

Fecha: 4 de junio de 2009
Numero RA:
Programa: Ingeniería Mecatrónica.

AUTOR: DUCUARA HERREÑO, Christian Ferney.

Titulo: Diseño y construcción de una máquina rebabadora de plástico para frascos de PVC

PALABRAS CLAVES:

- Plástico.
- PVC.
- Rebaba
- Máquina
- Cuello perdido
- Corte
- Mordaza
- Sujetador
- Induplas S.A.
- Herramienta de corte
- Extrusión soplado
- Frascos pastilleros

DESCRIPCION:

Diseño de una máquina que retira el exceso de material a frascos pastilleros de PVC, después de salir del proceso de termo formado por soplado.

FUENTES BIBLIOGRAFICAS.

FESTO, training neumático tomo 1, neumática básica 2000.

Gianni Bodini, Franco Cacchi Pessan; moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos, segunda edición McGraw-Hill 1992.

Juan Carlos Vesga Ferreira, Microcontroladores Motorola-Freescale, Alfaomega 2007.

Micro, catalogo de productos 2008/2009.

Mischke C. R. Diseño en Ingeniería Mecánica. Sexta Edición. Mc Graw Hill, México, 2002.

NORTON, R.L. Diseño de Máquinas. Pearson, México 1999, SHIGLEY, J. E.,

Núria M Salán Ballesteros, Tecnología de proceso y transformación de materiales Ediciones UPC, 2005.

SHIGLEY, Joseph E. Diseño en ingeniería mecánica, México, ed. Mcgraw-hill, 2002.

Numero RA:
Programa: Ingeniería Mecatrónica.

CONTENIDO:

Objetivo general.

Diseñar y construir una máquina capaz de retirar la rebaba de un frasco de PVC.

Objetivos específicos.

- Cortar de manera uniforme el exceso de material.
- Separar el producto terminado de la rebaba.
- Reducir el tiempo de producción.
- Llevar un conteo de los frascos procesados.
- Minimizar el daño que pueda ocurrirle al frasco por este proceso.

Marco teórico conceptual

Diseño del mecanismo de sujeción.

Diseño del mecanismo de corte.

Herramienta de corte

Diseño de la estructura.

Recomendaciones.

METODOLOGIA:

1. METODOLOGIA: Teniendo en cuenta lo anterior y para poder cumplir todas los objetivos propuestos, hay que implementar una línea de investigación empírico-analítico, porque de acuerdo con los experimentos realizados se tomarán los datos de las variables y se comenzaran a estudiarlas para determinar el diseño más optimo para el proyecto.

Los experimentos que se planean hacer permitirán identificar las variables dependientes e independientes que, son completamente necesarias para el desarrollo del proyecto; y de esta manera identificar cual es la solución más adecuado para desarrollar este proyecto.

Numero RA:

Programa: Ingeniería Mecatrónica.

2. Por medio de este presente proyecto, se quiere comprobar que la industria colombiana puede llegar a solucionar procesos por sí misma y mejorarlos para que crezca aun mas; este proyecto planea demostrar que con un buen desarrollo ingenieril, satisfaciendo de antemano los requerimientos de una empresa tan prestigiosa en el mercado del plástico colombiano como lo es Induplas S.A...

Al desarrollar de manera satisfactoria este proyecto, la industria se beneficiara en gran medida, porque aliviará un poco la carga laboral, y fomentará unas buenas técnicas de producción ya que elimina en gran parte el contacto directo del ser humano con el producto terminado.

3. Variables

Variables independientes:

En este proyecto se pueden encontrar varias variables independientes que se deben tener en cuenta al momento del desarrollo ingenieril.

- Tiempo de producción: es una variable que no se puede modificar y debido a esto el proyecto se debe acomodar, sin alterarlo en ningún momento. Por ejemplo si en un frasco el tiempo de producción es de 13s, todo el proceso de la máquina debe tener un tiempo inferior o igual al de producción.
- Propiedades físicas del plástico: esta variable no se puede modificar debido a que, ya están preestablecidos los materiales y sus propiedades, debido a esto la máquina debe acomodarse perfectamente, a las propiedades del frasco.
- Dimensiones del frasco: esta variable está relacionada con la anterior, porque ya sus dimensiones están previamente establecidas y la máquina se deberá acoplar a ella sin ningún inconveniente.

Variables dependientes:

Las variables dependientes, son las que se deben alterar para el buen desarrollo del proyecto y podemos encontrar las siguientes:

Numero RA:

Programa: Ingeniería Mecatrónica.

- Velocidad de corte: al ser un proyecto para cortar un exceso de material, se debe encontrar la velocidad de corte óptima y que no afecte ninguna de las variables independientes.
- Fuerza de corte: para vencer la resistencia al corte que pueda llegar a tener el material plástico es necesario variar la fuerza con que se realiza el rebabado.

CONCLUSIONES.

- La máquina rebabadora de frascos diseñada a lo largo de este proyecto ha cumplido con las expectativas inicialmente planteadas, corta de manera uniforme el exceso de material sin ocasionar daño alguno al cuerpo del frasco.
- Se pudo reducir el contacto humano, debido a que la implementación de la máquina, lo disminuyó considerablemente, solamente hay contacto cuando se almacena el frasco en las cajas.
- El conteo de los frascos se cumplió a cabalidad teniendo en cuenta que la pantalla de cristal líquido muestra el número de los frascos procesados.
- La rebaba se separa perfectamente del producto terminado gracias a que el mecanismo de corte la retira automáticamente, pero debido a que sale con una fuerza y velocidad considerable es necesario recubrir la máquina por medio de una protección especial para que no afecte a las personas que se encuentren a su alrededor.
- Durante el proceso de prueba de la máquina se pudo observar que el tiempo de corte se sincronizó con el tiempo de producción de la máquina sopladora, es decir desapareció el cuello de botella que generaba la operaria al dejar que los frascos se acumularan.

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA REBABADORA DE
PLÁSTICO PARA FRASCOS DE PVC**

CHRISTIAN FERNEY DUCUARA HERREÑO

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ D.C.
2009**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA REBABADORA DE
PLÁSTICO PARA FRASCOS DE PVC**

CHRISTIAN FERNEY DUCUARA HERREÑO

**Trabajo de Grado como requisito para optar al título de
Ingeniero Mecatrónico**

**Asesor. Uriel Muñoz
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA. INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ D.C.**

2009

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

22 de mayo de 2009

DEDICATORIA

Dedico este proyecto en primera instancia a mi familia, mis padres, María Gloria Herreño y Marino Ducuara Aviléz, quienes me han apoyado incondicionalmente con su amor y comprensión.

A mi familia, por sus inquietudes apoyo, solidaridad no sólo a lo largo de mi carrera, sino de mi vida.

A todos los profesores, tutores y compañeros de la universidad quienes me han suministrado la sabiduría a lo largo de la carrera de Ingeniería Mecatrónica.

A Induplas S.A. sus directivos, parte administrativa, departamento de ingeniería, departamento de calidad, taller por su apoyo con recursos técnicos y económicos para la realización satisfactoria de este proyecto.

Christian Ferney Ducuara Herreño

*Las universidades son lugares donde las piedras se pulen
y los diamantes se empañan.
Robert Green Ingersd*

***A nuestros padres, abuelos y a todos aquellas personas que confiaron,
Apoyaron y ayudaron a hacernos mejores durante nuestro existir.
A todos ellos mil gracias***

CONTENIDO.

INTRODUCCIÓN	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1 ANTECEDENTES	19
1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.3 JUSTIFICACIÓN	23
1.4 OBJETIVOS	24
1.4.1 Objetivo general.....	24
1.4.2 Objetivos específicos	24
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	25
2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	26
2.1 EL PLÁSTICO.	26
2.1.1 Fabricación de productos plásticos.....	29
2.1.2 Policloruro de Vinilo (PVC).....	33
2.1.2.1 Características del PVC.....	34
2.2 PROCESO INDUSTRIAL.	37
2.2.1 Características de los frascos.....	38
2.3 ELEMENTOS DE MÁQUINAS.	41
2.3.1 Actuadores neumáticos.....	41
2.3.2 Válvulas.	44
2.3.2.1 Electroválvulas.....	45
2.3.3 Sensores.....	46
2.3.4 Controladores.	49
3 METODOLOGÍA.....	52
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.	52
3.2 HIPÓTESIS	52
3.2 VARIABLES.....	53

3.2.1	Variables independientes.....	53
3.2.1	Variables dependientes.....	53
4	DESARROLLO INGENIERIL.....	54
4.1	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	54
4.1.1	Alternativas.....	54
4.1.2	Matriz de calidad.....	59
4.2	MECANISMO DE SUJECIÓN.....	61
4.2.1	Diseño.....	61
4.2.2	Cálculos.....	68
4.3	SISTEMA DE CORTE.....	72
4.3.1	Mecanismo de corte.....	73
4.3.2	Motor neumático.....	83
4.3.3	Cilindro neumático.....	86
4.4	SISTEMA NEUMATICO.....	90
4.5	ESTRUCTURA.....	93
4.5.1	Soporte para el mecanismo de corte:.....	93
4.5.2	Diseño de la platina superior del mecanismo de corte.....	101
4.5.3	Estructura general.....	104
4.5.4	Sistema de guiado para los frascos.....	107
4.6	SISTEMA DE CONTROL.....	110
4.6.1	Controlador.....	112
4.6.2	Sensor.....	116
4.6.3	Etapas de potencia para las válvulas.....	118
4.6.4	Pantalla LCD.....	120
4.6.5	Fuente.....	121
5.	COSTOS DEL PROYECTO.....	123
	Recomendaciones.....	126
	Conclusiones.....	127
	BIBLIOGRAFÍA.....	128
	Anexos.....	129

Anexo A	Especificaciones técnicas de los productos de Micro S.A.....	129
Anexo B.	Programa en assembler del micro controlador Gp32.....	134
Anexo C.	Especificaciones técnicas del sensor fotoeléctrico auto réflex.....	141
Anexo D.	Diagrama esquemático del circuito de control, junto con el arte del circuito impreso.	144
Anexo E.	Carta de aprobación de Induplas S.A.	150

Lista de figuras.

Figura 1. Frasco pastillero de 150 ml con rebaba	19
Figura 2. Plastic bottle deflashing machine	20
Figura 3. Clasificación de los polímeros en función de la estructura de su cadena.	27
Figura 4. Esquema del proceso de inyección	30
Figura 5. Representación esquemática de las partes de una extrusora	31
Figura 6. Representación del proceso de extrusión-soplado	32
Figura 7. Molde de soplado.....	32
Figura 8. Diagrama del proceso de fabricación del PVC.....	34
Figura 9. Símbolo que identifica al PVC.....	36
Figura 10. Proceso industrial de transformación del PVC por extrusión soplado.	37
Figura 11. Esquema del proceso de rebabado.	38
Figura 12. Dimensiones para los frascos	39
Figura 13. Cilindro neumático de doble efecto.....	41
Figura 14. Esquema de un cilindro de doble efecto	42
Figura 15. Simbología de los cilindros neumáticos.	43
Figura 16. Válvula 5 vías 3 posiciones (5/3) con centro cerrado.....	44
Figura 17. Electroválvula 5/2 monoestable marca Bosch Rexroth	45
Figura 18. Electro válvula (5/2) monoestable con retorno por fuelle	46
Figura 19. Funcionamiento básico de un sensor capacitivo.....	47
Figura 20. Funcionamiento de los sensores ópticos.	48
Figura 21. Sensor fotoelectrico réflex.....	48
Figura 22. Micro controladores.....	49
Figura 23. Microcontrolador Mc68hc908qb8 de freescale	50
Figura 24. PLC Festo Fec34	51
Figura 25. Vista isométrica de la primera alternativa de diseño	54
Figura 26. Descripción de las partes de la primera alternativa.....	55
Figura 27. Vista isométrica 2° alternativa.....	56
Figura 28. Herramienta de corte	57

Figura 29. Descripción del movimiento de la herramienta de corte.....	58
Figura 30. Mecanismo de corte 2° alternativa	59
Figura 31. Matriz de calidad	60
Figura 32. Mordaza	62
Figura 33. Sujetador superior.....	62
Figura 34. Sujetador inferior.....	63
Figura 35. Separación de los tarros por medio de las mordazas	64
Figura 36. Mordaza vista isométrica	66
Figura 37. Frascos de 60 y 120 ml sujetos por medio de la mordaza	66
Figura 38. Frascos de 150 y 300 ml sujetos por medio de la mordaza	66
Figura 39. Cilindros neumáticos acoplados las mordazas	67
Figura 40. Mecanismo de Sujeción.....	67
Figura 41. Símbolo válvula 0.220.002.511/1 de Micro S.A.	71
Figura 42. Sistema de corte	72
Figura 43. Partes del sistema de corte.....	73
Figura 44. Rebaba.	74
Figura 45. Dimensiones de la rebaba medidas en mm.	74
Figura 46. Esquema del movimiento de la cuchilla.	75
Figura 47. Mecanismo de corte.....	76
Figura 48. Numeración de piezas del mecanismo de corte.	77
Figura 49. Peso de las piezas.....	78
Figura 50 . Método experimental para determinar la deformación de un resorte .	78
Figura 51. Distancia ente centros de las figuras.	80
Figura 52. Diagrama de cuerpo libre del peso numero 1.	81
Figura 53. Motor neumático de ¼ “	84
Figura 54. Símbolo de la válvula 0.220.002.510/1 de Micro S.A.....	85
Figura 55. Soporte para el mecanismo de corte.	86
Figura 56. Acople entre el motor y el actuador.....	89
Figura 57. Dirección del fluido de aire en el acople.....	89
Figura 58. Circuito neumático.	90

Figura 59. Unidad FRL y válvulas acopladas a la base manifold.	92
Figura 60. Propiedades del acero 1020 laminado en frío	93
Figura 61. Soporte para el mecanismo	94
Figura 62. Área de contacto.	94
Figura 63. Carga y restricciones del soporte del mecanismo.	95
Figura 64. Tensión de Von mises (Mpa).	95
Figura 65. Ubicación del Esfuerzo máximo.	96
Figura 66. Desplazamientos (mm).	96
Figura 67. Fuerzas de reacción en los parales.	97
Figura 68. Fuerzas que actúan sobre la cara a soldar.	98
Figura 69. Descomposición de fuerzas.	99
Fuente 70. Propiedades del electrodo E6010.	100
Figura 71. Área del electrodo.	100
Figura 72. Reacciones en las juntas de la platina	101
Figura 73. Diagrama de fuerza cortante y momento flector.	102
Figura 74. Perfil para la platina del sistema de corte.	103
Figura 75. Factor de seguridad de la platina del mecanismo de corte.	103
Figura 76. Croquis en tres dimensiones de la estructura de la máquina.	104
Figura 77. Perfil cuadrado.	105
Figura 78. Distribución de fuerza y restricciones en la estructura.	105
Figura 79. Tensiones de von mises.	106
Figura 80. Deformaciones.	107
Figura 81. Sistema para dirigir los frascos.	108
Figura 82. Base por donde se soportan los frascos.	108
Figura 83. Sistema para guiar los frascos.	109
Figura 84. Diagrama de proceso.	110
Figura 85. Tablero de control.	111
Figura 86. Micro controlador MC68HC908GP32.	113
Figura 87. Configuración de puertos del micro controlador.	113
Figura 88. Esquema del sistema de control	114

Figura 89. Diagrama de flujo del programa.....	115
Figura 90. Sensor acoplado a la máquina.....	116
Figura 91. Divisor de voltaje para el sensor.....	117
Figura 92. Integrado L293E.....	119
Figura 93. Especificaciones principales del integrado.....	119
Figura 94. Display de cristal liquido, (2x16).	120
Figura 95. Estados de la máquina.....	121
Figura 96. Lm 7805 k.....	122
Figura 97. Máquina Rebabadora de PVC.	125

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características del PVC	34
Tabla 2. Dimensiones de los frascos en mm	40
Tabla 3. Características cualitativas de los frascos	40
Tabla 4. Características plásticos grado ingeniería	65
Tabla 5. Resultados del experimento para identificar los cilindros adecuados	68
Tabla 6. Costos del proyecto.	123

INTRODUCCIÓN

En la industria plástica, el proceso de extrusión soplado es aquel que se utiliza para la fabricación de dispositivos de almacenamiento, transporte, comercialización de líquidos o elementos a granel, ya sean botellas, galones, frascos y muchos otros productos que se pueden realizar por este método. Pero en su implementación se genera un exceso de material denominado rebaba.

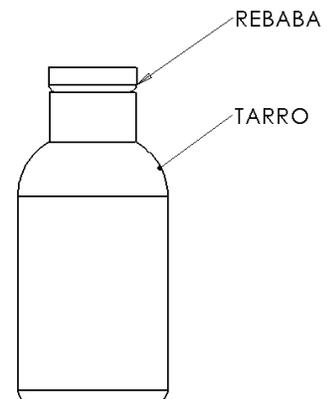
La rebaba genera diversos tipos de problemas para las empresas de plásticos, debido a que deben poner un operario para que de forma manual la retire, pues en el mercado existen diversos tipos de máquinas que eliminan este exceso pero son bastante costosas y difíciles de implementar, debido a que hay que modificar algunas partes de las máquinas o moldes para su utilización; lo que se plantea es crear una máquina que remueva un cierto tipo de rebaba de manera fácil y económica.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Dentro de la fabricación de envases plásticos se utilizan tres tipos de técnicas: inyección, inyecto-soplado y soplado. En el proceso de extrusión soplado que es utilizado para el desarrollo de cuerpos huecos, como frascos, galones y recipientes huecos; El material sale en estado plástico por un conducto, por lo que adquiere una forma tubular a su salida. Inmediatamente el material extraído se recoge entre las mitades de un borde de soplado y se corta por debajo de la boquilla de extrusión. Al cerrar el molde quedan presionadas las partes del tubo sobresalientes del fondo y la cabeza se empieza a introducir aire a presión, con lo que el material se adapta las paredes internas del molde, enfriándose al tomar contacto con el metal refrigerado automáticamente. Durante este proceso en el momento que se corta el material plástico y es aprisionado por el molde se genera un exceso de materia prima que es denominado rebaba. Como se puede observar en la *figura 1*.

Figura 1. Frasco pastillero de 150 ml con rebaba



Para remover este exceso de material existen varios tipos de máquinas y mecanismos que las eliminan de manera eficaz, pero son costosas. Como por ejemplo la máquina 'PLASTIC BOTTLE DEFLASHING MACHINE' de la compañía Taiwán universal LTD *figura [2]*. Que elimina la rebaba por medio de unas cuchillas que se encuentran girando en un eje fijo mientras el frasco pasa por la herramienta de corte girando por la acción de una correa entrelazada en el frasco.

Figura 2. Plastic bottle deflashing machine



Fuente. Catalogo de la 'PLASTIC BOTTLE DEFLASHING MACHINE' de la compañía Taiwán universal LTD en el marco de la feria internacional Bogotá Colombia 2007.

Una desventaja de este modelo de máquina es que en el molde de soplado se le debe implementar una cavidad específica para que la correa que hace girar el frasco se enlace y pueda cumplir con el proceso. Por esta complicación esta máquina es completamente descartada porque no es factible económicamente, pues es muy costoso realizar este tipo de cambio en un molde ya hecho.

En Colombia este tipo de máquina no es bien recibido en algunas empresas por eso lo más común es observar operarios realizando el corte de rebaba, algo poco recomendable pues genera un atraso en el proceso y muchos otros inconvenientes que observaremos más adelante.

1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el proceso de extrusión soplado se genera una rebaba que dificulta su desarrollo eficiente, y aunque en la actualidad existen muchos tipos de máquinas que solucionan este problema, son costosas y su implementación es tediosa, en este momento se dispone en la mayoría de empresas plásticas del país de un operario para que de forma manual la retire, generando un cuello de botella y haciendo ineficiente el proceso. Entonces es necesario saber: *¿Qué tipo de diseño para una máquina rebabadora de plástico haría más eficiente y económico el proceso?*

1.3 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se realiza para aportar una máquina económica, fácil de implementar en la industria del plástico, utilizando materiales fáciles de conseguir y de implementar, reduciendo en gran medida el contacto de un operario en el proceso.

El movimiento repetitivo del operario al remover la rebaba puede desencadenar diversos tipos de enfermedades laborales como lo son la bursitis (inflamación de una pequeña bolsa que facilita el movimiento de los músculos y tendones sobre el hueso), tendinitis (inflamación de los tendones) y en casos más extremos el síndrome del túnel carpiano es cuando se hincha el tendón que protege el túnel carpiano generando un dolor intenso al movimiento de la muñeca, por ende el desarrollo de este proyecto podrá evitar que el operario contraiga este tipo de enfermedades laborales al realizar el corte de la rebaba.¹

Por otro lado como en Induplas la mayoría de los productos que son realizados por el proceso de extrusión-soplado son cosméticos, veterinarios y farmacéuticos es indispensable la higiene que se debe mantener en todas las fases de la producción, entonces al evitar el contacto del operario con el producto terminado se reduce en una gran medida el riesgo de contaminar el producto.

Teniendo en cuenta que es un proyecto que se puede desarrollar con la ayuda de la empresa Induplas S.A; quien requiere el desarrollo de la máquina para implementada en sus instalaciones y que se ajusta al tiempo establecido por la universidad para los proyectos de grado, se ve la viabilidad de desarrollarlo aplicando los conocimientos adquiridos durante la carrera.

¹ http://es.wikipedia.org/wiki/S%C3%ADndrome_del_t%C3%BAnel_carpiano

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Diseñar y construir una máquina capaz de retirar la rebaba de un frasco de PVC.

1.4.2 Objetivos específicos

- Cortar de manera uniforme el exceso de material.
- Separar el producto terminado de la rebaba.
- Reducir el tiempo de producción.
- Llevar un conteo de los frascos procesados.
- Minimizar el daño que pueda ocurrirle al frasco por este proceso.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

Este proyecto tiene como alcance principal cumplir absolutamente todos los objetivos anteriormente planteados, satisfaciendo las necesidades de la empresa. El diseño de la máquina estará basado en las propiedades de los plásticos y frascos suministrados por la empresa, y por ende la construcción de la máquina estará limitada a los recursos suministrados por la misma, y a la aprobación por parte de los ingenieros de proyectos, por esto la culminación del proyecto será cuando la máquina cumpla con todas las especificaciones esperadas por la empresa.

2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 EL PLÁSTICO.

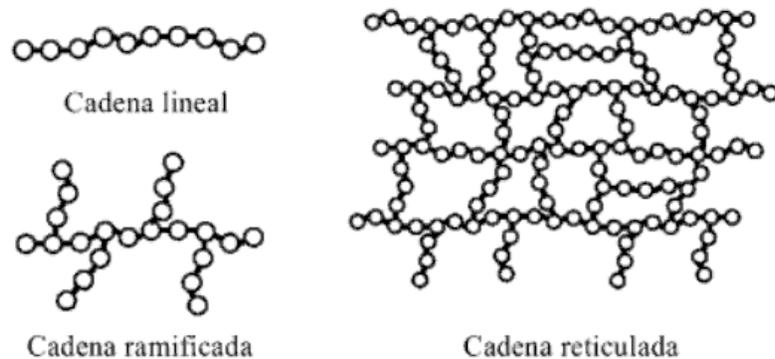
Plásticos es una palabra que deriva del griego "Plastikos" que significa "Capaz de ser Moldeado". Los plásticos son materiales sintéticos denominados polímeros, formados por moléculas, cuyo principal componente es el carbono. El primer plástico se origina como resultado de un concurso realizado en 1860 en los Estados Unidos, buscando un sustituto del marfil cuyas reservas se agotaban para la fabricación de bolas de billar. Ganó el premio John Hyatt, quien inventó un tipo de plástico al que llamó celuloide.²

Y durante siglo y medio siguiente se ha desarrollado el plástico de una manera bastante grande. En la actualidad no se puede imaginar una vida sin este, debido a que en el mundo es muy utilizado y en un día una persona común puede interactuar con elementos plásticos de una manera inimaginable. Para identificar mejor hay que entender de una manera mucho más detallada de donde viene el plástico y su composición química, por esta razón se estudian los polímeros, las moléculas básicas de los plásticos.

Los polímeros se producen por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas denominadas monómero conectadas por medio de enlaces covalentes, la clasificación de los polímeros es compleja debido a que se deben determinar en función de su distribución espacial, de sus cadenas pues pueden ser de tipo sencillo, como cadenas lineales o ramificadas, o de tipo compleja que relaciona a las cadena de tipo reticulada. Estas últimas pueden determinar las propiedades mecánicas que presentan el polímero, en función de su reacción hacia la temperatura.

² <http://www.arqhys.com/arquitectura/plastico-historia.html>

Figura 3. Clasificación de los polímeros en función de la estructura de su cadena.



Fuente. Núria M Salán Ballesteros, Tecnología de proceso y transformación de materiales Ediciones UPC, 2005.

Por lo anterior existen dos grandes grupos de polímeros, los termoplásticos y termoestables; los termoplásticos son aquellos que al calentarse se convierten en fluidos viscosos, permitiendo su moldeo y recuperan sus propiedades en el momento de enfriarse, permitiendo varios ciclos de calentamiento-enfriamiento sin degradarse; este tipo de polímeros adquieren una cadena lineal y ramificada según sea el método de polimerización.

Los polímeros termoestables pueden ser calentados y ablandados de manera permanente, con gran facilidad pero no alcanza a llegar al punto de convertirse en fluido viscoso como el polímero termoplástico, debido a eso pueden moldearse cuando se preparan por primera vez, pero al enfriarse no se puede volver a fundir o remoldar. Existe otro tipo de polímeros llamados elastómeros, son aquellos que presentan más deformación elástica, y se pueden deformar de manera completa recuperando su estado inicial sin importar el esfuerzo aplicado al material.

El método para crear este tipo de moléculas grandes basadas en moléculas más pequeñas se denomina polimerización; consiste en la unión de monómeros

conformando las largas cadenas de polímeros, existen dos tipos de polimerización por adición y por condensación. En la polimerización por adición, los monómeros se unen sin que las moléculas pierdan átomos. Algunos ejemplos de polímeros de adición son el polietileno, el polipropileno, el poliestireno, el etanoato de polivinilo y el politetrafluoroetileno (teflón).

En la polimerización por condensación, los monómeros se unen con la eliminación simultánea de átomos o grupos de átomos. Algunos polímeros de condensación típicos son las poliamidas, los poliésteres y ciertos poliuretanos.

Los polímeros termoplásticos son los más usados en la industria y en este caso son los de mayor relevancia por sus propiedades y maleabilidad, para la generación de frascos plásticos.

- Polipropileno (PP): Es un producto inerte, totalmente reciclable, su incineración no tiene ningún efecto contaminante, y su tecnología de producción es la de menor impacto ambiental. Varios puntos fuertes lo confirman como material idóneo para muchas aplicaciones, sus características más relevantes son: Baja densidad, alta dureza y resistente a la abrasión, alta rigidez, buena resistencia al calor, excelente resistencia química y excelente versatilidad.
- Poliestileno (PS): Es un plástico más frágil, es muy higiénico, económico ideal para la elaboración de cualquier tipo de pieza o envase que requiera ciertos tipos de propiedades físicas, se puede colorear y tiene una buena resistencia mecánica, puesto que resiste muy bien los golpes.

- Policloruro de vinilo (PVC): es el material plástico más versátil, pues puede ser fabricado con diversas características. Es inoloro, insípido e inodoro, además de ser resistente a la mayoría de los agentes químicos, es ligero y no inflamable por lo que es clasificado como material no propagador de la llama, no se degrada, ni se disuelve en agua y además es totalmente reciclable.
- Los acrílicos: En general se trata de polímeros en forma de gránulos preparados para ser sometidos a distintos procesos de fabricación.
- Las poliamidas (PA): Es duro y resiste tanto al rozamiento y al desgaste como a los agentes químicos³.

2.1.1 Fabricación de productos plásticos.

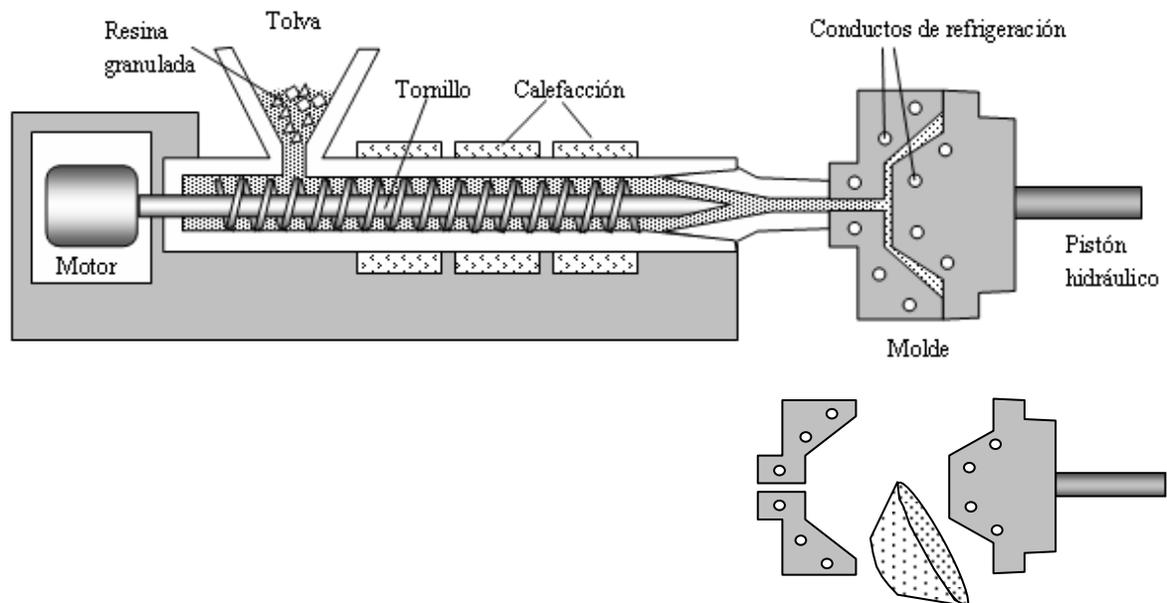
Para obtener el producto final que se conoce en los diferentes productos plásticos existen diferentes procesos de fabricación bastante complejos, el más común es el moldeo, consiste en dar formas y medidas deseadas mediante un molde hueco, en el cual se vierte plástico fundido a presión y así el producto puede obtener cualquier tipo de forma. En función de la presión se tiene dos clasificaciones:

- **Moldeo a alta presión:** Para ello, los plásticos se introducen a presión en el molde. Básicamente existen tres tipos: compresión, inyección y extrusión.

³ Gianni Bodini, Franco Cacchi Pessan; moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos, segunda edición McGraw-Hill 1992

- **Compresión:** En este proceso, el plástico en polvo es calentado y comprimido entre las dos partes de un molde mediante la acción de una prensa hidráulica, ya que la presión requerida en este proceso es muy grande.
- **Inyección:** Consiste en introducir el plástico dentro de un cilindro, donde se calienta. En el interior del cilindro hay un tornillo sin fin que actúa como el émbolo. Cuando reblandece lo suficiente, el tornillo sin fin presiona hacia el interior de un molde de acero.

Figura 4. Esquema del proceso de inyección

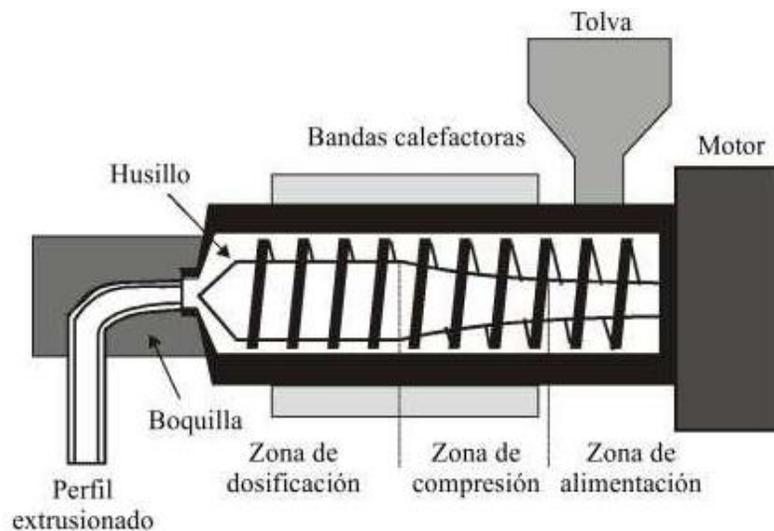


Fuente. <http://www.scribd.com/doc/8401857/Tema-2-Los-Plasticos>

El molde y el plástico inyectado se refrigeran mediante unos canales interiores por los que circula agua o refrigerante especial. Por su economía y rapidez, el moldeo por inyección resulta muy indicado para la producción de grandes series de piezas. Por este procedimiento se fabrican tapas de gaseosa, tapas de esmalte, frascos para cosméticos e infinidad de productos de uso diario.

- **Extrusión:** Este es el proceso es muy similar al de la inyección consiste en introducir el material en una tolva dosificadora, y así ingresa la materia prima al husillo o tornillo sin fin a la zona de alimentación, el material es transportado por medio del husillo hacia la zona de compresión en donde las bandas calefactoras calientan y plastifica el material, reduciendo significativamente su volumen pero es contrarrestada al momento de ingresar a la zona de dosificación pues hay un incremento progresivo del husillo.

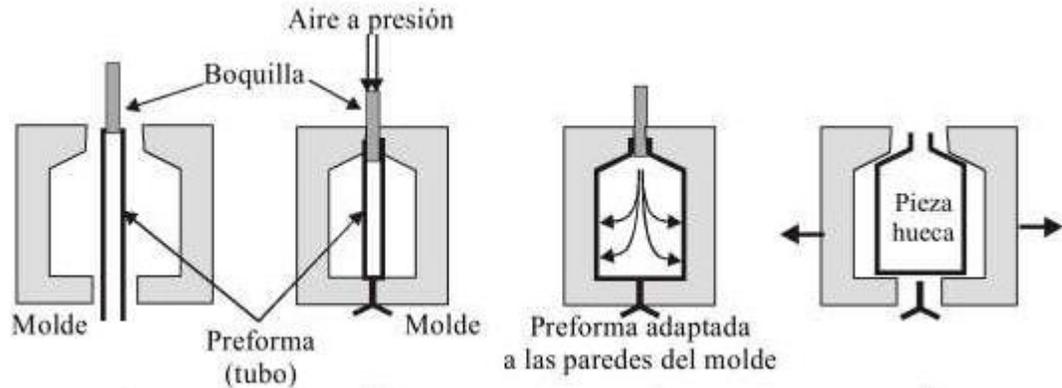
Figura 5. Representación esquemática de las partes de una extrusora



Fuente. Núria M Salán Ballesteros, Tecnología de proceso y transformación de materiales Ediciones UPC, 2005.

El husillo no actúa como un embolo sino como una bomba por esta razón el plástico fundido pasa a través de la boquilla y genera un perfil determinado como puede ser hueco o macizo tan largo como se desee, existen casos en el que la extrusión puede ser utilizada en la fabricación de recubrimiento de cables, fabricación de tubos y perfiles.

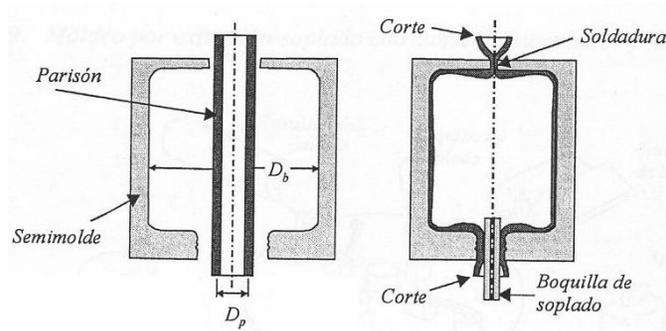
Figura 6. Representación del proceso de extrusión-soplado



Fuente. Núria M Salán Ballesteros, Tecnología de proceso y transformación de materiales Ediciones UPC, 2005.

Es muy común combinar el proceso de extrusión con el de soplado para la elaboración de objetos huecos; una porción del tubo es cortada a la medida que requiera el molde, para que uno de los extremos quede completamente sellado, al introducir aire a presión por el otro extremo del tubo o parison, este se deforma adoptando la forma de la cavidad del molde, y en el momento de la separación de las dos piezas del molde se extrae la pieza hueca que pueden ser frascos para todo tipo de aplicaciones como se puede observar en la *figura 7*

Figura 7. Molde de soplado.



Fuente. Gianni Bodini, Franco Cacchi Pessan; moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos, segunda edición McGraw-Hill 1992

Moldeo a baja presión:

▪ **El moldeo a baja presión:**

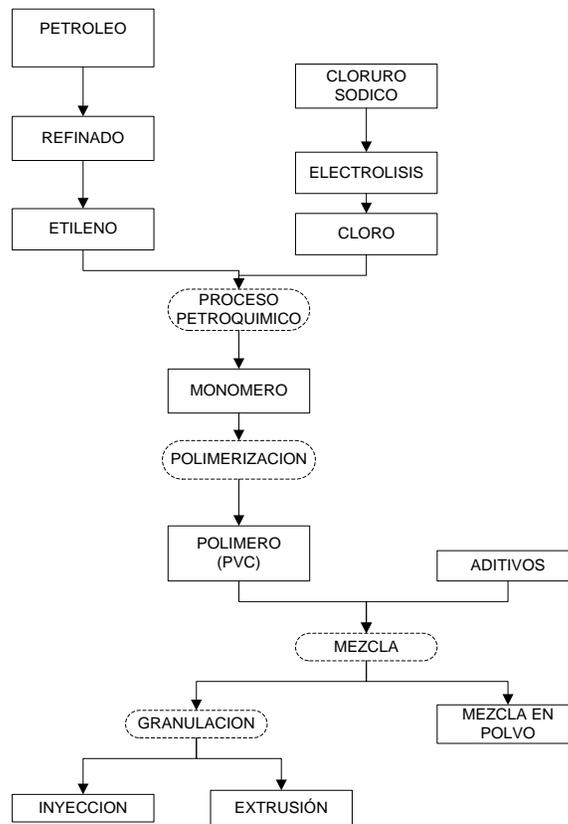
Se emplea para dar forma a láminas de plástico mediante la aplicación de calor y presión hasta adaptarlas a un molde específico (presiones poco elevadas).

- **Vacío:** Consiste en efectuar el vacío absorbiendo el aire que hay entre la lámina y el molde, de manera que ésta se adapte a la forma del molde. Este tipo de moldeo se emplea para la obtención de envases de productos alimenticios o envases que reproducen la forma de los objetos que han de contener.
- **Soplado:** Consiste en aplicar aire a presión contra la lámina de plástico hasta adaptarla al molde. Este procedimiento se denomina moldeo por soplado. Se emplea para la fabricación de cúpulas, piezas huecas, etcétera.

2.1.2 Policloruro de Vinilo (PVC).

A través de la historia los termoplásticos han tenido muchas variaciones, y elementos que los diferencian de otros, con distintas propiedades, aplicaciones y materias primas, uno de los más importantes en la era moderna es el Policloruro de Vinilo (PVC). Es un polímero obtenido de dos materias primas esenciales el petróleo o gas natural y el cloruro de sodio o sal común (ClNa) el proceso completo de la formación del PVC se puede ver en la figura 8.

Figura 8. Diagrama del proceso de fabricación del PVC



2.1.2.1 Características del PVC.

Como principales características técnicas del PVC:

Tabla 1. Características del PVC

Punto de ebullición (°C)	13,9 +/- 0,1
Punto de congelación (°C)	- 153,7
Densidad a 28,11°C (gr/cm ³)	0,8955
Calor de fusión (kcal/mol)	1,181
Calor de vaporización	5.735
Índice de refracción a 15°	1,38
Viscosidad a - 10°C (m Poisses)	2,63

Presión de vapor a 25°C (mm)	3,000
Calor específico del líquido (cal/g)	0,38
Calor específico del vapor	10,8 - 12,83
Calor de combustión a 80°C (Kcal/mol)	286

Fuente. Gianni Bodini, Franco Cacchi Pessan; moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos, segunda edición McGraw-Hill 1992

Características físicas:

- Resistente y liviano: Posee una excelente resistencia frente a la abrasión, muy bajo peso ($1,4 \text{ g/cm}^3$), una alta resistencia mecánica y al impacto, son ventajas indiscutibles frente a otro tipo de termoplásticos.
- Longevidad: El PVC es un material que puede resistir el paso del tiempo, por eso es bastante común verlo en tuberías sanitarias, de conducción de agua potable, debido a que este tipo de materia puede durar más de setenta años intacto, por eso es muy usual verlo en este tipo de aplicaciones.
- Seguridad: Debido a que está compuesto a base de cloro, es bastante seguro al momento de un incendio, no se quema con facilidad ni difunde el fuego, por eso se emplea frecuentemente en el asilamiento y protección de cables eléctricos en el hogar, oficinas e industrias.
- Estabilidad: Es estable e inerte, es ideal para aplicaciones en donde la higiene es la prioridad, es usual ver píldoras en frascos hechos de PVC, bolsas de sangre, catéteres y alimentos solo por mencionar unas cuantas aplicaciones además de resistencia a la mayoría de agentes químicos.

- **Reciclaje del PVC.**

El PVC es un material que es derivado de compuestos naturales se puede reciclar cumpliendo con una serie de normas ambientales; el reciclaje del PVC es tan antiguo como su fabricación. El primer paso es la identificación del material que se puede hacer mediante su símbolo desarrollado por la Society of the Plastics Industry.

Figura 9. Símbolo que identifica al PVC



Fuente.<http://www.plasticsindustry.org/Browse/index.cfm?MetaDataID=15&navItemNumber=1011>

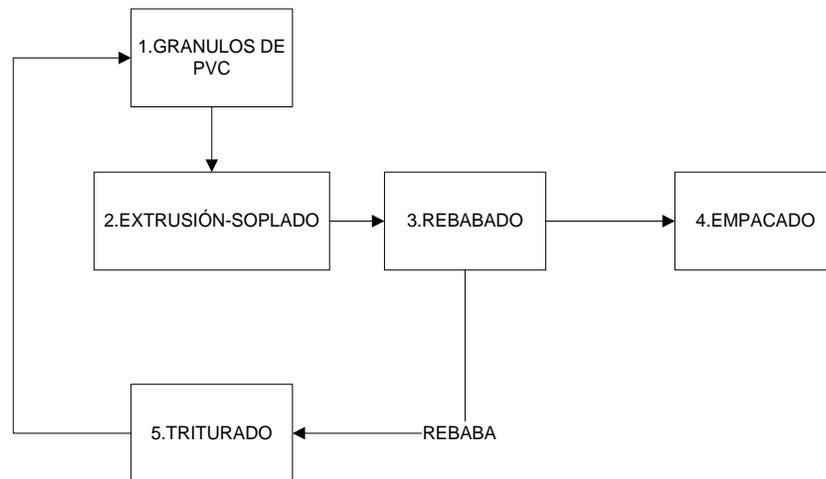
Para reciclar el PVC existen tres tipos de procesos.

- **Reciclado mecánico:** Es el proceso más común y el más utilizado por la industria, consiste en la recolección, selección, molienda y transformación en nuevos productos, variando solamente en la limpieza del material de antes de ser reciclado, la aplicación de aditivos necesarios para que cumpla los requerimientos del nuevo producto.

- Reciclado químico: El PVC es sometido a procesos químicos bastante complejos, permitiendo su descomposición a elementos mucho más elementales, tales como gases y aceites. Es el proceso más actual y por ende el menos desarrollado hasta el momento, solo es implementado en países desarrollados como por ejemplo Japón y Alemania.
- Reciclado energético. Consiste en la incineración controlada del material para aprovechar los gases emitidos y así convertirlos en energía, es un proceso complicado pero implementado en sinnúmeros de países industrializados.

2.2 PROCESO INDUSTRIAL.

Figura 10. Proceso industrial de transformación del PVC por extrusión soplado

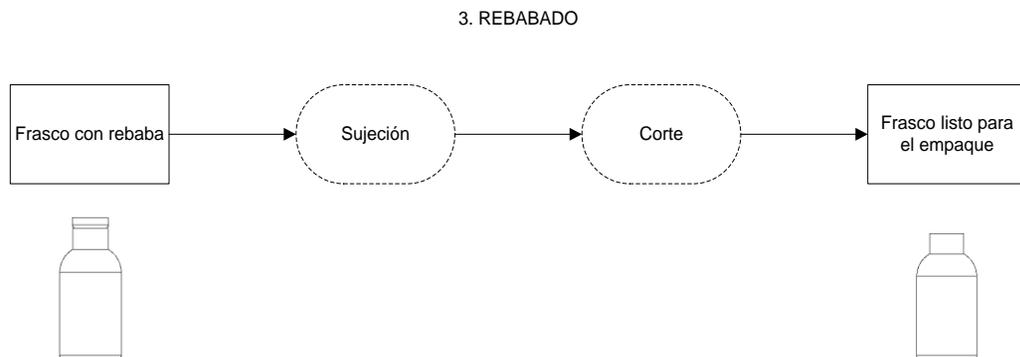


El proceso industrial utilizado en Induplas S.A se puede dividir en 5 grandes pasos como se puede observar en la figura10; Para la realización de este proyecto hay que enfocarse principalmente en el paso número tres el rebabado, ya que la máquina estará situada allí, es uno de los procesos más importantes en la fabricación de frascos de PVC debido a que su terminación y el aprovechamiento

de la rebaba dependen directamente del buen funcionamiento de este; en Induplas S.A este proceso es realizado por operarias capacitadas en el manejo de plásticos pero con un problema cada vez más creciente de túnel del carpío y de desperfectos en el producto final debido a que el manejo del PVC requiere de un mínimo de contacto humano, pues en su mayoría son para uso farmacéutico y alimenticio .

El paso número tres se dividirá en dos sub procesos principales (sujeción y corte) que debe cumplir la máquina a cabalidad; estos dos paso son planteados porque para poder realizar un corte uniforme y limpio hay que sujetar de alguna manera el frasco que se quiere rebabar, por este motivo es uno de los subprocesos principales.

Figura 11. Esquema del proceso de rebabado.



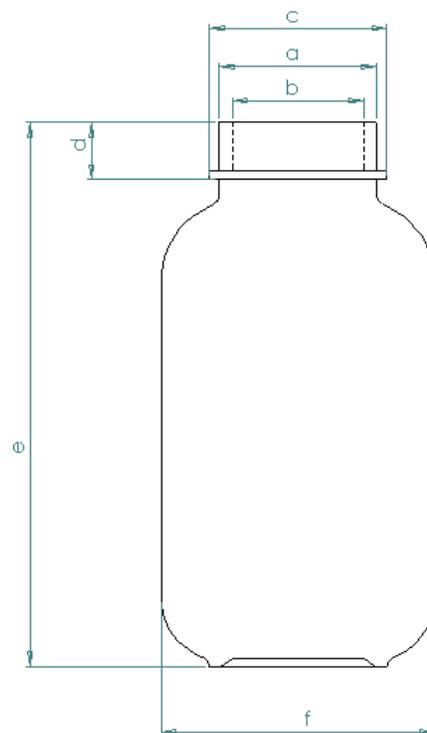
Fuente. Realizada por el autor.

2.2.1 Características de los frascos.

Dentro de la información suministrada por Induplas, se encuentran las características cualitativas y cuantitativas de cada uno de los frascos.

- Características cuantitativas. En estas características se encuentran las dimensiones de los frascos de PVC a rebabar; como ya se encuentran estandarizados sus medidas siempre van a ser iguales todo el tiempo, simplemente variaran dentro de su tolerancia previamente establecida.

Figura 12. Dimensiones para los frascos



Fuente. Induplas S.A.

- Diámetro externo de la boca
- Diámetro interno de la boca
- Diámetro mayor
- Altura de la tapa
- Altura total del envase
- Diámetro total del envase

Tabla 2. Dimensiones de los frascos en mm

Característica	Frasco de 60 ml	Frasco de 120 ml	Frasco de 150 ml	Frasco de 300 ml
a	35±0.20	34.40±0.30	35.20±0.30	35.20±0.50
b	29.4±0.20	28.50±0.30	29.30±0.30	29.00±0.50
c	37.60±0.20	36.90±0.30	37.50±0.30	37.70±0.50
d	17.30±0.20	18.00±0.30	18.10±0.30	18.90±0.90
e	79.50±0.50	92.90±0.50	106.5±0.50	124.8±1.0
f	46.50±0.50	48.60± 0.50	50.30±0.50	61.70±0.50

Fuente. Induplas S.A.

Como se puede observar en la anterior tabla las características a, b, c y d son muy parecidas esto describe que las bocas de todos los frascos son prácticamente las mismas un dato realmente importante para el diseño del mecanismo de sujeción y corte.

▪ **Características cualitativas de los frascos**

En este ítem se puede identificar las cualidades que deben tener los frascos, aunque para este caso estas características son iguales para todos los tamaños.

Tabla 3. Características cualitativas de los frascos

Color y apariencia	Debe corresponder al patrón por Induplas o el cliente.
Deformaciones y rebaba	No debe afectar la apariencia ni el comportamiento de la línea.
Hermeticidad	Deberán soportar las pruebas sin evidenciar pérdida del producto
Envase perforado	No debe presentar perforaciones en Ninguna parte del envase
Ajuste juego	No debe alterar el comportamiento en línea

Fuente. Induplas S.A.

2.3 ELEMENTOS DE MÁQUINAS.

2.3.1 Actuadores neumáticos.

Figura 13. Cilindro neumático de doble efecto.



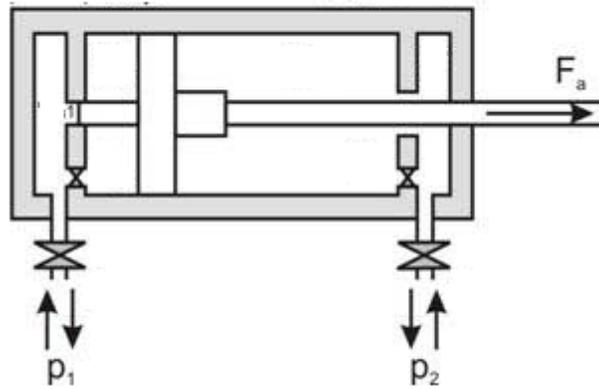
Fuente. http://www.festo.com/INetDomino/r2/es-co/company_portal_co.htm

Los actuadores neumáticos o también conocidos como elementos de trabajo, realizan la función de transformar la energía producida por el aire comprimido en trabajo mecánico, existen dos grandes grupos que los clasifica; cilindros y motores, aunque de estos últimos solo se habla del movimiento rotacional, producido por una fuente neumática, también se pueden llamar cilindros motores lineales.⁴

El funcionamiento del cilindro neumático se basa principalmente en introducir aire comprimido en una cámara y genera un desplazamiento lineal de un embolo que a su vez se acopla a un vástago que simplemente puede empujar algo o sujetarlo.

⁴ Antonio Guillén Salvador, Introducción a la neumática, illustrated 1992

Figura 14. Esquema de un cilindro de doble efecto



Fuente:http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642006000300015&script=sci_arttext

La fuerza de empuje es directamente proporcional a la presión de l aire y ala superficie del pistón.

$$F=p \cdot A$$

Donde:

F= Fuerza

p= Presión manométrica

A=Área del embolo o pistón.

Existen variaciones en la construcción, que hacen dividir en distintos tipos de cilindros, como se puede observar en la Figura 15. Son múltiples las funciones en las que se pueden usar los cilindros neumáticos, por eso es de los elementos más utilizados para el desarrollo de máquinas y procesos de automatización industrial.

Figura 15. Simbología de los cilindros neumáticos.

Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
	Cilindro de efecto simple, vástago simple, carrera de retroceso por fuerza externa		Cilindro de efecto simple, vástago simple, carrera por resorte, carrera de retroceso por presión de aire
	Cilindro de doble efecto, vástago simple		Cilindro de efecto simple, vástago simple antigiro, carrera por resorte, carrera de retroceso por presión de aire
	Cilindro de doble efecto, vástago simple antigiro		Cilindro de doble efecto, con amortiguación ajustable en ambos extremos, vástago simple
	Cilindro de doble efecto, montaje mufón trasero, vástago simple		Cilindro de doble efecto, con amortiguación ajustable en ambos extremos, vástago doble
	Doble efecto cilindro hidroneumático, vástago simple		Cilindro sin vástago de arrastre magnético
	Cilindro de doble efecto, doble vástago		Cilindro de doble efecto, vástago simple, con regulador de caudal integrado
	Cilindro de doble efecto, con vástago antigiro en ambos extremos		Cilindro de doble efecto, vástago doble, con regulador de caudal integrado
	Doble efecto cilindro hidroneumático, con doble vástago		Cilindro con lectura de carrera, vástago simple
	Cilindro de efecto simple, vástago simple, carrera de retroceso por resorte		Cilindro con lectura de carrera, con freno, vástago simple
	Cilindro de efecto simple, vástago simple antigiro, carrera de retroceso por resorte		Cilindro de doble efecto, con bloqueo, vástago simple

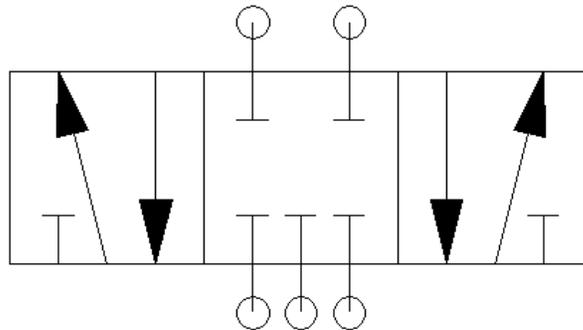
Fuente: [http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/18\)Introduction_of_cat/18.1\)Intro/c\)Pneumatics_S/pn_symbols_ES.pdf](http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/18)Introduction_of_cat/18.1)Intro/c)Pneumatics_S/pn_symbols_ES.pdf)

2.3.2 Válvulas.

La función de las válvulas en la transformación de aire comprimido en energía mecánica, es permitir orientar o detener el flujo de aire hacia los elementos de trabajo. Dos de sus características principales que posibilitan enormemente su clasificación son el número de posiciones y vías.

- **Vías.** Se llaman vías al número de bocas o conexión de la válvulas, existen de 2, 4, 5, 6, o más vías pero no pueden ser inferior a 2.
- **Posiciones.** Se refiere al número de posiciones estables del elemento de distribución, las más comunes son de 2 y 3 posiciones, aunque para algunas aplicaciones se pueden usar de más.

Figura 16. Válvula 5 vías 3 posiciones (5/3) con centro cerrado.



Fuente. Festo, Fluidsim versión 3.6

Para una buena elección del tamaño de la válvula es necesario determinar el caudal requerido para el accionamiento del cilindro, que a su vez dependerá del tamaño del cilindro la velocidad de su accionamiento y de la presión de operación.

En donde:

$$Qr = 0,0028 \cdot \frac{d^2 \cdot C \cdot (p + 1,013)}{t}$$

Q_r = caudal requerido (Nm^3/h)

d = diámetro del pistón del cilindro (cm^2)

C = carrera del cilindro

t = tiempo de ejecución del movimiento (seg)

p = presión de operación.

El caudal nominal que debe de tener la válvula, queda determinado por la siguiente expresión:

$$Q_n = \frac{40,89 \cdot Q_r}{\sqrt{\Delta p(p_e - \Delta p)}}$$

Q_n = caudal nominal de la válvula (NI/min).

Δp = caída de presión admitida en la válvula (bar).

p_e = presión absoluta de alimentación de la válvula (bar) presión manométrica + 1,013).

Q_r = caudal requerido para el accionamiento (Nm^3/h).⁵

2.3.2.1 Electroválvulas.

Figura 17. Electroválvula 5/2 monoestable marca Bosch Rexroth

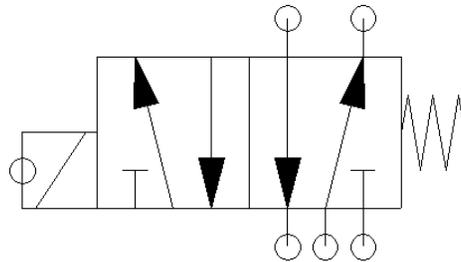


Fuente. <http://www.exportpages.es/companyproducts/10200893742011473242/0.htm>

⁵ Micro , catalogo de productos 2008/2009

En este tipo de válvulas el sistema que da la señal para la conmutación es de origen eléctrico, por medio de un solenoide que por acción magnética provoca el desplazamiento de un núcleo móvil que habilita o no el paso del aire.

Figura 18. Electro válvula (5/2) monoestable con retorno por fuelle



Fuente. Festo, Fluidsim versión 3.6

Como se puede observar en la figura 18 el accionamiento de la válvula es por medio de un solenoide, con retorno por fuelle o por resorte, esto indica que cuando se envía una señal eléctrica la válvula se encuentra en la primera posición, y cuando la señal deja de ser enviada el resorte mueve la válvula hacia la segunda posición.

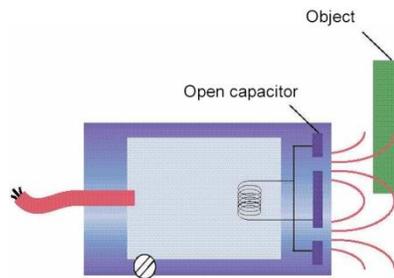
2.3.3 Sensores.

Los sensores son elementos importantes que ayudan a identificar señales físicas del proceso y la convierten en señales que pueda entender un controlador.⁶ Existen muchos tipos de sensores, pero principalmente y para esta aplicación es necesario estudiar los tipos que detectan el PVC.

⁶ Ramón Pallas Ereny, sensores y acondicionadores de señal, 3ª edición, Alfaomega 2001.

- **Sensores capacitivos.** Los sensores capacitivos detectan materiales conductores, pero su mayor aplicación se encuentra en la detección de materiales aislantes, como papel, plástico o madera. Su principio de funcionamiento se basa en una placa condensador que al aplicarle corriente reacciona a los cambios de capacitancia causada por la presencia de objeto.

Figura 19. Funcionamiento básico de un sensor capacitivo.

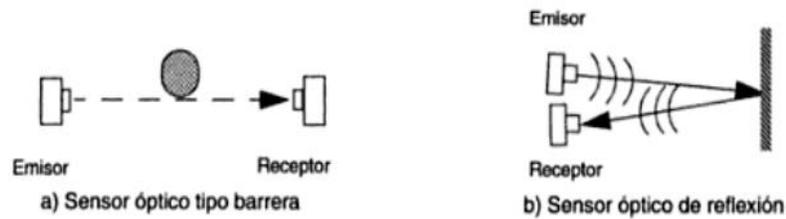


Fuente: <http://www.abb.com/product/seitp329/14b9a530bd097536c1256fb700417e3f.aspx?tabKey=6>

Este tipo de sensores son muy utilizados debido a su vida útil, ya que es bastante prolongada, puede detectar diversos tipos de materiales sin importar que sean líquidos o sólidos, y además poseen diversos tipos de configuraciones en el montaje. Pero su mayor debilidad es a distancia de detección, puede llegar a ser muy corta y depende del tipo de material a detectar.

- **Sensores fotoeléctricos.** Son también llamados ópticos, tiene como función principal la detección de todo tipo de elementos si importar la distancia teniendo en cuenta la distancia y que translucido es, el funcionamiento se basa en un emisor y un receptor de luz, pues como se puede ver en la figura 20 el objeto se puede detectar de dos formas; tipo barrera en las que el emisor se pone en un extremo y receptor en otro, generando una barrera de luz que en el momento en el que un objeto atraviese la barrera el sensor genera una señal que va directamente al controlador.

Figura 20. Funcionamiento de los sensores ópticos.



Fuente. Aníbal Ollero Baturone, Manipuladores y robots móviles editorial Marcombo 2001

Otro tipo de detección de este tipo de sensores es el denominado *réflex* en el que el emisor genera un rayo lumínico y en el momento en el que se detecta un objeto se devuelve el rayo para ser recibido por el receptor, y así este puede enviar la señal al controlador.

Una de las tantas ventajas de los sensores fotoeléctricos, es que son ideales para ambientes con alta concentración de campos magnéticos, o atmosferas explosivas debido a que por su naturaleza óptica no están sujetos a interferencias eléctricas; pero sus principal desventaja son la interferencias en la luz obliga a aislar adecuadamente las terminales sensibles o modular la señal.

Figura 21. Sensor fotoelectrico *réflex*.



Fuente.<http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-revolucion/tacometro-pce-155.htm>

2.3.4 Controladores.

- **Micro controlador.** Es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos⁷. Es un dispositivo que integra tres elementos principales funcionales de un computador, CPU, memoria y unidades entrada y salida, aunque sus recursos son muy limitados, son usados en aplicaciones completamente especializadas como lo pueden ser robots móviles, máquinas industriales, electrodomésticos y muchos elementos de la vida cotidiana.

Figura 22. Micro controladores.



Fuente. <http://www.system-vr.com/www/ventas/ven3.htm>

Los micro controladores se pueden clasificar de dos formas, según el tamaño de los datos, están entre los 4 bits hasta los 64 bits siendo los más utilizados los de 8 bits por su versatilidad y eficacia para la mayoría de aplicaciones. El otro tipo de clasificación es por el tipo de arquitectura se clasifican en dos: arquitectura de Von Neuman, y arquitectura de Harvar.

Cada fabricante tiene sus propios micro controladores con sus respectivas referencias basadas en algunas de las arquitecturas anteriormente mencionadas, los más importantes fabricantes de micro controladores son:

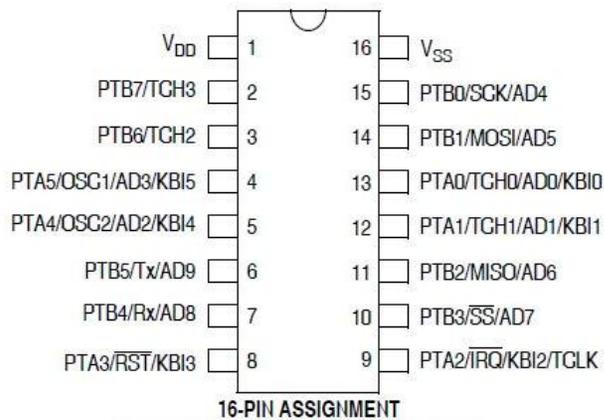
- Altair

⁷ Juan Carlos Vesga Ferreira, Microcontroladores Motorola-Freescale, Alfaomega 2007.

- Intel
- Siemens
- Freescale (Motorola)
- Microchip

Todos con sus características propias de resolución, cantidad de entradas y salidas, compatibilidad diferentes tipos de periféricos y lenguaje de programación.

Figura 23. Microcontrolador Mc68hc908qb8 de freescale



Fuente. <http://cpu.main.jp/elec/freescale/lesson1.html>

- **PLC.** El PLC (*Programmable Logic Controller*) es un dispositivo que controla una máquina o proceso y puede considerarse como una caja de control con dos filas de terminales una para las entradas y otra para las salidas, estas últimas pueden ser usadas para motores, electroválvulas, lámparas indicadores, alarmas y todo tipo de dispositivo de salida.

Las terminales de entrada reciben señales provenientes del proceso como tal, pueden ser interruptores, relés, y todo tipo de sensores. Sus principales características son: permite una programación compleja de manera sencilla y fácil de aprender, solo hay que determinar el tipo de PLC adecuado para cada aplicación, determinando la cantidad de entradas y salidas, que requiere. Los PLC

se clasifican básicamente por el número de entradas y salidas que poseen, especificaciones que pueden variar dependiendo del fabricante.

Figura 24. PLC Festo Fec34



Fuente. <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos/501/551/modelos-de-procesos-componentes/plc-festo-fec-fc34.htm>

3 METODOLOGÍA.

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.

Teniendo en cuenta lo anterior y para poder cumplir todos los objetivos propuestos, hay que implementar una línea de investigación empírico-analítico, porque de acuerdo con los experimentos realizados se tomarán los datos de las variables y se comenzaran a estudiarlas para determinar el diseño más optimo para el proyecto.

Los experimentos que se planean hacer permitirán identificar las variables dependientes e independientes que, son completamente necesarias para el desarrollo del proyecto; y de esta manera identificar cual es la solución más adecuado para desarrollar este proyecto.

3.2 HIPÓTESIS

Por medio de este presente proyecto, se quiere comprobar que la industria colombiana puede llegar a solucionar procesos por sí misma y mejoraros para que crezca aun mas; este proyecto planea demostrar que con un buen desarrollo ingenieril, satisfaciendo de antemano los requerimientos de una empresa tan prestigiosa en el mercado del plástico colombiano como lo es Induplas S.A...

Al desarrollar de manera satisfactoria este proyecto, la industria se beneficiara en gran medida, porque aliviará un poco la carga laboral, y fomentará unas buenas técnicas de producción ya que elimina en gran parte el contacto directo del ser humano con el producto terminado.

3.2 VARIABLES

3.2.1 Variables independientes

En este proyecto se pueden encontrar varias variables independientes que se deben tener en cuenta al momento del desarrollo ingenieril.

- Tiempo de producción: es una variable que no se puede modificar y debido a esto el proyecto se debe acomodar, sin alterarlo en ningún momento. Por ejemplo si en un frasco el tiempo de producción es de 13s, todo el proceso de la máquina debe tener un tiempo inferior o igual al de producción.
- Propiedades físicas del plástico: esta variable no se puede modificar debido a que, ya están preestablecidos los materiales y sus propiedades, debido a esto la máquina debe acomodarse perfectamente, a las propiedades del frasco.
- Dimensiones del frasco: esta variable está relacionada con la anterior, porque ya sus dimensiones están previamente establecidas y la máquina se deberá acoplar a ella sin ningún inconveniente.

3.2.1 Variables dependientes

Las variables dependientes, son las que se deben alterar para el buen desarrollo del proyecto y podemos encontrar las siguientes:

- Velocidad de corte: al ser un proyecto para cortar un exceso de material, se debe encontrar la velocidad de corte óptima y que no afecte ninguna de las variables independientes.
- Fuerza de corte: para vencer la resistencia al corte que pueda llegar a tener el material plástico es necesario variar la fuerza con que se realiza el rebabado.

4 DESARROLLO INGENIERIL

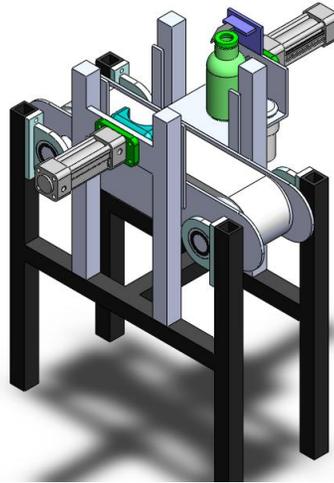
4.1 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO.

Como primera acción para dar solución al problema planteado es necesario evaluar distintos tipos de alternativas en el diseño final de máquina, se evaluarán distintos tipos de mecanismos, principalmente el de sujeción y corte.

4.1.1 Alternativas.

- **Primera alternativa.**

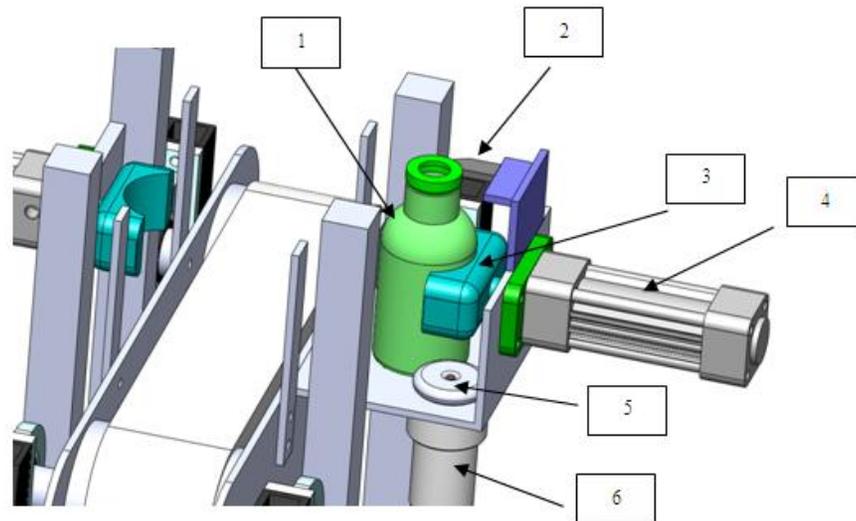
Figura 25. Vista isométrica de la primera alternativa de diseño



En la figura 20, se plantea la posibilidad de girar el frasco que se desea cortar dejando la herramienta de corte fija; la máquina consta de dos actuadores que en su vástago tienen acoplada unas mordazas para poder sujetar el frasco, un motor, una cuchilla y la estructura que le da soporte a todo, totalmente acoplada a las necesidades que se requiera el proceso; el proceso para esta alternativa sería la siguiente:

El frasco ingresa al área de corte, provista con dos mordazas a lado y lado de la máquina, en uno de los lados hay una cuchilla a la altura exacta en la que hay que cortar, por medio de los actuadores se sujeta el tarro, y se lleva hacia el área en donde se encuentra la cuchilla y un motor en la parte inferior acoplado a una rueda que puede ser de goma, hace que el frasco gire, en su propio eje, de esta manera la cuchilla que está haciendo contacto con el tarro corta la rebaba de manera uniforme.

Figura 26. Descripción de las partes de la primera alternativa.



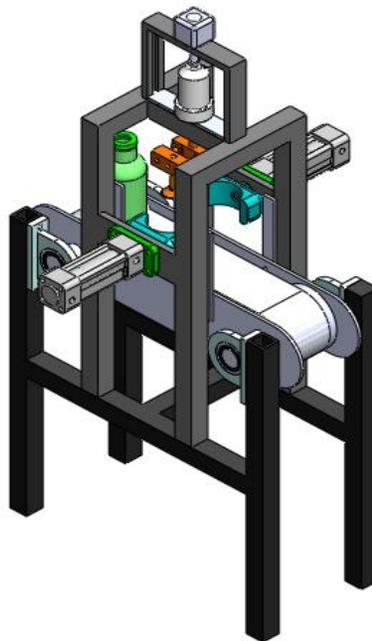
- 1) *Tarro que hay que rebabar*
- 2) *Una cuchilla ubicada estratégicamente a la altura de la rebaba*
- 3) *Mordaza dividida por la mitad, cumple la función de sujetar el tarro y de permitir que pueda girar en su propio eje.*
- 4) *Actuador para la mordaza permite que esta se pueda mover horizontalmente y así poder sujetar el tarro.*
- 5) *Rueda posiblemente de goma o de un material poco abrasivo que hace girar el tarro.*
- 6) *Motor que hace girar la rueda y por ende el tarro.*

En esta alternativa la estructura, debe ser reestructurada de tal manera que se pueda acoplar perfectamente a la máquina de extrusión-soplado, soportando las fuerzas y el peso de cada uno de los dispositivos. El sistema de control será diseñado de manera conjunta con el diseño mecánico debido a que el primero depende del segundo, pudiéndose plantear un PLC o un micro-controlador.

- **Segunda alternativa.**

Esta alternativa se basa en el hecho de mover la herramienta de corte, sobre el tarro que está sujeto y así corte la rebaba de manera uniforme, el proceso es el siguiente:

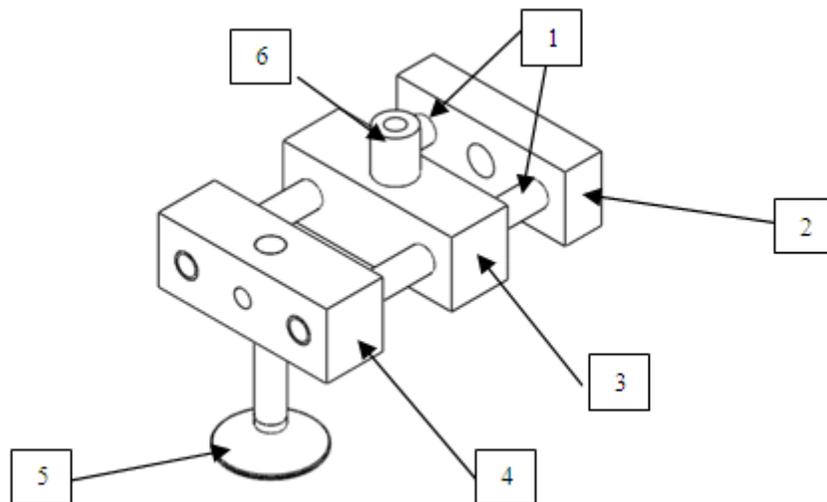
Figura 27. Vista isométrica 2° alternativa



El tarro llega por medio de la línea de producción al área de corte, entonces por medio de dos mordazas de igual manera que el caso anterior, es asegurado el frasco para que no se mueva, ni gire sobre un eje, el tarro quedará totalmente

inmovilizado, para que por medio de un motor una herramienta de corte gire sobre él.

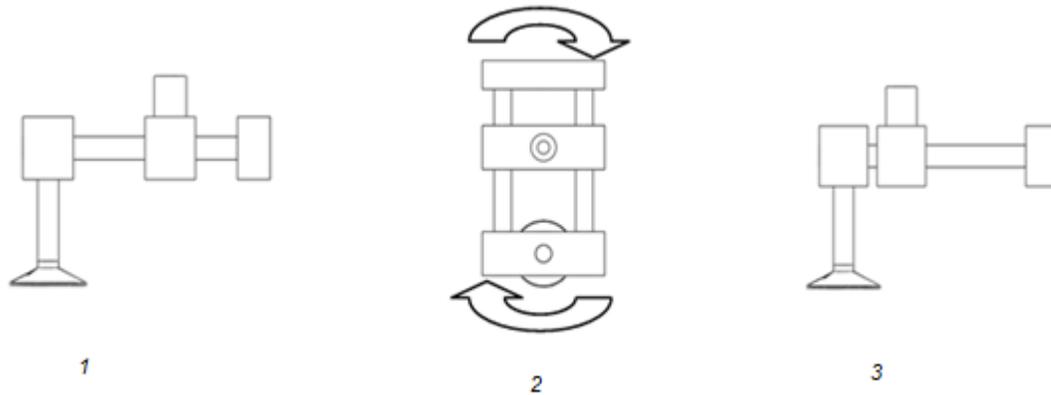
Figura 28. Herramienta de corte



- 1) Guías
- 2) Dispositivo de mayor peso
- 3) Dispositivo fijo.
- 4) Dispositivo de menor peso
- 5) Cuchilla de corte
- 6) Eje que va acoplado a un motor o actuador giratorio.

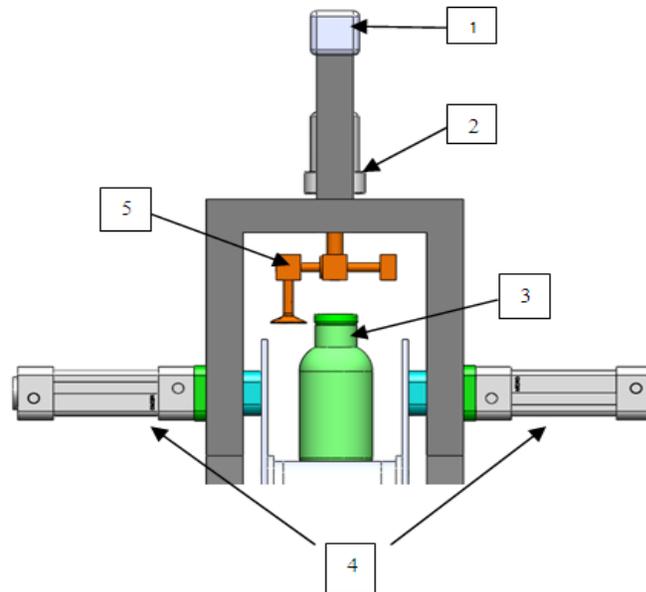
La herramienta de corte es un mecanismo giratorio, compuesto por dos guías centrales y por dos dispositivos móviles y uno fijo, es decir por medio del eje central ubicado verticalmente, hace girar todo el mecanismo, y como consecuencia el dispositivo de mayor peso mueve el dispositivo de menor peso en sentido horizontal haciendo que la cuchilla corte el frasco, esto se puede ver más claramente en la figura 29.

Figura 29. Descripción del movimiento de la herramienta de corte



Como se puede observar es un mecanismo bastante útil y relativamente fácil de construir pero presenta un problema, cuando el mecanismo puede llegar a estorbar la alimentación de los tarros por esta razón se debe diseñar un mecanismo de levantamiento, que lo suba y lo baje de manera automática, y así este mecanismo no interrumpiría la alimentación de los nuevos tarros; este mecanismo puede ser implementado fácilmente con un actuador ubicado en la parte superior de la máquina.

Figura 30. Mecanismo de corte 2° alternativa



- 1) *Actuador que levanta el mecanismo de corte.*
- 2) *Motor que hace girar el mecanismo de corte.*
- 3) *Tarro.*
- 4) *Actuadores acoplados con las mordazas que sujetan el tarro.*
- 5) *Mecanismo giratorio.*

4.1.2 Matriz de calidad.

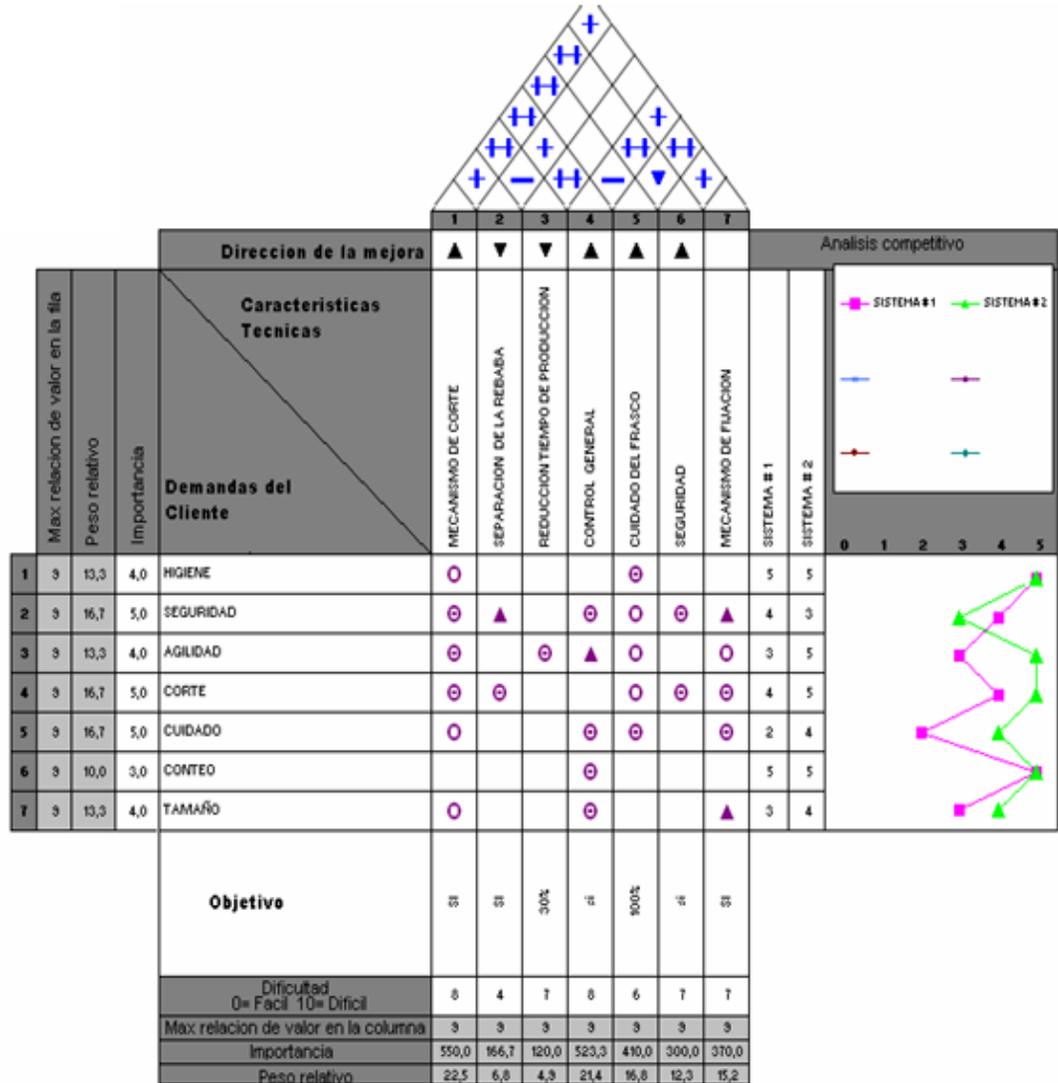
Una vez descritas las alternativas por medio de un despliegue de la función de calidad (Quality Function Deployment, QFD), desarrollado en 1972 por Yoji Akao en el astillero de Mitsubishi en Kobe⁸. Evaluando de manera equitativa tanto los requerimientos del cliente como las características técnicas, descritas anteriormente por los objetivos específicos del proyecto. Las variables evaluadas fueron descritas por el cliente en este caso Induplas S.A.

⁸ Jorge Marzal, José A. Diego Mas, Diseño de productos métodos y técnicas, editorial Alfaomega 2004

Figura 31. Matriz de calidad

Título: Selección de el diseño preliminar
Autor: Christian Decera
Fecha: 01/08/2006
Nota: la siguiente QFD permitira identificar cual de los dos sistemas propuestos es el mas apropiado para satisfacer los requerimientos del cliente

- ⊙ Relacion fuerte 3
- Relacion moderada 3
- ▲ Relacion Debil 1
- ++ Correlacion (+) fuerte
- + Correlacion positiva
- Correlacion negativa
- ▼ Correlacion (-) fuerte
- ▼ Reducir al minimo
- ▲ Aumentar al maximo
- X Alcanzar la meta



Como se puede ver en la matriz realizada la alternativa más adecuada para Induplas S.A. es la alternativa número dos, debido a sus más altos puntajes como se puede ver en higiene agilidad y corte, supera en gran medida a la primera alternativa.

4.2 MECANISMO DE SUJECIÓN.

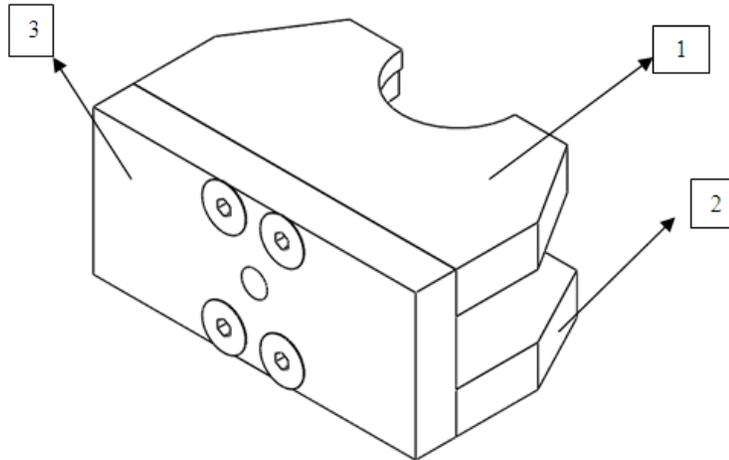
Es uno de los sistemas más importantes en la máquina, debido a que este mecanismo prepara el frasco para el corte; hay que tener en cuenta que este mecanismo debe sujetar el frasco correctamente, pero sobretodo debe de cuidar que por ningún motivo sufra algún imperfecto el frasco, por esta razón la escogencia de los materiales debe ser la adecuada.

4.2.1 Diseño.

De acuerdo al marco teórico, las características de los frascos dan los primeros parámetros para diseñar este mecanismo y dan una idea de las dimensiones que este debe cumplir. Es por esto que la alternativa número dos contempla unas mordazas acondicionadas a dos actuadores neumáticos para sujetar el frasco. La mordaza se divide en tres partes principales.

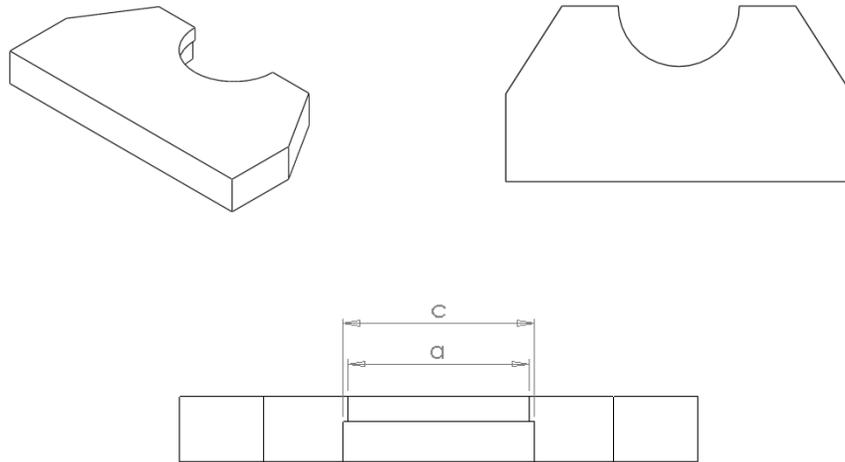
1. Sujetador superior
2. Sujetador inferior
3. Base de ensamble

Figura 32. Mordaza



El sujetador superior es una pieza que sujeta el frasco en su parte superior; cuenta con las medidas previamente mecanizadas, con el diámetro exterior del frasco (a) y el diámetro mayor de la rosca (c), para que encaje perfectamente el frasco evitando así el daño sobre él, obviamente esta pieza debe de estar a una altura exacta para poder agarrarlo.

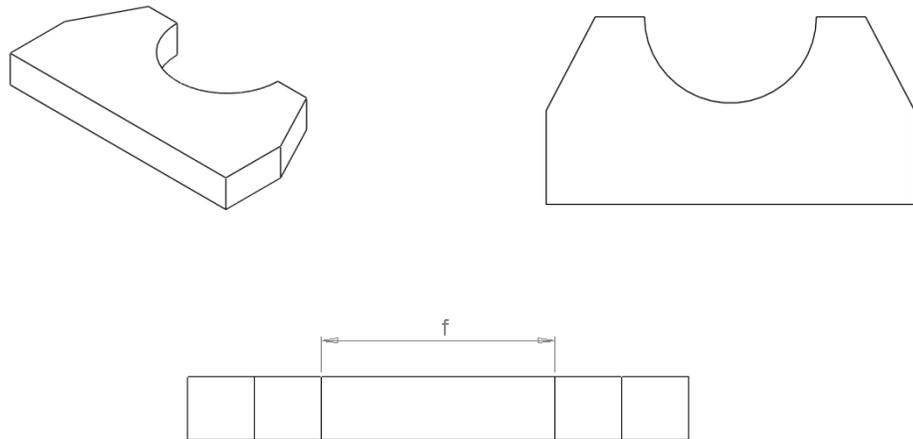
Figura 33. Sujetador superior.



El sujetador inferior es un poco más sencillo, es muy parecido al anterior solo que cuenta con un solo diámetro preestablecido (ancho total del frasco f), y como el anterior sujetador, no daña el frasco en algún momento.

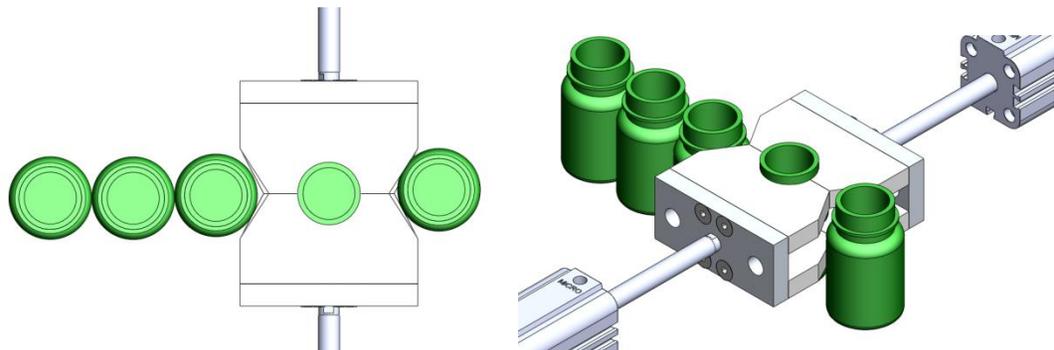
Se puede observar, las medidas en las que se basa el sujetador superior no cambian drásticamente, no es necesario cambiarla ni modificarla cuando se desee utilizar la máquina con un frasco diferente, pero con el sujetador inferior es diferente debido a que la medida a la que hace referencia cambia mucho más, es necesario construir una para cada frasco, y simplemente hay que modificar la medida f , el resto de medidas son completamente iguales.

Figura 34. Sujetador inferior.



El porqué de que las puntas de los sujetadores se encuentren recortadas, es debido al hecho de que los tarros llegan a área de corte uno detrás de otro, completamente juntos, entonces en el momento en que las mordazas deben cerrarse, pueden deformar el frasco que esta atrás o adelante del que hay que rebabar como se puede observar en la figura 35.

Figura 35. Separación de los tarros por medio de las mordazas



Los plásticos grado ingeniería son, los materiales que se tuvieron en cuenta para construir los sujetadores debido a que proporcionan características especiales

para cierto tipo de aplicaciones en el diseño de máquinas, algunas de sus características más importantes se pueden observar en la tabla 4.

Tabla 4. Características plásticos grado ingeniería

Material	Uhmw	Nylon	Teflon	Unital
Modulo de elasticidad	600 kg/cm ²	3000 MPa	750 MPa	3300 MPa
Resistencia máxima	3100 psi	80Mpa	30 MPa	70 MPa
Coefficiente de fricción	0.15- 0.20	0.38 – 0.42	0.05	0.32
Temperatura de uso en continuo, sin carga:	-30 , 80 °C	-40 , 100 °C	-200 , 250 °C	-40 , 100 °C
Gravedad específica:	0.930	1.14	2.16	1.42
Absorción de agua:	0.10%	2.5 - 4 %	<0.01 %	0.25 %

Fuente. http://www.sumiteccr.com/navegadores/esp/productos_esp.shtml.

Como se puede observar el coeficiente de fricción del teflón es bastante bajo, además de que tiene un modulo de elasticidad y resistencia máxima bastante bueno, pero el teflón a nivel industrial es bastante costoso en comparación con los otros plásticos, por esta razón el material utilizado es el polietileno de alta densidad molecular (Uhmw), porque su coeficiente de fricción es uno de los más bajos, su costo es mucho menor a comparación del teflón, y sus propiedades mecánicas aunque nos son las mejores son aceptables para la aplicación en los sujetadores.

La base del ensamble, está diseñada para sostener los dos sujetadores de tal manera que haya una distancia entre ellos ideal para cada uno de los frascos, los dos sujetadores están ensamblados a la base por medio de 4 tornillos avellanados de ¼ de pulgada, todos los detalles de las dimensiones y el acabado se pueden observar en los planos ubicados en los anexos.

Figura 36. Mordaza vista isométrica

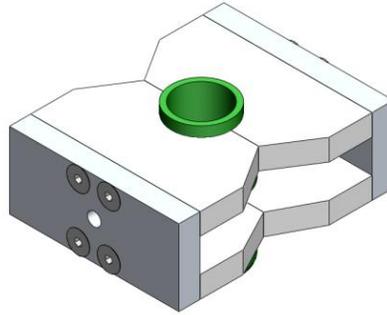


Figura 37. Frascos de 60 y 120 ml sujetos por medio de la mordaza

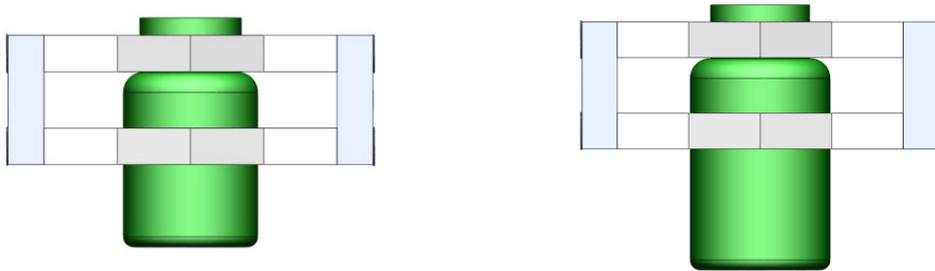
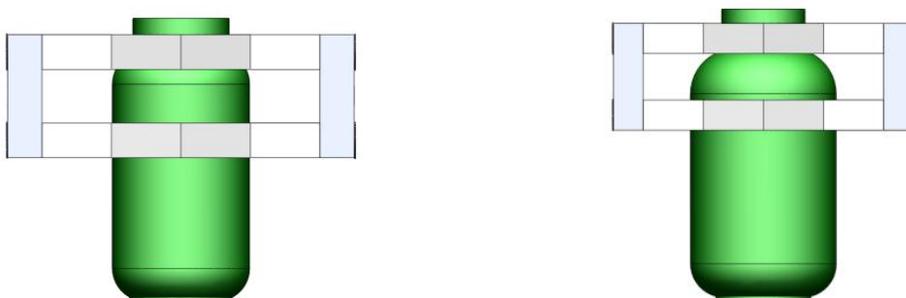


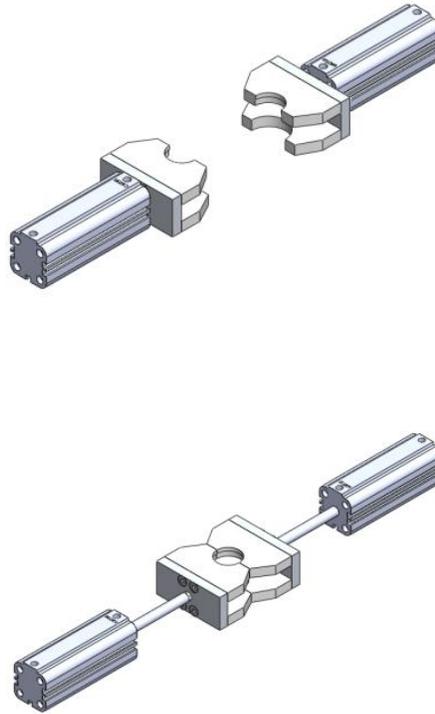
Figura 38. Frascos de 150 y 300 ml sujetos por medio de la mordaza



Las dos mordazas se complementan una a la otra, se acoplan a las bases del ensamble y estas a su vez a dos cilindros neumáticos que las separan y las

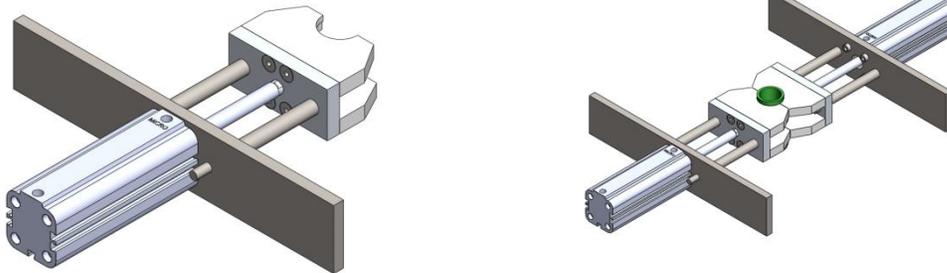
unen cuando se necesitan; estos dos cilindros con fuerza y carrera adecuada, sujetaran el frasco para que el mecanismo de corte actúe y retire la rebaba.

Figura 39. Cilindros neumáticos acoplados a las mordazas



Un problema con cilindros neumáticos convencionales, es que no tienen una placa anti giro del vástago, es decir que cuando el cilindro actúa la mordaza gira sobre el eje del vástago y cuando llega al tarro, las dos mordazas no se encuentran alineadas, la solución más simple fue adicionarle dos guías a cada cilindro, estas evitan el giro del vástago. Figura 40.

Figura 40. Mecanismo de Sujeción.



4.2.2 Cálculos.

Para determinar las dimensiones exactas de los cilindros que componen el sistema, se optó por hacer un experimento para poder determinar la fuerza necesaria para sujetar los frascos. Se probó con varios cilindros suministrados por la empresa Micro S.A. acoplado a las mordazas y se observó la fuerza generada sobre el frasco y el comportamiento de este frente a la misma. Para el experimento se utilizó como frasco de prueba el de 300 ml, una presión constante de 6 bar y lo único que variaba de las dimensiones del cilindro es el diámetro del embolo.

El valor de la fuerza fue determinado mediante la formula

$$F=p*A$$

F= fuerza

p= presión

A= área

Tabla 5. Resultados del experimento para identificar los cilindros adecuados

Diámetro (cm)	Presión (bar)	Fuerza (N)	Comportamiento del frasco
1,6	6	120,576	Suelto
2	6	188,4	Suelto

2,5	6	294,375	Suelto
3,2	6	482,304	Medio Suelto
4	6	753,6	Sujetó
5	6	1177,5	Deformado
6,3	6	1869,399	Deformado

Como se puede observa en la Tabla 5 el tipo de cilindro que cumplió perfectamente con los requerimientos que se necesitan fue el del embolo de 4 cm de diámetro, lo sujetó perfectamente sin soltarlo ni deformarlo. Entonces para el mecanismo de sujeción se seleccionaron dos cilindros neumáticos compactos con las siguientes características:

Tipo	Cilindro neumáticos compactos perfilados de doble efecto con imán incorporado en el pistón
Versión	Rosca hembra
Norma	UNITOP RU-P7
Temperatura de trabajo	-30...80 °C
Fluido	Aire comprimido filtrado
Carrera	100mm
Interruptor magnético	Si
Materiales	Tubo de aluminio perfilado anodizado duro.
	Vástago de acero inoxidable.
	Tapas de aluminio. Sellos de poliuretano. ⁹

Para ver las dimensiones exactas de los cilindros diríjase al anexo A.

⁹ Información suministrada por Micro S.A.

El consumo para este tipo de cilindro está dado por la siguiente expresión:

$$Q = \left(\frac{\pi}{4}\right) * d^2 * c * n * P * N * 10^{-6}$$

Donde:

Q= Consumo de aire (NL/min)

d= Diámetro del Cilindro (mm)

c= Carrera del cilindro (mm)

n= Numero de ciclos completos por minuto

P= Presión absoluta= Presión relativa + 1 bar

N= Numero de efectos del cilindro (N=1 para simple efecto, N=2 para doble efecto)¹⁰

$$Q = \left(\frac{\pi}{4}\right) * 40^2 * 100 * 5 * 7 * 2 * 10^{-6}$$

$$Q = 87.96 \text{ Nl/min}$$

Para la implementación de los cilindros neumáticos es necesario complementarlos con válvulas que direccionen el fluido, por esta razón es primordial determinar las dimensiones de las válvulas con las formulas expresadas en el marco teórico.

Caudal requerido.

$$Qr = 0,0028 * \frac{d^2 * C * (p + 1,013)}{t}$$

$$Qr = 0,0028 * \frac{4^2 * 10 * (6 + 1,013)}{1}$$

$$Qr = 3.1418 \text{ Nl/min}$$

¹⁰ Catalogo de productos 2008-2009 Micro S.A.

Caudal nominal:

$$Q_n = \frac{40,89 \cdot Q_r}{\sqrt{\Delta p(p_e - \Delta p)}}$$

$$Q_n = \frac{40,89 * 3,1418}{\sqrt{0.3(6 - 0.3)}}$$

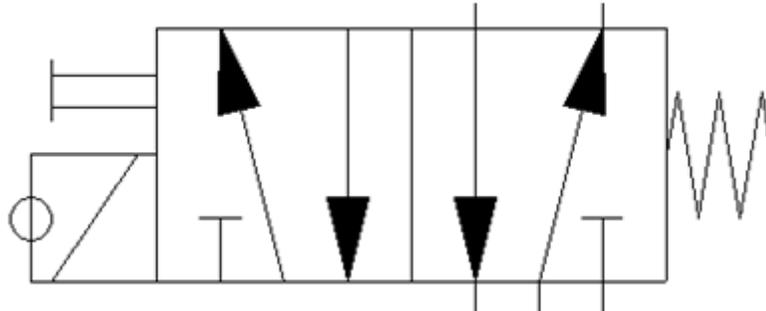
$$Q_n = 93.4468 \text{ NL/min}$$

Micro S.A. recomienda por catalogo, válvulas direccionales de las serie VM15 1/8" con 5 vías 2 posiciones, mando eléctrico y reacción a resorte. Las características de las válvulas escogidas para el mecanismo de sujeción son:

Referencia	0.220.002.511/1
Tipo	Válvulas 5/2 de eléctrica, con actuador manual monoestable y retorno por resorte.
Montaje	Unitario, en uso múltiple mediante distribuidor de alimentación o base manifold.
Conexiones	De trabajo: G 1/8" - De pilotaje: M5x0,8
Temperatura ambiente	-5...50 °C
Temperatura del fluido	-10...60 °C
Fluido	Aire comprimido filtrado (se recomienda lubricación).
Caudal nominal	420 l/min
Frecuencia	24 Hz (con reacción neumática y 6 bar)
Materiales	Cuerpo de zamac, distribuidor de acero inoxidable, sellos de NBR.
Presión de trabajo	2,5...10 bar ¹¹

Figura 41. Símbolo válvula 0.220.002.511/1 de Micro S.A.

¹¹ Información suministrada por Micro S.A.



4.3 SISTEMA DE CORTE.

Este mecanismo tiene como función retirar la rebaba del frasco, básicamente es el corazón de la máquina, si este mecanismo falla por alguna razón, el desempeño la máquina se verá seriamente comprometido. Los componentes principales de este mecanismo son tres: mecanismo de corte, el motor que hace que gire el mecanismo de corte y un actuador en la parte superior que lo levanta y lo baja cuando se necesite.

Figura 42. Sistema de corte

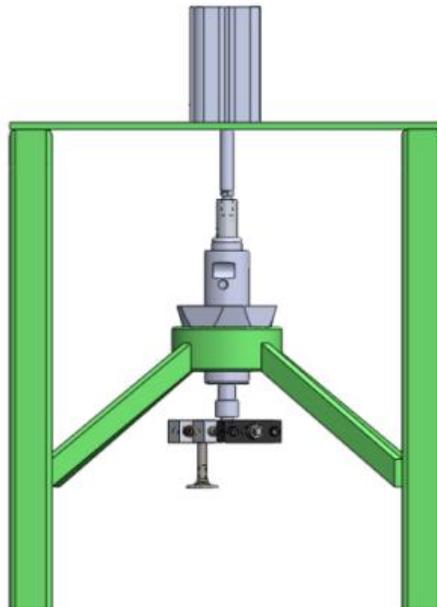
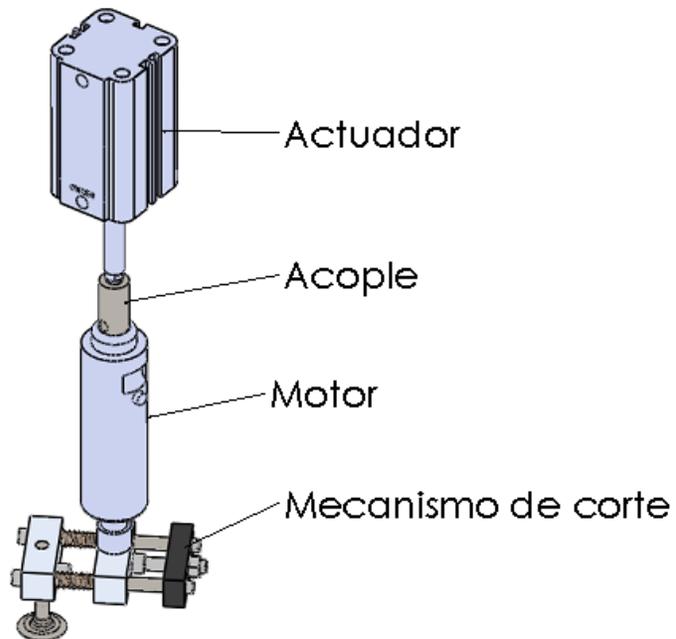


Figura 43. Partes del sistema de corte.



4.3.1 Mecanismo de corte.

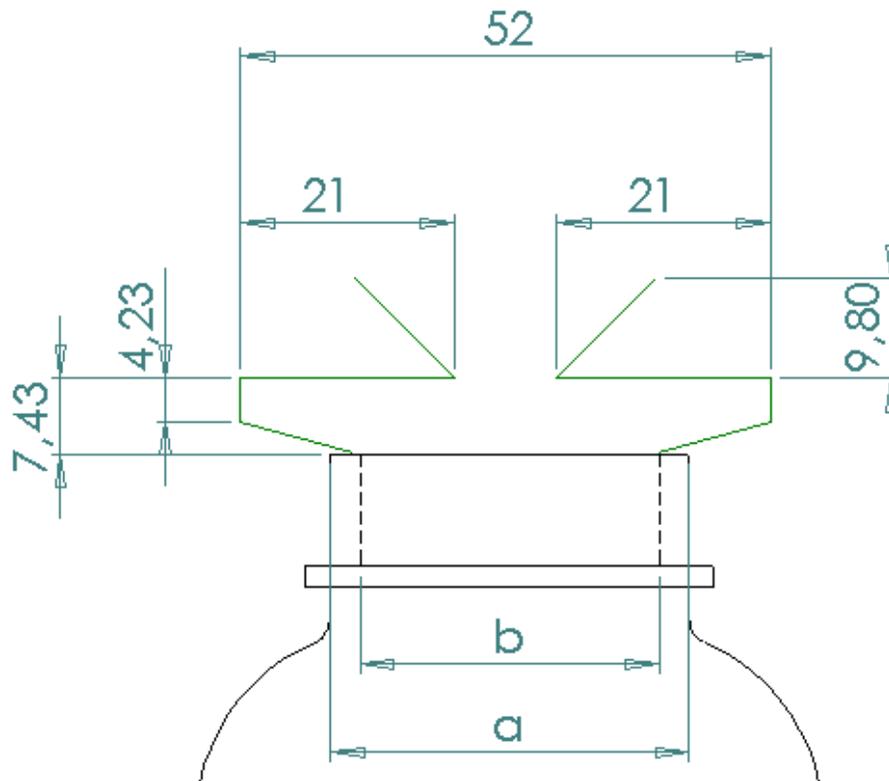
En la alternativa número dos se plantea un mecanismo de corte por medio de una cuchilla giratoria, que se ubica en la parte superior del frasco y la retira cuando este ya este sujeto. Para el diseño de este sistema se tomaron en cuenta las dimensiones que en promedio tiene la rebaba, las dimensiones de la boca del frasco y de la posición en la que el mecanismo de corte debe actuar para cortar la rebaba uniformemente.

Figura 44. Rebaba.



Según los moldes de formado de los frascos la rebaba tiene las mismas dimensiones para todos los frascos, es decir la rebaba del frasco de 60ml es igual al de 300 ml, por consiguiente la rebaba tiene las siguientes medidas:

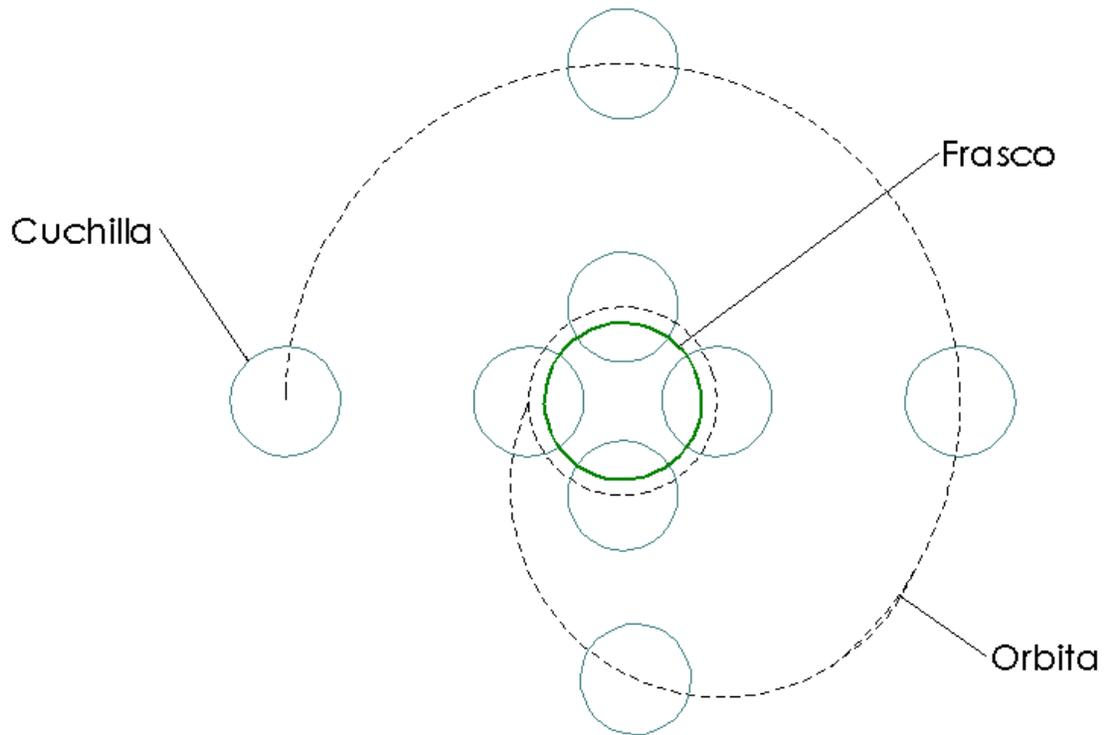
Figura 45. Dimensiones de la rebaba medidas en mm.



Fuente. Induplas S.A.

Por lo anterior el mecanismo de corte debe hacer rodear la cuchilla alrededor de la rebaba a un diámetro superior 52 mm para posicionarse y debe moverla de manera horizontal a un diámetro inferior al diámetro interno de la boca para cortar.

Figura 46. Esquema del movimiento de la cuchilla.



Como se puede observar en la figura anterior, la cuchilla en su estado inicial gira en una órbita mucho mayor al diámetro del frasco, cuando alcanza cierta velocidad, la órbita en la que gira la cuchilla se reduce a acercándose al diámetro del frasco y cortando la rebaba.

Figura 47. Mecanismo de corte.

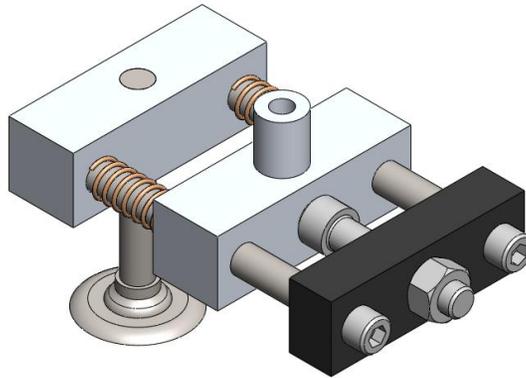
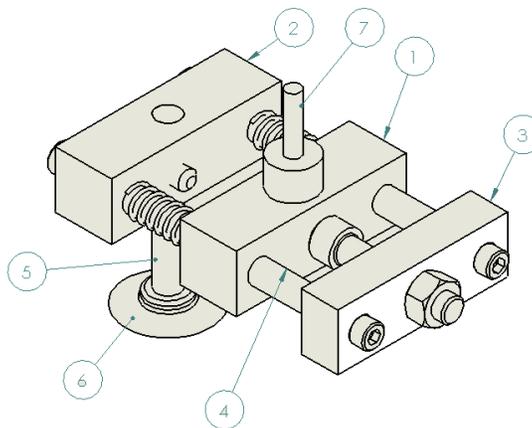


Figura 48. Numeración de piezas del mecanismo de corte.

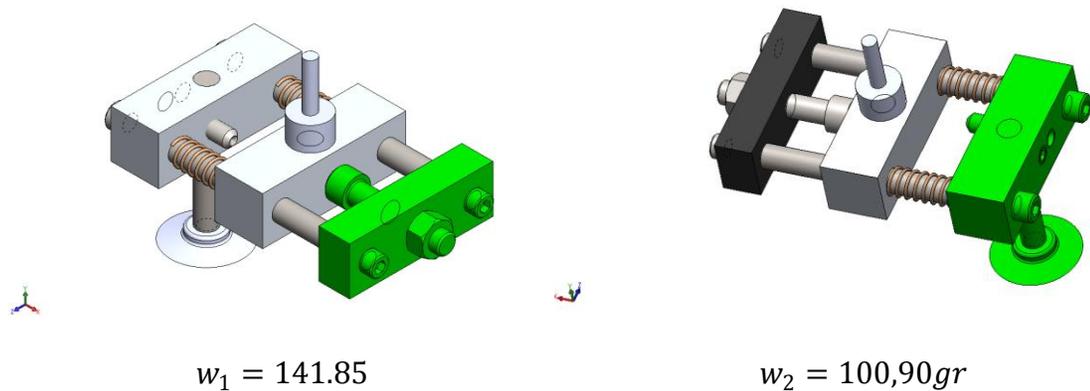


- | | |
|---------------------------------|---|
| 1. Soporte herramienta de corte | 5. Paral para la chuchilla |
| 2. Soporte de menos peso | 6. Cuchilla |
| 3. Soporte de mayor peso | 7. Acople entre la herramienta y el motor |
| 4. Guías | |

Para el diseño de la herramienta mecanismo de corte, se tuvo en cuenta la acción de fuerzas a la que estaba sometida el mecanismo. El propósito de este

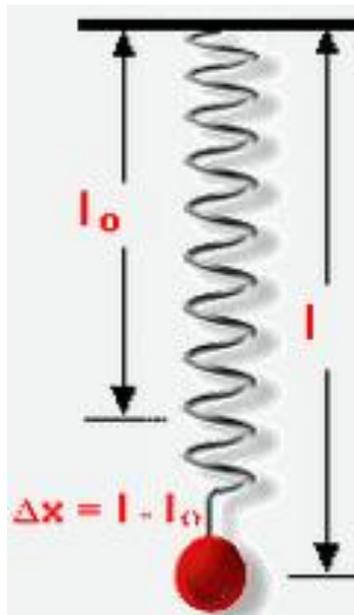
análisis es poder determinar la aceleración normal ideal para que provoque en la chuchilla la velocidad y la fuerza necesaria para cortar la rebaba del frasco de manera uniforme. Por esta razón experimentalmente se obtuvieron las masas de las piezas dos y tres variando así el material de cada una de ellas, además se tubo como premisa única, que la pieza tres debe tener mayor masa en comparación a las piezas número dos, cinco y seis.

Figura 49. Peso de las piezas.



Como se puede observar el mecanismo de corte cuenta con unos resortes en sus guías, para que el mecanismo pueda volver a su posición inicial. Para el análisis se determinó la constante (k) del resorte de manera experimental en el laboratorio conectándoles un peso de 590gr y midiendo su deformación para determinar la variación.

Figura 50 . Método experimental para determinar la deformación de un resorte



Fuente. http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/mas/muelle/Det_cte_M_EST1.htm

$$l = 21.89 \text{ mm}$$

$$l_0 = 16.45 \text{ mm}$$

$$\Delta x = 21.89 - 16.45 = 5.39 \text{ mm} = 0.0054 \text{ m}$$

$$m = 590 \text{ gr} = 0.59 \text{ kg}$$

Por medio de la ley de Hooke se determina la constante K para todo el sistema, es decir para los dos resortes.

$$k = \frac{mg}{\Delta x}$$

$$k = \frac{0.59 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2}{0.0054 \text{ m}}$$

$$k = 1070.74 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Y se corrobora por medio del siguiente diseño, con el material de alambre para cuerda musical y un diámetro de alambre 1/16 de pulgada:

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} = \frac{196 \text{ ksi}}{0.0625^{0.146}} = 289.8 \text{ kpsi}$$

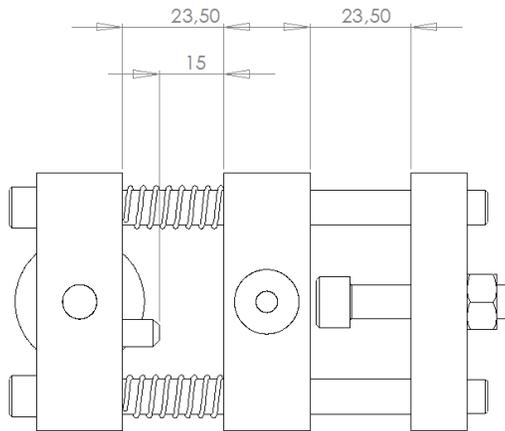
$$D = 0.375 \text{ in} - 0.0625 = 0.3125 \text{ in}$$

$$k = \frac{0.0625^4 * 17 * 10^6}{8 * 0.3125^3 * 17} = 62.504 \frac{\text{lb}}{\text{in}} = 657.037 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Y como son dos resortes se multiplica por dos y se determina el k efectivo del sistema:

$$1314 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Figura 51. Distancia entre centros de las figuras.



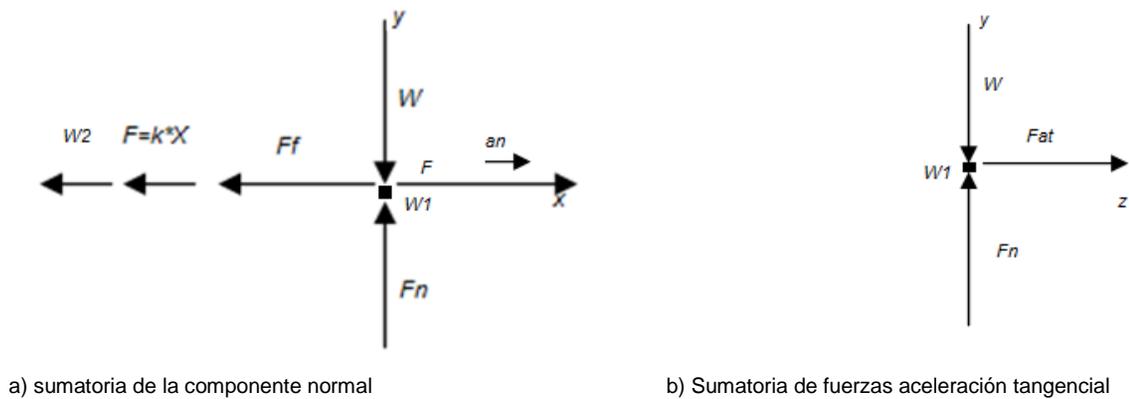
En la figura anterior se puede observar la distancia que hay entre cada una de las piezas, y el tope que hay entre un tornillo y la cara de el sujetador principal que limita el movimiento del mecanismo a un radio máximo de 15 mm, debido a que si se cierra completamente el mecanismo, los resortes no podrán devolverlo a posición inicial.

El mecanismo está relacionado con el movimiento acelerado del cuerpo y las fuerzas que causan el movimiento (cinética). Como la situación problemática implica el movimiento de las piezas dos y tres por una trayectoria curva conocida, las coordenadas normal y tangencial deben ser consideradas para el

análisis ya que las componentes de la aceleración pueden ser fácilmente formuladas.

Como primer paso para determinar la aceleración del movimiento se debe determinar las fuerzas que actúan sobre el mecanismo por medio del diagrama de cuerpo libre.

Figura 52. Diagrama de cuerpo libre del peso numero 1.



- W Peso de la pieza
- F_f Fuerza de fricción
- K Constante del resorte
- X Deformación del resorte
- F_n Fuerza normal
- F Fuerza de la aceleración normal
- F_{at} Fuerza aceleración tangencial

$$\sum f_x: F = F_f + k * x + W_2$$

En esta sumatoria se tiene en cuenta el peso de la segunda pieza porque, debido a la fuerza de aceleración normal tiende a generar una fuerza en sentido contrario a la fuerza producida por la aceleración sobre el W1 (Peso 1).

$$\sum F_y: W = F_n$$

$$\sum F_z: F_{at} = 0$$

$$F = \mu F_n + K * x + W_2$$

Tomando el coeficiente de fricción estático (μ) entre el aluminio y el acero es de 0.74 encontramos la fuerza de fricción. Por lo tanto para calcular la fuerza total reemplazamos todos los valores en la siguiente ecuación:

$$F = 0.74 * (0.14185 * 9.8) + (1070.74 * 0.015) + (0.1009 * 9.8)$$

$$F = 18.0786N$$

$$F = w1 * \frac{v^2}{r}$$

$$F = 0.14185 * \frac{v^2}{0.015}$$

Despejando en la ecuación, se encuentra el valor de la velocidad:

$$v = \sqrt{\frac{18.07886 * 0.015}{0.14185}}$$

$$v = 1.91175 \frac{m}{s}$$

Obtenido el valor de la velocidad y considerando el radio en el que se encuentra W1 encontramos la velocidad angular:

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$\omega = \frac{1.91175}{0.015} = (127.4505 \text{ rvs}) * (60 \text{ s}) = 7647.032 \text{ rpm}$$

De acuerdo a este resultado y a la magnitud de los pesos de las piezas y las fuerzas que actúan sobre el mecanismo de corte, es necesario que el mecanismo gire a una velocidad mayor o igual a 7647.032 rpm.

4.3.2 Motor neumático.

Para hacer que el mecanismo de corte alcance la velocidad deseada hay que, implementar un motor que gire a elevadas revoluciones, para esto existen comercialmente varios tipos de motores, ya sean eléctricos o neumáticos que se acoplan de manera adecuada a esta aplicación. Los motores eléctricos necesitan un control un poco más complicado que el de un motor neumático, para uno eléctrico es necesario determinar su alimentación (alterna, o directa), la corriente que le consume al sistema.

Si se elige un motor eléctrico hay que desarrollar en el sistema de control, una etapa de potencia especializada, también se debe tener en cuenta que el uso continuo de estos motores puede generar desgaste interno, y calentamiento del motor. Por estas razones se escoge un motor neumático; debido a una serie de características y ventajas que son ideales para su implementación en el mecanismo de corte como:

- Servicio continuo sin limite
- Protección total contra explosiones
- No se calientan
- Insensible, al polvo, humedad, lluvia y todo tipo de ambiente inospito.
- Muy fácil y bajo mantenimiento
- Regulación de torque y velocidad sencilla
- Construcción compacta y liviana.¹²

Los motores neumáticos se aplican en múltiples áreas de la industria, aunque su aplicación más conocida es el de herramientas neumáticas, como taladros o

¹² Festo, Training neumático- neumática básica 2008.

pulidoras, por su gran versatilidad y funcionamiento. De acuerdo al análisis anterior y al número de revoluciones necesarias para hacer que el mecanismo de corte actúe se elige el siguiente motor neumático:

Empresa:	Ranger Quality Tools
Referencia:	1140-026
Tapa:	1/4"
Velocidad libre:	22.000 rpm
Consumo de aire promedio:	4 cmf (115 l/min)
Presión de operación:	6 bar
Tamaño de la entrada de aire:	1/4 "
Manguera de aire:	3/8" ID
Nivel de ruido de trabajo:	82.8 dB (A)
Nivel de ruido máximo:	93.8 dB (A) ¹³

Figura 53. Motor neumático de 1/4 "



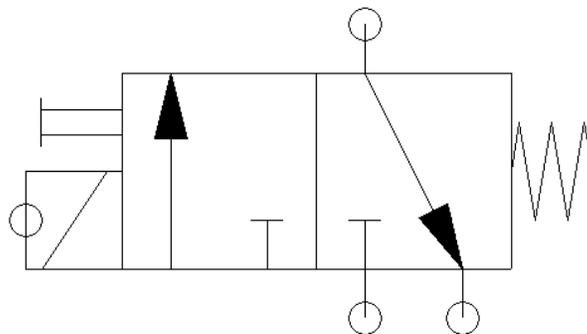
Fuente. <http://www.herramientasingersollrand.com/admin/galeria/I.R-307A.jpg>

¹³ Información suministrada por Ferricentro S.A.

Como toda herramienta neumática es necesario implementar un sistema de mando o control del fluido, por esta razón se determina la válvula adecuada; micro S.A. recomienda con respecto a las características del motor neumático el siguiente tipo de válvula.

Referencia	0.220.002.510/1
Tipo	Válvula 3/2 eléctrica, con actuador manual monoestable y retorno por resorte.
Montaje	Unitario, en uso múltiple mediante distribuidor de alimentación o base manifold.
Conexiones	De trabajo: G 1/8" - De pilotaje: M5x0,8
Temperatura ambiente	-5...50 °C
Temperatura del fluido	-10...60 °C
Fluido	Aire comprimido filtrado (se recomienda lubricación).
Caudal nominal	420 l/min
Frecuencia	24 Hz (con reacción neumática y 6 bar)
Materiales	Cuerpo de zamac, distribuidor de acero inoxidable, sellos de NBR.
Presión de trabajo	2,5...10 bar ¹⁴

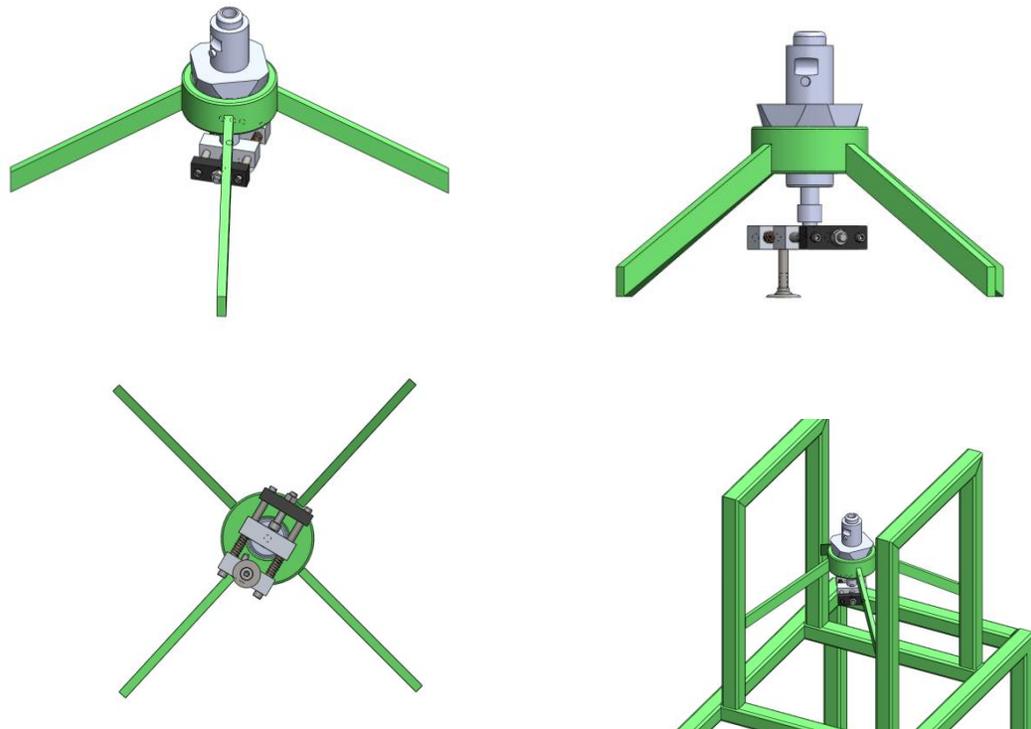
Figura 54. Símbolo de la válvula 0.220.002.510/1 de Micro S.A.



¹⁴ Información suministrada por Micro S.A.

Un problema que se generó en el momento de la construcción, es la vibración que genera el mecanismo de corte al momento de girar alrededor del frasco, pero esto se solucionó fácilmente diseñando un soporte con cuatro piezas soldadas a la estructura, el cual encaja una pieza sujeta al motor neumático, como se ve en la siguiente figura.

Figura 55. Soporte para el mecanismo de corte.



Para ver más detalles de este soporte, diríjase al diseño de la estructura.

4.3.3 Cilindro neumático.

El cilindro neumático cumple la función de subir y bajar el mecanismo de corte, cuando lo requiera el proceso de corte, por esta razón se implementó un cilindro

muy parecido a los del mecanismo de sujeción, solo con la diferencia en la carrera ya que es mucho menor, a ellos.

Referencia:	0.068.640.060
Tipo	Cilindro neumáticos compactos perfilados de doble efecto con imán incorporado en el pistón
Versión	Rosca macho
Norma	UNITOP RU-P7
Temperatura de trabajo	-30...80 °C
Fluido	Aire comprimido filtrado
Carrera	60mm
Interruptor magnético	Si
Materiales	Tubo de aluminio perfilado anodizado duro.
	Vástago de acero inoxidable.
	Tapas de aluminio.
	Sellos de poliuretano. ¹⁵

Para ver las dimensiones exactas de los cilindros diríjase al anexo A.

El consumo de aire de este tipo de cilindro es el siguiente:

$$Q = \left(\frac{\pi}{4}\right) * d^2 * c * n * P * N * 10^{-6}$$

$$Q = \left(\frac{\pi}{4}\right) * 40^2 * 60 * 5 * 7 * 2 * 10^{-6}$$

$$Q = 52.7787 \text{ NI/min}$$

¹⁵ Información suministrada por Micro S.A.

Determinación del tamaño de la válvula:

Caudal requerido:

$$Qr = 0,0028 \cdot \frac{d^2 \cdot C \cdot (p + 1,013)}{t}$$
$$Qr = 0,0028 \frac{4^2 * 6 * (6 + 1,013)}{1}$$
$$Qr = 1.8850 \text{ Nl/min}$$

Caudal nominal:

$$Qn = \frac{40,89 \cdot Qr}{\sqrt{\Delta p(p_e - \Delta p)}}$$
$$Qn = \frac{40,89 * 1.8850}{\sqrt{0.3(6 - 0.3)}}$$
$$Qn = 45.0746 \text{ Nl/min}$$

Micro S.A. recomienda por catalogo, válvulas direccionales de las serie VM15 1/8" con 5 vías 2 posiciones, mando eléctrico y reacción a resorte con las mismas características que tienen las válvulas del sistema de sujeción.

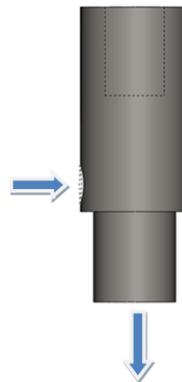
Para poder acoplar el motor neumático se fabricó una pieza en acero, que permite el acceso del aire al motor, debido a que el orificio que sirve para sujetar el motor también sirve para que ingrese el aire.

Figura 56. Acople entre el motor y el actuador.



Entonces este acople cuenta con un orificio horizontal de 1/4 de diámetro, y en los dos extremos verticales cuenta con una rosca hembra en donde entra perfectamente el actuador, y en el otro extremo cuenta con una rosca macho y hueca para permitir la entrada del fluido al motor.

Figura 57. Dirección del fluido de aire en el acople.



4.4 SISTEMA NEUMATICO.

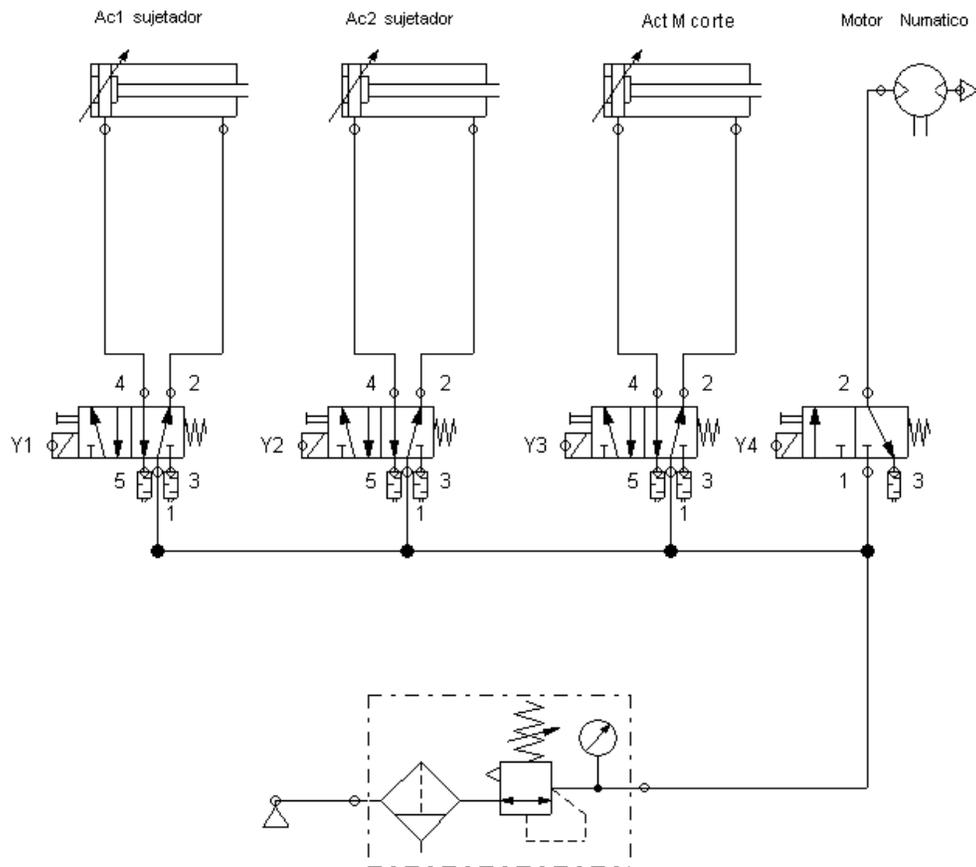
Debido a que el sistema de sujeción, y el sistema de corte utilizan, elementos neumáticos es necesario implementar todos estos componentes en un sistema neumático general, con su respectiva unidad de mantenimiento, con filtro, regulador y lubricador que permiten el correcto funcionamiento de los dispositivos neumáticos, prolongando su vida útil.

Micro S.A. recomienda por catálogo una unidad de mantenimiento con filtro regulador más lubricador (FR+L) de la serie QBS1; con las siguientes características:

Tipo:	Unidad FRL de tratamiento del aire, Filtro-regulador mas lubricador, con cuerpos metálicos, protecciones de vasos plásticos, desarme a bayoneta y bloqueo re de regulador.
Posición de trabajo:	Vertical, con los vasos hacia abajo.
Temperaturas:	Max. 60°C.
Poder filtrante :	40 μ .
Presión de trabajo:	0...10 bar.
Drenaje condensados:	Manual.
Conexiones:	G ¼".
Capacidad condensados:	25 cm ³ .
Capacidad de aceite:	38 cm ³ .
Aceites recomendados:	Iso VG 32- SAE 10.
Manómetro :	Ø 40 mm, 1/8". ¹⁶

Figura 58. Circuito neumático.

¹⁶ Información suministrada por Micro S.A.



En la figura anterior, el circuito neumático alimenta los tres actuadores, el motor neumático, las válvulas y su unidad de mantenimiento; como se puede observar en los anexos las válvulas suministradas por Micro S.A. tienen exteriormente el mismo tamaño y poseen, la cualidad de acoplarse a una base manifold, debido a que este tipo de base facilita el montaje y distribuye de manera uniforme el fluido que vienen de la unidad de mantenimiento hacia las válvulas, la referencia de la base suministrada por micro es 0.200.000.504. se pueden ver las dimensiones de la unidad de mantenimiento y de la base manifold en el anexo A.

Figura 59. Unidad FRL y válvulas acopladas a la base maníflod.



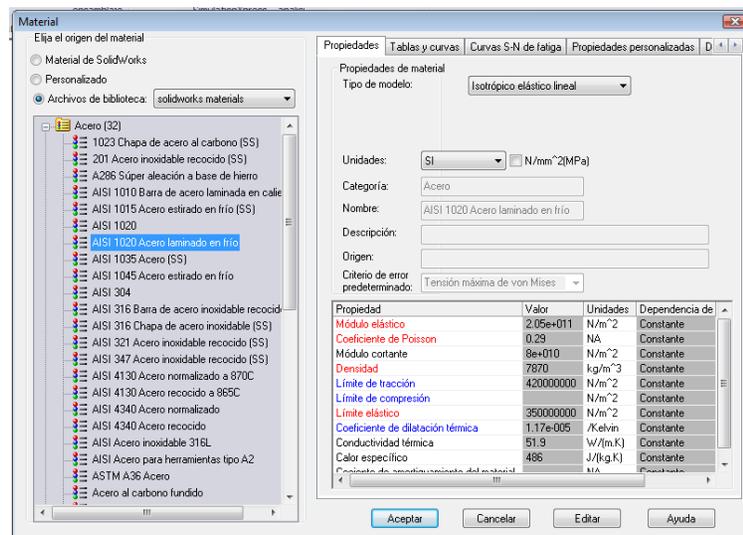
4.5 ESTRUCTURA.

Para el diseño de la estructura que se encarga de soportar todos los mecanismos que componen la máquina, se analizó las funciones que cumple cada uno de los miembros estructurales y de acuerdo esto se decidió analizar por separado el soporte del mecanismo de corte y la estructura general de la máquina. Entonces se analiza como primera medida el soporte del mecanismo de corte.

4.5.1 Soporte para el mecanismo de corte:

Este soporte se diseño para que el mecanismo de corte quedara completamente fijo y evitara la vibración generada por él. Por ende el material en el que fue construido, es de acero Aisi 1020 laminado en frio (cold rolled), pues debido a su economía y facilidad para su manufactura es la mejor opción en cuanto al material.

Figura 60. Propiedades del acero 1020 laminado en frio



Fuente. Solidworks Simulation 2009

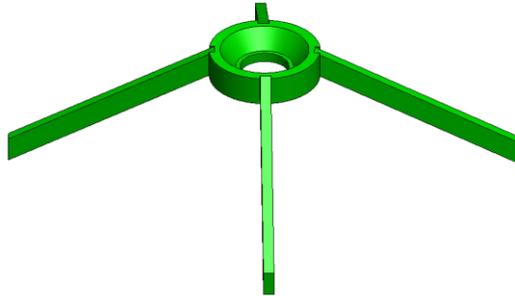
Entonces la fuerza resultante que actúa sobre la superficie de contacto está compuesta por la fuerza que genera el cilindro neumático más el peso del mecanismo de corte, el motor neumático y su respectivo acople.

F= Fuerza del cilindro del sistema de corte + Peso de el sistema de corte

$$F = 753,6 \text{ N} + (3,8\text{kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 790,84 \text{ N}$$

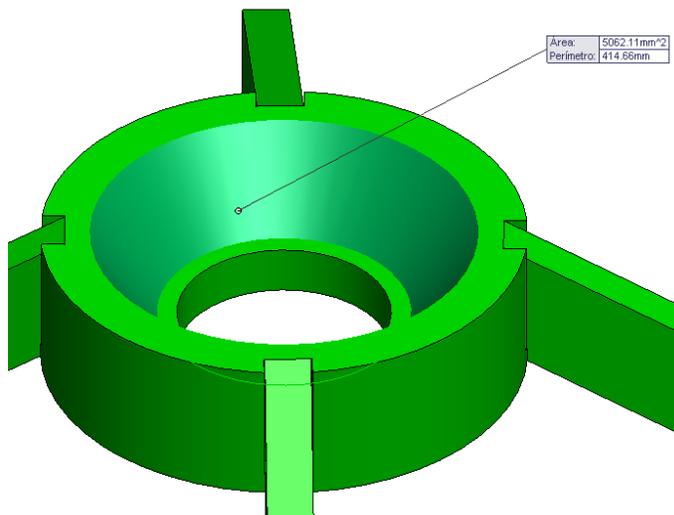
Figura 61. Soporte para el mecanismo



La fuerza anterior se aplica sobre un área de manera uniforme, es decir no de manera puntual se tiene que dividir por el área de contacto para que genere una presión sobre el soporte.

$$P = \frac{F}{A}$$
$$P = \frac{790,84 \text{ N}}{5062,11 \text{ mm}^2}$$
$$P = 0,1562273 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

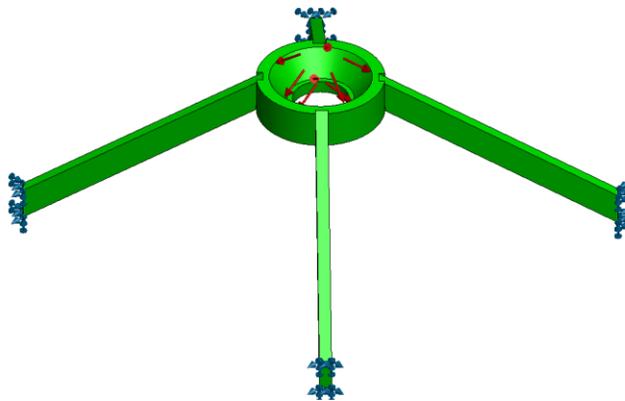
Figura 62. Área de contacto.



El método para analizar este sujetador es por análisis de elementos finitos (FEA) debido a que su geometría es bastante particular y su grado de complejidad es alto; entonces se procede a su análisis por medio del programa de elementos finitos Solid-Works Simulation versión 2009.

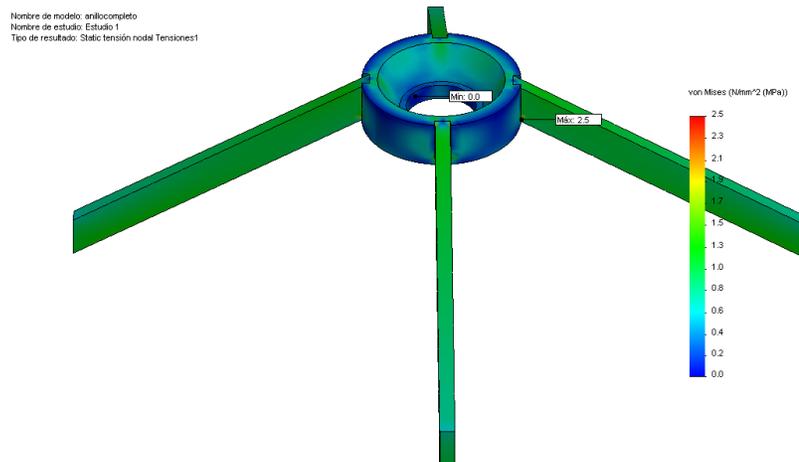
Entonces se aplica la carga sobre la superficie de contacto y las restricciones en cada una de las caras que se encuentran soldadas a la estructura. En la siguiente figura se puede observar las restricciones de color azul y la carga en Pascales de color rojo.

Figura 63. Carga y restricciones del soporte del mecanismo.



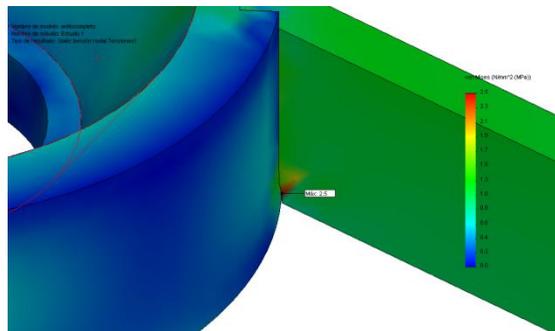
Se procede a realizar en análisis por computadora obteniendo los siguientes resultados de tensión de Von mises y desplazamiento.

Figura 64. Tensión de Von mises (Mpa).



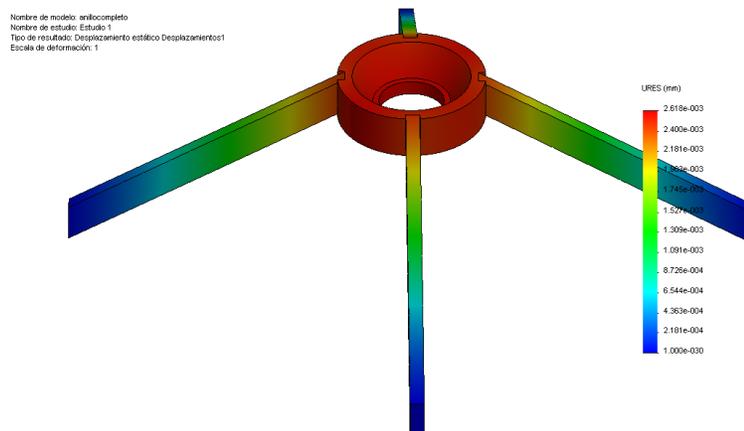
Como se puede observar en la anterior figura, los esfuerzos de von mises en el sujetador son bastante pequeños entre 0 y 2.5 Mpa, algo que no afecta en nada la estructura debido a que el límite elástico del material es de 205 MPa, donde las concentraciones más altas de esfuerzos se encuentran en las uniones inferiores entre el paral y el anillo como se observa en la siguiente figura, debido al cambio de forma que presenta la geometría del sujetador.

Figura 65. Ubicación del Esfuerzo máximo.



Con respecto a los desplazamientos del sujetador, son muy pequeños entre 0 y $2,6e^{-3}$ mm deformación que no afecta de ninguna forma el buen funcionamiento y no interfiere con ningún movimiento o sistema de la máquina.

Figura 66. Desplazamientos (mm).



Ya ejecutado el análisis se procede a determinar las fuerzas resultantes en cada uno de los paraleles para así poder escoger la soldadura más adecuada. Pero antes del diseño como tal de los paraleles en diagonal se tuvo en cuenta los paraleles horizontalmente y se validó por elementos finitos y se encontró que se genera una tensión mucho mayor y una deformación también más grande.

Figura 67. Diseño del sujetador con los paraleles horizontales.

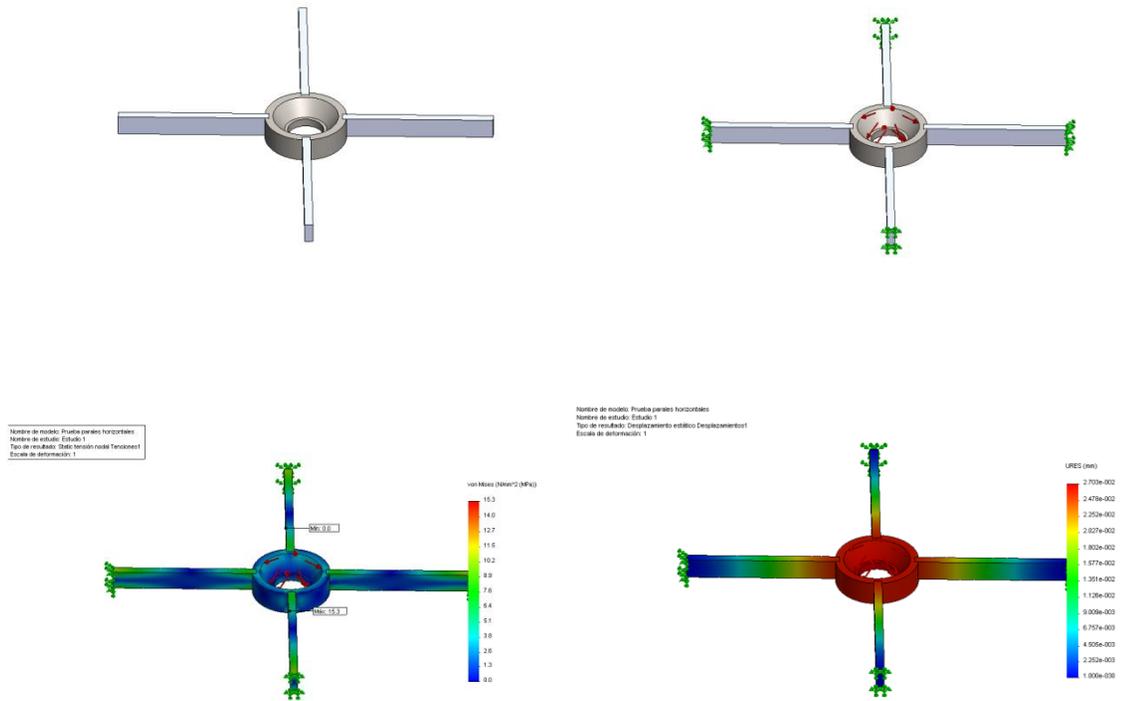
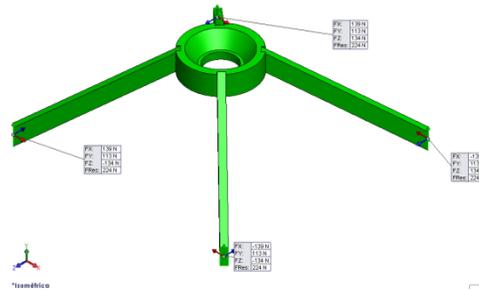


Figura 68. Fuerzas de reacción en los paraleles.



Como se puede observar en la figura anterior las fuerzas de reacción son exactamente iguales en magnitud en los cuatro pares, solo cambian en su dirección.

$$F_x = 139 \text{ N}$$

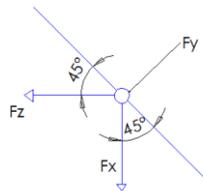
$$F_y = 113 \text{ N}$$

$$F_z = 134 \text{ N}$$

$$F = 224 \text{ N}$$

Analizando el cordón de soldadura sometido a un esfuerzo cortante debido a que el elemento de unión está sometido a compresión, como primera medida se realiza una descomposición de fuerzas en el plano de la cara a soldar.

Figura 69. Fuerzas que actúan sobre la cara a soldar.



Descomponiendo las fuerzas F_x y F_z , se determina la fuerza resultante en la cara plana.

$$F_x = \cos 45^\circ * 139 \text{ N}$$

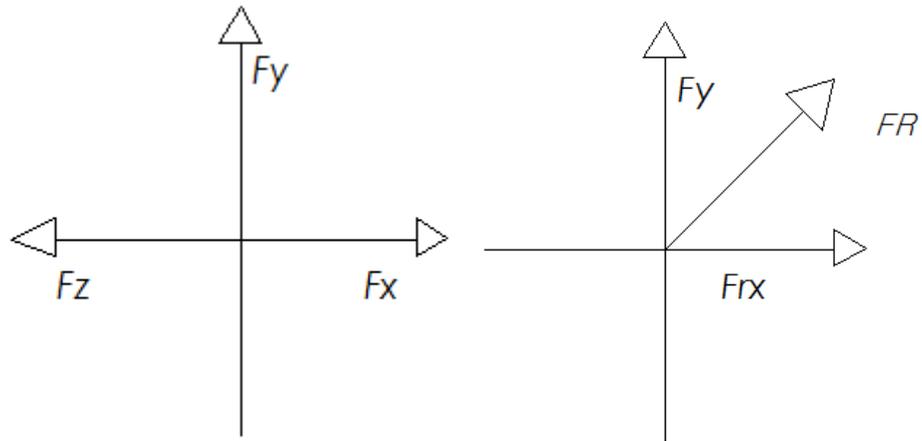
$$F_x = 98,2878 \text{ N}$$

$$F_z = \cos 45^\circ * 134 \text{ N}$$

$$F_z = 94,7523 \text{ N}$$

Restando las dos componentes debido a que se encuentran en un mismo eje pero con diferente sentido se obtiene una fuerza resultante.

Figura 70. Descomposición de fuerzas.



$$\begin{aligned} Frx &= FX - FZ \\ Frx &= 98,2878N - 94,7523 N \\ Frx &= 3.534601 N \end{aligned}$$

Con el dato anterior se determina la magnitud de la fuerza resultante que se encuentra a cortante en el plano de la cara.

$$\begin{aligned} FR &= \sqrt{Fy^2 + Frx^2} \\ FR &= \sqrt{113N^2 + 3.53N^2} \\ FR &= 113.055N \end{aligned}$$

Por consiguiente se define el área de la pieza soldada según las dimensiones de la cara y las dimensiones del electrodo, para este caso se diseño con base en el electrodo E6010 porque es el más económico y común en la industria colombiana. Para este electrodo existen varios tipos de tamaños que se pueden observar en la siguiente figura.

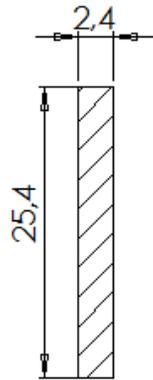
Fuente 71. Propiedades del electrodo E6010.

Diámetro pulg.	Electrodo mm.	Longitud pulg.	Electrodo mm.	Amperaje		Electrodos x kg. aprox.
				min.	máx.	
3/32	2,4	12	300	60	90	75
1/8	3,2	14	350	80	110	35
5/32	4,0	14	350	110	160	24
3/16	4,8	14	350	150	200	17

Fuente <http://www.scribd.com/doc/492507/manual-soldadura>

El electrodo de 3/32" es el más pequeño y para una fuerza cortante tan mínima como la de 113 N es más que suficiente.

Figura 72. Área del electrodo.



$$A = (25,4 \text{ mm} * 2,4 \text{ mm}) * 2$$

$$A = 121,92 \text{ mm}^2$$

$$A = 0.707 * 6 * (2 * 2.4 + 25.4) * \frac{1 \text{ m}^2}{1000^2 \text{ mm}^2} = 0.517184 \text{ m}^2$$

Se multiplica por dos debido a que hay que tener en cuenta el área de las dos caras del par, y así se determina el esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{113 \text{ N}}{0.517184 \text{ m}^2} = 218.49 \text{ Pa}$$

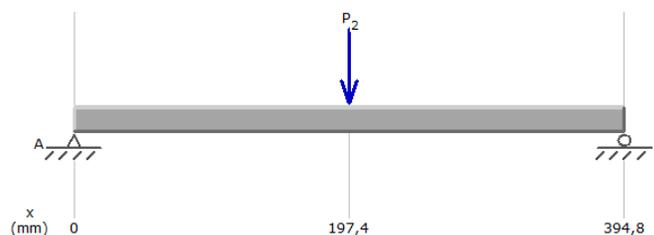
Este esfuerzo cortante se debe comparar con el esfuerzo de fluencia del electrodo que es de 441 MPa¹⁷; Pero según la norma AWS (American Welding Society) el esfuerzo del electrodo se debe dividir en 2 para obtener la resistencia de la soldadura a cortante y además reducirlo en un 30% debido a los efectos térmicos y de combinación del material con la base del electrodo, es decir se debe comparar con un esfuerzo de 154.35 MPa¹⁸.

Por lo anterior al comparar el esfuerzo de $0,874613 * 10^6 Pa$ que genera la fuerza cortante en el elemento soldado y el esfuerzo de fluencia de 154.35 MPa para el electrodo se puede concluir que es muy pequeño en comparación a la resistencia del electrodo.

4.5.2 Diseño de la platina superior del mecanismo de corte.

Se empieza por determinar el perfil requerido para la platina superior, para que soporte la carga de 76.44N generada por todo el mecanismo de corte.

Figura 73. Reacciones en las juntas de la platina



$$\sum F_y = 74N - R_a - R_b = 0$$

$$74N = R_a + R_b$$

¹⁷ <http://www.scribd.com/doc/492507/manual-soldadura>

¹⁸ http://www.engineersedge.com/weld/coefficient_weld.htm

$$\sum M_a = 74N (197.5) - R_b (394.8)$$

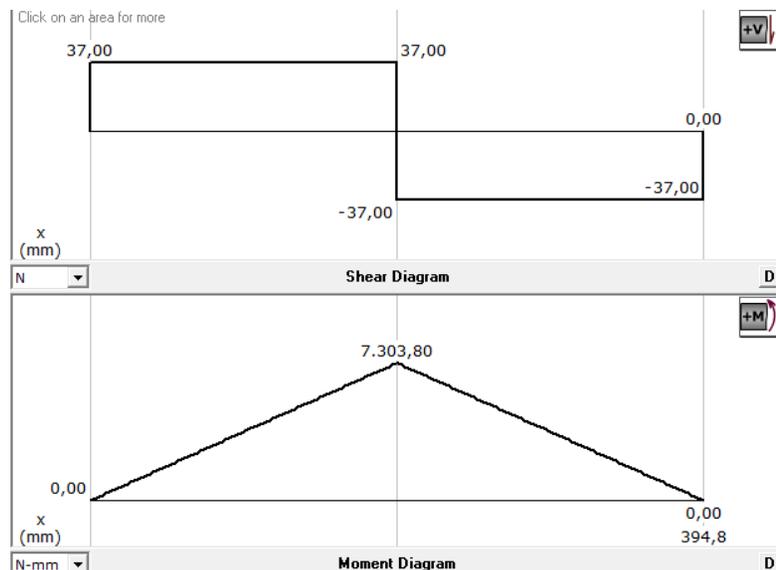
$$R_b = 37N$$

$$R_a = 74N - 37N$$

$$R_a = 37N$$

Por lo anterior se puede dibujar los diagramas de fuerza cortante y momento flector.

Figura 74. Diagrama de fuerza cortante y momento flector.



$$R_a - V_1 = 0, \quad R_a = V_1$$

$$(-R_a * x) + M_1 = 0, \quad M_1 = R_a * x$$

$$R_a - V_2 - P = 0, \quad V_2 = -37$$

$$(-R_a * x) + P * (x - 197.4) + M_2 = 0, \quad M_2 = (R_a * x) - (P) * (x - 197.4)$$

$$M_{\max.} = M_2(197.4) = 7303.8 \text{ N} * \text{mm} * \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} = 7,3038 \text{ N m}$$

Entonces ya determinado el momento máximo y escogiendo el material acero 1020 laminado en frio y un esfuerzo de fluencia de $\sigma_y = 205 \text{ MP}$

$$\sigma_{\text{Max.}} = \frac{\sigma_y}{1.5} = 136.6 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad que se escogió para el diseño de la platina es de 1.5.

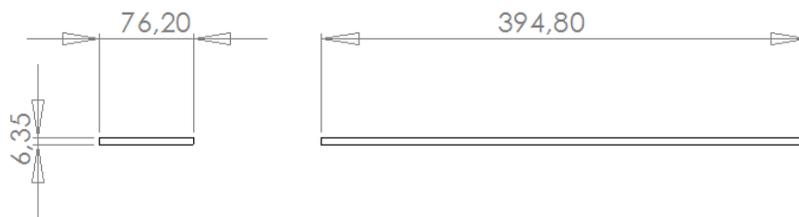
$$\sigma_y = \frac{M \cdot C}{I}, \quad S_y = \frac{I}{C}$$

$$S_y = \frac{M}{\sigma_{\text{Max.}}}$$

$$S_y = 5.34407 \cdot 10^{-8} \text{m}^3$$

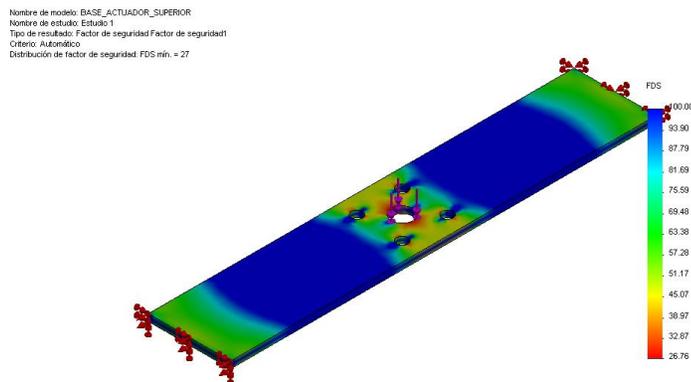
Al encontrar un modulo elástico tan pequeño ningún perfil comercial se acomoda a las de este resultado por ende se opta determinar el perfil de la platina, por las dimensiones y características de construcción que requiera.

Figura 75. Perfil para la platina del sistema de corte.



Al determinar el perfil de la platina por este criterio el factor de seguridad se eleva considerablemente indicando que la pieza es sobredimensionada, pero aun asi cumple la función de sostener el mecanismo de corte.

Figura 76. Factor de seguridad de la platina del mecanismo de corte.

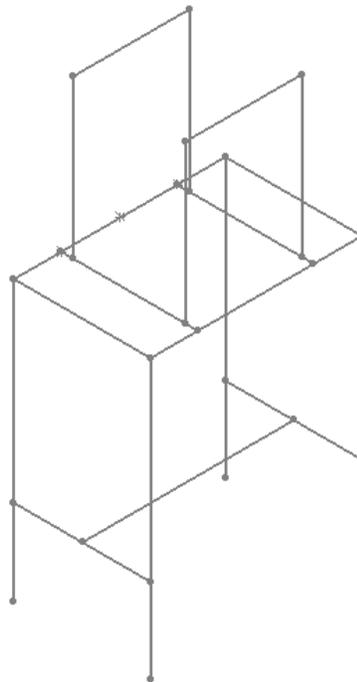


4.5.3 Estructura general.

Como primera medida para el diseño de la estructura hay que tener en cuenta las dimensiones anteriormente descritas, de los sistemas de sujeción y corte y las medidas de la máquina sopladora para poder empezar a trazar las que debe tener la máquina.

Se empieza a diseñar un croquis en tres dimensiones de la máquina teniendo en cuenta las dimensiones, para luego poder dibujar el marco estructural con un perfil que cumpla con todos los requerimientos necesarios.

Figura 77. Croquis en tres dimensiones de la estructura de la máquina.

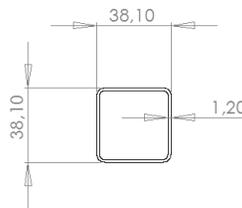


Desde el momento en que se identificaron las fuerzas que incidían en la máquina se puede concluir que son muy pequeñas, desde el mismo peso del mecanismo de corte, hasta la fuerza que este ejerce sobre el sujetador; por esta razón se escoge el perfil de una manera un poco mas metodológica es decir pensando en

la facilidad en la construcción, la estética y la economía, pero validando el diseño por medio de un software de elementos finitos.

Se tuvieron en cuenta diversos tipos de perfiles pero el que mejor se acomodo a las necesidades fue perfil cuadrado de 1 ½" x 1 ½" calibre 18 es decir 1.20 mm de espesor, en acero 1020 laminado en frio.

Figura 78. Perfil cuadrado.

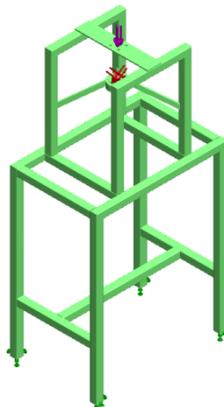


Por lo anterior se procede a validar la estructura por medio del análisis de elementos finitos con el programa Solid-works Simulation. Entonces se aplica el peso del mecanismo de corte en la platina superior (flechas moradas), y la fuerza transformada en presión en el sujetador del mecanismo de corte (flechas rojas) y las restricciones en la parte inferior de la estructura.

$$\text{Peso de el mecanismo de corte} = (7.8 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2) = 76.44 \text{ N}$$

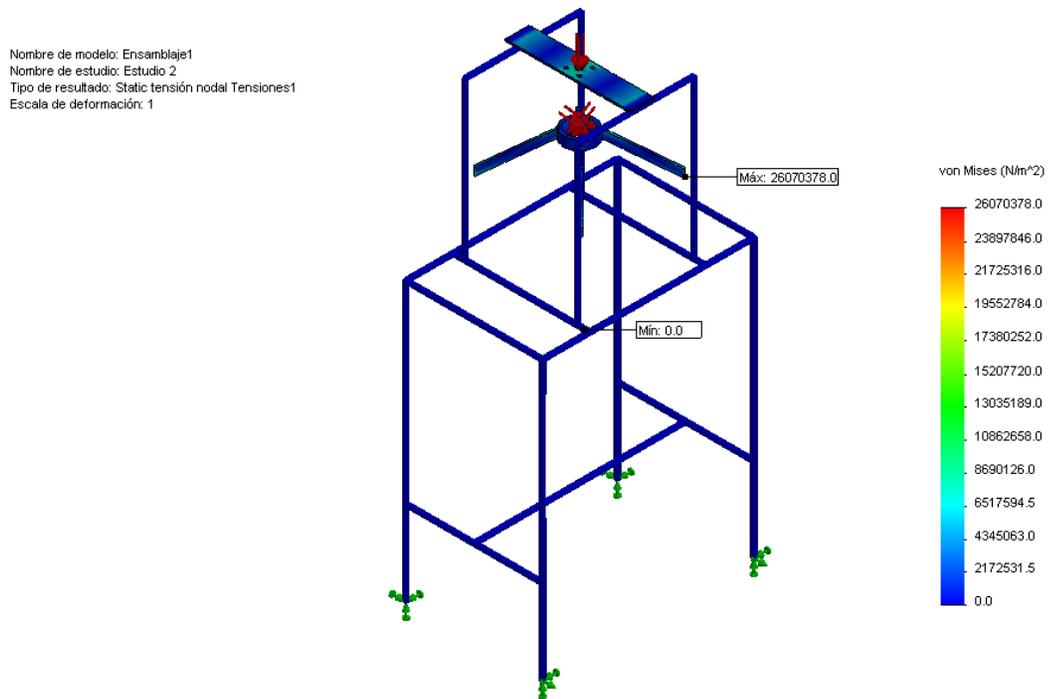
$$\text{Fuerza que genera el cilindro del mecanismo} = 790,84 \text{ N}$$

Figura 79. Distribución de fuerza y restricciones en la estructura.



Como se puede observar, la fuerza en el sujetador no cambia de magnitud y la fuerza en la platina superior es el peso de todo el mecanismo de corte contando con el cilindro neumático. Para poder realizar el análisis correctamente es necesario identificar los contactos de unión rígida en las caras que se encuentran adheridas al miembro estructural, ya que el programa identifica los miembros estructurales y los simplifica a un perfil más sencillo y los miembros sólidos, se analizan común y corriente pero hay que identificar este tipo de contactos siempre al analizar un miembro estructural y un elemento sólido. Entonces se procede a ejecutar el análisis.

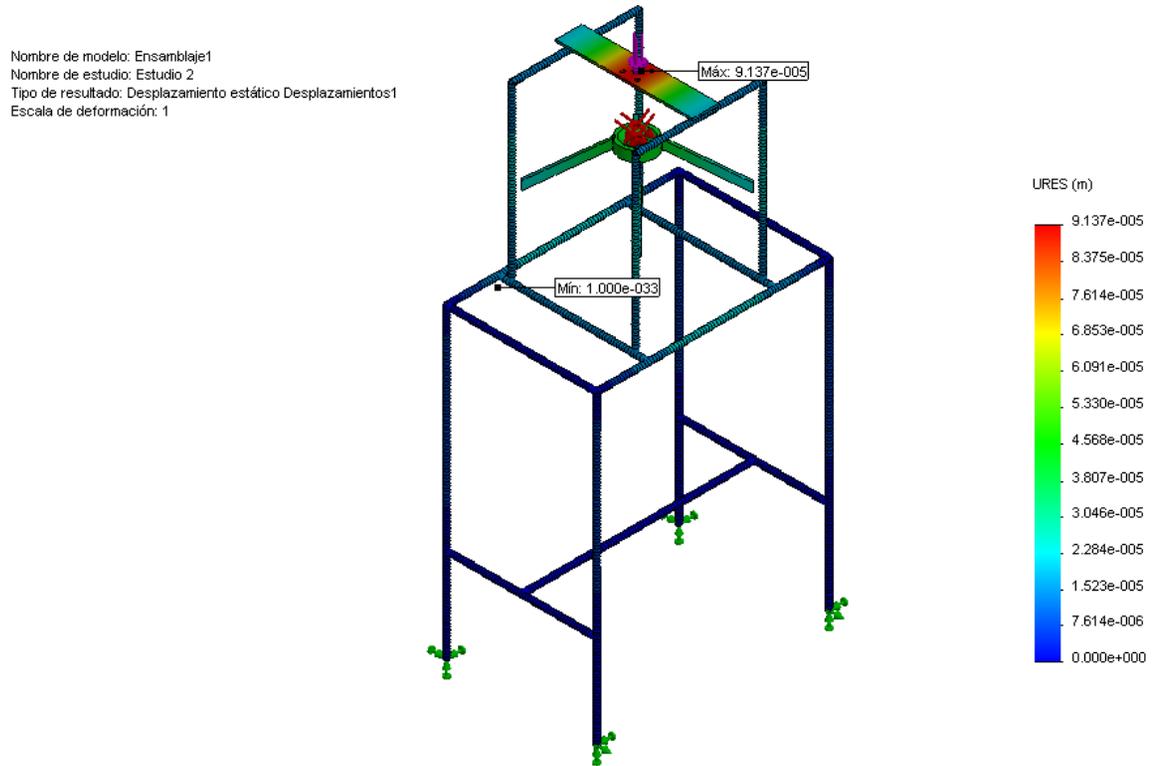
Figura 80. Tensiones de von mises.



De acuerdo a la figura anterior se puede observar que los esfuerzos máximos están concentrados en el soporte del mecanismo de corte y en la platina superior, caso contrario de los demás miembros de la estructura en los cuales el esfuerzo al que está sometido es muy bajo y de por si casi nulo. En cuanto a la deformación se puede observar en la siguiente figura que se concentra en la platina superior,

pero el valor máximo de su deformación es de alrededor de 0.09137 mm y no afecta en ningún momento el buen funcionamiento de la máquina.

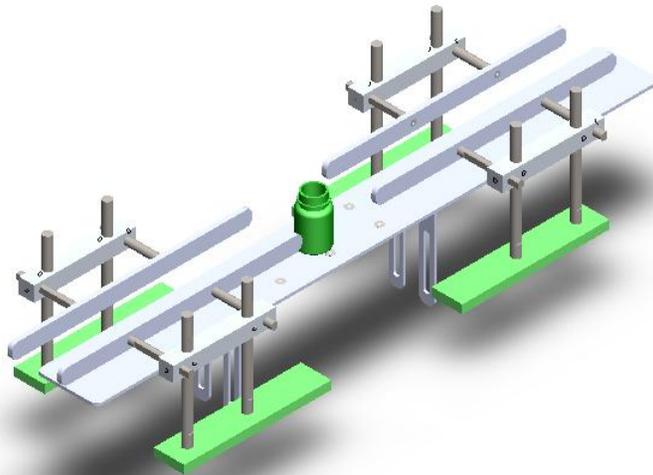
Figura 81. Deformaciones.



4.5.4 Sistema de guiado para los frascos.

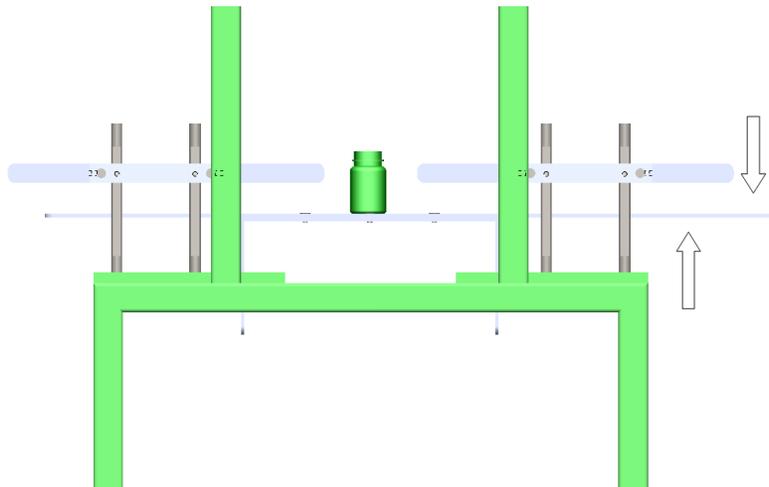
Para poder guiar la línea de los frascos de manera ordenada se implementó un sistema en el que los frascos son dirigidos al área de sujeción y corte en fila ordenada. Además de poderse acoplar rápidamente a las dimensiones de los diferentes tipos de frascos.

Figura 82. Sistema para dirigir los frascos.



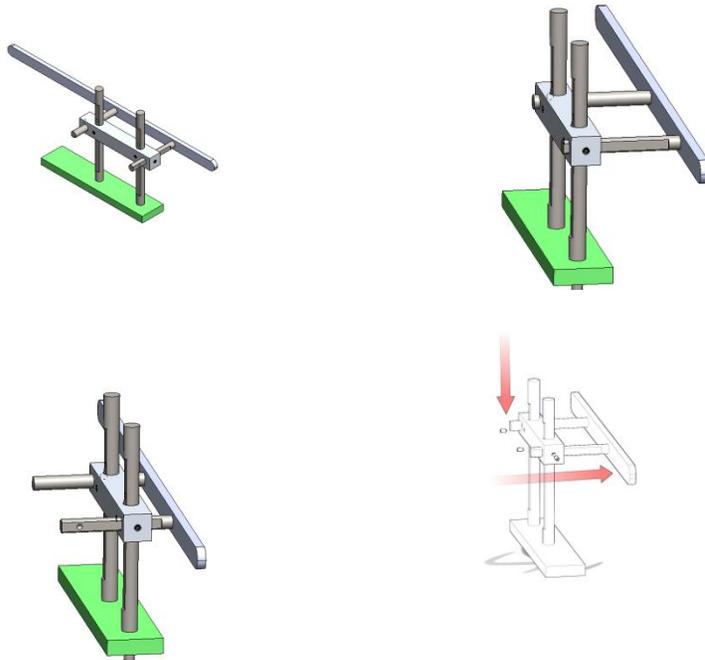
Como se puede ver en la figura anterior los frascos se encuentran sobre una base en aluminio capaz de mantenerlos nivelados y a la altura que se desea, para su respectivo corte. Por eso cuenta con unas canales en la parte inferior para poder subir y bajar la base cuando sea requerido.

Figura 83. Base por donde se soportan los frascos.



Los soportes laterales cuenta con la posibilidad de variar en altura y ancho las platinas que guían los frascos por la base, estas platinas permiten que el frasco llegue al área de corte completamente alineado y en perfectas condiciones.

Figura 84. Sistema para guiar los frascos.



Como se puede observar en la figura anterior este sistema permite graduar la altura y el ancho para que la máquina se pueda acomodar a los distintos tamaños de frascos.

4.6 SISTEMA DE CONTROL.

Este sistema permite controlar de manera automática, todas las funciones de la máquina, usando elementos de control, como lo son el PLC, y el micro controlador, además de sensores que detecten el frasco, y así determinar el momento en el que la maquina debe de retirar la rebaba. Para esta elección es necesario realizar un diagrama de proceso con los elementos neumáticos.

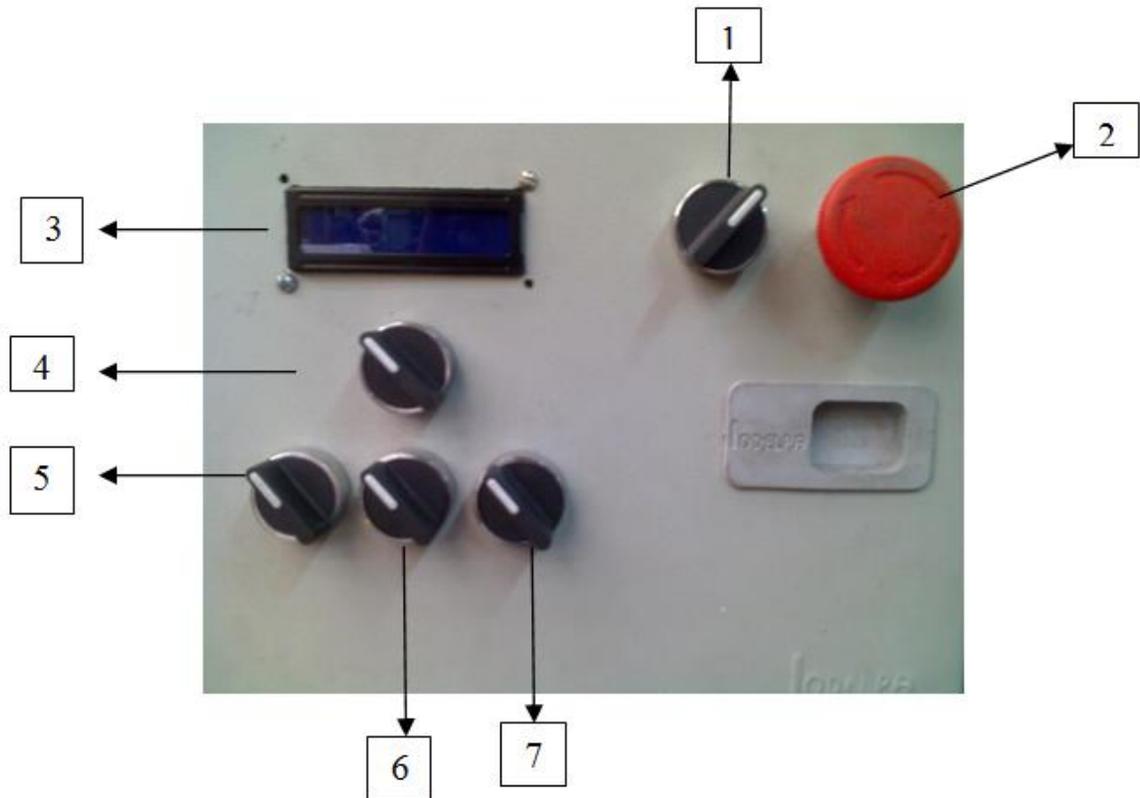
Figura 85. Diagrama de proceso.



El controlador debe ser capaz de coordinar cada uno de estos movimientos, junto con los elementos esenciales que componen un control de una máquina, como un start y un paro de emergencia. Como la maquina debe ser modificada para poder implementar cada uno de los diferentes tamaños de frascos, entonces debe tener un modo manual y un modo automático que será implementado en tablero de control.

El modo manual es aquel que usa el operario para, acomodar la máquina a las dimensiones de los frascos. Por eso cuenta con un selector independiente para cada movimiento.

Figura 86. Tablero de control.



- 1) Start.
- 2) Paro de emergencia.
- 3) Pantalla LCD.
- 4) Selector de modo manual o automático.
- 5) Selector de cierre o apertura de las mordazas.
- 6) Selector para subir o bajar el motor neumático.
- 7) Selector para el accionamiento del motor neumático.

4.6.1 Controlador.

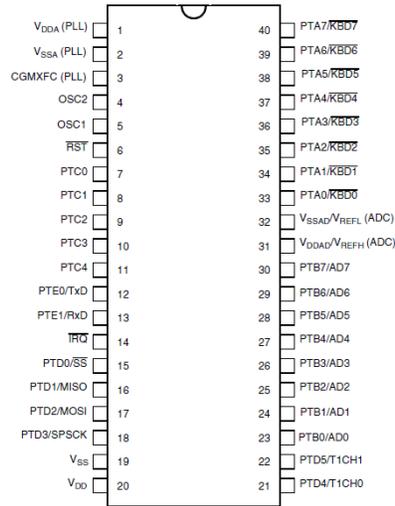
Un PLC es el controlador más sencillo de implementar con respecto a esta aplicación, pero el más costoso, en cambio el micro controlador además de cumplir con los requerimientos del proyecto, es bastante económico y solo hay que acoplarle las etapas de potencia, necesarias para activar los solenoides de las válvulas, ya que estas trabajan a 24v DC y el micro controlador a 5v DC.

Analizando los requerimientos del proyecto en cuanto al número de entradas y de salidas, así como de programación, robustez y facilidad de implementación se escoge el micro controlador MC68HC908GP32 de la empresa freescale, porque cuenta con todos los módulos necesarios para la aplicación y cuenta con todas las entradas y salidas necesarias. A continuación algunas características importantes:

- Detección de bajo voltaje con reset opcional y selección de voltaje de 3.0V y 5.0V de operación.
- RAM dentro del chip de 512 bytes.
- 33 pines de entradas/salidas de uso general, incluyendo 26 pines de función entrada/salida compartidas 5 o 7 pines de entrada/salida dedicados.
- Alta corriente 10 mA de drenado/alimentación compatible con todos los puertos.
- Corriente más alta de 15 mA de drenado/alimentación compatible en PTC0-PTC4.
- Puerto para teclado de 8 bits.¹⁹

¹⁹ <http://arantxa.ii.uam.es/~gdrivera/robotica/hc08/mc68hc908gp32.pdf>

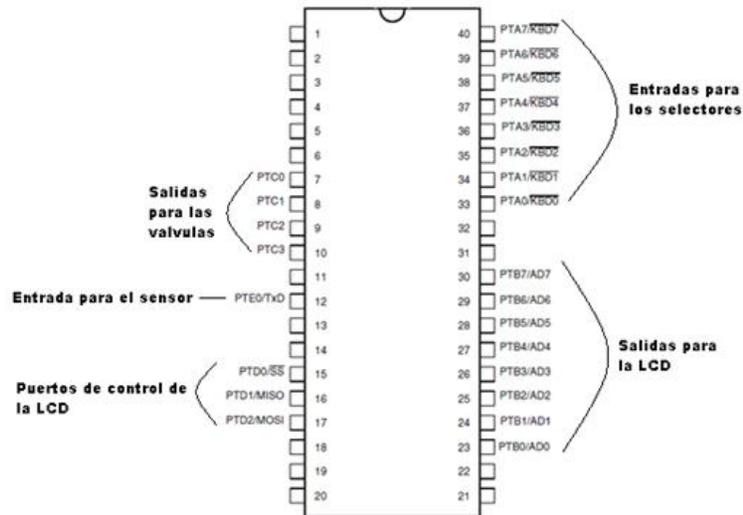
Figura 87. Micro controlador MC68HC908GP32.



Fuente. www.freescale.com/moto_mc68hc90gp32_pdf.html.

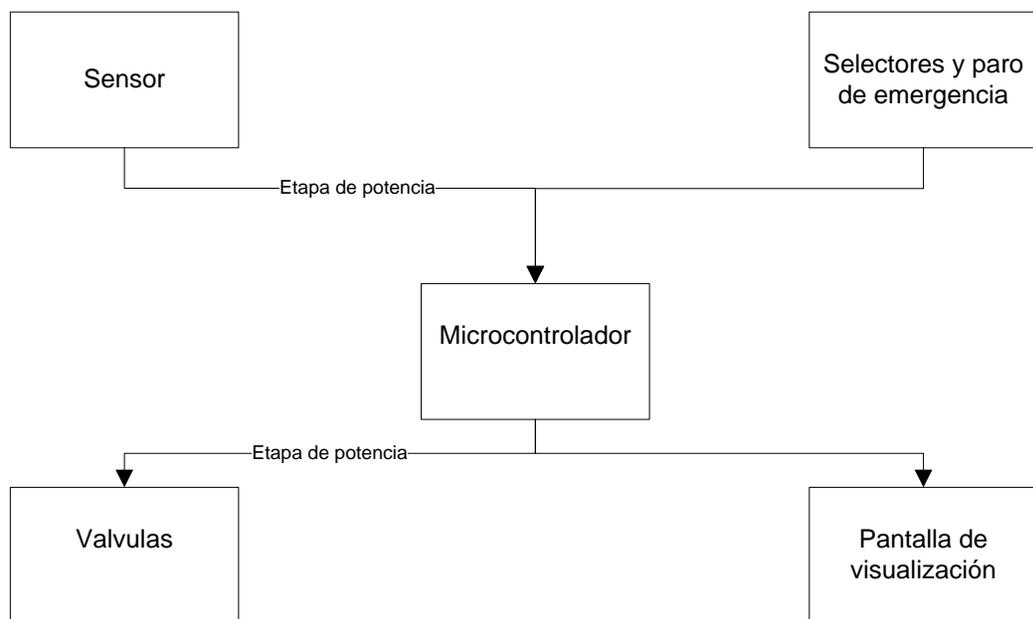
En la siguiente figura se puede observar el esquema de las entradas y de las salidas, para las válvulas, el sensor, los selectores y la pantalla LCD. En este caso se escogieron los pines del puerto C como salidas para las válvulas, debido a que este puerto maneja un nivel mas de corriente que los otros puertos.

Figura 88. Configuración de puertos del micro controlador.



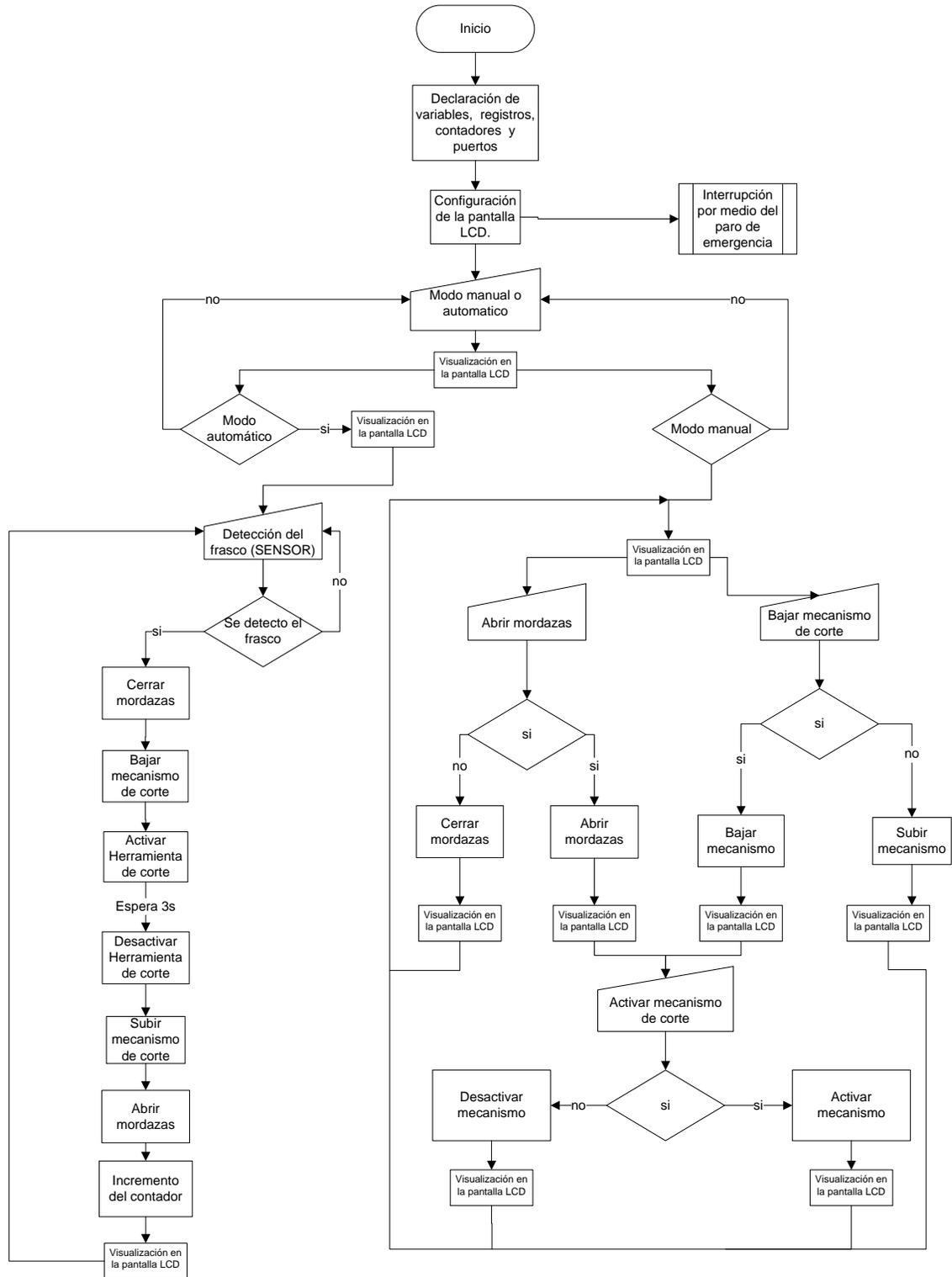
Este micro controlador, se puede programar en lenguaje de máquina (assembler), o en un lenguaje de alto nivel como puede ser C o C++ dependiendo de la habilidad del programador. Para este caso la programación se hizo por medio de assembler, compilando el programa en win-ide. Teniendo como base el siguiente diagrama de flujo general del sistema de control.

Figura 89. Esquema del sistema de control



El programa del micro controlador se diseñó con base en el siguiente diagrama de flujo. El código del programa en assembler se puede observar en anexo B.

Figura 90. Diagrama de flujo del programa.



4.6.2 Sensor.

Para la selección del sensor se tuvo en cuenta la distancia ideal para que sean sensados los frascos, pues un sensor capacitivo detecta perfectamente el PVC, pero con la desventaja de tener una distancia bastante reducida (0.8-1.5 cm en promedio), en cambio, los sensores fotoeléctricos auto-réflex, permiten distancias desde 10cm hasta 1m dependiendo del tipo de las propiedades del material. Para detectar los frascos solo es necesario ubicar el sensor a una distancia de 10 cm. Por esta razón se selecciono el siguiente sensor.

Marca :	Autonics
Referencia:	BR100DDT
Distancia de Detección:	100 mm
Detección:	Materiales Opacos, Transparentes, Translucidos
Salida de control:	NPN
Sensibilidad:	Ajustable
Modo de operación :	Luz / Sombra
Alimentación :	24 Vcd ²⁰

Figura 91. Sensor acoplado a la máquina



²⁰ Información suministrada por eléctricas Bogotá www.electricasbogota.com.

Las especificaciones técnicas del sensor se pueden observar con detalle en el anexo C.

La señal que envía el sensor cuando detecta el frasco es de 24 v DC; para que el micro sea capaz de recibir la señal sin ningún problema, hay que reducir el voltaje alrededor de 5 v DC, el método usado para esto fue el de un divisor de voltaje.

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_{in}$$

$$R_2 = \frac{R_1}{\frac{V_{in}}{V_{out}} - 1}$$

$$R_2 = \frac{47k\Omega}{\frac{24v}{5v} - 1}$$

$$R_2 = 12368,42\Omega$$

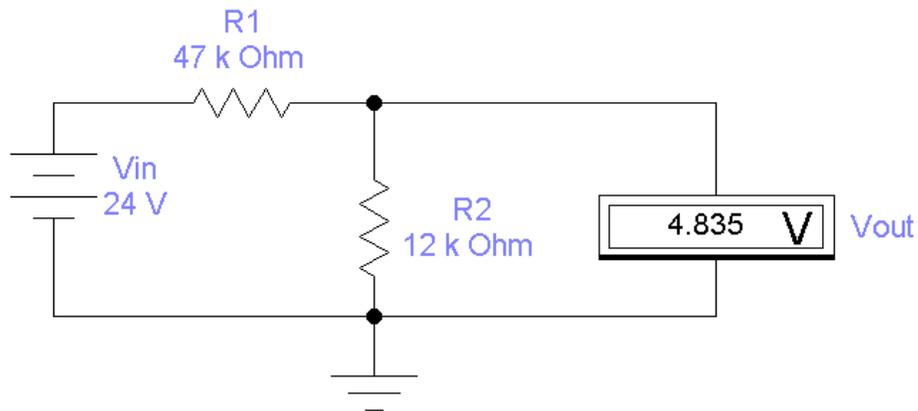
V_{out}= 5v

V_{in}= 24v

R₁= 47 k Ω

R₂= 12368.42Ω≈12 k Ω

Figura 92. Divisor de voltaje para el sensor.



4.6.3 Etapa de potencia para las válvulas.

La etapa de potencia para las válvulas es un poco más complicada, debido a que hay que tener en cuenta las características técnicas de los solenoides, que activan cada una de ellas.

Referencia:	0.200.000.112
Tipo:	Solenoides para electroválvula ancho 22mm
Presión de trabajo:	0.5-10 bar
Diámetro de pasaje:	1,1mm
Fluido:	aire comprimido o gases neutros
Variación de tensión:	+/-10%
Variación de frecuencia:	+/-10%
Protección:	IP 65
Temperatura ambiente:	Max 50°C
Temperatura de aire:	-10... 60°C
Tiempo de respuesta:	Aprox.10 ms
Tensión:	24 Vcc
Potencia:	4 w ²¹

La corriente que consume cada uno de los solenoides es:

$$I = \frac{W}{v}$$

$$I = \frac{4w}{24v}$$

$$I = 166.6 \text{ mA}$$

²¹ Información suministrada por Micro S.A.

Existen muchas maneras de acoplar las válvulas al micro controlador, por medio de transistores, relays o integrados especiales. El integrado L293, es muy usado en robótica para controlar micro motores, en un sentido o dos, obedeciendo las señales que provienen del controlador. Este integrado es capaz de controlar dos motores con inversión de giro o cuatro en un solo sentido.

Figura 93. Integrado L293E.

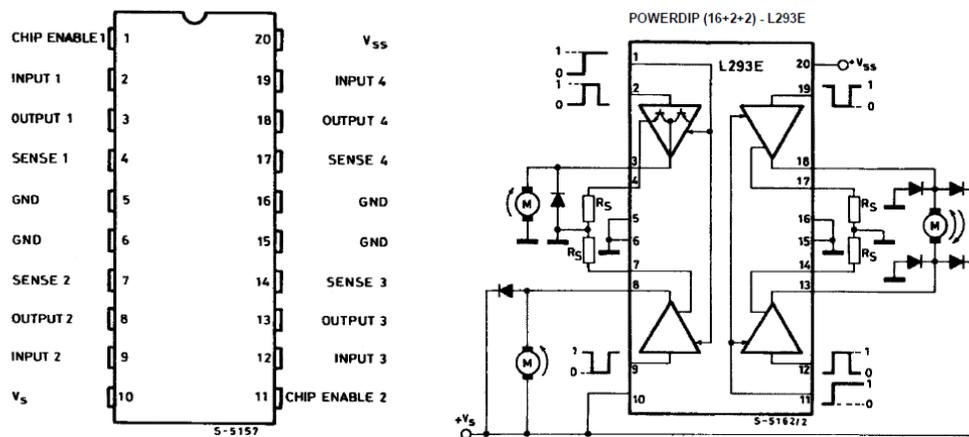


Figura 94. Especificaciones principales del integrado.

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_s	Supply Voltage	36	V
V_{ss}	Logic Supply Voltage	36	V
V_i	Input Voltage	7	V
V_{inh}	Inhibit Voltage	7	V
I_{out}	Peak Output Current (non repetitive t = 5ms)	2	A
P_{tot}	Total Power Dissipation at $T_{ground-pins} = 80^\circ\text{C}$	5	W
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	-40 to +150	$^\circ\text{C}$

Fuente. <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/stmicroelectronics/1328.pdf>

Una característica técnica del integrado es: permite manejar voltajes en corriente directa de hasta 36v y una corriente máxima de 2A, más que suficiente, para las bobinas, ya que estas manejan voltajes de 24v y la corriente máxima que pueden llegar a requerir, cuando están las cuatro activadas es de 666,4 mA.

4.6.4 Pantalla LCD.

El microcontrolador gp32 permite el uso de un display de cristal líquido (LCD), para la visualización de números, letras y símbolos. El display puede ser de una sola línea con 16 caracteres, de 2 líneas por 16 o 20 caracteres, que a su vez están compuestos por una matriz de puntos de 5x10 o de 5x7, en donde se pueden ver los caracteres ASCII.²²

Figura 95. Display de cristal liquido, (2x16).



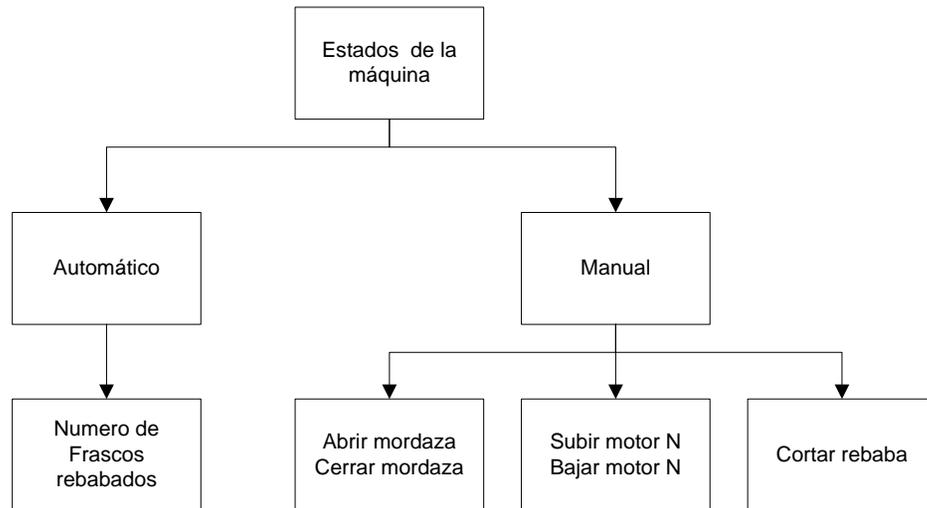
Fuente. <http://electrolabo.com/images/displayLCD.jpg>

La pantalla de visualización, permitirá ver los estados de la maquina.

La pantalla LCD, mostrará la siguiente información según el estado de la máquina.

²² Juan Carlos Vesga Ferreira, Microcontroladores Motorola-Freescale, Alfaomega 2007.

Figura 96. Estados de la máquina.



4.6.5 Fuente.

Según el voltaje requerido y la potencia consumida de cada uno de los elementos electrónicos, se escoge la fuente que pueda resistir la carga de los componentes. Entonces la potencia de los elementos electrónicos es:

Micro controlador :	25 mA
Sensor:	40 mA
Electro válvulas:	666.4 mA
LCD:	20 mA
Selectores:	20 mA
Total :	771.4 mA

Por consiguiente la fuente que se debe seleccionar debe soportar mucho más que 771.4 mA y con un voltaje de 24 V como máximo. La fuente escogida tiene un voltaje máximo de 24 V fijos con una corriente máxima de 2.5 A. Características más que suficientes para alimentar el circuito completo.

Para regular el voltaje a 5 v y poder alimentar al micro controlador y la pantalla LCD se uso un regulador lm 7805k capaz de regular desde 36 v y soportar una carga de 3 A.

Figura 97. Lm 7805 k



Como se puede observar en la figura anterior se uso en una presentación llamada tipo moneda, debido a que no se calienta demasiado y con un buen disipador de calor este comportamiento desaparece por completo. El diagrama esquemático completo del circuito de control junto con el diagrama del circuito impreso se pueden observar en el anexo D.

5. COSTOS DEL PROYECTO.

La siguiente tabla indica los costo de los materiales del proyecto, en el se incluyen el costo de los implementos electrónicos, mecánicos, neumáticos y electro neumáticos.

Tabla 6. Costos del proyecto.

Material	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
platina 1' x 3/8 cold rolled	1 m	\$ 14.000	\$ 18.560
variilla de 1/2' cold rolled	1m	\$ 14.500	\$ 14.500
variilla de 1/2' cold rolled	1m	\$ 18.212	\$ 18.212
platina de 1/2' x 3/8 cold rolled	62cm	\$ 15.660	\$ 15.660
platina de 1 1/2 x 3/8 cold rolled	1m	\$ 25.520	\$ 25.520
platina de 2' x 3/8 cold rolled	70 cm	\$ 34.000	\$ 34.000
platina de 2' x 1/2 cold rolled	1m	\$ 35.000	\$ 35.000
varilla de 1/2 cold rolled	1m	\$ 18.600	\$ 18.600
tubo cuadrado de 1 1/2' cold rolled	3	\$ 30.000	\$ 90.000
tira de 1" x 1" aluminio	70cm	\$ 32.000	\$ 32.000
tira de 1/4 x 1/4 aluminio	1.50m	\$ 28.320	\$ 28.320
tira de 1 1/2"x 1 1/2" aluminio	15 cm	\$ 11.987	\$ 11.987
tira de 3/8 x 1/2 aluminio	2m	\$ 45.565	\$ 45.565
tira de 3/16" x 4" aluminio	1m	\$ 25.507	\$ 25.507
tonilleria	52	\$ 30.000	\$ 30.000
arandelas	10	\$ 10.000	\$ 10.000
tuercas	10	\$ 15.000	\$ 15.000
lamina 10cm x1/2 -UHMW	1m	\$ 20.755	\$ 20.755
soldadura 3/32	3	\$ 7.000	\$ 21.000
segueta	2	\$ 3.000	\$ 6.000
reg esc c/sil sint Bronce 1/4"	2	\$ 21.750	\$ 43.500
val sb-0 5/2" 1/8" mdo elec reac res 24 vcc	4	\$ 131.738	\$ 526.950
base manifold p/4 valvulas sb-1	1	\$ 168.125	\$ 168.125
tapon rosc c/ hexagono int 1/4"	3	\$ 2.379	\$ 7.138
conj modular FR+L 10 bar 5am 1/4 bsp	1	\$ 159.600	\$ 159.600
reg de caudal t banjo orientable 1/4" t 6mm	1	\$ 53.313	\$ 53.313

cilindro cp 10 diam 40, carrera 100 doble efecto	2	\$ 187.160	\$ 374.320
cilindro cp 10 diam 40, carrera 60 doble efecto	1	\$ 170.579	\$ 170.579
racores 1/4" a mangera de 8 mm	13	\$ 4.200	\$ 54.600
mangera de 8mm	7m	\$ 3.000	\$ 21.000
IVA	1	\$ 240.564	\$ 240.564
caja para tablero de control	1	\$ 16.000	\$ 16.000
elemetos electronicos (resistencias, condensadores)		\$ 40.000	\$ 40.000
puente h l293	2	\$ 7.000	\$ 14.000
Micro controlador gp 32	2	\$ 15.000	\$ 30.000
lm7805k	2	\$ 8.000	\$ 16.000
LCD	1	\$ 15.000	\$ 15.000
pulsador de hongo	1	\$ 8.000	\$ 8.000
selector 2 posiciones	2	\$ 7.000	\$ 14.000
selector 3 posiciones	3	\$ 8.000	\$ 24.000
fuelle 24v 2.5 A	1	\$ 85.000	\$ 85.000
Cable	1	\$ 20.000	\$ 20.000
sensor fotoelectrico de 100mm	1	\$ 100.000	\$ 100.000
trasportes	1	\$ 70.000	\$ 70.000
báquela	1	\$ 20.000	\$ 20.000
Elaboración de las tarjetas	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Hora de ingeniero	200	\$ 10.000	\$ 2.000.000
Gastos de papelería		\$ 100.000	\$ 100.000
Mecanizados		\$ 400.000	\$ 400.000
Programación		\$ 200.000	\$ 200.000
	Total		\$ 5.537.875

Prototipo final.

. Máquina en solid-works

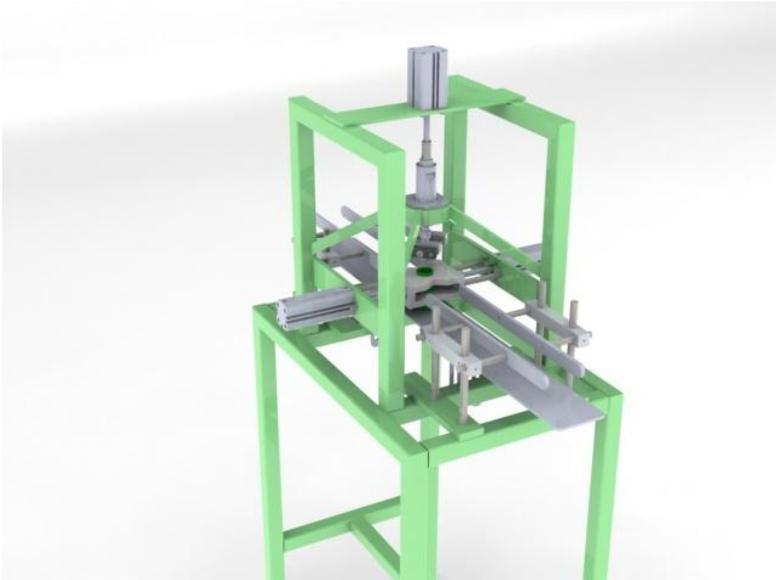


Figura 98. Máquina Rebadadora de PVC.



Recomendaciones.

- Las condiciones del proceso de fabricación del frasco deben ser las mejores, cumpliendo con todas las normas de producción implementadas por el departamento de calidad de Induplas S.A.
- Los frascos deben ingresar lo mas alineados posibles, al área de sujeción y corte, para que no afecte el rebabado ni dañe a los otros frascos.
- En el momento en el que el frasco es sujetado, la superficie en la que se encuentra el frasco debe estar completamente nivelada, para que el mecanismo pueda sujetarlo de manera uniforme y la cuchilla corte el exceso uniformemente.
- La máquina debe estar completamente cubierta por una malla protectora para que en el momento que sale el exceso no afecte a las personas que laboren a su alrededor.

Conclusiones.

La máquina rebabadora de frascos diseñada a lo largo de este proyecto ha cumplido con las expectativas inicialmente planteadas, corta de manera uniforme el exceso de material sin ocasionar daño alguno al cuerpo del frasco.

Se pudo reducir el contacto humano, debido a que la implementación de la máquina, lo disminuyó considerablemente, solamente hay contacto cuando se almacena el frasco en las cajas.

El conteo de los frascos se cumplió a cabalidad teniendo en cuenta que la pantalla de cristal líquido muestra el número de los frascos procesados.

La rebaba se separa perfectamente del producto terminado gracias a que el mecanismo de corte la retira automáticamente, pero debido a que sale con una fuerza y velocidad considerable es necesario recubrir la máquina por medio de una protección especial para que no afecte a las personas que se encuentren a su alrededor.

Durante el proceso de prueba de la máquina se pudo observar que el tiempo de de corte se sincronizó con el tiempo de producción de la máquina sopladora, es decir desapareció el cuello de botella que generaba la operaria al dejar que los frascos se acumularan.

BIBLIOGRAFÍA.

FESTO, training neumático tomo 1, neumática básica 2000.

Gianni Bodini, Franco Cacchi Pessan; moldes y máquinas de inyección para la transformación de plásticos, segunda edición McGraw-Hill 1992.

Juan Carlos Vesga Ferreira, Microcontroladores Motorola-Freescale, Alfaomega 2007.

Micro, catalogo de productos 2008/2009.

Mischke C. R. Diseño en Ingeniería Mecánica. Sexta Edición. Mc Graw Hill, México, 2002.

NORTON, R.L. Diseño de Máquinas. Pearson, México 1999, SHIGLEY, J. E.,

Núria M Salán Ballesteros, Tecnología de proceso y transformación de materiales Ediciones UPC, 2005.

SHIGLEY, Joseph E. Diseño en ingeniería mecánica, México, ed. Mcgraw-hill, 2002.

Anexos

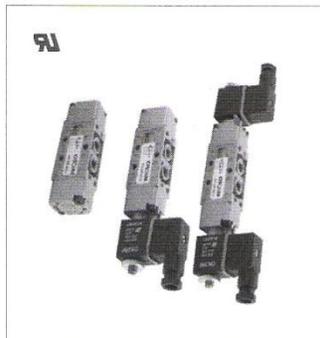
Anexo A Especificaciones técnicas de los productos de Micro S.A.

MiCRO

Válvulas direccionales 5/2 y 5/3

Serie SB 0 1/8"

Tipo	Válvulas 5/2 y 5/3 de actuación neumática o eléctrica, con actuador manual monoestable.
Montaje	Unitario, en uso múltiple mediante Distribuidor de alimentación o Base manifold
Conexiones	De trabajo: G 1/8" - De pilotaje: M5x0,8
Temperatura ambiente ..	-5...50 °C (23...122 °F)
Temperatura del fluido ..	-10...60 °C (14...140 °F)
Fluido	Aire comprimido filtrado (se recomienda lubricación) - Gases inertes
Presión de trabajo	Ver para cada tipo de actuación
Caudal nominal	420 l/min (0,42 Cv)
Frecuencia	24 Hz (con reacción neumática y 6 bar)
Materiales	Cuerpo de zamac, distribuidor de acero inoxidable, sellos de NBR.



2

Para más características de los solenoides, ver el capítulo 5 de este manual.

Descripción	Presión de trabajo	MiCRO	Kit de reparación
Válvula 5/2 mando neumático, reacción neumática	1,5...10 bar	0.220.001.311	0.200.000.509
Válvula 5/2 mando neumático, reacción a resorte	2,5...10 bar	0.220.001.511	0.200.000.510
Válvula 5/2 biestable por impulsos neumáticos	0,5...10 bar	0.220.001.711	0.200.000.511
Válvula 5/3 mando neumático, centro cerrado	2,5...10 bar	0.220.001.911	0.200.000.525
Válvula 5/3 mando neumático, centro abierto	2,5...10 bar	0.220.002.111	0.200.000.525
Válvula 5/3 mando neumático, centro a presión	2,5...10 bar	0.220.008.111	0.200.000.525
Electroválvula 5/2, reacción neumática	1,5...10 bar	0.220.002.311 / ---	0.200.000.512
Electroválvula 5/2, reacción a resorte	2,5...10 bar	0.220.002.511 / ---	0.200.000.513
Electroválvula 5/2, biestable por impulsos eléctricos	0,5...10 bar	0.220.002.711 / ---	0.200.000.514
Electroválvula 5/3 centro cerrado	2,5...10 bar	0.220.002.911 / ---	0.200.000.524
Electroválvula 5/3 centro abierto	2,5...10 bar	0.220.003.111 / ---	0.200.000.524
Electroválvula 5/3 centro a presión	2,5...10 bar	0.220.008.311 / ---	0.200.000.524

En los códigos de las electroválvulas reemplazar los guiones luego de la barra por los valores de la tabla siguiente, según la tensión seleccionada para el solenoide.
Ejemplo: una válvula 0.220.002.311 / --- con tensión 220V 50Hz, debe solicitarse: 0.220.002.311 / 101.

Código adicional / ---	Tensión
101	220V 50Hz - 240V 60Hz
102	110V 50Hz - 120V 60Hz
137	48V 50Hz - 48V 60Hz
103	24V 50Hz - 24V 60Hz
104	12V 50Hz - 12V 60Hz
105	220V 60Hz
106	110V 60Hz
109	190 Vcc
110	110 Vcc
111	48 Vcc
112	24 Vcc
113	12 Vcc

MiCRO

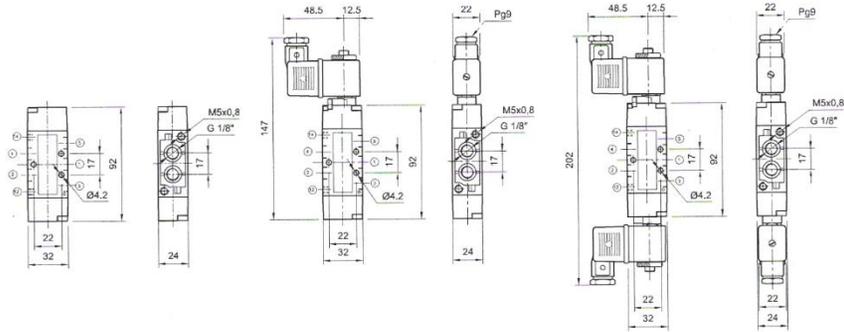
**Válvulas direccionales
5/2 y 5/3**

Serie SB 0 1/8"

Mando neumático

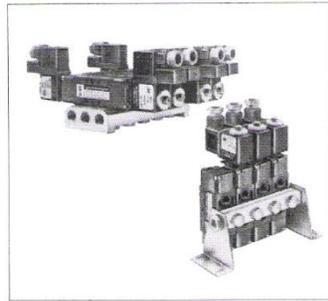
Mando electro neumático simple

Mando electro neumático doble

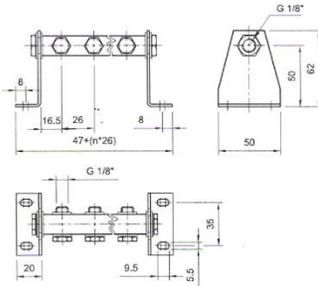


2

Distribuidor de alimentación y Base Manifold



La letra "n" equivale al número de posiciones disponibles para válvulas.
Al especificar un manifold, solicitar "n" válvulas y el accesorio seleccionado para las "n" válvulas.



Cantidad de válvulas	Distribuidor de alimentación
2	0.200.000.132
3	0.200.000.133
4	0.200.000.134
5	0.200.000.135
6	0.200.000.136

Cantidad de válvulas	Distribuidor de alimentación
2	0.200.000.142
3	0.200.000.143
4	0.200.000.144
5	0.200.000.145
6	0.200.000.146
7	0.200.000.147
8	0.200.000.148

114
2.2.4.2

MiCRO

Unidades FR+L

Serie QBS1

Tipo Unidades FRL de tratamiento del aire, filtro-regulador más lubricador, con cuerpos metálicos, protecciones de vasos plásticas (metálicas a pedido), desarme a bayoneta y bloqueo de regulador

Posición de trabajo Vertical, con los vasos hacia abajo

Temperaturas Máx. 60 °C (150 °F)

Poder filtrante Standard 40µ (opcional 5µ)

Presión de trabajo Standard: 0...10 bar (0...145 psi)
Opcional: 0...2,5 bar (0...36 psi)

Drenaje condensados ... Manual, opcional semiautomát. o automático

Conexiones G 1/8", G 1/4", G 3/8" (opcional NPT)

Capacidad condensados 25 cm³ (0,85 oz.)

Capacidad de aceite 38 cm³ (1,3 oz.) - El aceite puede reponerse bajo presión presionando la válvula de alivio.

Aceites recomendados .. ISO VG 32 - SAE 10

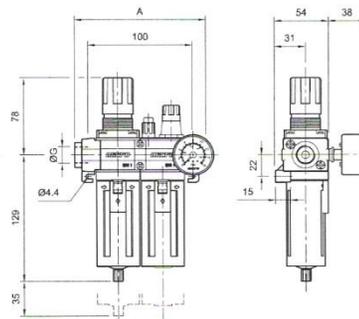
Manómetro Ø 40 mm 1/8", incluido con las unidades

Accesorios y repuestos . Ver página 6.7.1.1



Descripción	ØG	Poder filtrante	
		5µ	40 µ
Unidad Filtro-Regulador y Lubricador FR+L Presión de trabajo: 0...2,5 bar	G 1/8"	0.101.003.231	0.101.003.331
	G 1/4"	0.101.003.232	0.101.003.332
	G 3/8"	0.101.003.233	0.101.003.333
Unidad Filtro-Regulador y Lubricador FR+L Presión de trabajo: 0...10 bar	G 1/8"	0.101.003.431	0.101.003.531
	G 1/4"	0.101.003.432	0.101.003.532
	G 3/8"	0.101.003.433	0.101.003.533

Ø	A
G 1/8"	118
G 1/4"	128
G 3/8"	128



Notas:

- Para especificar una unidad con drenaje **semiautomático** por caída de presión en el filtro, agregar 035 luego de una barra. Ejemplo: 0.101.003.231/035
- Para especificar una unidad con drenaje **automático interno** en el Filtro, agregar 095 luego de una barra. Ejemplo: 0.101.003.231/095
- Para especificar una unidad con drenaje **automático externo** en el Filtro, agregar 039 luego de una barra. Ejemplo: 0.101.003.231/039
- Para especificar el drenaje **automático temporizado**, solicitarlo separadamente por su código
- Para especificar la **traba con cerradura** en el Regulador, agregar 046 luego de una barra. Ejemplo: 0.101.003.231/046
- Para especificar que el Regulador sea de **acción por pistón** en lugar de por membrana, cambiar el cuarto dígito "1" por "2". Ejemplo: 0.102.003.231

115

6.1.1.2

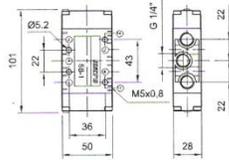
6

MiCRO

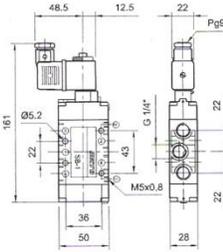
**Válvulas direccionales
5/2 y 5/3**

Serie SB 1 1/4"

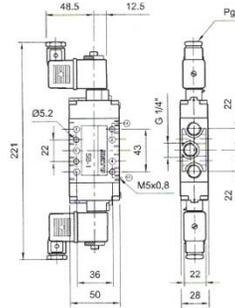
Mando neumático



Mando electro neumático simple



Mando electro neumático doble

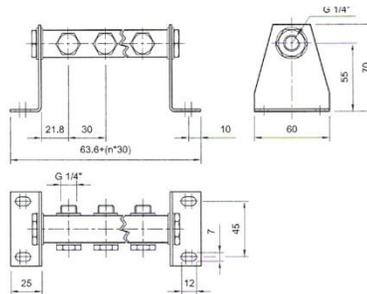


2

Distribuidor de alimentación

Cantidad de válvulas	MiCRO
2	0.200.000.162
3	0.200.000.163
4	0.200.000.164
5	0.200.000.165
6	0.200.000.166

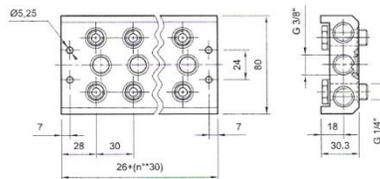
La letra "n" equivale al número de posiciones.
Al especificar un manifold, solicitar "n" válvulas y el Distribuidor de alimentación para las "n" válvulas.



Base Manifold

Cantidad de válvulas	MiCRO
2	0.200.000.502
3	0.200.000.503
4	0.200.000.504
5	0.200.000.505
6	0.200.000.506
7	0.200.000.507
8	0.200.000.508

La letra "n" equivale al número de posiciones.
Al especificar un manifold, solicitar "n" válvulas y la Base manifold para las "n" válvulas.



Anexo B. Programa en assembler del micro controlador Gp32.

```

$include 'gpgtregs.inc'
FLASH EQU $8000
RAM EQU $0040
VectorStart EQU $FFDC
*****
* ALIAS PARA EL MANEJO LCD - PTD *
*****
fdt equ $FF ;registro para indicar fin de escritura en lcd
RW equ 0
RS equ 1 ;entrada de control / dato
EN equ 2 ;entrada de habilitacion del LCD

org RAM
*****
* BANDERAS *
*****
BANDERA DS 1
*****
* VARIABLES *
*****
DATA DS 1
CONTLCD DS 1
CONTDEL DS 1
CONTREL DS 1
REG1 DS 1
REG2 DS 1
MASK_1 DS 1
MASK_2 DS 1
MASK_3 DS 1
org FLASH
inicio:
    bset 0,CONFIG1 ;deshabilita el cop clrx
    clra
**** CONFIGURACION DE PUERTOS ****
    MOV #$00,DDRA ;
    MOV #$00,PTA
    MOV #$FF,DDRB ; DATOS PARA EL LCD
    MOV #$00,PTB
    MOV #$07,DDRD ; SEÑALES DE CONTROL PARA EL LCD
    MOV #$00,PTD
    MOV #$FF,DDRC
    MOV #$00,PTC
    MOV #$00,DDRE ;
    MOV #$00,PTE
**** INICIALIZACION DE VARIABLES Y REGISTROS ****
    CLR BANDERA
    CLR CONTLCD
    CLR CONTDEL
    CLR CONTDEL
    bclr EN,PTD ;bits d4 RS(0 contr. 1 dato) y d5 Habil.por 1
    ;lcd deshabilitado
*****
* RUTINAS DE CONFIGURACION LCD *
*****
    lda #$01 ;borra la pantalla
    jsr control ;0000 0001
    lda #$02 ;vuelve a posicion inicial
    jsr control ;0000 0010
    lda #$38 ;interface de 8 bits,2 lineas,matriz de 7x5
    jsr control ;0011 1000
    lda #$06 ;desplazamiento del cursor con cada dato
    jsr control ;0000 0110
    lda #$0C ;cursor apagado (OFF) sin parpadeo o "blink"
    jsr control ;0000 1100
*****
* CICLO PRINCIPAL *
*****
MAIN:
    JSR MOSTRAR0
    JSR MOSTRAR1

```

```

BRSET 0,PTA,MAIN1 ;START
JMP MAIN
MAIN1:
BRCLR 1,PTA,MAIN3
BRCLR 0,PTA,MAIN
JSR MOSTRAR2
MOV PTA,REG2
LDX REG2
CPX #$7
BNE MAIN1.1
JMP AMORDAZAS
MAIN1.1:
CPX #$0B
BNE MAIN1.2
JMP CMORDAZAS
MAIN1.2:
CPX #%00010011
BNE MAIN1.3
JMP ACTARRIVA
MAIN1.3:
CPX #$23
BNE MAIN1.4
JMP ACTABAJO
MAIN1.4:
CPX #%00010111
BNE MAIN1.5
JMP ABIERTOARRIVA
MAIN1.5:
CPX #$27
BNE MAIN1.6
JMP ABIERTOABAJO
MAIN1.6:
CPX #%00011011
BNE MAIN1.7
JMP CERRADOARRIVA
MAIN1.7:
CPX #$2B
BNE MAIN1.8
JMP CERRADOABAJO
MAIN1.8:
CPX #$6B
BNE MAIN1
JMP CORTE
*****; modo automatico
MAIN3:
JSR MOSTRAR3 ;MODO AUTOMATICO
JSR MOSTRAR7
MAIN3.1:
BRCLR 0,PTA,MAIN
BRSET 1,PTA,MAIN1 ;REGRESO MODO MANUAL
BRSET 0,PTE,MAIN3.11
BRA MAIN3.1
MAIN3.11:
BRCLR 0,PTE,MAIN3.111
BRA MAIN3.11
MAIN3.111:
BRSET 0,PTE,MAIN3.2
BRA MAIN3.111
MAIN3.2:
BRCLR 0,PTA,MAIN
BRSET 1,PTA,MAIN1
BSET 0,PTC
BSET 1,PTC
BRSET 3,PTD,MAIN3.3
BRA MAIN3.2
MAIN3.3:
BRSET 1,PTA,MAIN1
BRCLR 4,PTD,MAIN3.4
BRA MAIN3.3
MAIN3.4:
BSET 2,PTC
BRCLR 5,PTD,MAIN3.5
BRA MAIN3.4
MAIN3.5:
BSET 3,PTC
JSR RETARDO
JSR RETARDO

```

```

JSR  RETARDO
JSR  RETARDO
JSR  RETARDO
BCLR 3,PTC
JSR  RETARDO
BCLR 2,PTC
JSR  RETARDO
JSR  RETARDO
BCLR 1,PTC
BCLR 0,PTC
JMP  MAIN3
*****
* RETARDO UN SEGUNDO *
*****
RETARDO:
  MOV #255T,REG1
  LDA #100T
RETA:
  NOP
  NOP
  DBNZA RETA
  LDA #255T
  DBNZ REG1,RETA
  RTS
*****
* RUTINA PARA LA SECUENCIA *
*****
AMORDAZAS:
  BCLR 0,PTC ;VALVULA MORDAZA
  BCLR 1,PTC ;VALVULA MORDAZA
  BCLR 3,PTC
  JSR  MOSTRAR4.44
  JMP  MAIN1.1
CMORDAZAS
  BSET 0,PTC ;VALVULA MORDAZA
  BSET 1,PTC ;VALVULA MORDAZA
  BCLR 3,PTC
  JSR  MOSTRAR4
  JMP  MAIN1.2
ACTARRIVA:
  BCLR 2,PTC ;VALVULA ACTUADOR MOTOTOL
  BCLR 3,PTC
  JSR  MOSTRAR5.55
  JMP  MAIN1.3
ACTABAJO:
  BSET 2,PTC ;VALVULA ACTUADOR MOTOTOL
  BCLR 3,PTC
  JSR  MOSTRAR5
  JMP  MAIN1.4
CORTE:
  BSET 3,PTC ;VALVULA DEL MECANISMO DE CORTE
  BSET 0,PTC ;VALVULA MORDAZA
  BSET 1,PTC
  BSET 2,PTC ;VALVULA MORDAZA
  JSR  MOSTRAR6
  JMP  MAIN1
ABIERTOARRIVA
  BCLR 2,PTC
  BCLR 0,PTC ;VALVULA MORDAZA
  BCLR 1,PTC ;VALVULA MORDAZA
  BCLR 3,PTC
  JSR  MOSTRAR8
  JMP  MAIN1.5
ABIERTOABAJO
  BSET 2,PTC
  BCLR 0,PTC ;VALVULA MORDAZA
  BCLR 1,PTC ;VALVULA MORDAZA
  BCLR 3,PTC
  JSR  MOSTRAR9
  JMP  MAIN1.6

```

```

CERRADOARRIVA:
  BSET 0,PTC ;VALVULA MORDAZA
  BSET 1,PTC
  BCLR 2,PTC ;VALVULA MORDAZA
  BCLR 3,PTC
  JSR  MOSTRAR10
  JMP  MAIN1.7
CERRADOABAJA:
  BSET 0,PTC ;VALVULA MORDAZA
  BSET 1,PTC
  BSET 2,PTC ;VALVULA MORDAZA
  BCLR 3,PTC
  JSR  MOSTRAR11
  JMP  MAIN1.8
*****
* RUTINA MOSTRAR *
*****
MOSTRAR0:
  LDA  #S80 ; DIRECCIONA LA PRIMERA LINEA
  JSR  CONTROL
  CLRH
  CLRX
  MOV  #13T,CONTLCD
MOSTRAR0.1:
  LDA  MENS,X
  JSR  ESCRIBIR
  INCX
  DBNZ CONTLCD,MOSTRAR0.1
  RTS
MOSTRAR1:
  LDA  #SC0 ; DIRECCIONA LA PRIMERA LINEA
  JSR  CONTROL
  CLRH
  CLRX
  MOV  #13T,CONTLCD
MOSTRAR1.1:
  LDA  MENS1,X
  JSR  ESCRIBIR
  INCX
  DBNZ CONTLCD,MOSTRAR1.1
  RTS
MOSTRAR2:
  LDA  #S80 ; DIRECCIONA LA SEGUNDA LINEA
  JSR  CONTROL
  CLRH
  CLRX
  MOV  #13T,CONTLCD
MOSTRAR2.2:
  LDA  MENS2,X
  JSR  ESCRIBIR
  INCX
  DBNZ CONTLCD,MOSTRAR2.2
  RTS
MOSTRAR3:
  LDA  #S80 ; DIRECCIONA LA SEGUNDA LINEA
  JSR  CONTROL
  CLRH
  CLRX
  MOV  #10T,CONTLCD
MOSTRAR3.3:
  LDA  MENS3,X
  JSR  ESCRIBIR
  INCX
  DBNZ CONTLCD,MOSTRAR3.3
  RTS
MOSTRAR4:
  LDA  #SC0 ; DIRECCIONA LA SEGUNDA LINEA
  JSR  CONTROL
  CLRH
  CLRX
  MOV  #13T,CONTLCD
MOSTRAR4.4:
  LDA  MENS4,X
  JSR  ESCRIBIR
  INCX
  DBNZ CONTLCD,MOSTRAR4.4

```

```

RTS
MOSTRAR4.44:
LDA #SC0 ; DIRECCIONA LA SEGUNDA LINEA
JSR CONTROL
CLRH
CLRXL
MOV #13T,CONTLCD
MOSTRAR4.444:
LDA MENS4.1,X
JSR ESCRIBIR
INCL
DBNZ CONTLCD,MOSTRAR4.444
RTS
MOSTRAR5:
LDA #SC0 ; DIRECCIONA LA SEGUNDA LINEA
JSR CONTROL
CLRH
CLRXL
MOV #13T,CONTLCD
MOSTRAR5.5:
LDA MENS5,X
JSR ESCRIBIR
INCL
DBNZ CONTLCD,MOSTRAR5.5
RTS
MOSTRAR5.55:
LDA #SC0 ; DIRECCIONA LA SEGUNDA LINEA
JSR CONTROL
CLRH
CLRXL
MOV #13T,CONTLCD
MOSTRAR5.555:
LDA MENS5.1,X
JSR ESCRIBIR
INCL
DBNZ CONTLCD,MOSTRAR5.555
RTS
MOSTRAR6:
LDA #SC0 ; DIRECCIONA LA SEGUNDA LINEA
JSR CONTROL
CLRH
CLRXL
MOV #13T,CONTLCD
MOSTRAR6.6:
LDA MENS6,X
JSR ESCRIBIR
INCL
DBNZ CONTLCD,MOSTRAR6.6
RTS
MOSTRAR7:
LDA #SC0 ; DIRECCIONA LA SEGUNDA LINEA
JSR CONTROL
CLRH
CLRXL
MOV #13T,CONTLCD
MOSTRAR7.7:
LDA MENS7,X
JSR ESCRIBIR
INCL
DBNZ CONTLCD,MOSTRAR7.7
RTS
MOSTRAR8:
LDA #SC0 ; DIRECCIONA LA SEGUNDA LINEA
JSR CONTROL
CLRH
CLRXL
MOV #13T,CONTLCD
MOSTRAR8.8:
LDA MENS8,X
JSR ESCRIBIR
INCL
DBNZ CONTLCD,MOSTRAR8.8
RTS
MOSTRAR9:
LDA #SC0 ; DIRECCIONA LA SEGUNDA LINEA
JSR CONTROL
CLRHL

```

```

    CLRX
    MOV #13T,CONTLCD
MOstrar9.9:
    LDA MENS9,X
    JSR ESCRIBIR
    INCX
    DBNZ CONTLCD,MOstrar9.9
    RTS
MOstrar10:
    LDA #SC0          ; DIRECCIONA LA SEGUNDA LINEA
    JSR CONTROL
    CLRH
    CLRX
    MOV #13T,CONTLCD
MOstrar10.10:
    LDA MENS10,X
    JSR ESCRIBIR
    INCX
    DBNZ CONTLCD,MOstrar10.10
    RTS
MOstrar11:
    LDA #SC0          ; DIRECCIONA LA SEGUNDA LINEA
    JSR CONTROL
    CLRH
    CLRX
    MOV #13T,CONTLCD
MOstrar11.11:
    LDA MENS11,X
    JSR ESCRIBIR
    INCX
    DBNZ CONTLCD,MOstrar11.11
    RTS
*****
* RUTINA ESCRIBIR *
*****
ESCRIBIR:
    nop
    STA PTB ;PONE DATO EN EL PUERTO B
    nop
    nop
    BSET rs,PTD ;INDICA QUE ES UN DATO
    nop
    BSET en,PTD ;habilitacion LCD
    nop
    nop
    BCLR en,PTD ;deshabilitacion LCD
    nop
    JSR DELAY
    RTS
*****
* RUTINA DE CONTROL *
*****
control:
    nop
    sta PTB ;pongo palabra de control en el puerto b
    nop
    nop
    bclr RS,PTD ;indico que es un comando de control
    nop
    bset EN,PTD ;habilitacion LCD
    nop
    nop
    bclr EN,PTD ;deshabilitacion LCD
    nop
    jsr DELAY
    rts
*****
*retardo aproximado a XX Milisegundos*
*****
DELAY:
    MOV #40T,CONTDEL
DELAY1:
    MOV #255T,CONTREL
DELAY2:
    DBNZ CONTREL,DELAY2
    DBNZ CONTDEL,DELAY1
    RTS

```

```

*****
*tablas para lcd*
*****
MENS:
    db "INDUPLAS S.A."
    db fdt
MENS1:
    db "REBABADORA "
    db fdt
MENS2:
    db "MODO MANUAL "
    db fdt
MENS3:
    db "MODO AUTO "
    db fdt
MENS4:
    db "C MORDAZA "
    db fdt
MENS4.1:
    db "A MORDAZA "
    db fdt
MENS5:
    db "B ACTUADOR "
    db fdt
MENS5.1:
    db "S ACTUADOR "
    db fdt
MENS6:
    db "ACTIVA MOTO "
    db fdt
MENS7:
    db "CICLO NUMERO:"
    db fdt
MENS8:
    db "M:OPEN A:UP "
    db fdt
MENS9:
    db "M:OPEN A:DOWN"
    db fdt
MENS10:
    db "M:CLOSE A:UP "
    db fdt
MENS11:
    db "M:CLOSE A:DOWN"
    db fdt
***** DUMMY_ISR - Dummy Interrupt Service Routine. *
*      Just does a return from interrupt.      *
*****
dummy_isr:

    rti    ; return
*****
* Vectors - Timer Interrupt Service Routine.
*      after a RESET.
*****
org VectorStart
dw dummy_isr ; Time Base Vector
dw dummy_isr ; ADC Conversion Complete
dw dummy_isr ; Keyboard Vector
dw dummy_isr ; SCI Transmit Vector
dw dummy_isr ; SCI Receive Vector
dw dummy_isr ; SCI Error Vector
dw dummy_isr ; SPI Transmit Vector
dw dummy_isr ; SPI Receive Vector
dw dummy_isr ; TIM2 Overflow Vector
dw dummy_isr ; TIM2 Channel 1 Vector
dw dummy_isr ; TIM2 Channel 0 Vector
dw dummy_isr ; TIM1 Overflow Vector
dw dummy_isr ; TIM1 Channel 1 Vector
dw dummy_isr ; TIM1 Channel 0 Vector
dw dummy_isr ; ICG/CGM Vector
dw dummy_isr ; ~IRQ1 Vector
dw dummy_isr ; SWI Vector
dw inicio ; Reset Vector

```

Anexo C. Especificaciones técnicas del sensor fotoeléctrico auto réflex.

DC Cylindrical Housing Type

Cylindrical (φ 18mm) type

Features

- Easy to install cylindrical (φ 18mm) type
- Reverse power polarity protection built in
- Over current protection circuit
- External sensitivity adjustment (Diffuse reflective type)
- Able to select the operation mode by control wire (Diffuse reflective type)
- Protection structure by IP66(IEC specification)



⚠ Please read "Caution for your safety" in operation manual before using.



Specifications

Model	BRP100-DDT	BR100-DDT	BRP400-DDT	BR400-DDT	BR20M-TD TD	BR20M-TD TL
	BRP100-DDT-P	BR100-DDT-P	BRP400-DDT-P	BR400-DDT-P	BR20M-TD TD-P	BR20M-TD TL-P
Type	Diffuse reflective				Through-beam	
Detecting distance	(*1)100mm		(*1)400mm		20m	
Detecting target	Transparent, Translucent, Opaque materials				Opaque materials of Min. φ15mm	
Response time	Max. 1ms				Max. 3ms	
Power supply	12-24VDC ± 10% (Ripple P-P Max. 10%)					
Current consumption	Max. 40mA					
Light source	Infrared LED (modulated)					
Sensitivity adjustment	Adjustable VR				Fixed	
Operation mode	Selectable Light ON or Dark ON by control wire				Dark ON	Light ON
Control output	NPN open collector output ▣ Load voltage : Max. 30VDC, Load current : Max. 200mA, Residual voltage : Max. 1VDC					
	PNP open collector output ▣ Output voltage: Min. power voltage - 2.5V, Load current: Max. 200mA					
Protection circuit	Short-circuit protection, Reverse polarity protection					
Indication	Operation indicator : Red LED				Power indicator (Emitter) Red LED, Operation indicator (Receiver) Red LED	
Connection	Outgoing cable					
Insulation resistance	Min. 20MΩ (at 500VDC)					
Noise strength	± 240V the square wave noise (pulse width: 1μs) by the noise simulator □					
Dielectric strength	500VAC 50/60Hz for 1 minute					
Vibration	1.5mm amplitude at frequency of 10 - 55Hz in each of X, Y, Z directions for 2 hours					
Shock	500m/s ² (50G) in X, Y, Z directions for 3 times					
Ambient illumination	Sunlight : Max. 11,000lx, Incandescent lamp : Max. 3,000lx					
Storage temperature	-10 - +60°C (at non-freezing status) Storage : -25 - +70°C					
Ambient humidity	35 - 85%RH, Storage : 35 - 85%RH					
Protection	IP66(IEC specification)					
Material	Case: Plastic (Black), Lens: PC	Case: C3604BD (Cr-plate), Lens: PC	Case: Plastic (Black), Lens: PC	Case: C3604BD (Cr-plate), Lens: PC	Case: C3604BD (Cr-plate), Lens: PC	
Cable	4P, φ5mm, Length : 2m				Emitter: 2P, φ5mm, Length: 2m Receiver: 3P, φ5mm, Length: 2m	
Accessory	Mounting Nuts	Mounting Nuts, Washer				
Approval	CE					
Weight □	Approx. 100g	Approx. 120g	Approx. 100g	Approx. 120g	Approx. 300g	

(*1) It for Non-glossy white paper (100 × 100mm).

(A) Counter

(B) Timer

(C) Temp. controller

(D) Power controller

(E) Pallet meter

(F) Tacho/Speed/Pulse meter

(G) Display unit

(H) Sensor controller

(I) Proximity sensor

(J) Photoelectric sensor

(K) Pressure sensor

(L) Rotary encoder

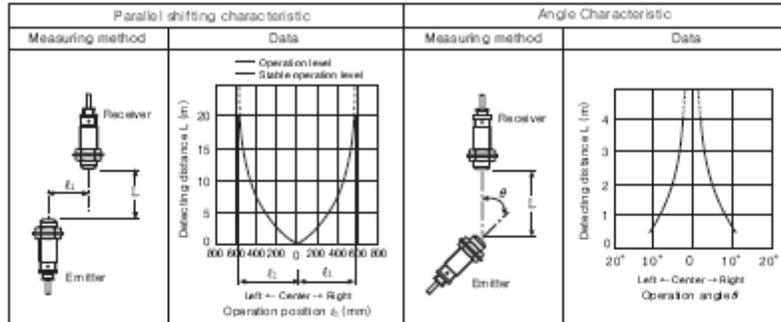
(M) S-Phase stepping motor & Driver & Controller

BR Series

Characteristic

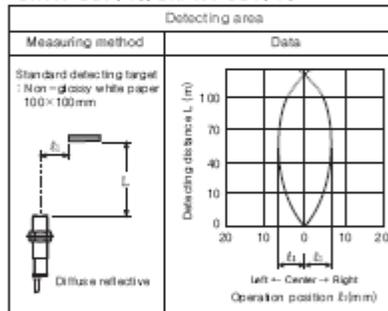
Through-beam

BR20M-TDT, BR20M-TDT-P

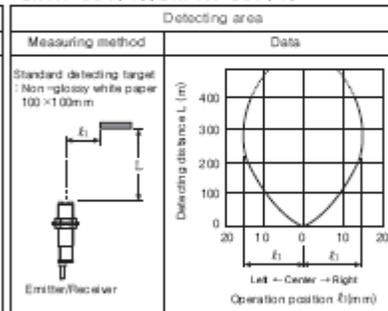


Diffuse reflective

BR100-DDT(-P), BRP100-DDT(-P)

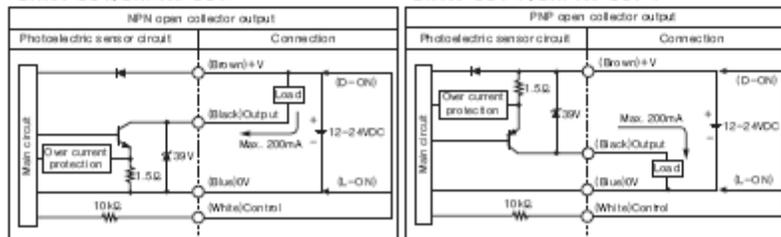


BR400-DDT(-P), BRP400-DDT(-P)



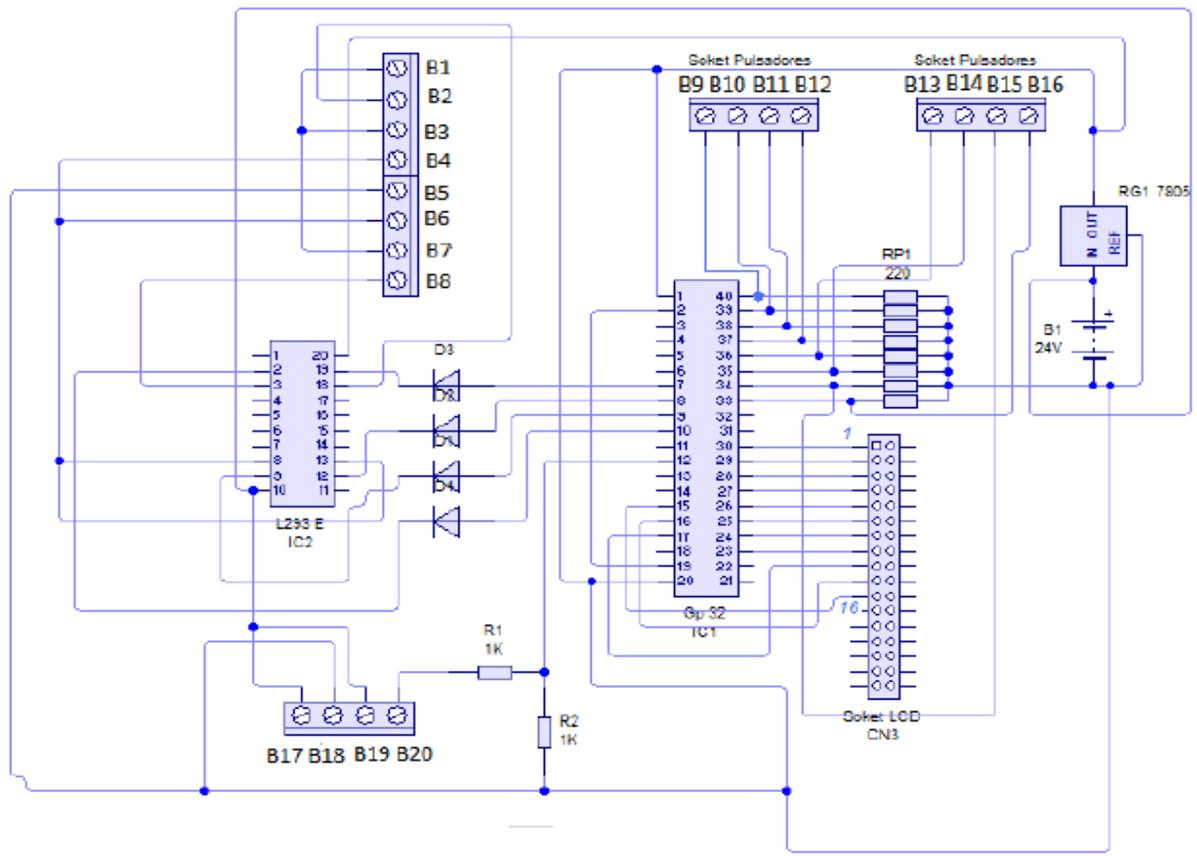
Control output circuit diagram

BR100-DDT, BRP100-DDT, BR400-DDT, BRP400-DDT

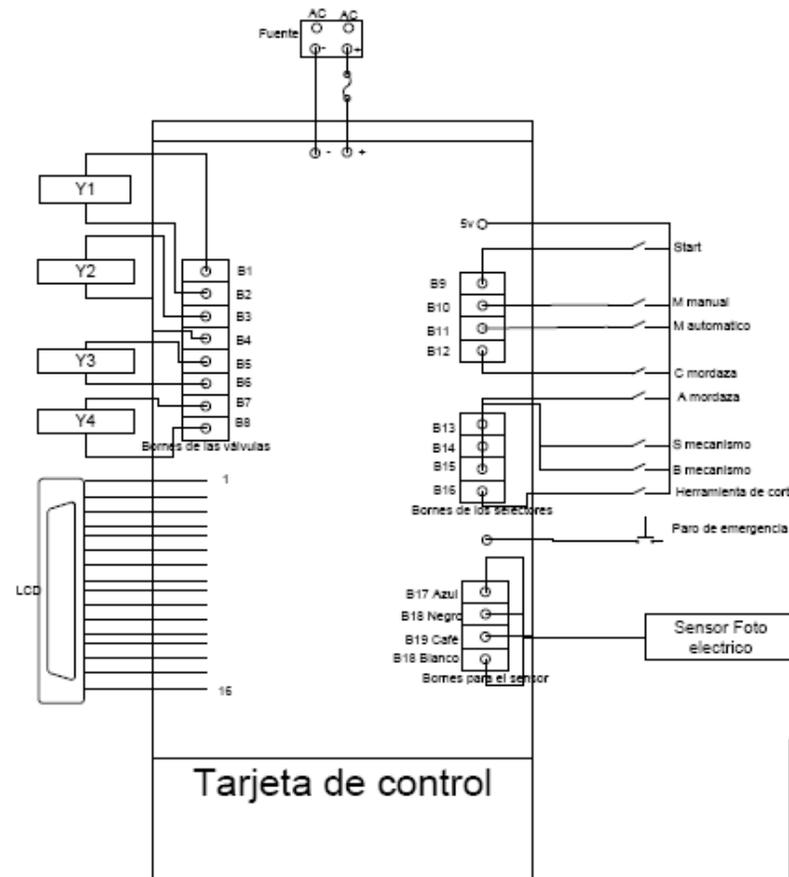


※Selectable Light ON / Dark ON mode by control wire
 Light ON : Connect control wire to 0V
 Dark ON : Connect control wire to +V

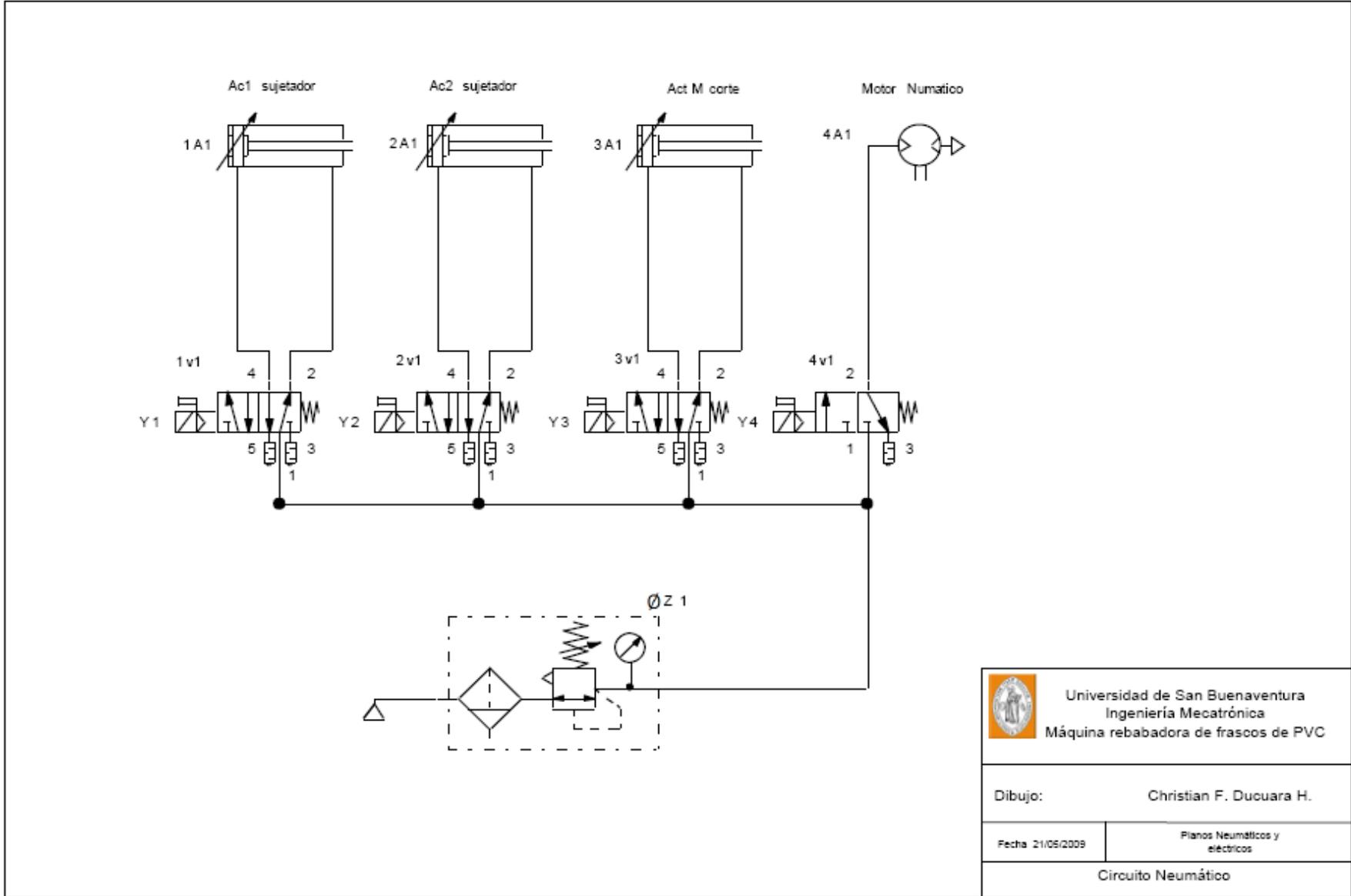
Anexo D. Diagrama esquemático del circuito de control, junto con el arte del circuito impreso.



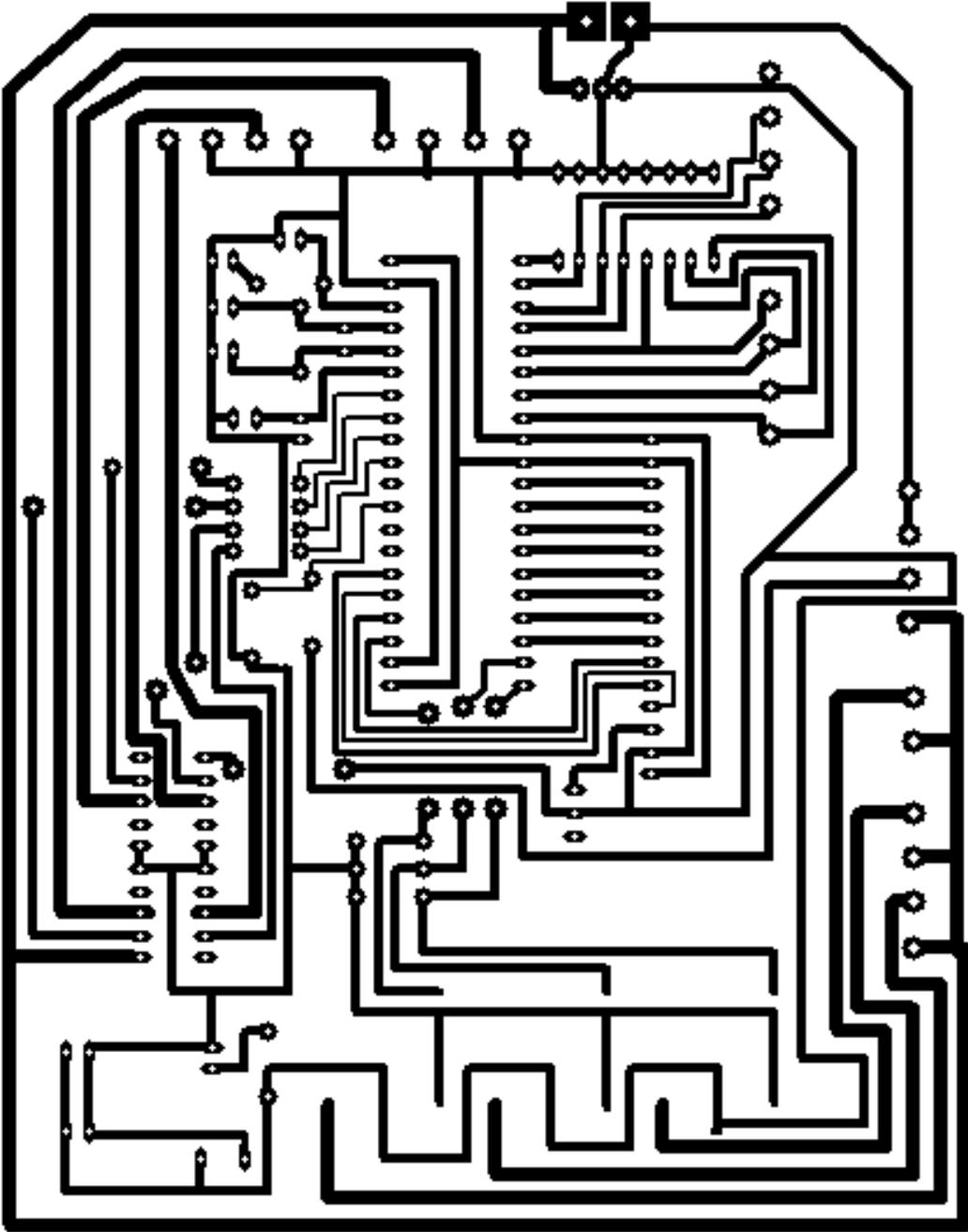
 Universidad de San Buenaventura Ingeniería Mecatrónica Máquina rebadora de frascos de PVC	
Dibujo: Christian F. Ducuara H.	
Fecha: 21/05/2009	Planos Neumáticos y eléctricos
Tarjeta de control	



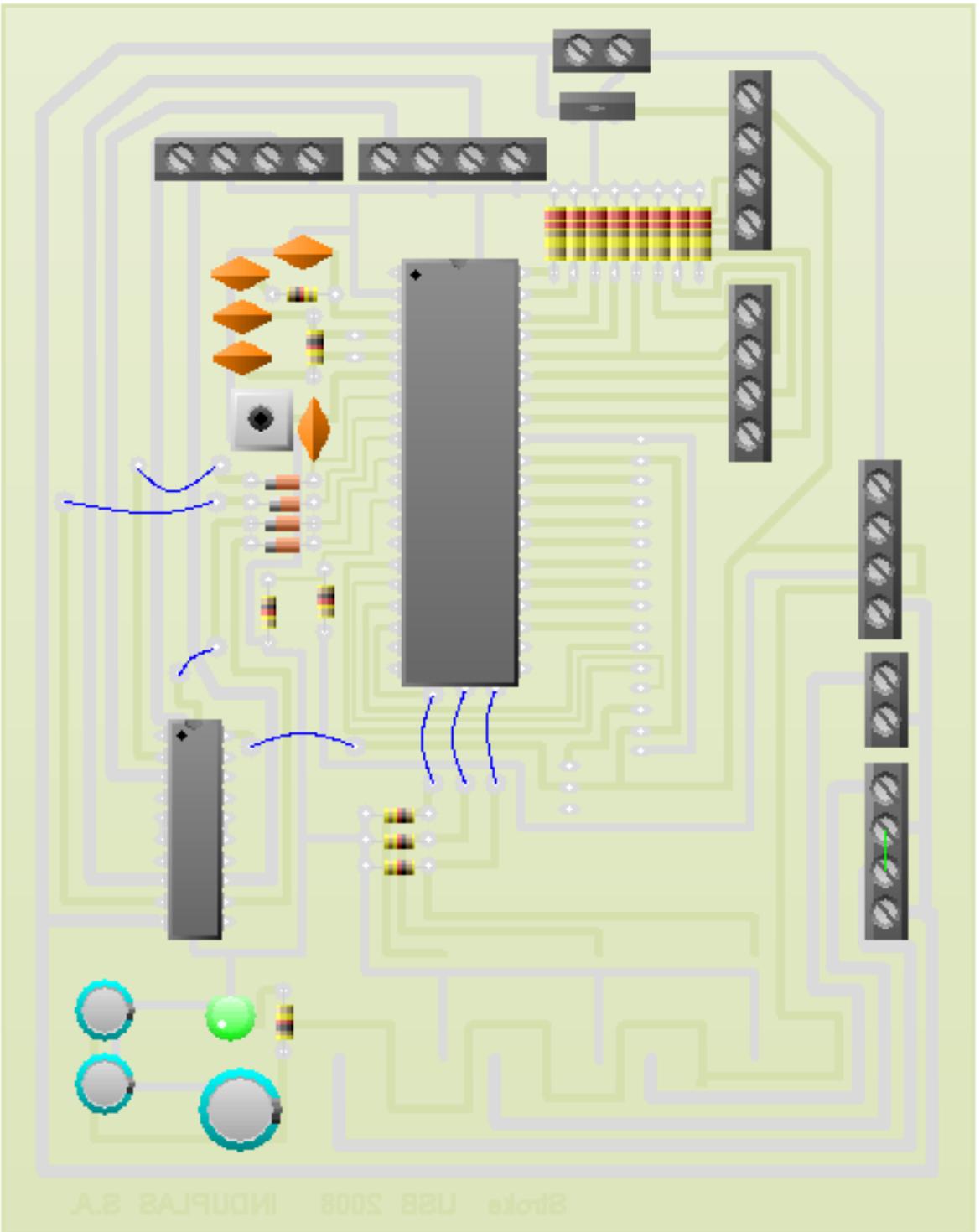
 Universidad de San Buenaventura Ingeniería Mecatrónica Máquina rebabadora de frascos de PVC	
Dibujo: Christian F. Ducuara H.	
Fecha: 21/05/2009	Planos Neumáticos y eléctricos
Plano electronico del circuito de control	



 Universidad de San Buenaventura Ingeniería Mecatrónica Máquina rebabadora de frascos de PVC	
Dibujo: Christian F. Ducuara H.	
Fecha 21/05/2009	Planos Neumáticos y eléctricos
Circuito Neumático	



Stoke USB 2008 INDUPLAS S.A.



Anexo E. Carta de aprobación de Induplas S.A.



Bogotá D.C., 18 de Mayo de 2009

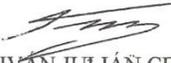
Señores
NODO DE INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
Facultad de Ingeniería Mecatrónica
Ciudad

Estimados señores:

Por medio de la presente se informa que el estudiante de ingeniería macatrónica, CHRISTIAN DUCUARA, ya elaboró el proyecto de grado "Máquina rebadora de frasco de PVC" que esta desarrollando en Induplas S.A., pero aun no ha podido ser probada en su totalidad debido a que los equipos están ocupados fabricando otros envases diferentes a los que utiliza la rebadora de frascos. Sin embargo estamos conformes con el trabajo desarrollado porque esta máquina nos será muy útil para el mejoramiento del proceso de producción, además cumple con todos los requerimiento técnicos exigidos por la empresa. Con gusto aclararé cualquier duda al respecto.

Cordialmente:




IVÁN JULIÁN CENDALES M.
Ing. De planta Induplas S.A.