilustrarán a continuación:

En la primera etapa como se muestra en la figura 158, el cilindro se encuentra en su posición inicial, conectado a la cremallera, esta al eje el cual permite el movimiento de los engranajes y finalmente a la roscadora, esta se posiciono como se mencionaba anteriormente de tal forma que, al ajustarse el envase con la prensa, quedara alineado el centro de la roscadora con el del envase PVC.

Figura 158

Roscada etapa 1

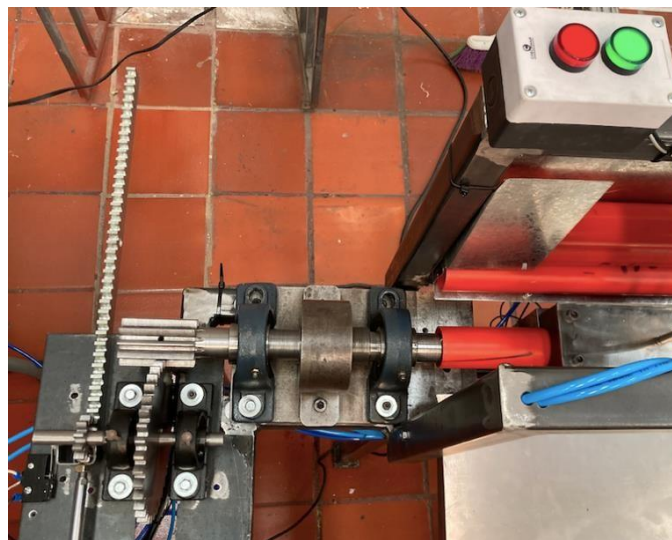


Nota. Roscada etapa 1

En la siguiente etapa (etapa 2), el cilindro sale hasta su posición final ilustrado en la figura 159, permite el movimiento de los sistemas mecánicos a la velocidad requerida sin generar daños en el roscado del envase, esta se controla con un racor de flujo.

Figura 159

Roscado etapa 2



Nota. Roscada etapa 2

Por último (etapa 3), el cilindro vuelve a su posición inicial ilustrado en la figura 160, de esta forma el eje de la roscadora sale del envase PVC y permite su liberación y posterior disposición.

Figura 160

Roscada etapa 3

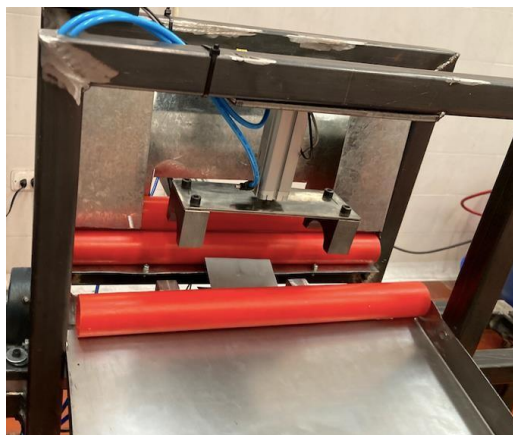


Nota. Roscado etapa 3

Al volver a su posición inicial la roscadora permite que el envase se libere, por lo que para la disposición final se levanta la prensa y el último cilindro se encarga de sacar el envase y encarrilarlo en la bandeja de salida ilustrada en la figura 161, el cual es dispuesto de forma conveniente para el almacenamiento de los demás envases.

Figura 161

Liberación y retiro del envase PVC



Nota. Liberación envase PVC

De esta forma se realiza el proceso completo del envase PVC y se finaliza el roscado de la operación, la cual se aprecia en la figura 162

Figura 162

Disposición del envase para la línea de producción



Nota. Salida del envase PVC

Tabla 14

Análisis financiero

PIEZAS MECANICAS – ESTRUCTURALES	CANTIDAD	COSTO	TOTAL	COSTO TOTAL
Acero estructural	6 tubos	Brindado por la planta	0	
Soldadura 6013	2 kilos	\$18.000 x kilo	\$36.000	
Disco de corte	5 und	\$4.000	\$20.000	
Lamina acero	4 und	Brindado por la planta	0	
Piñón 10 dientes roscadora	1 und	\$250.000	\$250.000	
Piñón 36 dientes	1 und	\$120.000	\$120.000	
Piñón 10 dientes	1 und	\$90.000	\$90.000	
Cremallera	1 und	\$50.000	\$50.000	
Eje	1 und	\$68.000	\$68.000	
Chumacera	2 und	\$45.000	\$90.000	
Chaveta	2 und	\$15.000	\$30.000	
Prensa	4 piezas	\$35.000 x pieza	\$140.000	
Lamina bandejas	3 piezas	\$19.000 x pieza	\$57.000	
Tornillos	48 und	\$400	\$19.200	
Horquilla	1 und	\$12.000	\$12.000	\$982.200

Tabla 14. Continuación

PIEZAS ELECTRICAS – NEUMATICAS	CANTIDAD	COSTO x und	TOTAL	COSTO FINAL
Cable vehicular # 18	40 m	\$1.800 x m	\$72.000	
Braker	1 und	\$45.000	\$45.000	
Bloque de distribución	1 und	\$18.000	\$18.000	
Electroválvulas ¼	3 und	\$52.000	\$156.000	
Electroválvulas ½	1 und	\$62.000	\$62.000	
PLC	1 und	\$590.000	\$590.000	
Amplificador de salidas PLC	1 und	\$299.000	\$299.000	
Unidad de mantenimiento	1 und	\$569.000	\$569.000	
Cilindro neumático 100 mm	1 und	\$98.000	\$98.000	
Cilindro neumático 150 mm	2 und	\$112.000	\$224.000	
Cilindro neumático 500 mm	1 und	\$150.000	\$150.000	
Finales de carrera	8 und	\$22.000	\$176.000	
Sensor infrarrojo	1 und	\$78.000	\$78.000	
Pulsadores	2 und	\$14.000	\$28.000	
Pilotos	2 und	\$10.000	\$20.000	
Compresor	1 und	Brindado por la planta	0	
Manguera #6	20 m	\$2.500 x m	\$50.000	\$2.635.000

Nota. Análisis financiero

6. CONCLUSIONES

Posterior a la finalización del presente proyecto, concluimos que la puesta en práctica del diseño semiautomático de roscado permite una obtiene una reducción y simplificación de tareas manuales en el proceso de roscado anteriormente realizadas por un operario.

El presente proyecto se realizó en base a un cumplimiento de los objetivos planteados, y se concluye lo siguiente:

Se determina una reducción de tiempos de producción, ya que previo a la modificación del sistema de roscado, se obtenía un tiempo inicial de producción por envase de 10 a 12 seg, el cual era variable después de algunas horas de trabajo haciendo los tiempos de producción mayores. Posterior al ensamble de la máquina de roscado semiautomática, se determina un tiempo de operación de 8 a 9.5 seg, el cual se mantendrá constante durante toda la jornada de producción.

La máquina semiautomática de roscado está pensada para re direccionar al personal en la planta, dado que este proceso era el que requería más intervención humana.

El estudio de cada uno de los elementos a implementar en el sistema semiautomático está dirigido a encontrar disponibilidad de cada uno y realizar una comparativa de los diferentes proveedores, costos y beneficios de cada uno.

Para el diseño y fabricación de los sistemas mecánicos se realizó de forma práctica un estudio de los diferentes talleres metalmecánicos disponibles en la zona, teniendo presente tipo de mecanizado, tiempos de fabricación y disponibilidad del material, el cual nos permitió encontrar un establecimiento especializado en fabricación y modelamiento de engranajes.

Para la planta Jacari Ltda. la puesta en marcha del sistema semiautomático de control le permite redireccionar el personal en la planta, tener menos hora de producción, ser constante con la fabricación de envases y sobre todo afrontar los retos y demandas que exige el mercado colombiano.

Se determina a través del estudio financiero la totalidad del proyecto seccionada en las áreas intervenidas, la cual da un total de \$3.617.200 pesos el cual realizando una comparación con otro tipo de sistemas como lo puede ser un motor paso a paso el cual su precio está sobre

\$1.200.000 pesos, lo cual nos indica un total superior al obtenido teniendo en cuenta los costos de instalación y adaptación a la estructura.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Selección de chumaceras.”
[https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1802/2016-Anexo_10-¿Selección de rodamientos.pdf?sequence=8&isAllowed=y](https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1802/2016-Anexo_10-¿Selección_de_rodamientos.pdf?sequence=8&isAllowed=y)
- [2] “PVC.” [https://parts.spearsmfg.com/specs/Sample_Engineering_Specifications_Spanish/EspecdelaIngdelaM de La Tubería de PVC & CPVC.html](https://parts.spearsmfg.com/specs/Sample_Engineering_Specifications_Spanish/EspecdelaIngdelaM_de_La_Tubería_de_PVC_&_CPVC.html)
- [3] “el diseño de un sistema automatizado de riego y dosificación de fertilizantes y nutrientes para cultivo hidropónico de la empresa vegetales hidropónicos y orgánicos ltda.” [Online]. Available: [file:///Users/nicolaslopez/Documents/U AMERICA /TESIS /tesis automatizacion cultivo.pdf](file:///Users/nicolaslopez/Documents/U%20AMERICA%20/TESIS/tesis_automatizacion_cultivo.pdf)
- [4] “la automatización de criba de limpieza de áridos planta de aguas residuales.” [Online]. Available: [file:///Users/nicolaslopez/Documents/U AMERICA /TESIS/antecedentes automatizacion .pdf](file:///Users/nicolaslopez/Documents/U%20AMERICA%20/TESIS/antecedentes_automatizacion.pdf)
- [5] “el Diseño de maquina roscadora para reducir el tiempo de producción de tubos pvcde 1/2” hasta 2” en la empresa Yacplast.” [file:///Users/nicolaslopez/Documents/U AMERICA /TESIS /antecedentes roscadora.pdf](file:///Users/nicolaslopez/Documents/U%20AMERICA%20/TESIS/antecedentes_roscadora.pdf)
- [6] “Diseño y construcción de una maquina roscadora para tubos desde un cuarto hasta cuatro pulgadas de diámetro para la empresa Proasin.” [Online]. Available: [file:///Users/nicolaslopez/Documents/U AMERICA /TESIS /antecedentes roscadora%232.pdf](file:///Users/nicolaslopez/Documents/U%20AMERICA%20/TESIS/antecedentes_roscadora%20232.pdf)
- [7] “sistema de posicionamiento semiautomático de botellas en la máquina de roscado y su incidencia en la disminución de tiempos de producción en el laboratorio de control de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.” [Online]. Available: <https://docplayer.es/62143091-Universidad-tecnica-de-ambato-facultad-de-ingenieria-civil-y-mecanica-carrera-de-ingenieria-mecanica.html>
- [8] “roscas,” *Guía técnica de las roscas*, 2019.
https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/4396/MTG_Cpdf
- [9] “Simscale.” <https://www.simscale.com/docs/simwiki/fea-finite-element-analysis/what-is-von-mises-stress/>
- [10] “Sensor fotoelectrico.”

- <https://instrumentacionmoctezuma.blogspot.com/2017/10/sensores-fotoelectricos.html>
- [11] “infrarrojo.” <https://revistaseguridad360.com/destacados/sensor-infrarrojo/>
- [12] “Manguera.” <https://industrialesandes.co/neumatica/357-manguera-neumatica-6mm.html>
- [13] “Racores.” <https://industrialesandes.co/neumatica/282-racor-38-abertura-6mm-control-de-flujo-sl6-03.html>
- [14] “Estructural.” https://www.academia.edu/44166872/ESTRUCTURAS_1_APUNTES_DE_CLASE
- [15] “Tech.” <https://www.techitute.com/co/ingenieria/blog/disenio-mecanico-2>
- [16] “unidad de mantenimiento.” <https://aignep.com.co/web/wp-content/uploads/2019/07/FRL.pdf>
- [17] “Ingefenix”, [Online]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/electronica/final-de-carrera/>
- [18] “Clasificacion valvulas.” <https://www.intor.com.ar/clasificacion-de-valvulas-neumaticas-direccionales/>
- [19] “Pulsadores.” <https://www.areatecnologia.com/electricidad/pulsador.html>
- [20] “PLC.1.” <http://plcsantiago.blogspot.com/2017/06/historia-del-plc.html>
- [21] “Plc.” <https://pdfcoffee.com/unidad-2-plc-4-pdf-free.html>
- [22] “Estructura de un PLC.” https://www.autracen.com/blog/blog-autracen-1/estructura-de-plc-51#blog_content
- [23] “Sensores capacitivos.” <https://sites.google.com/site/tema8otrostransductores/transductores-de-proximidad/detectores-capacitivos>
- [24] “Electrovalvula.” <https://www.distritec.com.ar/que-es-una-electrovalvula-y-para-que-sirve/>
- [25] “Distritec.” <https://www.distritec.com.ar/para-que-sirven-los-cilindros-neumaticos/>
- [26] “automatizacion industrial”, [Online]. Available: <https://vestertraining.com/blog/automatizacion-industrial-que-es-como-funciona/>
- [27] “Cilindros neumaticos.” <https://cilindros-neumaticos.com/>
- [28] “Sensores.” <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-automatizacion-industrial/>

- [29] “Burket fluid control.” <https://www.burkert.es/es/Servicio-Asistencia/Prestacion-de-servicios/Glosario/Electrovalvulas-de-embolo-y-2-2-vias>
- [30] “Omrom.”
https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/14090/mod_resource/content/0/inductivos_f uncionamiento.pdf
- [31] “Guia tecnica de roscas.”
https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/18510/mod_resource/content/1/ROSCAS PRESENTACION.pdf
- [32] “A vueltas con el roscado”, [Online]. Available:
<https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/11297-A-vueltas-con-el-roscado.html>
- [33] “Mecanizado de roscas.” <https://www.fabricacionmecanica.es/el-torno/>
- [34] “Guia tecnica roscas.”
https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/4396/MTG_C.pdf
- [35] “Ing mecanica”, [Online]. Available:
<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-una-rosca-withworth-y-como-se-dise nan/>
- [36] “Auticom.” <https://www.autycom.com/piramide-de-automatizacion-5-niveles-tecnologicos/>
- [37] “contactores.”
- [38] “Tipos de rosca.” <https://www.rmmcia.es/blog/productos/tipos-de-roscas-iii-rosca-metrica>
- [39] “Validacion de las roscas.” <http://tornillos77777777.com.co/tornillos/medicion-y-verificacion-de-tornillos/>
- [40] “Controles automaticos.” <https://sites.google.com/site/elictricidadchandias/tipos-de-controles-electricos>
- [41] “Control insdustrial.” <https://www.wrautomatizaciones.com/post/controles-eléctricos-y-los-diferentes-tipos-de-controles-eléctricos#:~:text=Los controles eléctricos son enlaces,función controladores%2C tales como%2C interruptor>
- [42] “silenciador.” <https://industrialesandes.co/neumatica/178-g14-filtro-neumatico-de->

cobre.html

- [43] “bloque de distribucion.” https://industrialesandes.co/maniobra/494-bloque-de-distribucion-4p-8modulos-125a-18ka-icc-15-conexiones-sdm9915-steck.html?gclid=Cj0KCQiAvqGcBhCJARIsAFQ5ke4R5Og72dzsfAo6bOB7s0i_CjkfEner-s7VyELXIGesyVw8yHLAhi8aAtqiEALw_wcB
- [44] “borna.” <https://sein.com.co/tienda/maniobra/bornas/borna-de-conexion-tierra-din/>
- [45] “Diseño mecánico de Shigley.” <http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias/páginanuevas/elementoMaquina/material/libroCabecera.pdf>