

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA PRACTICAS
NEUMÁTICAS

CRISTIAN CAMILO CHAVARRIAGA LÓPEZ
JUAN CAMILO CARDONA TABORDA
JUAN PABLO GUIRAL ZULUAGA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA INDUSTRIAL
MEDELLÍN
2018

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA PRACTICAS
NEUMÁTICAS

CRISTIAN CAMILO CHAVARRIAGA LÓPEZ
JUAN CAMILO CARDONA TABORDA
JUAN PABLO GUIRAL ZULUAGA

Trabajo de Grado para optar al título de Tecnólogo Mecánico

Asesor
José Alberto Betancur Muñoz
Ingeniero Mecánico

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA INDUSTRIAL
MEDELLÍN
2018

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. PROBLEMA.	15
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS	17
3.1 GENERAL	17
3.2 ESPECÍFICOS	17
4. REFERENTES TEÓRICOS	18
4.1 ANTECEDENTES BANCOS NEUMÁTICOS.	18
4.1.1 Paneles serie didacta micro	18
4.1.2 Paneles Serie Didacta FESTO	19
4.2 VENTAJAS DE LA NEUMÁTICA.	20
4.3 SECUENCIAS NEUMÁTICAS	21
4.4 DIAGRAMAS DE MOVIMIENTO.	21
4.5 VÁLVULAS NEUMÁTICAS	22
4.5.1 Válvulas distribuidoras o de vías:	23
4.5.2 Representación esquemática de las válvulas:	23

4.5.3 Accionamiento de válvulas:	25
4.5.4 Válvulas de bloqueo:	27
4.5.5 Válvulas antirretorno:	27
4.5.6 Válvulas reguladoras de presión:	28
4.5.7 Válvulas reguladoras de caudal:	28
4.5.8 Válvulas de escape rápido:	29
4.6 CILINDROS NEUMÁTICOS.	30
4.6.1 Cilindro de simple efecto:	31
4.6.2 Cilindro de doble efecto.	32
4.6.3 Montaje de pie	33
4.6.4 Basculante trasero	33
4.6.5 Tabla para las dimensiones de pie y montaje basculante trasero.	34
4.7 DIMENSIONES VÁLVULAS PARA EL MÓDULO.	34
4.7.1 Válvula 5/2 vías direccional mando neumático	34
4.7.2 Válvulas 5/2 vías mandos manuales	35
4.7.3 Válvulas 3/2 vías mandos mecánicos.	37
4.7.4 Unidad FR de tratamiento del aire.	38
4.7.5 Funciones lógicas.	39
4.7.5.1 Función O.	39

4.7.5.2 Función lógica Y.	40
5. METODOLOGÍA	43
6. RESULTADOS.	44
6.1 BANCO NEUMÁTICO	44
6.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS.	51
6.3 MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DEL PANEL Y LA SUPERFICIE DE LA MESA	52
6.4 MODIFICACIÓN ESTRUCTURAL.	54
6.5 DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL PANEL ACRÍLICO.	56
6.6 DISEÑO DE PLANTILLA PARA CORTE Y GRABADO DE LÁMINA ACRÍLICO.	58
6.7 PROCESO DE CORTE DE PLANTILLA.	59
6.8 RECUBRIMIENTO PARA REFORZAR LAMINA.	59
6.9 ELABORACIÓN DEL MARCO PARA PANEL.	60
6.10 RESULTADO DE MODIFICACIÓN DEL CHASIS.	61
6.11 RESULTADO DEL PANEL CON SIMBOLOGÍA DE LOS ELEMENTOS.	62
6.12 MÓDULO FINALIZADO	63
6.13 CALCULOS DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO DIDÁCTICO PARA LAS PRACTICAS NEUMÁTICAS.	65
6.13.1 Descripción de la situación.	65

6.13.2 Cálculos para cada elemento de la estructura.	67
6.13.3 Cálculos para soporte de la mesa.	67
6.13.4 Cálculos para la mesa.	68
6.13.5 Cálculos para las columnas que soportan los tableros.	69
6.13.6 Cálculos para las vigas que soportan los tableros.	72
6.13.7 Resumen de resultados.	75
6.13.7.1 Cálculos para los soportes de la mesa.	75
6.13.7.2 Cálculos de la mesa.	75
6.13.7.3 Cálculos para las columnas que soportan los tableros.	75
6.13.7.4 Cálculos para las vigas que soportan los tableros.	76
6.14 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.	76
7. CONCLUSIONES.	78
8. RECOMENDACIONES	79
CIBERGRAFIA	80

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Ventajas en las aplicaciones de la neumática	20
Tabla 2. Representación esquemática y datos de las válvulas.	23
Tabla 3. Accionamientos comunes de las válvulas neumáticas.	26
Tabla 4. Símbolos válvulas antirretorno	27
Tabla 5. Especificaciones para el cilindro doble efecto de 20mm de diámetro	32
Tabla 6. En la parte superior se selecciona las dimensiones correspondientes al soporte delantero del cilindro. En la parte inferior se hace la selección del soporte basculante trasero.	34
Tabla 7. Dimensiones de la válvula O.	40
Tabla 8. Elementos disponibles para elaborar el proyecto del banco didáctico.	51
Tabla 9. Materiales propuestos para la elaboración del panel, el mobiliario y el marco para el panel.	53
Tabla 10. Datos de cada elemento	66

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de espacio-fase, para secuencias neumáticas.	22
Figura 2. Esquema de funcionamiento del antirretorno.	27
Figura 3. Reguladora de presión con y sin orificio de escape.	28
Figura 4. Válvula reguladora de caudal unidireccional.	29
Figura 5. Esquema válvula escape rápido.	30
Figura 6. Símbolo de cilindro simple efecto.	31
Figura 7. Dimensiones del cilindro de simple efecto.	31
Figura 8. Símbolo cilindro doble efecto.	32
Figura 9. Dimensiones del cilindro doble efecto.	32
Figura 10. Soporte para la parte delantera del cilindro.	33
Figura 11. Basculante o soporte de cilindro trasero.	33
Figura 12. Válvula 5/2 configuración base.	34
Figura 13. Válvula 5/2 vías mando manual tipo pulsador.	35
Figura 14. Válvula 5/2 vías mando manual con retención.	36
Figura 15. Válvulas 3/2 finales de carrera.	37
Figura 16. Esquemas dimensionales de las válvulas 3/2 finales de carrera.	37

Figura 17. Unidad FR para tratamiento del aire con esquema de instalación.	38
Figura 18. Esquema funcionamiento válvula O.	39
Figura 19. Válvula lógica O.	40
Figura 20, Esquema funcionamiento válvula Y.	41
Figura 21. Válvula lógica Y.	41
Figura 22. Referencia y dimensiones de la válvula Y.	42
Figura 23. Módulo neumático.	45
Figura 24. Banco para montajes neumáticos del SENA.	47
Figura 25. . Módulos didácticos	48
Figura 26. Bancó de neumática básica Micro.	49
Figura 27. Mesa disponible para la elaboración de módulo.	50
Figura 28. Diseño CAD de la nueva estructura.	54
Figura 29. Modificación de la mesa, a). Corte de la sección media, b). Pintura base para recubrimiento, c). Estructura finalizada con pintura de protección.	55
Figura 30. Diseño de corte para lamina MDF, superficie de la mesa.	56
Figura 31. Propuesta de distribución de componentes A.	57
Figura 32. Propuesta de distribución de componentes B.	57
Figura 33. Plantilla para elaboración de corte laser.	58
Figura 34. Proceso de corte siguiendo esquema de la plantilla establecida.	59

Figura 35. Laminado del acrílico.	60
Figura 36. Perfil para marco del panel acrílico.	60
Figura 37. Resultado modificación del chasis.	61
Figura 38. Banco con ensamble de lámina MDF superficie.	62
Figura 39. Acrílico finalizado con el grabado de los elementos que se van a ensamblar.	62
Figura 40. Modulo para prácticas neumáticas finalizado.	63
Figura 41. a). Panel con los elementos fijos para la realización de las practicas, b). Mobiliario para el almacenamiento de los componentes externos, c). Disposición de los elementos.	64
Figura 42. Diagrama de fuerzas del tablero sobre la estructura.	65
Figura 43. Diagrama de fuerzas en sección de la estructura.	67
Figura 44. Diagrama de fuerzas tubería soportes	70
Figura 45. Diagrama de fuerzas para las vigas.	73
Figura 46. Prueba de funcionamiento de secuencia neumática	76
Figura 47. Panel con refuerzo para acople de accesorios y numeración de válvulas 2/2.	77

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Plano isométrico estructura.	85
Anexo B. Plano acrilico.	86
Anexo C. Plano isometrico estructura.	87
Anexo D. Plano isometrico tablero.	88
Anexo E. Plano tabla superficie.	89
Anexo F. Plano soldadura.	90
Anexo G. Plano dimensiones estructura.	91
Anexo H. Inventario cajones banco neumático	92

RESUMEN

En este informe final se reporta el procedimiento descriptivo del cómo se hizo la modificación de una mesa que se empleaba para realizar prácticas de neumática y electroneumática, que por sus condiciones estructurales y la disposición de los elementos no era muy eficiente en el momento que requería realizar un montaje secuencial.

Para la elaboración del proyecto se tomó de base alcanzar las metas y objetivos como pasos consecutivos para el avance en diseño y construcción del banco, en la primera parte se realizó un reconocimiento del estado de los elementos y la estructura, se debatió acerca de la manera de disponer los componentes de modo eficiente, teniendo presente que los dispositivos en su mayoría son de uso industrial, por la tanto, era necesario realizar la adaptación correspondiente a cada uno de ellos para poderlos maniobrar en las prácticas. Paso a seguir, se procedió a la elaboración de los planos de diseño mecánico y cálculos estáticos correspondientes para realizar las modificaciones en la mesa existente, para proceder a la construcción del nuevo diseño y el ensamble de los elementos.

Finalmente se realizaron pruebas de secuencias neumáticas: interviniendo los accesorios externos y válvulas ensambladas. Dado el buen resultado de lo esperado, se cumple el objetivo general al entregar el producto finalizado de un banco neumático repotenciado para prácticas secuenciales de automatización con elementos ajustados a la necesidad del laboratorio.

INTRODUCCIÓN

El laboratorio de hidráulica y neumática de la Institución Universitaria Pascual Bravo para atender las prácticas de montajes de circuitos neumáticos secuenciales, sólo contaba con mesas con perfiles de madera, los cuales, se adaptaron para acoplar los elementos necesarios para la realización de los ejercicios de secuencias de neumática básica y electroneumática, además, del estado de las mesas algunas piezas ya presentaban fallas por desgaste de uso y/o han cumplido su ciclo de vida, por lo tanto, se hizo evidente la necesidad de mejorar los equipos y por consiguiente el servicio.

La Institución realizó una compra de insumos destinados al mantenimiento y reemplazó de los dispositivos defectuosos lo que permite dar continuidad con el aprendizaje de sus usuarios. Con la cantidad de insumos adquiridos, se propone realizar modificación a las mesas que se emplean como bancos de trabajo para repotenciar las prácticas en neumática. En este proyecto de grado se diseñó e implementó un módulo con dos puestos de trabajo, adaptando los elementos adquiridos de manera que pudieran ser empleados de forma didáctica, con el fin de aumentar la capacidad del servicio en el laboratorio.

Considerando que las universidades o instituciones tecnológicas optan por adquirir equipos que comercialmente se venden diseñados para la realización de montajes para prácticas de neumática, diseñados para la enseñanza de forma eficiente permitiendo al usuario enfocarse en la ejecución de las conexiones y en el análisis del ejercicio propuesto, la institución ha dispuesto los accesorios necesarios como son válvulas, cilindros neumáticos, válvulas finales de carrera, entre otros; con el propósito de realizar un nuevo diseño estructural para la actual mesa y el ensamble de los equipos, lo que se pretende lograr es repotenciar un banco que quedara al nivel de lo que se puede adquirir en el mercado a menor costo debido al aprovechamiento de los recursos con los que se dispone para la realización de este proyecto. Para esta meta se realizó el reconocimiento de los elementos tanto los que son nuevos como los que aún se les puede dar uso con el objetivo de determinar los dispositivos de mando y maniobra que se requieren para el nuevo diseño.

1. PROBLEMA.

Las instalaciones del laboratorio de hidráulica y neumática, es un espacio que hace parte de la formación para programas de ingeniería (mecánica y producción), y de las tecnologías (diseño mecatrónico, mecánica automotriz, producción y electromecánica), el lugar cumple con dos funciones, se dictan las clases y a su vez se realizan las prácticas correspondientes a la asignatura de hidráulica y neumática, en promedio recibe grupos entre 25 y 30 estudiantes. El incremento en el servicio del laboratorio ha hecho evidente la necesidad de actualizar y mejorar los equipos existentes.

Actualmente se cuenta con una mesa hábil para prácticas de neumática básica y los dispositivos ya presentan desgaste por ciclos de uso, por lo que la institución en su plan de mantenimiento dispuso de nuevos elementos para reemplazar los anteriores existentes (válvulas, actuadores, pulsadores, sensores finales de carrera neumáticos, entre otros), todos dispuestos de forma independiente como se adquieren comercialmente y no se cuenta con una estructura donde estos puedan quedar fijos, por lo tanto, para realizar montajes neumáticos el laboratorio presta los accesorios de manera independiente a docentes y estudiantes lo que genera gran pérdida de tiempo y atraso en las prácticas durante la clase y extraclase, además, la manipulación y el desplazamiento constante de los equipos en cada préstamo ha aumentado los mantenimientos por constantes golpes y caídas de los elementos neumáticos.

Se plantea la repotenciación de la mesa existente haciendo uso de los materiales de la compra destinada para mantenimiento, con lo cual, hay suficiente material para implementar dos módulos neumáticos que se diseñaran acorde a la necesidad del laboratorio de hidráulica y neumática, haciendo más eficiente el tiempo destinado para las prácticas, erradicando los desplazamientos de los equipos que por consecuencia disminuirá los mantenimientos correctivos, además, se plantea una nueva forma de realizar las practicas donde el estudiante da énfasis al análisis en las secuencias propuestas en la asignatura de neumática.

2. JUSTIFICACIÓN

Analizando las condiciones de servicio del laboratorio es importante resaltar como se prestan los elementos para la realización de los montajes y prácticas, por lo que, con la modificación de la mesa que se emplea para los montajes se puede reducir los tiempos de entrega de materiales a estudiantes y profesores, mejorar el control de inventario de accesorios y reducir los mantenimientos correctivos a causa de caídas en el desplazamiento de los accesorios.

La institución realizó una compra para sustituir elementos que presentan fallas a causa de su constante manipulación y desplazamiento o por desgaste cumpliendo su ciclo de vida útil, en este proyecto se pretende aprovechar los recursos tanto en laboratorios para la fabricación de un nuevo banco, como también, los insumos adquiridos y la reutilización de los accesorios que pueden ser recuperados y adaptados de forma didáctica en el diseño del nuevo banco neumático. Actualizar el banco a un menor coste para quedar a la altura de los fabricantes comerciales.

En este proyecto se analiza en primer lugar las condiciones de servicio del laboratorio de hidráulica y neumática, en el momento se cuenta con dos mesas que contienen perfiles donde se ajustan los elementos neumáticos y electroneumáticos como se muestra en la Figura 27., el desplazar los elementos y la manipulación por los usuarios ha incrementado los problemas en desajustes de las válvulas por golpes y caídas, disminuyendo la posibilidad de realizar prácticas de nivel avanzado en electroneumática. Por ello, pero que, a largo plazo por las condiciones de uso de los elementos se corre el riesgo de que nuevamente estos nuevos elementos deban ser reemplazados por la forma en que se accede a estos. Partiendo de esta necesidad se diseñara un módulo didáctico que tome elementos de la compra institucional y otros ya existentes que están en buenas condiciones para acoplarlos a un nuevo módulo didáctico que repotencie las actividades prácticas.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Repotenciar un banco didáctico neumático con elementos industriales para practicas académicas.

3.2 ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado físico y operativo de los componentes actuales.
- Determinar los dispositivos de mando y maniobra requeridos para repotenciar el nuevo banco didáctico neumático.
- Diseñar planos mecánicos para la elaboración del banco didáctico que permita realizar prácticas neumáticas.
- Modificar la estructura de la mesa dispuesta siguiendo planos de diseño.

4. REFERENTES TEÓRICOS

El origen de la palabra neumática bien del griego “pneuma” que su significado es aire o respiración, se entiende por neumática el uso de aire comprimido o con presión. En sistemas modernos se incluye como método de automatización en subsistemas como son: generación de aire comprimido, distribución del aire comprimido, control del aire comprimido y la ejecución en la aplicación directa en el trabajo a realizar. Su mayor aplicación es la ejecución de movimientos convirtiendo la energía contenida en el aire comprimido en energía cinética.

4.1 ANTECEDENTES BANCOS NEUMÁTICOS.

Un banco de pruebas neumático es un conjunto de objetos con un estado definido que sirve como base para las pruebas de unidades relacionadas al área de la neumática. Su aplicación está destinada a la verificación de componentes neumáticos de sistemas neumáticos¹.

4.1.1 Paneles Serie Didacta MICRO

Micro Automation define sus bancos para prácticas como: un desarrollo conjunto de sus departamentos de Capacitación e Ingeniería. Los componentes utilizados son los adoptados universalmente para la implementación de automatismos en una amplia gama de aplicaciones y complejidades. Son paneles flexibles, de fácil montaje, con posibilidades de expansión y habilidad de interconectarse. Parten de un módulo básico hasta llegar a un poderoso centro de estudio y ensayo que incluye PC, interfaces para accionamiento de actuadores, mobiliario, etc., y cubre variadas tecnologías complementarias. Están montados sobre una estructura de perfiles de aluminio anodizado; la fijación de elementos se realiza a través del ajuste manual de un cuarto de vuelta. La simple reubicación o reemplazo facilita la tarea didáctica del capacitador y la asimilación de conceptos por parte de los asistentes.

Módulos de demostración Desarrollados con tecnologías de primer nivel para la comprensión visual de los automatismos².

¹ Luis Sanchez Ordoñez, ‘Diseno de Banco de Pruebas Neumático’ <https://www.academia.edu/29830132/Diseno_de_Banco_de_Pruebas_Neumático> [accessed 15 November 2018].

² Automation Micro, ‘PRODUCTOS Y SERVICIOS’, 2018, 1–4 <<https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>>.

Los bancos neumáticos de la marca Micro serie Código 0.900.000.610, son especializados para capacitar en forma práctica y metódica en la técnica del mando neumático³.

4.1.2 Paneles Serie Didacta FESTO

El sistema de aprendizaje en materia de sistemas y técnica de automatización industrial de Festo se rige por diversos planes de estudios y exigencias que plantean las profesiones correspondientes. En consecuencia, el sistema de aprendizaje está estructurado de la siguiente manera:

- Equipos didácticos de orientación tecnológica
- Mecatrónica y automatización de procesos de fabricación
- Automatización de procesos continuos y técnica de regulación
- Robótica móvil
- Instalaciones de formación híbrida

El sistema para enseñanza de la técnica de automatización se actualiza y amplía regularmente, a la par que avanzan los métodos utilizados en el sector didáctico y se introducen nuevas tecnologías en el sector industrial.

La estructura modular del sistema de aprendizaje permite realizar aplicaciones que superan los límites impuestos por los diferentes equipos didácticos considerados de forma individual. Por ejemplo, es posible trabajar con controles lógicos programables para actuadores neumáticos, hidráulicos y eléctricos.

El nivel básico TP 101 es apropiado para adquirir conocimientos básicos en las tecnologías de control de sistemas neumáticos. Se adquieren conocimientos físicos básicos de neumática y, además, sobre el funcionamiento y la utilización de componentes neumáticos. Con el equipo didáctico pueden configurarse sistemas de mando neumáticos sencillos.

El nivel avanzado TP 102 es apropiado para profundizar conocimientos en la tecnología de control de sistemas neumáticos. Con los componentes pueden configurarse sistemas combinados, con conexiones para compartir las señales de entrada y de salida. También es posible configurar sistemas de control con módulos para cadenas secuenciales.

Para el montaje de los sistemas de control deben cumplirse las siguientes condiciones técnicas:

³ Automation Micro.

- Un puesto de trabajo Learnline o Learntop-S con un panel de prácticas perfilado de Festo Didactic. El panel de prácticas perfilado tiene 14 ranuras en T paralelas a una distancia de 50 milímetros.
- Un compresor móvil con silenciador (230 V, máximo 800 kPa = 8 bar) para la alimentación de aire comprimido.⁴

4.2 VENTAJAS DE LA NEUMÁTICA.

Tabla 1. Ventajas en las aplicaciones de la neumática

Características	Ventajas de la neumática
Cantidad	El aire está disponible en casi cualquier parte en cantidades ilimitadas El aire puede transportarse de modo sencillo a largas distancias a través de tubos.
Transporte	El aire comprimido puede almacenarse en un depósito para utilizarlo posteriormente. Además, pueden utilizarse depósitos transportables.
Acumulación	El aire comprimido es casi insensible a los cambios de temperatura. Por ello, el funcionamiento de los sistemas neumáticos es fiable, también en condiciones extremas.
Temperatura	El aire comprimido no alberga peligro de incendio o explosión.
Seguridad	Las fugas de aire comprimido no lubricado no ocasionan contaminación alguna. Los elementos de trabajo tienen una construcción sencilla, por lo que su precio es bajo.
Pureza	El aire comprimido es un fluido rápido. Con él, los émbolos ejecutan movimientos muy veloces y los tiempos de conmutación son muy cortos.
Construcción	Seguridad
Velocidad	El aire está disponible en casi cualquier parte en cantidades ilimitadas El aire puede transportarse de modo sencillo a largas distancias a través de tubos.
Seguridad frente a sobrecarga	Las herramientas y los componentes neumáticos pueden soportar esfuerzos hasta que están completamente detenidos, lo que significa que resisten sobrecargas.

Fuente: Festo⁵.Tabla de fundamentos de la técnica de automatización.

⁴ W. Haring, Metzger M., and R. -C. Weber, 'Manual de Trabajo TP-101', 2012 <www.festo-didactic.com>.

⁵ D. Scholz F. Ebel, S. Idler, G. Prede, 'Fundamentos de La Técnica de Automatización', 2008, 106 <https://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/nwt/fb/atechnik/grundlagen/es/kapitel/563062_Fundamentos_de_la_tecnica_de_automatizacion.pdf>.

4.3 SECUENCIAS NEUMÁTICAS

En neumática es muy común realizar secuencias automáticas con una serie de movimientos en un orden determinado y forma cíclica, de manera que realice por una vez o de forma automática por cantidad de repeticiones cíclicas. Para las secuencias los actuadores deben poseer un identificador, en la neumática se emplea las letras alfabéticas en mayúsculas (A). Los sensores y/o finales de carrera son los encargados de entregar señales dirigidas a las válvulas o electroválvulas según sea el caso, para estos dispositivos también poseen marcas para su identificación. Los componentes se denominan de acuerdo a la norma DIN-ISO 1219-2. En un circuito los elementos llevan el mismo número principal de identificación según sea el componente específico.⁶

Actuadores: 1A1, 2A1, 2A2...

Válvulas: 1V1, 1V2, 1V3, 2V1, 2V2, 3V1,...

Sensores: 1B1, 1B2,...

Accesorios: 0Z1, 0Z2, 1Z1,...

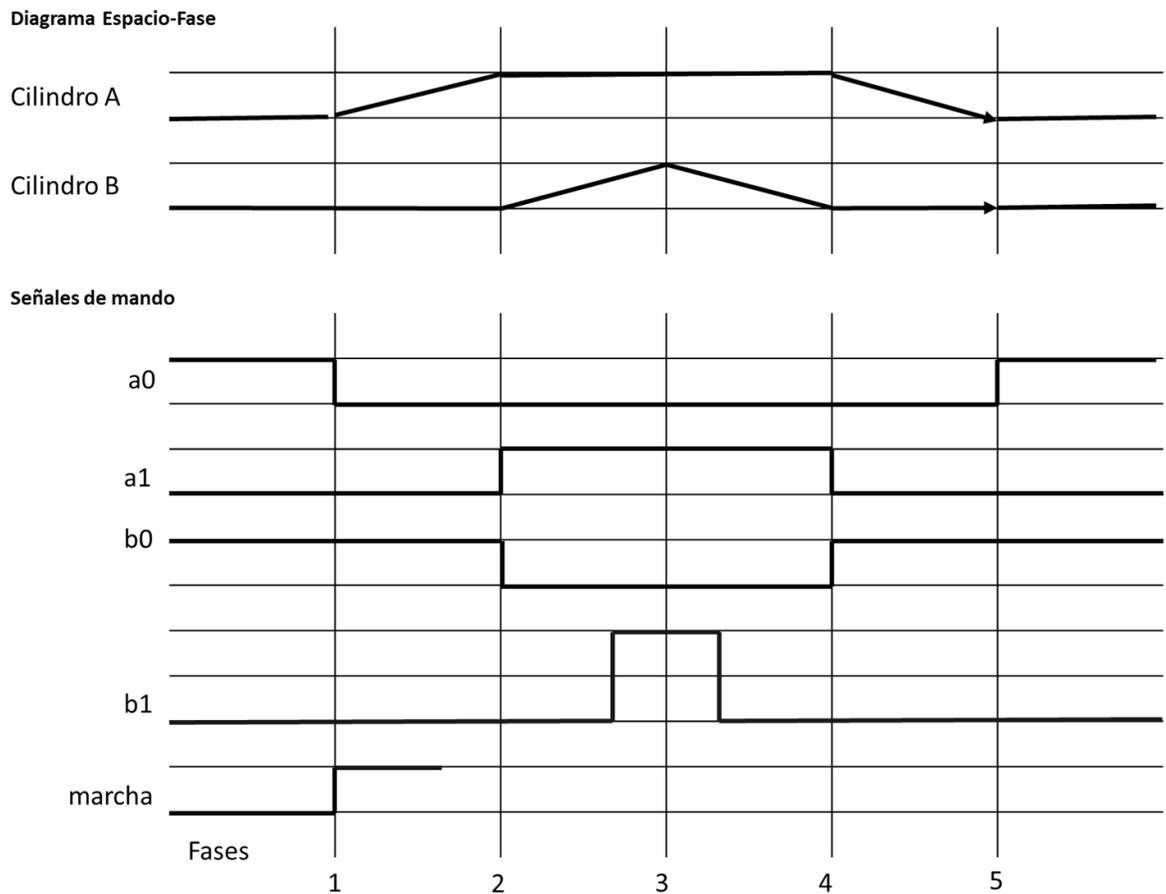
Ramales de presión: P1, P2,...

4.4 DIAGRAMAS DE MOVIMIENTO.

Se emplean para representar el avance y retroceso de los actuadores neumáticos (cilindros), se representa en el eje horizontal las sucesivas fases para las secuencias de movimiento en el caso de los diagramas de espacio-fase, el diagrama de espacio-fase posee tantas bandas horizontales correspondiente a la cantidad de actuadores que intervengan en el proceso, o en el caso del diagrama de espacio-tiempo el eje horizontal es el tiempo y el vertical es el espacio recorrido por el vástago.

⁶ Didactic Festo, 'TP201', 2010.

Figura 1. Diagrama de espacio-fase, para secuencias neumáticas.



Fuente: Micro Automation⁷.

4.5 VÁLVULAS NEUMÁTICAS

Los circuitos neumáticos están constituidos por los actuadores que efectúan el trabajo y por aquellos elementos de señalización y de mando que gobiernan el paso del aire comprimido, y por lo tanto la maniobra de aquellos, denominándose de una manera genérica válvulas. Estos elementos tienen como finalidad mandar o regular la puesta en marcha o el paro del sistema, el sentido del flujo, así como la presión o el caudal del fluido procedente del depósito regulador. Según su función las válvulas se subdividen en los grupos siguientes: 1. Válvulas de vías o

⁷ Juan Camilo Vásquez Cortés, 'Automatización Electroneumática', 2016, 229
<http://biblioteca.sena.edu.co/F/G9NCJ3BF6Q22DTU6GTBBS3QGVFI7PDKGXM5EBR65K9Y5VSVRDA-00570?func=full-set-set&set_number=000841&set_entry=000001&format=999>.

distribuidoras 2. Válvulas de bloqueo 3. Válvulas de presión 4. Válvulas de caudal y de cierre.⁸

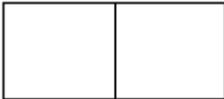
4.5.1 Válvulas distribuidoras o de vías:

Estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de seguir el aire en cada momento, gobernando a la postre el sentido de desplazamiento de los actuadores. Trabajan en dos o más posiciones fijas determinadas. En principio, no pueden trabajar en posiciones intermedias.

4.5.2 Representación esquemática de las válvulas:

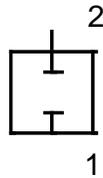
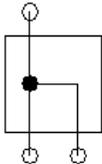
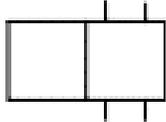
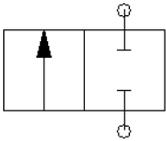
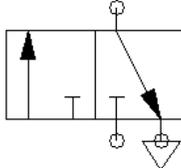
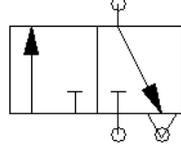
Análogamente que en los actuadores es preciso utilizar una representación simbólica para expresar gráficamente las válvulas, como en aquel caso se utilizan anagramas que representan exclusivamente su función de una manera tremendamente significativa. No indican detalles constructivos, representándose de idéntica manera válvulas diferentes constructivamente hablando pero que cumplen la misma función. La representación que se utiliza corresponde a la norma ISO 1219, que es idéntica a la norma de la Comisión Europea de la Transmisiones Neumáticas y Oleohidráulicas (CETOP). Se trata de una representación que refleja la función y el funcionamiento de las válvulas de una manera tremendamente significativa. A continuación se relacionan las cuestiones más importantes.⁹

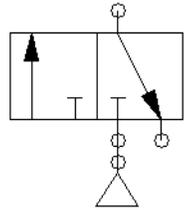
Tabla 2. Representación esquemática y datos de las válvulas.

Cada posición que puede adoptar una válvula distribuidora se representa por medio de un cuadrado.	
El número de cuadrados yuxtapuestos indica el número de posibles posiciones de la válvula distribuidora.	

⁸ Javier Almandoz Berrondo, Belen Mongelos Oquiñena, and Idoia Pellejero Salaberria, 'SISTEMAS NEUMÁTICOS Y OLEOHIDRÁULICOS', *Neumática y Electroneumática Cap-4, Válvulas Neumáticas.*, 2007 <<https://renatosarce.wordpress.com/2011/10/29/cap-1-libro-neumatica/>> [accessed 10 November 2018].

⁹ Almandoz Berrondo, Mongelos Oquiñena, and Pellejero Salaberria.

El funcionamiento de cada posición se representa esquemáticamente en el interior de cada casilla.				
Las posiciones de cierre dentro de las casillas se representan mediante líneas transversales.				
La unión de conductos internos se representa mediante un punto				
Las conexiones externas (entradas y salidas) se representan por medio de trazos unidos a la casilla que esquematiza la posición de reposo inicial. Las uniones con los actuadores figuran en la parte superior y la alimentación de aire comprimido y el escape en la inferior.				
La otra posición u otras posiciones se obtienen desplazando lateralmente los cuadrados, hasta que las conexiones coincidan.				
Las posiciones pueden distinguirse por medio de letras minúsculas a, b, c, d... a b Si la válvula es de tres posiciones, la intermedia es, en principio, la de reposo.	<table border="1" data-bbox="1122 1157 1390 1241"> <tr> <td>a</td> <td>0</td> <td>b</td> </tr> </table>	a	0	b
a	0	b		
Por posición de reposo se entiende, en el caso de válvulas con dispositivo de reposición automática, aquella posición que ocupa cuando sobre la válvula no se ejerce ninguna acción. Se denomina igualmente posición estable y la válvula se dice que es monoestable.				
Los conductos de escape a través de un conducto se representan con un triángulo ligeramente separado del símbolo de la válvula.				
Los conductos de escape sin empalme de tubo, es decir cuando el aire se evacua directamente a la atmósfera se representan mediante un triángulo unido al símbolo de la válvula.				

<p>Si el fluido que circula es aire comprimido, es decir en neumática, el triángulo tendrá aristas negras y fondo blanco. Si se trata de aceite, o sea en oleohidráulica, el triángulo será negro en su totalidad.</p>	
<p>Las conexiones externas se identifican por medio de letras mayúsculas o números:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Tuberías o conductos de trabajo, es decir las uniones con los actuadores: A, B,... o bien 2, 4,6. • Conexión con la alimentación del aire comprimido: P o 1. • Salida de escape R, S, T o 3, 5,7. • Tuberías o conductos de pilotaje (maniobra con aire comprimido) X, Y, Z ó 12,14. 	
<p>Las válvulas distribuidoras se denominan por su número de vías o conexiones con el exterior y el de posiciones posibles, separadas por una barra; por ejemplo una válvula 3/2 significa que tiene tres conexiones con el exterior (una con un actuador, otra la alimentación y la tercera el escape) y que puede ocupar dos posiciones diferentes.</p>	

Fuente:<https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/cap4-valvulas-neumaticas.pdf>

4.5.3 Accionamiento de válvulas:

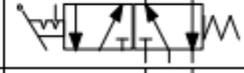
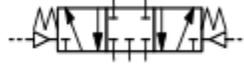
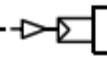
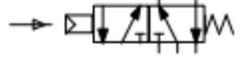
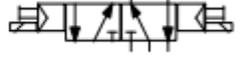
Las válvulas pueden ser accionadas de diferentes maneras, incluso pueden accionarse de manera distinta en un sentido u otro. El accionamiento puede ser manual, mecánico, neumático o eléctrico. El primero se hace mediante pulsador, palanca o pedal. El mecánico se efectúa por medio de una leva, muelle o rodillo; éste puede ser normal o escamoteable, es decir si sólo actúa cuando se desplaza el rodillo en un sentido mientras que en el otro se retrae.

En el accionamiento neumático se utiliza aire comprimido del mismo circuito o de otro auxiliar para maniobrar la posición de la válvula. Generalmente se necesita una presión mínima del aire (presión mínima de pilotaje o de mando) para poder accionar la válvula. Dicha presión se especifica en los catálogos en función de la presión de trabajo del circuito.¹⁰

Los accionamientos se representan en las líneas laterales de los cuadrados extremos que simbolizan las válvulas, mediante un pequeño símbolo. En la Tabla..., se representan los más significativos.

¹⁰ Almandoz Berrondo, Mongelos Oquiñena, and Pellejero Salaberria.

Tabla 3. Accionamientos comunes de las válvulas neumáticas.

Accionamiento manual		
Accionamiento en general		
Pulsador		
Palanca con enclavamiento		
Pedal		
Accionamiento Mecánico		
Retorno por muelle		
Centrado por muelle		
Accionado por rodillo		
Rodillo escamoteable		
Accionamiento neumático		
Accionamiento neumático directo		
Accionamiento neumático indirecto (servo-pilotado)		
Accionamiento Eléctrico		
Accionamiento con simple bobina		
Accionamiento con doble bobina		
Accionamiento Combinado		
Funcionamiento con doble bobina, servo-pilotaje y pilotaje manual auxiliar		

Fuente: <https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/cap4-valvulas-neumaticas.pdf>

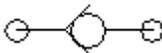
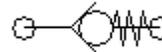
4.5.4 Válvulas de bloqueo:

Son válvulas destinadas a impedir, condicionar o dificultar el paso del flujo en uno u otro sentido.

4.5.5 Válvulas antirretorno:

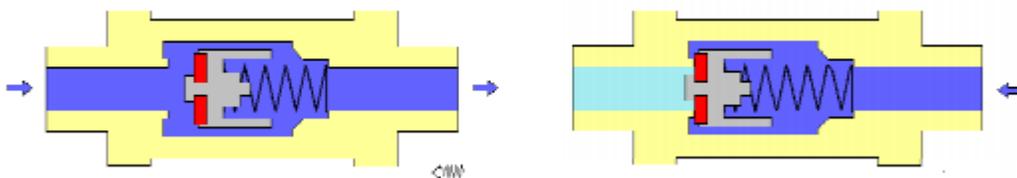
Las válvulas antirretorno impiden el paso absolutamente en un sentido, mientras que en el sentido contrario el aire circula con una pérdida de presión mínima. La obturación en un sentido puede obtenerse mediante un cono, una bola, un disco o una membrana que apoya sobre un asiento.¹¹

Tabla 4. Símbolos válvulas antirretorno

Válvula antirretorno, cierra por el efecto de la presión sobre la parte a bloquear.	
Válvula antirretorno, cierra por el efecto de un muelle además de por el efecto de la presión (Figura 2). El muelle también juega el papel de guía	

Fuente: <https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/cap4-valvulas-neumaticas.pdf>

Figura 2. Esquema de funcionamiento del antirretorno.



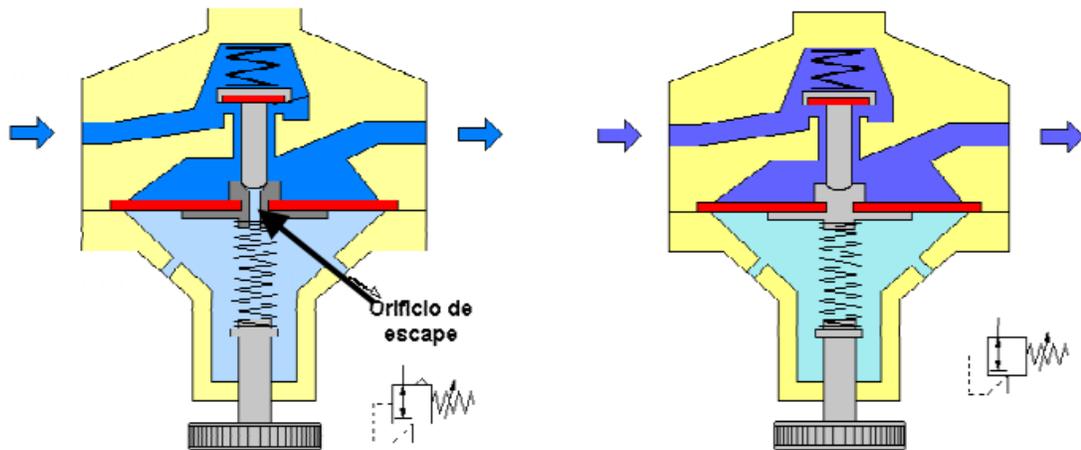
Fuente: <https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/cap4-valvulas-neumaticas.pdf>

¹¹ Almandoz Berrondo, Mongelos Oquiñena, and Pellejero Salaberria.

4.5.6 Válvulas reguladoras de presión:

Tiene la misión de mantener constante la presión en su salida independientemente de la presión que exista a la entrada. Tienen como finalidad fundamental obtener una presión invariable en los elementos de trabajo independientemente de las fluctuaciones de la presión que normalmente se producen en la red de distribución. La presión de entrada mínima debe ser siempre, obviamente, superior a la exigida a la salida.¹²

Figura 3. Reguladora de presión con y sin orificio de escape.



Fuente: <https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/cap4-valvulas-neumaticas.pdf>

4.5.7 Válvulas reguladoras de caudal:

Se trata de un bloque que contiene una válvula de estrangulación en paralelo con una válvula antirretorno. La estrangulación, normalmente regulable desde el exterior, sirve para variar el caudal que lo atraviesa y, por lo tanto, para regular la

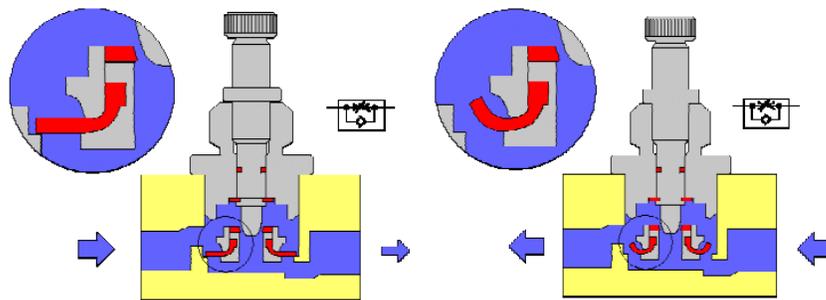
¹² Almandoz Berrondo, Mongelos Oquiñena, and Pellejero Salaberria.

velocidad de desplazamiento del vástago de un cilindro. También se conoce por el nombre de regulador de velocidad o regulador unidireccional.

La válvula antirretorno cierra el paso del aire en un sentido y el aire ha de circular forzosamente por la sección estrangulada. En el sentido contrario, el aire circula libremente a través de la válvula antirretorno abierta (Figura 3). Las válvulas antirretorno y de estrangulación deben montarse lo más cerca posible de los cilindros.

Se utilizan para aminorar y regular la velocidad del vástago de un cilindro, de simple o doble efecto. Según como se disponga la válvula antirretorno se consigue regular la velocidad del vástago en uno u otro sentido.

Figura 4. Válvula reguladora de caudal unidireccional.



Fuente: <https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/cap4-valvulas-neumaticas.pdf>

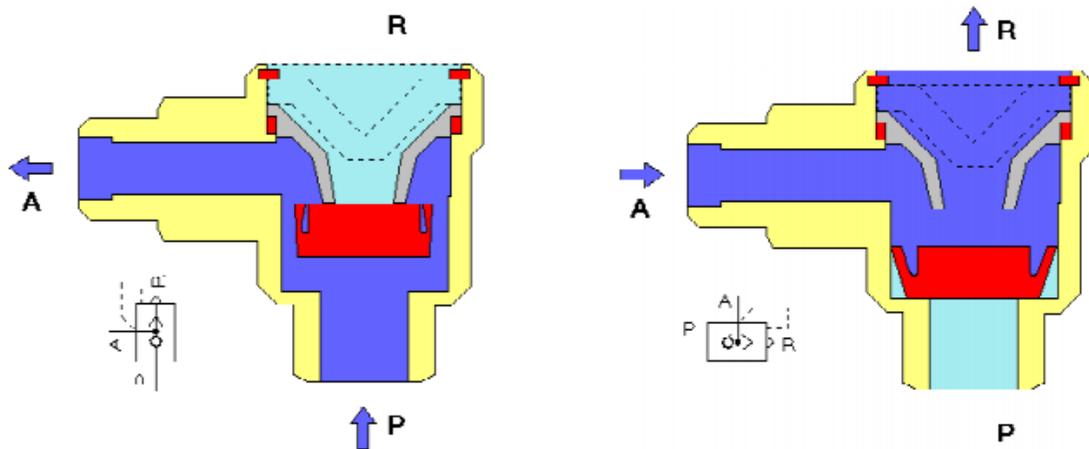
4.5.8 Válvulas de escape rápido:

Se trata de una válvula que evacua el aire de manera rápida hacia la atmósfera. Esta válvula permite elevar la velocidad de los émbolos de los cilindros. Con ella se ahorran largos tiempos de retorno, especialmente si se trata de cilindros de simple efecto.

La válvula tiene una conexión de alimentación P y otra de escape R, que pueden cerrarse (Figura 4). Cuando el aire procede de la alimentación se cierra R y pasa hacia A. Si el aire procede de A se cierra P y el aire se dirige directamente a R. Se recomienda montar esta válvula directamente sobre el cilindro o lo más cerca posible de éste con el fin de mejorar su efecto.

La velocidad de retorno del vástago de un cilindro de simple efecto o la de un cilindro de doble efecto en cualquiera de sus dos sentidos puede ser incrementada por medio de una válvula de escape rápido.

Figura 5. Esquema válvula escape rápido.



Fuente: <https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/cap4-valvulas-neumaticas.pdf>

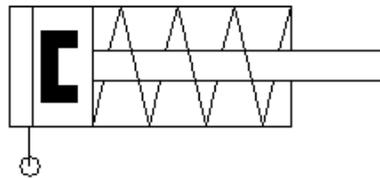
4.6 CILINDROS NEUMÁTICOS.

Según los elementos que se han destinado para la elaboración del proyecto, se consultan los datos y las especificaciones de catálogo del fabricante que son necesarias para ubicar cada perforación donde van a sujetar los componentes con tornillería. A continuación, se especifican las medidas que entrega el fabricante para la instalación del elemento.

4.6.1 Cilindro de simple efecto:

Uno de sus movimientos está gobernado por el aire comprimido, mientras que el otro se da por una acción antagonista, generalmente un resorte colocado en el interior del cilindro. Este resorte podrá situarse opcionalmente entre el pistón y tapa delantera (con resorte delantero) o entre el pistón y su tapa trasera (con resorte trasero). Realiza trabajo aprovechable sólo en uno de los dos sentidos, y la fuerza obtenible es algo menor a la que da la expresión $F = p \times a$, pues hay que descontar la fuerza de oposición que ejerce el resorte.¹³

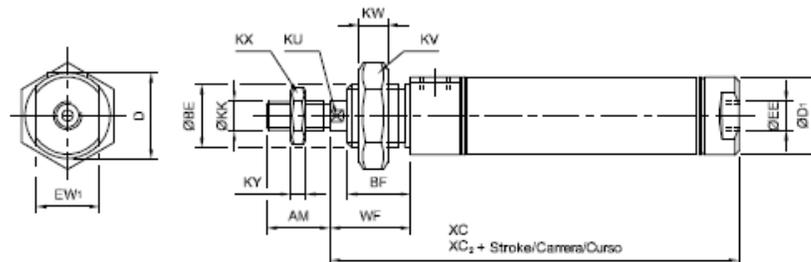
Figura 6. Símbolo de cilindro simple efecto.



Fuente: Micro Automation

$F = p \cdot A$, Donde: F = Fuerza, p = Presión manométrica, A = Área del émbolo o pistón

Figura 7. Dimensiones del cilindro de simple efecto.



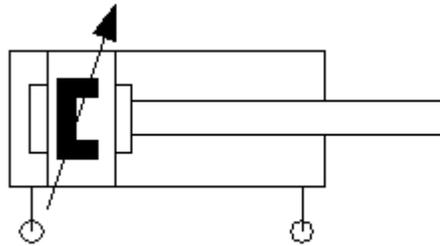
Fuente: Catálogo de productos Micro Automation.

¹³ Automation Micro.

4.6.2 Cilindro de doble efecto.

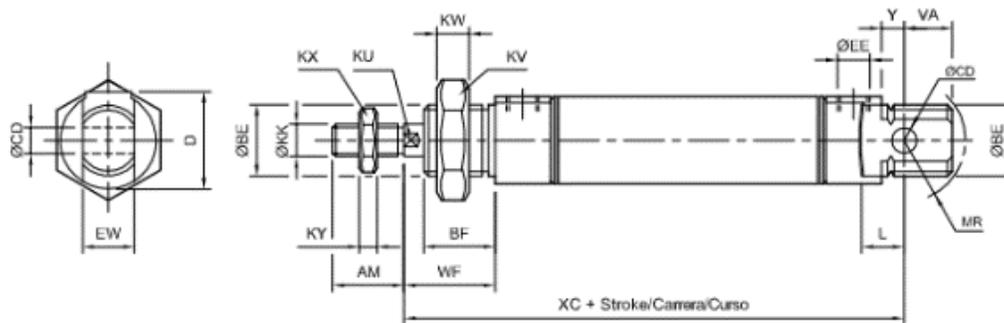
El pistón es accionado por el aire comprimido en ambas carreras. Realiza trabajo aprovechable en los dos sentidos de marcha.

Figura 8. Símbolo cilindro doble efecto.



Fuente: Micro Automation

Figura 9. Dimensiones del cilindro doble efecto.



Fuente: Micro automation.

Tabla 5. Especificaciones para el cilindro de doble efecto de 20mm de diámetro

Ø	AM	ØBE	BF	D	ØCD	EE	EW	ØKK	KU	KV	KW	KX	KY	L	MR	VA	WF	XC	XC ₂	Y	YA
8	12	M12 x 1,25	12	15	4	M5 x 0,8	8	M4 x 0,7	19	7	7	3,2	6	12	10	16	64	96	2	28	
10	12	M12 x 1,25	12	15	4	M5 x 0,8	8	M4 x 0,7	19	7	7	3,2	6	12	10	16	64	96	2	30	
12	16	M16 x 1,5	17	20	6	M5 x 0,8	12	M6 x 1	5	24	8	10	5	9	13	14	22	75	111,5	3	32
16	16	M16 x 1,5	17	20	6	M5 x 0,8	12	M6 x 1	5	24	8	10	5	9	13,5	13	22	82	117,5	4	36
20	20	M22 x 1,5	18	27	8	G 1/8"	16	M8 x 1,25	7	32	10	13	5	12	17,5	15	24	95	132,5	3	40
25	22	M22 x 1,5	22	27	8	G 1/8"	16	M10 x 1,25	9	32	10	17	5	12	19	18	26	104	141,5	7	45

Fuente: Micro Automation¹⁴.

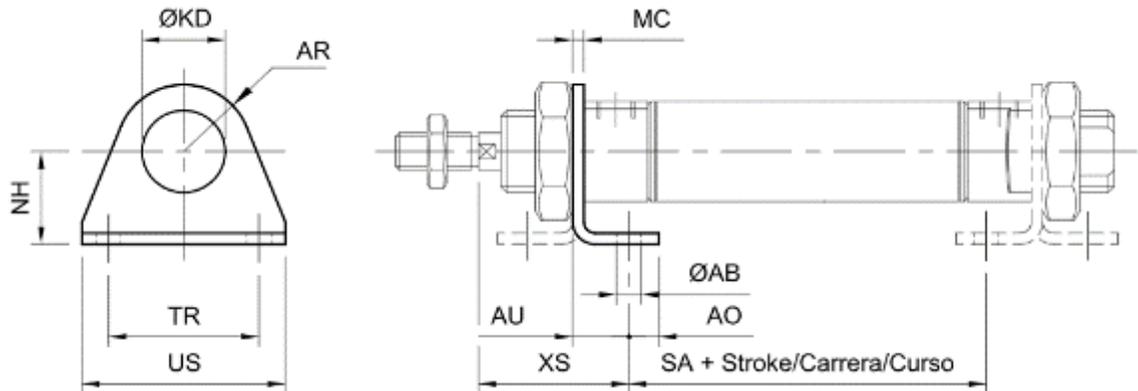
¹⁴ Automation Micro.

La Tabla 5., explica las dimensiones de cada una de las nomenclaturas del cilindro doble efecto, se resalta el diámetro, la longitud del cuerpo y el vástago del componente el cual se pretende instalar.

A continuación se definen las dimensiones de los soportes de los cilindros en los cuales van sujetos para su posterior ensamble en la superficie definida.

4.6.3 Montaje de pie

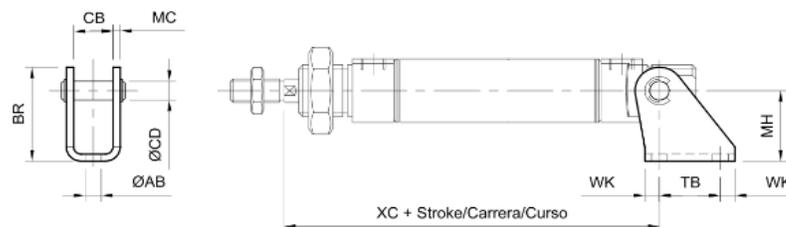
Figura 10. Soporte para la parte delantera del cilindro.



Fuente: Micro Automation.

4.6.4 Basculante trasero

Figura 11. Basculante o soporte de cilindro trasero.



1.2.2.0

Fuente: Micro automation.

4.6.5 Tabla para las dimensiones de pie y montaje basculante trasero.

Tabla 6. En la parte superior se selecciona las dimensiones correspondientes al soporte delantero del cilindro. En la parte inferior se hace la selección del soporte basculante trasero.

Ø	ØAB	AO	AR	AU	B	BE	B ₁	B ₂	B ₃	BR	CB	ØCD	CE	CF	CH	E	EF	EN	ER	EU	G	I	KD	ØKK	
8-10	4,5	5	11	10	20	M12	8	12	3,2	25	8,1	4	16		4	16	5						1	12,1	M 4 x 0,7
12-16	5,5	6	13,5	12,5	21,5	M16	12	17	5	32,5	12,1	6	24		6	18,5	7						1	16,1	M 6 x 1
20	6,6	8	18	15	33	M22	16	21	5	40	16,1	8	32		8	20,5	10						1	22,1	M 8 x 1,25
25	6,6	8	18	15	46	M22	20	25	6	40	16,1	8	40	43	10	31	12	14	28	10,5	57	2	22,1	M 10 x 1,25	

Ø	KV	KW	L	LE	MA	MC	MH	NH	SA	SW ₁	SW ₂	SW ₃	SW ₄	TB	TF	TR	UF	UR	US	W	WK	XC	XS	ZF	ZG
8-10	19	7	33	8	3	2	20	16	30	7	12,7	6	4	14	30	25	40	25	35	13	4	64	24	65	25
12	24	8	37	12	4	2,5	25	20	26	10	14,5	7	5	20	40	32	52	30	42	18	5	75	32	72	25
16	24	8	37	12	4	2,5	25	20	36	10	14,5	7	5	20	40	32	52	30	42	18	5	62	32	62	25
20	32	10	49	16	5	3	30	25	42	13	19	11	7	25	50	40	66	40	54	19	6	95	36	95	34
25	32	10	69,5	20	8	3	30	25	45	17	32	19	12	25	50	40	66	40	54	23	8	104	40	102	39,5

Fuente: Micro automation¹⁵.

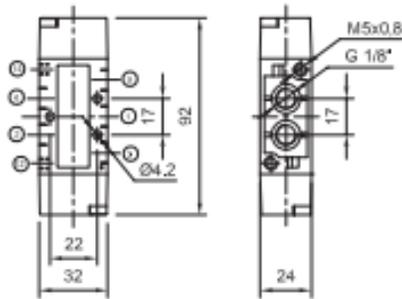
4.7 DIMENSIONES VÁLVULAS PARA EL MÓDULO.

4.7.1 Válvula 5/2 vías direccional mando neumático

La válvula 5/2 es una estructura base, cuando se intervienen sus puntos de conexión se pueden lograr otras configuraciones como son: configuración para 5/2 doble efecto y simple efecto, configuración 3/2 doble y simple efecto. Según sea el requerimiento.

Figura 12. Válvula 5/2 configuración base.

¹⁵ Automation Micro.

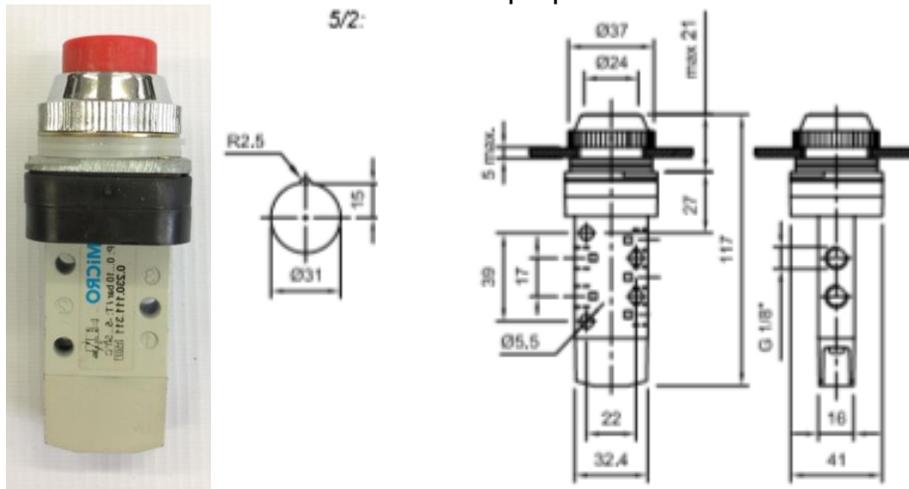


Fuente: Micro Automation¹⁶.

4.7.2 Válvulas 5/2 vías mandos manuales

Las válvulas de mandos manuales elaboradas con la configuración 5/2, permiten una fuerza de actuación hasta 3,4kg, con una presión de trabajo de 0 a 10 bar (145 psi). Para efecto de la elaboración del proyecto se implementó con dos tipos de accionamiento, como pulsador Figura 13., y con palanca de retención Figura 14.

Figura 13. Válvula 5/2 vías mando manual tipo pulsador.

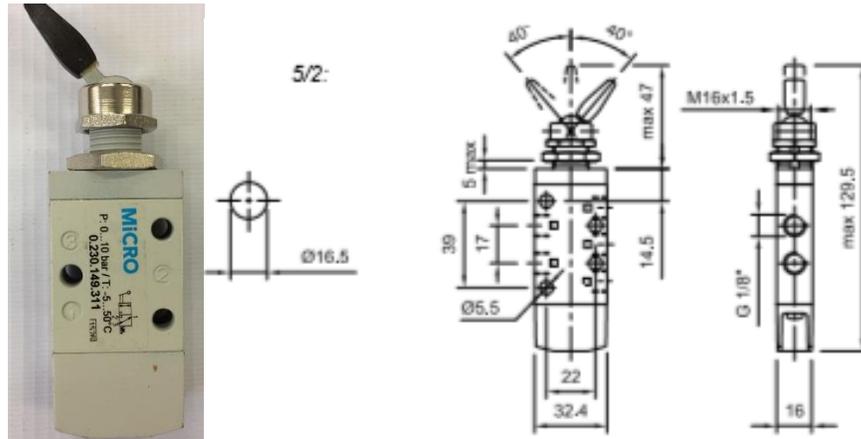


Fuente: Catálogo de Productos Micro¹⁷.

¹⁶ Automation. Micro, *Valvulas Direccionales 5/2*
 <https://www.distribtec.com.ar/mercadolibre/public_html/sb0_mn.pdf> [accessed 2 November 2018].

¹⁷ Automation. Micro.

Figura 14. Válvula 5/2 vías mando manual con retención.



Fuente: Catálogo de productos Micro¹⁸.

¹⁸ Automation. Micro.

4.7.3 Válvulas 3/2 vías mandos mecánicos.

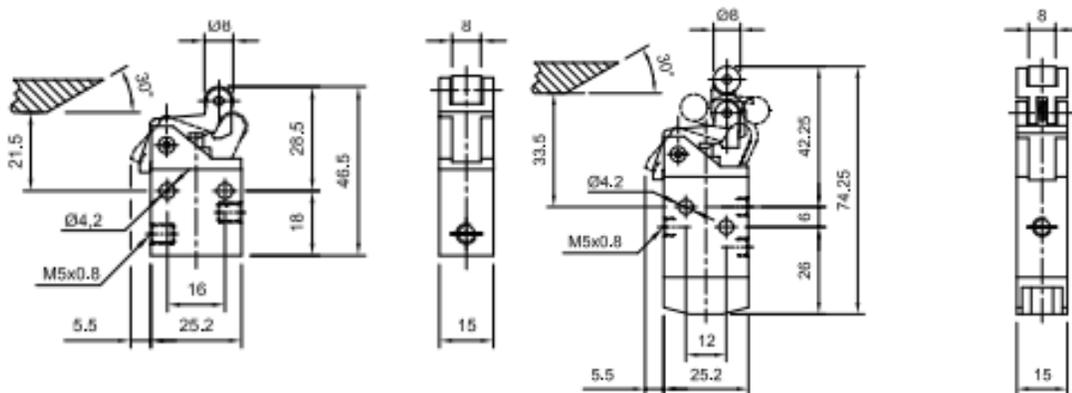
Válvulas 3/2 de accionamiento mecánico, también, reconocidas como finales de carrera poseen una reacción por resorte. Para el proyecto se dispuso de válvulas con mando por rodillo como se observa en la Figura 15., lado izquierda y con válvulas 3/2 de mando por rodillo unidireccional como se observa en la Figura 15., lado derecha.

Figura 15. Válvulas 3/2 finales de carrera.



Fuente: catálogo de productos Micro¹⁹.

Figura 16. Esquemas dimensionales de las válvulas 3/2 finales de carrera.



Fuente: Catálogo de productos Micro²⁰.

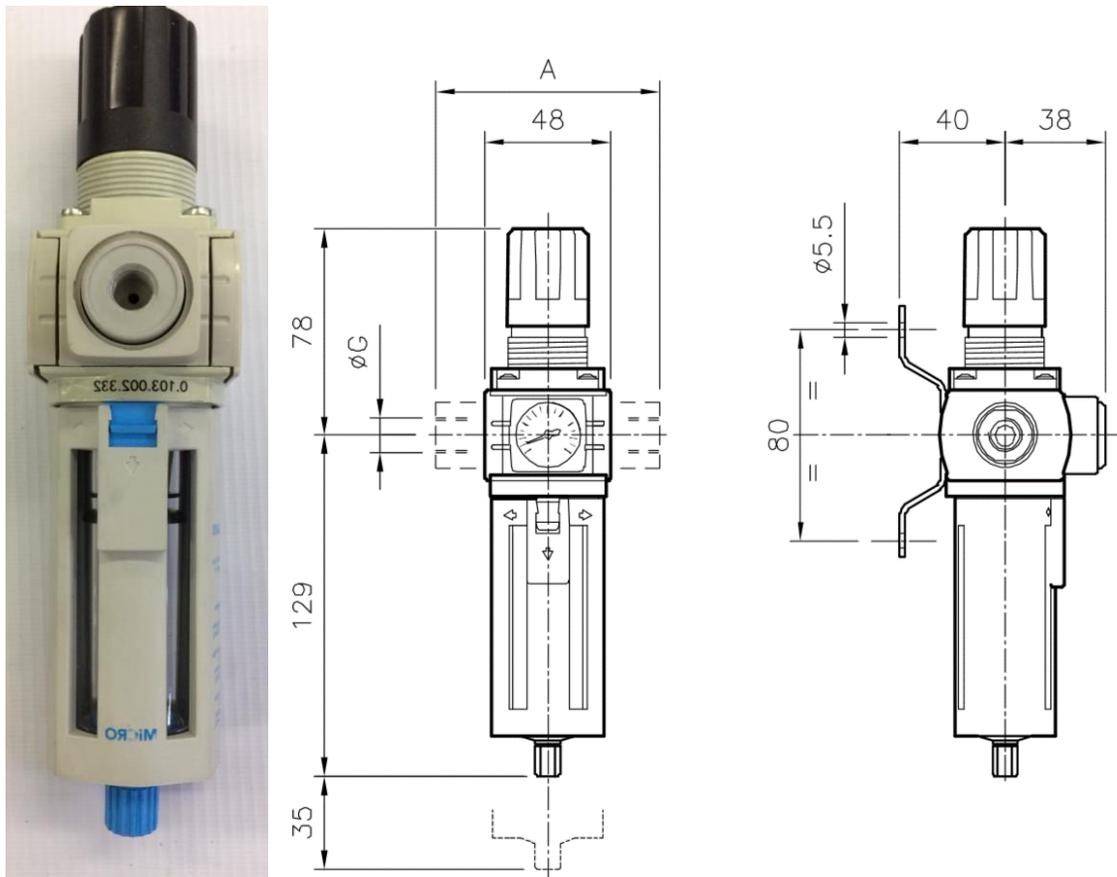
¹⁹ Automation. Micro.

²⁰ Automation. Micro.

4.7.4 Unidad FR de tratamiento del aire.

Posee filtro regulador con cuerpo metálico, protección de vaso plástico. Las unidades son indispensables para el correcto funcionamiento de los sistemas neumáticos, además, prolongan la vida útil de los componentes, reteniendo partículas nocivas que pueden afectar el buen funcionamiento de los equipos neumáticos. Al poseer regulador de presión permite mantener una presión constante e independiente de la línea de suministro evitando consumos excesivos que no son necesarios en los equipos.

Figura 17. Unidad FR para tratamiento del aire con esquema de instalación.



Fuente: Catálogo de productos Micro Automación²¹.

²¹ MICRO automación, 'Micro', 2018

http://www.microautomacion.com/index.php?idpadre=29&idcontenido=0&opcion=red_comercial&id=7&idcontenido=40 [accessed 27 July 2018].

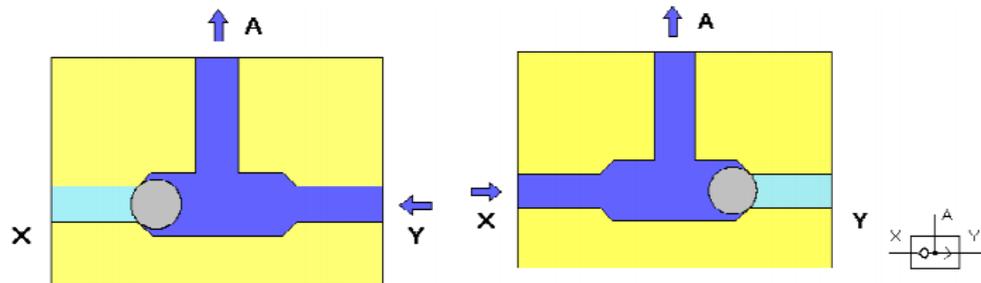
4.7.5 Funciones lógicas.

A continuación se muestran los componentes de funciones lógicas:

4.7.5.1 Función O.

Se trata de una válvula que permite el paso del aire cuando éste procede de uno u otro conducto. Esta válvula tiene dos entradas X e Y, y una salida A (Figura 18). Cuando el aire comprimido entra por la entrada X, la bola obtura la entrada Y, y el aire circula de X hacia A. También cuando el aire llega por Y se obtura la conexión X y pasa de Y hacia A. Por otra parte cuando el aire regresa, es decir procede de A, cuando se elimina el aire de un cilindro o una válvula, la bola permanece en la posición en que se encontraba permitiendo su paso hacia X o Y

Figura 18. Esquema funcionamiento válvula O.



Fuente: <https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/cap4-valvulas-neumaticas.pdf>

Esta válvula se denomina también “elemento O (OR)”; aísla las señales emitidas por dos válvulas de señalización desde diversos lugares e impide que el aire escape por una segunda válvula de señalización. Se utiliza también cuando se desea mandar un cilindro o una válvula de gobierno desde dos o más puntos.²²

El funcionamiento de la válvula O permite intervenir desde dos puntos de origen una señal, por lo tanto, hay señal de salida si al menos una de las dos señales de entrada está presente

²² Almandoz Berrondo, Mongelos Oquiñena, and Pellejero Salaberria.

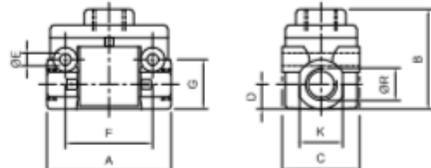
Figura 19. Válvula lógica O.



Fuente: Catálogo de Productos Micro²³.

Tabla 7. Dimensiones de la válvula O.

ØR		Kit de reparación	A	B	C	D	E	F	G	K
G 1/8"	0.400.000.711	0.400.010.139	40	32	25	8,5	4,5	28	16	14
G 1/4"	0.400.000.722	0.400.010.140	52	43	30	11	5,5	35	22	14
G 1/2"	0.400.000.744	0.400.010.141	90	71	56	18,5	8,5	62	37	32



Fuente: Catálogo de productos Micro²⁴.

4.7.5.2 Función lógica Y.

Esta válvula tan solo se abre cuando recibe señales simultáneas de dos lugares diferentes. Esta válvula tiene dos entradas X e Y, y una salida A (Figura 20) El aire comprimido puede pasar únicamente cuando hay presión en ambas entradas. Una única señal de entrada en X ó Y interrumpe el flujo, en razón del desequilibrio de fuerzas que actúan sobre la pieza móvil. Cuando las señales están desplazadas cronológicamente, la última es la que llega a la salida A. Si las señales de entrada son de una presión distinta, la mayor cierra la válvula y la menor se dirige hacia la salida A.²⁵

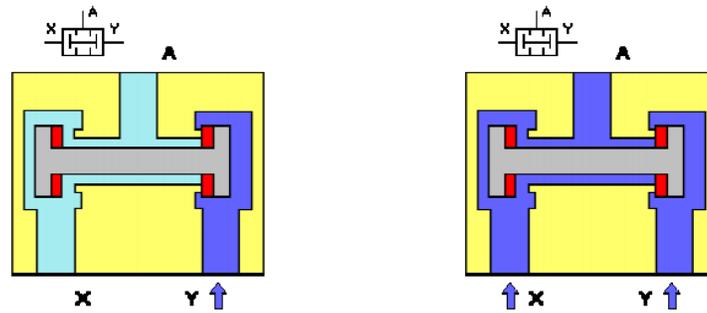
²³ MICRO automatión.

²⁴ MICRO automatión.

²⁵ Almandoz Berrondo, Mongelos Oquiñena, and Pellejero Salaberria.

Esta válvula se denomina también módulo “Y” o función lógica “and”. Se utiliza principalmente en mandos de enclavamiento, funciones de control y operaciones lógicas.

Figura 20, Esquema funcionamiento válvula Y.



Fuente: <https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/cap4-valvulas-neumaticas.pdf>

El funcionamiento de la válvula Y solo permite intervenir desde dos puntos de origen una señal cuando ambas están activas, por lo tanto, hay señal de salida si ambas señales de entradas están presentes.

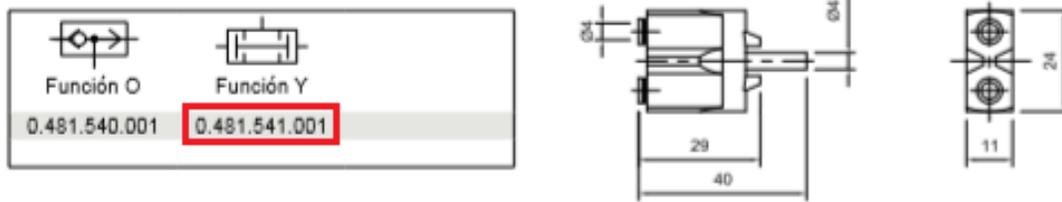
Figura 21. Válvula lógica Y.



Fuente: Catálogo de Productos Micro Automation²⁶.

²⁶ MICRO automatión.

Figura 22. Referencia y dimensiones de la válvula Y.



Fuente: Catálogo de Productos Micro Automation²⁷.

²⁷ MICRO automatión.

5. METODOLOGÍA

El planteamiento de la metodología para la elaboración del proyecto, ha sido una de las partes más complejas en el desarrollo del proyecto, por lo tanto el compromiso del equipo en la búsqueda de la solución pertinente al problema planteado. Como metodología podemos definir cada uno de los pasos durante el desarrollo, desde que se abordó el requerimiento observando el estado de las mesas y los componentes con lo que se contaba para atender las prácticas estudiantiles, se deduce que se necesita una mejora pertinente para atender las exigencias pedagógicas. Por lo tanto, los resultados después de la intervención se hacen evidente una mejoría en la calidad del servicio en el laboratorio.

Para la elaboración del proyecto se tomó de base alcanzar las metas y objetivos como pasos consecutivos para el avance en diseño y construcción del módulo, en la primera parte se realizó un reconocimiento del estado de los elementos y la estructura, se debatió acerca de la manera de disponer los componentes de modo eficiente, teniendo presente que los dispositivos en su mayoría son de uso industrial, por lo tanto, era necesario realizar la adaptación correspondiente a cada uno de ellos para poderlos maniobrar en las prácticas. Paso a seguir, se procedió a la elaboración de los planos mecánicos para realizar las modificaciones del banco existente, más adelante en el desarrollo de la metodología se ira describiendo cómo la forma estructura fue modificada a partir del diseño CAD.

Como se evidencio para la elaboración del banco neumático se consultó en diversas fuentes, tanto de fabricantes que oferten módulos didácticos, como también, trabajos escritos, reportes, textos y visitas a instituciones donde se han adquirido módulos o adaptaciones de accesorios industriales de manera didáctica para la realización de prácticas en neumática y automatización, además de los accesorios mencionados.

Como inicio para el planteamiento del diseño de una nueva estructura que contenga los elementos se analizó las condiciones de las mesas que se empleaban como módulos para realizar las prácticas secuenciales de montajes electroneumaticos, para este diseño y la implementación del módulo didáctico electroneumático, se tomó como fundamento en contener los ejercicios y secuencias que se dictan en el aula de clase que por lo general se basan en la guía didáctica de Festo académico TP101 ²⁸, y TP102 ²⁹, estos manuales contienen ejercicios y procedimientos en neumática, a su vez, integran técnicas de automatización secuenciales.

²⁸ Haring, M., and Weber.

²⁹ W. Haring, Metzger M., and R. -C. Weber, 'Manual de Trabajo TP-102', 2012 <www.festo-didactic.com>.

6. RESULTADOS.

6.1 BANCO NEUMÁTICO

En el mercado existen proveedores y fabricantes de procedencia extranjera como son Micro automatización.³⁰ Festo con su línea didáctica (Didactic)³¹, ambos con experiencia en la elaboración de módulos didácticos y con representación en Colombia. Marcas como Mindman.³², Rayflex.³³, SMC.³⁴, entre otras se han encargado de ser fabricantes de elementos para neumática industrial. En el entorno nacional se puede mencionar que existen empresas que suministran equipos neumáticos como por ejemplo Dicson S.A en la ciudad de Bogotá.³⁵, Ingeneumatica en Itagüí (Antioquia),³⁶ e Hidráulica y Neumática S.A. (HNSA)³⁷, en la Ciudad de Medellín que diseña equipos o módulos para realizar actividades prácticas asociadas a las teorías de neumática y control.

Por otra parte, en los laboratorios de las instituciones universitarias como el Pascual Bravo y el Instituto Tecnológico Metropolitano se han realizado adecuaciones a equipos comerciales con el propósito de adaptarlos para uso didáctico. Estas adaptaciones han sido de gran beneficio debido a que los estudiantes tienen un acercamiento con el ambiente industrial al posibilitar la simulación de situaciones donde intervienen autómatas³⁸. Como se menciona en un principio hay empresas que suministran equipos didácticos (módulos, bancos de trabajo, componentes neumáticos), por lo tanto, para el desarrollo del producto final se realizaron consultas a referentes comerciales y marcas de fabricantes más reconocidas que suministran equipos y servicios en automatización implementando neumática. En efecto, se tiene presente la realidad en

³⁰ MICRO automatización.

³¹ Didactic SE Festo, 'Neumática e Hidráulica Sistemas de Aprendizaje y Servicios Para La Formación Técnica', 2017 <http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/56824_2017_04_es_pg_ph_small.pdf> [accessed 13 June 2018].

³² Mindman, 'Mindman Pneumatics.(Pneumatic Automation Equipment Manufacturer)', 2018 <<http://www.mindman.com.tw/>> [accessed 27 July 2018].

³³ RayFlex, 'Rayflex Sistemas y Fluidos S.A.', 2018 <<http://www.rayflex.net/productos>> [accessed 27 July 2018].

³⁴ SMC, 'SMC Colombia | Productos', 2018 <<http://smc.com.co/productos/>> [accessed 27 July 2018].

³⁵ DicsonS.A., 'Mindman Colombia | Dicson.Sa | Neumatica - Hidraulica - Redes Neumaticas | Colombia', 2018 <<http://www.dicson.com.co/cilindros-neumaticos/productos-cilindros-standart-mindman/item/mindman-mcqa-ah-series>> [accessed 27 July 2018].

³⁶ Ingeneumatica, 'Elementos Neumáticos | Ingeneumatica', 2018 <<http://www.ingeneumatica.com/elementos-neumaticos/>> [accessed 27 July 2018].

³⁷ HNSA, 'BANCOS DIDÁCTICOS NEUMÁTICOS - Hidraulica & NeumaticaHidraulica & Neumatica', 2017 <<http://www.hnsa.com.co/bancos-didacticos-neumaticos/>> [accessed 7 June 2018].

³⁸ Jairo Mendoza, Jimmy Cortés, and José Muriel, 'Control Secuencial de Un Circuito Electroneumático a Través de Un PLC', *Scientia et Technica*, 48.0122-1701 (2011), 191–95 <<http://www.redalyc.org/pdf/849/84922622034.pdf>> [accessed 5 June 2018].

comparación con los fabricantes que poseen experiencia, pero en contraste, sus productos son de un coste superior a lo propuesto y materializado con los recursos que se adquirieron y que serían destinados a mantenimiento en reemplazo de los que han cumplido su ciclo de vida.

Figura 23. Módulo neumático.



Fuente: Laboratorio Hidráulica y neumática ITM³⁹.

En el Instituto Tecnológico Metropolitano sede Robledo (Medellín) cuenta con varios módulos de neumática, y en electroneumática, como se muestra en la Figura 23. el cual, posee elementos fijos que se pueden acoplar y desmontar de la estructura, aunque, está enfocado para que el estudiante o usuario se concentre en interpretar y ejecutar las conexiones del circuito neumático sin tener que ensamblar elementos, en este diseño la idea del fabricante de disponer las conexiones para agiliza la realización de un montaje. Adicional a los bancos neumáticos, también poseen bancos electroneumaticos micro, y un módulo independiente que se compone de una electroválvula 5/2 monoestable y una

³⁹ ITM, *Visita Laboratorio Hidráulica y Neumática Sede Robledo*. (Medellín, 2018).

electroválvula 5/2 biestable, ambas integradas a un cilindro doble efecto, aunque este montaje solo está dispuesto para elaborar prácticas de electroneumática, solo sirve como ejemplo de una posible idea para disponer los elementos de manera simple en la realización del módulo neumático.

En cada uno de los módulos destaca la manera en que se tiende a administrar los elementos en un banco de trabajo donde el usuario dispone de los instrumentos en la misma estructura, a diferencia en La institución Universitaria Pascual Bravo se cuenta con componentes pero dispuestos manera independiente para la realización de las prácticas, por lo tanto con la propuesta se repotenciarán las mesas de trabajo para estar al nivel de diseños de los fabricantes e instituciones consultados.

Considerando que la neumática aplicada se considera una tecnología limpia con una amplio uso en procesos industriales.⁴⁰, por lo tanto, es esencial contar con equipos que permitan la realización de simulaciones acordes con las competencias requeridas con la demanda industrial, por lo que se realizó una visita a las instalaciones del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) sede Zona Franca Rionegro (Antioquia), para conocer uno de los laboratorios mejor equipados a nivel institucional y como parte de adquisición de información para la fabricación del banco neumático. En el lugar se evidencia que poseen equipos adquiridos directamente del Fabricante Festo, y como es propio de la marca la mayor parte de elementos se disponen de forma independiente (se pueden acoplar en el perfil del panel) lo que permite integrar lo que se va a utilizar en el circuito y no quedan fijos en la estructura (válvulas, electroválvulas, actuadores, etc.) optimizando el espacio de trabajo. El laboratorio está en la capacidad para atender cualquier práctica de vinculada con la neumática con herramientas modernas para el aprovechamiento óptimo de todos los recursos provistos para entregar un paquete muy completo para el aprendizaje del usuario.⁴¹.

⁴⁰ ("Neumática + Electroneumática - Tecnologías de la Automatización Industrial")

⁴¹ Didactic SE Festo.

Figura 24. Banco para montajes neumáticos del SENA.



Fuente: SENA Zona Franca Rionegro.

La visita a las instalaciones del SENA sirvió de referencia para el presente proyecto, tomando detalle de la estructura de los módulos para diseñar la modificación de la mesa teniendo presente lograr el mayor provecho del espacio en la distribución de los accesorios como se hace en los bancos de Festo, sin afectar la ergonomía del usuario, además, los elementos electroneumáticos, neumáticos y de control, se deben ensamblar teniendo presente las cargas estáticas que pueden afectar la resistencia mecánica de la estructura y del sustrato donde se fijaran, es necesaria una óptima y adecuada estructura resistente para largos periodos de uso en las prácticas.⁴², en este artículo se menciona la importancia del diseño en el momento que el usuario interviene el banco y las fuerzas que intervienen en la estructura. En el diseño propuesto se pretende integrar los elementos a un panel que formará parte de la estructura, aclarando que los elementos quedan fijos para disposición de las prácticas pero a la hora de realizar algún tipo de mantenimiento se podrán retirar cuando se disponga.

La forma en que se efectúan las prácticas en neumática se da a través del proceso secuencial que parte de la necesidad de realizar movimientos seguidos de los actuadores para cumplir el objetivo, por lo tanto, hay una interacción de señales neumáticas interconectadas que intervienen desde la fuente de aire hasta llegar a los actuadores. El trabajo a realizar define la secuencia de operación y el diseño del circuito neumático como punto de partida para los posteriores

⁴² Paolo Amato Hernandez and others, 'Construcción de Un Banco Para Prácticas Electroneumáticas', *Scientia et Technica*, 20.2 (2015), 119–28 <<https://doi.org/10.22517/23447214.9314>>.

procesos de reconocimiento de los elementos a utilizar, planos de secuencia de movimientos, tipo de montaje, especificando de qué forma se realizará la conexión de la simulación en el banco de trabajo, ⁴³.

En el mercado se pueden encontrar módulos didácticos de un mayor coste para realizar pruebas en neumática, se debe reconocer que los fabricantes poseen grandes ventajas en cuanto a la experiencia y el servicio de capacitación sobre el uso de sus productos, para mencionar los más importantes a continuación se mencionan dos de las marcas reconocidas a nivel mundial que han sido de gran aporte al sector académico al desarrollar equipos de uso didáctico.

Figura 25. . Módulos didácticos



Festo. Fuente: Festo

Festo emplea placas perfiladas en aluminio, junto con sus sistemas modulares (sistemas de estación de trabajo)⁴⁴, diseñados de forma ergonómica, además, de su flexibilidad, el diseño del fabricante dispone de óptimo espacio para trabajo. En su diseño se propone como opcional la posición de la placa para ensamble de los elementos que puede variar de forma vertical o inclinado como se observa en la Figura 25., donde se muestra como las dos disposiciones. Del diseño es importante destacar que el mobiliario posee cajones para el almacenamiento de

⁴³ Mendoza, Cortés, and Muriel.

⁴⁴ 'Mobiliario de Prácticas y Paquetes de Tecnología: Tecnología Innovadora Con Valor Añadido. - Mobiliario de Prácticas - Mobiliario de Prácticas - Productos - Festo Didactic' <<http://microtec-didactica.blogspot.com/2018/08/banco-neumatica-basica-0900000611.html>> [accessed 1 November 2018].

los elementos de la práctica, por lo tanto, para la implantación del módulo neumático se pretende adoptar la idea para acoplar a la estructura existente cajones apropiados con el chasis de la mesa a modificar.

Figura 26. Bancó de neumática básica Micro.



Fuente: Micro Automation

Los bancos de entrenamiento básico de Micro automation⁴⁵, se componen de un bastidor de aluminio con un set de componentes neumáticos industriales adaptados de forma que puedan implementarse para la elaboración de circuitos de control neumático. Los componentes son extraíbles permitiendo configurar múltiples circuitos desde un nivel básico hasta secuencias complejas, dando uso a la mayor cantidad de componentes disponibles en el módulo.

⁴⁵ 'Banco Neumatica Basica (0.900.000.610) - MiCRO Material Didactico' <<http://microtec-didactica.blogspot.com/2018/08/banco-neumatica-basica-0900000611.html>> [accessed 2 November 2018].

Como se mencionó la IUPB, proporciona la mayoría de elementos para la realización de este proyecto con propósito de potencializar el laboratorio de hidráulica y neumática, para lo que se definieron las siguientes actividades a realizar para llevar a cabo con cada uno de los objetivos propuestos.

El banco inicialmente sin modificación poseía la capacidad para tres estudiantes como máximo para trabajar en un espacio apto para la realización del montaje de la práctica asignada, sin embargo, esto no se cumple a cabalidad debido a la cantidad de usuarios que llegan a ocupar el espacio del aula que está destinada para emplearse de forma mixta, como salón de clase y laboratorio. Al no contar con más módulos para la demanda de usuarios, en una práctica se excedía la capacidad máxima de un banco de tres estudiantes por mesa hasta cinco o más estudiante para realizar un ejercicio de montaje. En la Figura 27., se evidencia el estado inicial de la mesa intervenida, la disposición de los elementos y el espacio donde se encontraba su ubicación, también se estudió la posibilidad con el nuevo diseño y la posterior modificación realizar una reubicación de los nuevos bancos de trabajo dentro del espacio del aula.

Figura 27. Mesa disponible para la elaboración de módulo.



Fuente: Laboratorio de Hidráulica y Neumática IUPB⁴⁶.

⁴⁶ IUPB, 'Consulta Estado Laboratorio Hidráulica y Neumática.' (INSTIRUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO, 2017).

6.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS.

Siguiendo lo planteado para reconocer los elementos que se emplearan en la elaboración del módulo didáctico neumático, a continuación se hace el registro de los componentes con los que disponía la institución para el diseño y la repotenciación del nuevo banco.

Tabla 8. Elementos disponibles para elaborar el proyecto del banco didáctico.

Ítem	Elemento	Descripción: elementos marca Micro automation, códigos del catálogo de productos. ⁴⁷	Condición
1		Unidad de mantenimiento Código: 0.103.002.332.	Bueno
2		Válvulas n/vías configurable. Código: 0.224.001.311	Bueno
3		Válvula 3/2 accionamiento por rodillo. Código: 0.220.121.422	Bueno
4		Válvula 5/2 mando manual, perilla para tablero. Código: 0.234.149.311	Bueno
5		Válvula 5/2 mando manual, pulsador. Código: 0.234.109.311	Bueno
6		Regulador de caudal Código: 0.470.000.410	Bueno

⁴⁷ Automation Micro.

Ítem	Elemento	Descripción: elementos marca Micro automation, códigos del catálogo de productos. ⁴⁸	Condición
7		Cilindro neumático Código: 0.025.260.100. Datos del catálogo de productos y servicios, ⁴⁹	Bueno
8		Montaje basculante trasero Código: 0.005.000.006.	Bueno
9		Montaje Pie Código: 0.005.000.001.	Bueno
10		Válvula lógica O. Código: 0.400.010.439.	Bueno
11		Válvula lógica Y. Código: 0.481.541.001.	Bueno

Fuente: elaboración propia.

6.3 MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DEL PANEL Y LA SUPERFICIE DE LA MESA

El material a emplear es acrílico, disponible en la IUPB en su inventario, es acorde con las dimensiones de espesor de los perfiles que se habían propuesto para el marco, además permite realizar gravados en la superficie, es maleable, liviano y posee resistencia mecánica para soportar el peso de los elementos, además, por experiencia y recomendaciones de los docentes, el acrílico es el material más apropiado para la realización del panel. Además para la elaboración de las perforaciones y el gravado se puede realizar en un mismo proceso con cortadora

⁴⁸ Automation Micro.

⁴⁹ Automation Micro.

laser. La superficie de la mesa y el mobiliario se empleó MDF⁵⁰ (Melamina Estándar Blanco). Como se observa en la Tabla 6., las especificaciones técnicas de los materiales mencionados incluyendo el material apropiado para la elaboración del marco para el cuadro del panel.

Tabla 9. Materiales propuestos para la elaboración del panel, el mobiliario y el marco para el panel.

Material	Descripción	Disponibilidad del material
	<p>Acrílico.⁵¹ Calibre: 2mm, 3mm, 4mm, 5mm, 6mm, 8mm, 10 mm, 12 mm, 15mm Color: Cristal Tamaño: 1.20 x 1.80, 1.20 x 2.40, 1.30 x 1.90, 1.50 x 2.50.</p>	Material disponible en la institución.
	<p>MDF MELANINA ESTÁNDAR BLANCO⁵² Calibre: 18 mm Color: blanco Medidas: 1.85X2.44mts Acabado: liso.</p>	Material disponible en la institución.
	<p>PERALM04B PERFIL ALUMINIO/VIDRIO 04-B⁵³ Valor comercial: 32200\$ Perfil aluminio para puertas con vidrio 4 mm Largo: 3 MTS Complementos: KPLAAGM46, EMPLAM46</p>	Se debe comprar.

Fuente: Elaboración propia.

⁵⁰ Madecentro, 'MDF MELAMINA ESTANDAR BLANCO - Mdf - Maderas - Madecentro', 2018 <<https://www.madecentro.com/maderas/maderas-mdf/mdf-pintado-estandar-olivo-3054.html>> [accessed 26 August 2018].

⁵¹ Diacrílicos, 'Lamina Reciclada Cristal | Diacrílicos', 2018 <<http://diacrilicos.com/producto/lamina-reciclada-cristal/>> [accessed 26 August 2018].

⁵² Madecentro, 'MDF MELAMINA ESTANDAR BLANCO - Mdf - Maderas - Madecentro'.

⁵³ Madecentro, 'AGLOMERADO ESTANDAR/RH MELAMINA LINO LATTE - Aglomerado - Maderas - Madecentro', 2018 <<https://www.madecentro.com/maderas/maderas-aglomerado/aglomerado-estandar-rh-melamina-lino-latte.html>> [accessed 26 August 2018].

6.4 MODIFICACIÓN ESTRUCTURAL.

Como se mostró en la Figura 27., el estado de las mesas no era muy favorable por sus condiciones para ensamblar los elementos de reemplazo adquiridos por la institución, como primer paso en la mejora de la estructura se realizó el diseño CAD para el nuevo módulo. La mesa original poseía un soporte vertical en uno de sus extremos se procedió a realizar en el diseño su reubicación en la sección media de la estructura siguiendo las especificaciones dimensionales como se evidencia en la Figura 28. La propuesta de la modificación del chasis reutilizando elementos para su fabricación permite habilitar dos puestos de trabajo ampliando la capacidad de servicio del laboratorio y a su vez se está dando provecho al adecuar los componentes nuevos y reutilizar materiales existentes.

Figura 28. Diseño CAD de la nueva estructura.



Fuente: Elaboración propia.

Haciendo uso de los recursos de los laboratorios de la IUPB, se desplazó la estructura para las instalaciones del laboratorio de soldadura y se procede a realizar en primer lugar los cortes pertinentes del soporte vertical Figura 27., una vez realizado este procedimiento se da inicio a fijar los soportes en la posición determinada en el diseño. Los planos de la mesa modificada se agregan en los anexos. El aprovechamiento del espacio y los recursos institucionales permitieron el avance y la atención de las necesidades resultantes en la elaboración de la

estructura. En la Figura 29., se evidencia el paso a paso de la modificación del chasis de la mesa.

Figura 29. Modificación de la mesa, a). Corte de la sección media, b). Pintura base para recubrimiento, c). Estructura finalizada con pintura de protección.



a).



b).

c).

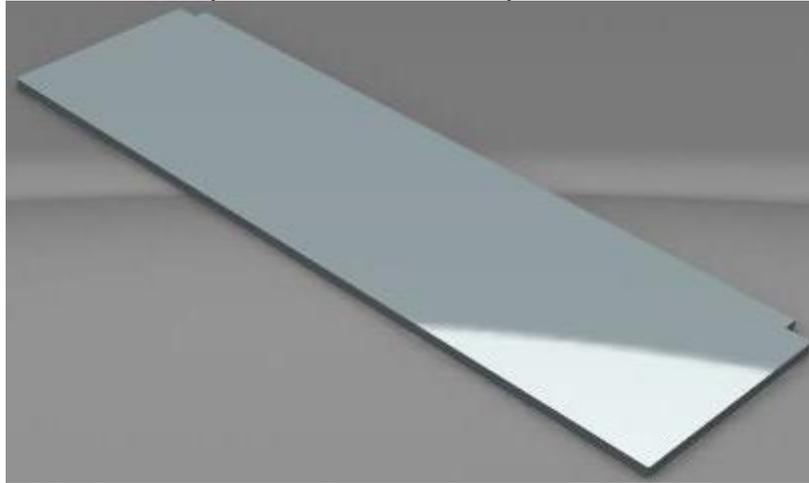


Fuente: laboratorio de hidráulica y neumática⁵⁴.

⁵⁴ IUPB. Modificación de la estructura realizada por gestión de laboratorios.

Para la superficie de la mesa se seleccionó material MDF y se realizó un diseño para el corte según el tamaño de la superficie de la mesa, se elaboró en dos secciones que se juntan en centro de la estructura, en la Figura 30. Se muestra el diseño para el corte de la lámina que comercialmente se vende con las siguientes dimensiones: 1.85m x 2.44m, con el diseño se definió el corte y el acople en el punto central donde está ubicado el soporte para fijación del panel acrílico que se empleara para la instalación de los componentes.

Figura 30. Diseño de corte para lamina MDF, superficie de la mesa.



Fuente: Elaboración propia.

6.5 DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL PANEL ACRÍLICO.

Después de la modificación estructural de la mesa se procedió a realizar la distribución de los elementos en la lámina de acrílico para establecer el orden adecuado de los mismos. El acrílico es de 5mm de espesor y como se ha mencionado en el proceso de reconocimiento de los elementos se dispuso de recursos existentes en la IUPB⁵⁵. En las Figura 31., y Figura 32., se muestran los accesorios, por lo tanto, se efectuaron dos propuestas para su distribución dentro de las dimensiones del acrílico (1.20x 1.80 [m].), la cual, determinaría el espacio de ubicación para cada elemento teniendo en cuenta las dimensiones del marco del chasis para el acople del panel acrílico, lo que redujo el tamaño del material a una medida de 1.20x 0.60 [m].

⁵⁵ IUPB. Reconocimiento y consulta del estado de los accesorios del laboratorio.

Figura 31. Propuesta de distribución de componentes A.



Fuente: Laboratorio de Hidráulica y neumática⁵⁶.

Figura 32. Propuesta de distribución de componentes B.



Fuente: Laboratorio de Hidráulica y neumática⁵⁷.

La propuesta final con la que sea realizado el esquema gráfico para la distribución final de los elementos en el panel acrílico seleccionada fue la B, expuesta a modificaciones en el proceso de elaboración durante el ensamble.

⁵⁶ IUPB. Consulta del estado de los componentes y accesorios del laboratorio.

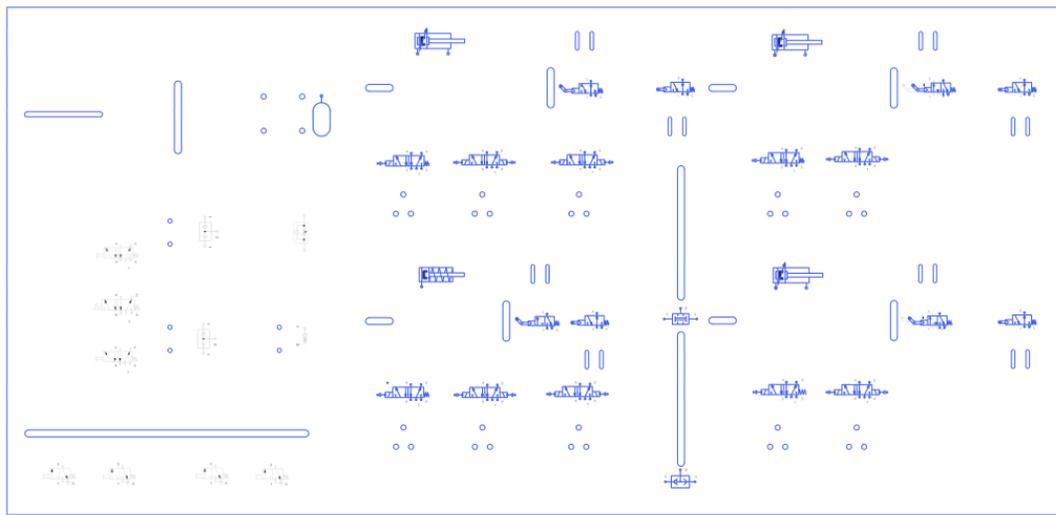
⁵⁷ IUPB. Consulta del estado de los componentes y accesorios del laboratorio.

6.6 DISEÑO DE PLANTILLA PARA CORTE Y GRABADO DE LÁMINA ACRÍLICO.

En software se elaboró el diseño para el corte y el proceso de marcación de las líneas en 2D por donde se realizaron los cortes y los grabados de los textos de los rótulos de identificación, a continuación se muestra la plantilla de ingreso de los datos de los planos que entrega el fabricante de cada elemento y sus dimensiones correspondientes lo que permitió realizar un esquema para las perforaciones en el acrílico donde quedaron dispuestos los componentes para realizar su labor asignada.

Como se evidencio en la Figura 32., se había destinado un área específica para cada elemento, pero aun así era necesario dentro de ese espacio realizar un esquema exacto basado en los planos dimensionales para la elaboración de las perforaciones de sujeción, por lo tanto, se verifico con calibrador vernier o pie de rey como es comúnmente conocido las distancias entre centros de cada perforación destinada de fábrica para la tornillería y se compara con el diseño en el software, garantizando el seguimiento antes de pasar al corte con láser.

Figura 33. Plantilla para elaboración de corte laser.



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 33., se estableció la distribución final de acuerdo a la propuesta B de la Figura 32., aparte se ingresó canales para la integración de piezas desmontables como se evidencio en el reconocimiento de los elementos que disponía el laboratorio para ser reutilizados.

6.7 PROCESO DE CORTE DE PLANTILLA.

El formato de la Figura 33., la plantilla realizada se guardó en formato correspondiente para que fuera compatible con el software de la cortadora láser del laboratorio de maquinado del Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM)⁵⁸, a continuación en la Figura 34., se evidencia la materialización del diseño y los resultados del corte de la plantilla.

Figura 34. Proceso de corte siguiendo esquema de la plantilla establecida.



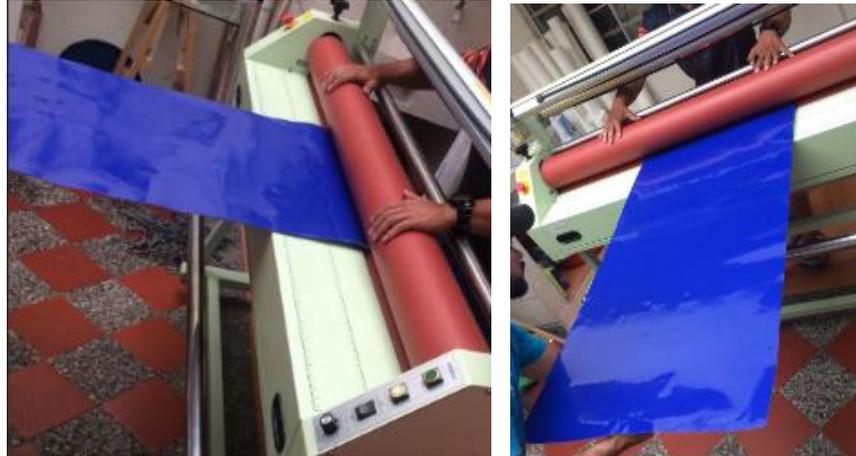
Fuente: elaboración propia.

6.8 RECUBRIMIENTO PARA REFORZAR LAMINA.

La estructura o composición uniforme del acrílico al ser modificada, perdió resistencia por los cortes y el gravado, también, el material ya presentaba marcas y rayones en la superficie por el mal almacenamiento, por lo tanto, una vez que el corte y gravado en el panel se finalizaron, se dio paso a adicionarle al material un recubrimiento en cinta adhesiva que mejoró la presentación del producto y, además, aumenta su resistencia mecánica, en la Figura 35., se muestra el proceso de laminado.

⁵⁸ ITM, 'Laboratorio de Procesos de Manufactura', 2018.

Figura 35. Laminado del acrílico.

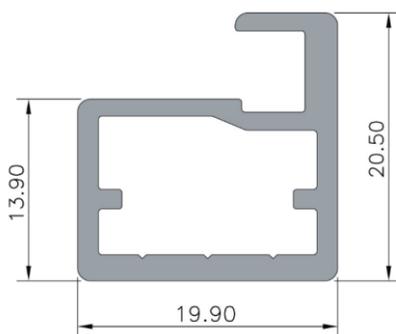


Fuente: elaboración propia.

6.9 ELABORACIÓN DEL MARCO PARA PANEL.

El panel acrílico mejoró con la adición del recubrimiento adhesivo, pero, para poder integrarlo al marco del chasis del banco se planteó incorporarlo a un perfil de aluminio⁵⁹, con las siguientes especificaciones comerciales: perfil para puertas de vidrio de 4[mm] x 3[m], Figura 36a., se realizó la adaptación cortando el material con las siguientes especificaciones 1200[mm] x 592,5[mm], como se muestra en la Figura 36b.

Figura 36. Perfil para marco del panel acrílico.



a).

Fuente: Madecentro.



b).

⁵⁹ Madecentro, 'PERFIL ALUMINIO/VIDRIO 04B - Madecentro', 2018

<<https://www.madecentro.com/aluminios/aluminios-perfiles-varios/perfil-aluminio-vidrio-04b.html>> [accessed 26 August 2018].

6.10 RESULTADO DE MODIFICACIÓN DEL CHASIS.

En la Figura 37., la evidencia resultado del proceso de modificación del chasis de la mesa que se empelaba para la realización de los montajes prácticos neumáticos, en esta nueva versión de la estructura se acoplaron los paneles de acrílico que contienen los elementos adaptados para que fueran coherentes para el uso didáctico en los montajes de los usuarios, con la modificación se habilitaron dos puestos de trabajo como se había visionado en un principio.

Figura 37. Resultado modificación del chasis.



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 38., se muestra el resultado del ensamble de la tabla para la superficie de la mesa elaborado en MDF, los planos de las dimensiones correspondientes se agregan en los anexos.

Figura 38. Banco con ensamble de lámina MDF superficie.



Fuente: elaboración propia.

6.11 RESULTADO DEL PANEL CON SIMBOLOGÍA DE LOS ELEMENTOS.

En la Figura 39., se evidencia el resultado del laminado del acrílico con la simbología correspondiente a la ubicación donde va ser ensamblado cada uno de los elementos dispuestos para la realización de las practicas neumáticas.

Figura 39. Acrílico finalizado con el grabado de los elementos que se van a ensamblar.



Fuente elaboración propia.

6.12 MÓDULO FINALIZADO

En la Figuras 40., se muestra el diseño finalizado con los elementos ensamblados correspondientes al objetivo principal del producto finalizado, las vistas de cada lado proporcionan la información dimensional para la distribución de los elementos y su posición en el acrílico, la información que proporcionó el diseño de la plantilla sirvió para la elaboración de los planos de construcción del módulo didáctico para prácticas electroneumáticas, en los anexos se especifica las dimensiones de la estructura y el panel.

Figura 40. Módulo para prácticas neumáticas finalizado.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 41., se detalla los componentes de cada uno de los accesorios y partes del banco para practicas neumáticas.

Figura 41. a). Panel con los elementos fijos para la realización de las practicas, b). Mobiliario para el almacenamiento de los componentes externos, c). Disposición de los elementos.



a).



b).



c).

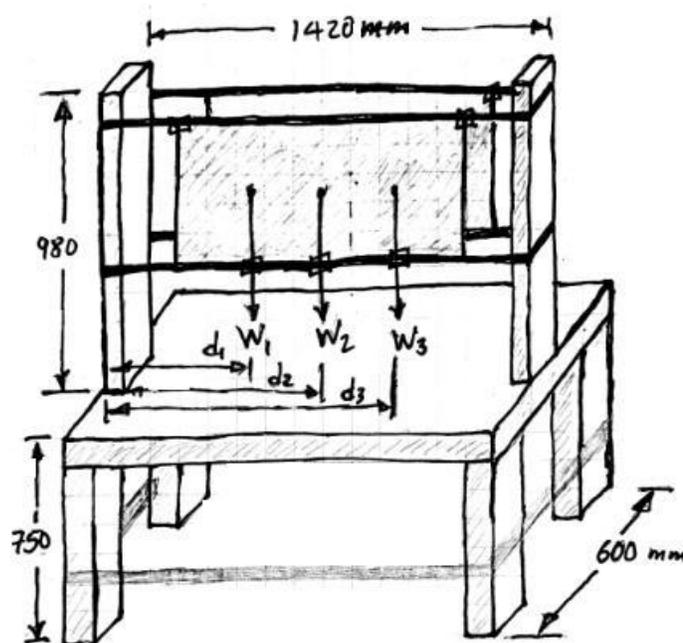
Fuente: elaboración propia.

6.13 CALCULOS DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO DIDÁCTICO PARA LAS PRACTICAS NEUMÁTICAS.

6.13.1 Descripción de la situación.

Se requiere saber si la estructura ubicada en un laboratorio neumáticos de la “Institución Universitaria Pascual Bravo” está diseñada para soportar dos tableros que están sujeto a esta estructura Figura 41a., donde cada tablero tiene una masa de 30 kg, distribuidas en tres puntos específicos (bisagras) que están dos a 320 mm de los extremos y una en la mitad de la “viga”, a cada punto se le asigna una masa de 10 kg y a la vez en un soporte horizontal “viga” de perfil C además este soporte están soldada a dos soportes vertical “columnas” de perfil rectangular.

Figura 42. Diagrama de fuerzas del tablero sobre la estructura.



Fuente: elaboración propia

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 320\text{mm} & W_1 &= 2m_1g & m_1 &= 10\text{kg} \\
 d_2 &= 710\text{mm} & W_2 &= 2m_2g & m_2 &= 10\text{kg} \\
 d_3 &= 1110\text{mm} & W_3 &= 2m_3g & m_3 &= 10\text{kg} \\
 M_{total} &= 50\text{kg} & g &= 9,81\text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

La estructura está compuesta de los siguientes elementos: una mesa soportada por cuatro columnas, dos soportes rectangulares en columnas, cuatro soportes horizontales en perfil C, donde dos soportan los tableros y dos son falsa, la estructura tiene una masa total de 70 kg.

Tabla 10. Datos de cada elemento

Nombre del elemento.	Material.	Esfuerzos:		Medidas
		Fluencia	Ultimo	
Columna rectangular.	Acero Estructural A36	250 MPa	400 MPa	50 x 25 x 2 mm
				Longitud: 980 mm
Viga en perfil C.	Acero Estructural A36	250 MPa	400 MPa	40 x 40 x 4 mm
				Longitud: 1420 mm
Mesa.	Madera	26 MPa		1420 x 770 x 5 mm
Soportes de la mesa.	Acero Estructural A36	250 MPa	400 MPa	50 x 25 x 2 mm
				Longitud: 750 mm

Fuente: elaboración propia.

Para el Acero Estructural A36 tiene un Módulo de elasticidad E = 200 GPa.

Para esta situación se requiere sustentar con los cálculos de resistencias de los materiales si la estructura con el diseño actual soporta los tableros establecidos.

NOTA: Estos datos son recolectados según el diseño actual.

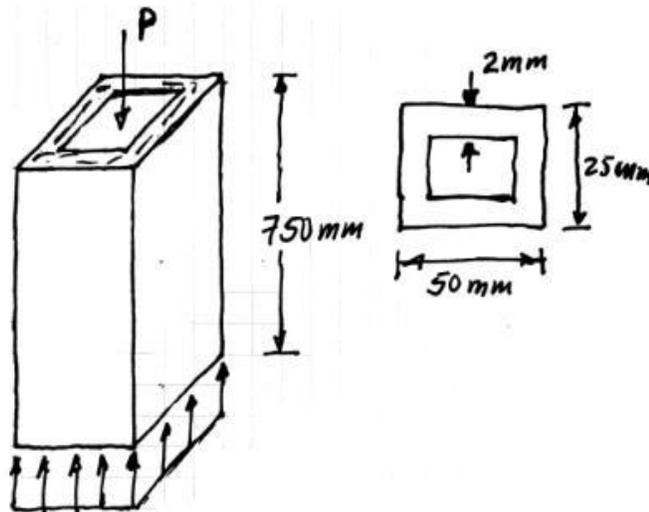
6.13.2 Cálculos para cada elemento de la estructura.

Para este requerimiento se necesita calcular unos datos desde la resistencia de los materiales, como son los esfuerzos axiales y radiales, (normales y cortantes) para compararlos con los datos específicos de cada elemento de la estructura.

6.13.3 Cálculos para soporte de la mesa.

La mesa esta soportada por cuatro columnas de igual medidas y estas se le asigna una fuerza de toda la estructura a soportar, la estructura tiene una masa total de 70 kg.

Figura 43. Diagrama de fuerzas en sección de la estructura.



Fuente: elaboración propia.

Estos soportes tendrán una fuerza total de $4P$, donde P es la fuerza ejercida en cada soporte, se calcula de la siguiente forma:

$$W_{Total} = mg = 70 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 686,70 \text{ N}$$

$$W_{Total} = 4P \Rightarrow P = \frac{W_{Total}}{4} \Rightarrow P = \frac{686,70 \text{ N}}{4} = 171,675 \text{ N}$$

$$P = 171,675 \text{ N}$$

Ahora para estos soportes se calcula la **fuerza crítica** en cada uno, para saber si cumple en soportar esta estructura, donde esta fuerza debe ser mayor a la calculada anteriormente.

$$P_{Cr} = \frac{4 * \pi^2 * E * I}{L^2}, \quad L = 750 \text{ mm}, \quad E = 200 \text{ GPa} \quad e \quad I = 29608,67 \text{ mm}^4$$

$$P_{Cr} = \frac{4 * \pi^2 * 200 \text{ GPa} * 29608,67 \text{ mm}^4}{(750 \text{ mm})^2} \left(\frac{1000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1 \text{ GPa}} \right) = 415610,11 \text{ N}$$

$$P_{Cr} = 415610,11 \text{ N}$$

Estos soportes **SI CUMPLE** para soportar toda la estructura.

6.13.4 Cálculos para la mesa.

La mesa es de madera y está soportando a la estructura tiene una masa total de 70 kg. Estos soportes tendrán una fuerza total de 4P, donde P es la fuerza jercida en cada soporte de 171,675 N, además tiene dos fuerzas hacia abajo que son de las dos columnas que soportan los tableros.

Aplicando la segunda ley de Newton, cada soporte tendrá la siguiente fuerza:

$$+\uparrow \sum F_y = 0 \quad \therefore \quad 4 * P - 2 * F_1 = 0 \quad \Rightarrow \quad F_1 = 2 * P$$

$$F_1 = 2 * 171,675 \text{ N} = 343,35 \text{ N} \quad \Rightarrow \quad F_1 = 343,35 \text{ N}$$

Para este elemento se compara las resistencias donde debe ser menor a las resistencias de fluencias y el factor de seguridad debe ser mayor a 1.

Se calcula con la siguiente formula:

$$\sigma_{Adm} = \frac{F}{A} + \frac{M * c}{I}, \quad F = 2 * F_1 = 4 * P \rightarrow F = 686,70 \text{ N}, \quad c = 385 \text{ mm}$$

$$I = \frac{1}{12}bh^3 = \frac{1}{12}(770\text{mm})(1420\text{mm})^3 = 1,8373 * 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$A = (770\text{mm}) * (1420 \text{ mm}) = 1093400 \text{ mm}^2$$

Para este caso tiene un momento flector de:

$$M = (385\text{mm}) * (171,675 \text{ N}) = 66094,875 \text{ N} * \text{mm}$$

$$\sigma_{Adm} = \frac{686,70 \text{ N}}{1093400 \text{ mm}^2} + \frac{66094,875 \text{ N} * \text{mm} * 385\text{mm}}{1,8373 * 10^{11} \text{ mm}^4} = 7,6654 * 10^{-4} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{Adm} = 7,6654 * 10^{-4} \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \left(\frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \right)^2 = 766,54 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 766,54 \text{ Pa}$$

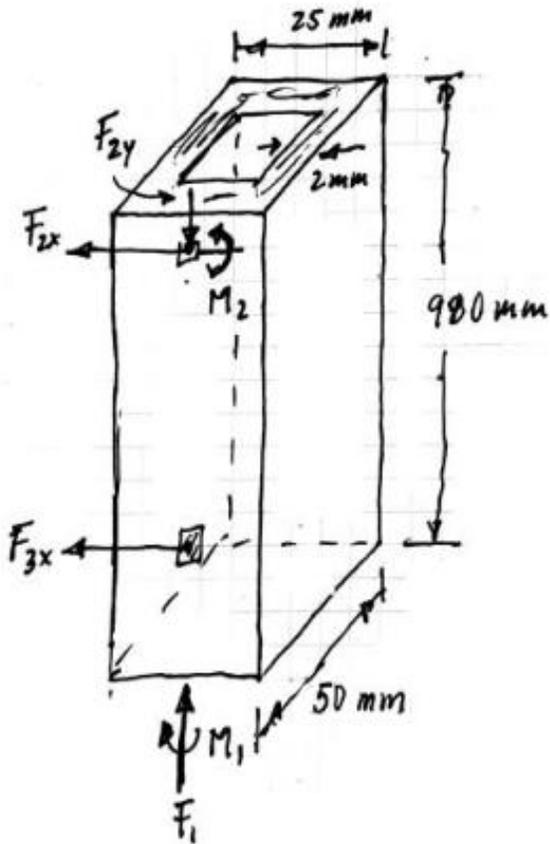
$$\sigma_{Adm} = 766,54 \text{ Pa} \ll 26 \text{ MPa}$$

Este valor es demasiado pequeño lo cual la mesa **SI CUMPLE** para soportar toda la estructura.

6.13.5 Cálculos para las columnas que soportan los tableros.

Para las columnas son dos similares, cada columna tiene dos vigas en perfil C soldadas, una en el extremo superior y otra en la parte inferior, las vigas superiores son falsa porque no genera mayor esfuerzo, no se tendrá en cuenta para el cálculo.

Figura 44. Diagrama de fuerzas tubería soportes



Fuente: Elaboración propia.

Las columnas y las vigas están soldadas a esto se le llama como empotramiento entre las dos estructuras, se establece lo siguiente: para cada columna tiene una fuerza ($F_1 = 343,75 \text{ N}$) y un momento flector (M_1) en la parte inferior, para la parte superior se tiene el empotramiento esto genera una reacción de dos fuerzas y un momento flector, estas reacciones y el momento se calcula de la siguiente forma:

$$+\rightarrow \sum F_x = 0 \quad \therefore \quad 2 * F_{2x} + 2 * F_{3x} - F_{1x} = 0, \quad F_{2x} = F_{3x}$$

$$4 * F_{2x} = F_{1x} \quad \Rightarrow \quad F_{2x} = \frac{F_{1x}}{4}, \quad F_{1x} \approx F_1 \quad \Rightarrow \quad F_{2x} = \frac{F_1}{4}$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0 \quad \therefore \quad F_{1y} - 2 * F_{2y} = 0, \quad F_1 = F_{1y} \quad \Rightarrow \quad F_{2y} = \frac{F_1}{2}$$

$$F_1 = 343,35 \text{ N}$$

$$M_1 = \left(\frac{50\text{mm}}{2}\right) * (343,35 \text{ N}) = 8583,75 \text{ N} * \text{mm} \quad \Rightarrow \quad M_1 = 8583,75 \text{ N} * \text{mm}$$

$$F_{2x} = \frac{F_1}{4} \quad \Rightarrow \quad F_{2x} = \frac{343,35 \text{ N}}{4} = 85,84 \text{ N} \quad \Rightarrow \quad F_{2x} = 85,84 \text{ N}$$

$$F_{2y} = \frac{F_1}{2} \quad \Rightarrow \quad F_{2y} = \frac{343,35 \text{ N}}{2} = 171,675 \text{ N} \quad \Rightarrow \quad F_{2y} = 171,675 \text{ N}$$

$$+\cup \sum M_2 = 0 \quad \therefore \quad M_2 - M_1 = 0, \quad \Rightarrow \quad M_2 = M_1 \quad \Rightarrow \quad M_2 = 8583,75 \text{ N} * \text{mm}$$

Ahora para estas columnas se calcula la **fuerza critica** en cada uno, para saber si cumple en soportar esta estructura, donde esta fuerza debe ser mayor a la fuerza F2y.

$$P_{Cr} = \frac{4 * \pi^2 * E * I}{L^2}, \quad L = 980 \text{ mm}, \quad E = 200 \text{ GPa} \quad e \quad I = ?$$

$$I = \frac{1}{12} (b_{Ext} h_{Ext}^3 - b_{Int} h_{Int}^3)$$

$$I = \frac{1}{12} ((50\text{mm})(25\text{mm})^3 - (46\text{mm})(21\text{mm})^3) = 29608,67 \text{ mm}^4$$

$$I = 29608,67 \text{ mm}^4$$

$$P_{Cr} = \frac{4 * \pi^2 * 200 \text{ GPa} * 29608,67 \text{ mm}^4}{(980 \text{ mm})^2} \left(\frac{1000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1 \text{ GPa}} \right) = 243420,12 \text{ N}$$

$$P_{Cr} = 243420,12 \text{ N} \gg 171,675 \text{ N}$$

Por parte de las fuerzas verticales **si cumple** para soportar toda la estructura.

Ahora se calcula las resistencias para la comparación y debe ser menor a las resistencias de fluencias y el factor de seguridad debe ser mayor a 1.

Se calcula con la siguiente formula:

$$\sigma_{Adm} = \frac{F}{A} + \frac{M * c}{I}, \quad \rightarrow \quad F = F_1 = 343,35 \text{ N}, \quad c = 385 \text{ mm}$$

$$I = 29608,67 \text{ mm}^4$$

$$A = b_{Ext}h_{Ext} - b_{Int}h_{Int} = (50\text{mm})(25\text{mm}) - (46\text{mm})(21\text{mm}) = 284 \text{ mm}^2$$

$$A = 284 \text{ mm}^2$$

Para este caso se toma un momento flector de **8583,75 N*mm**.

$$\sigma_{Adm,Colum} = \frac{343,35 \text{ N}}{284 \text{ mm}^2} + \frac{8583,75 \text{ N} * \text{mm} * 385\text{mm}}{29608,67 \text{ mm}^4} = 112,82 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{Adm,Colum} = 112,82 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 112,82 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Adm,Colum} = 112,82 \text{ MPa} \ll 250 \text{ MPa}$$

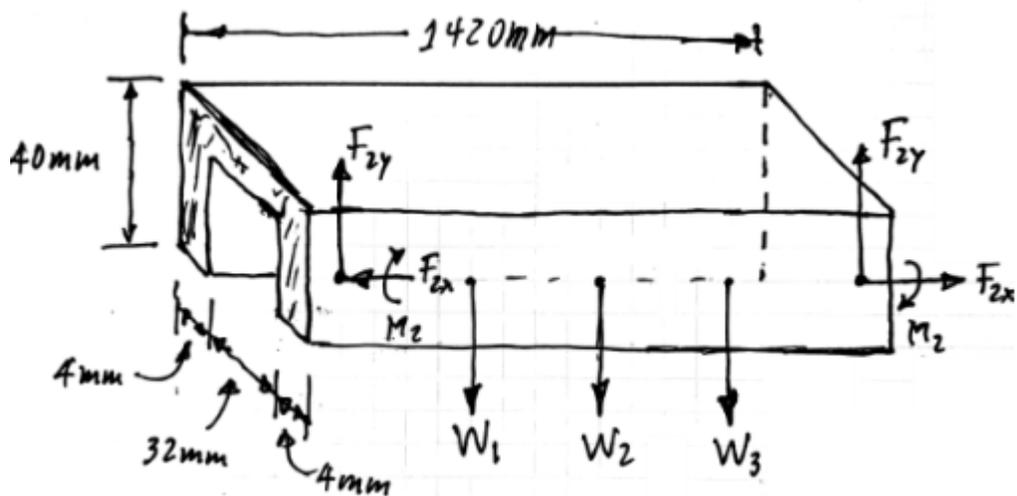
Este valor de 112,82 MPa es menor al esfuerzo fluencia, lo cual **SI CUMPLE** para soportar toda la estructura de los tableros.

6.13.6 Cálculos para las vigas que soportan los tableros.

Para las vigas en perfil C están soldadas a las columnas, a esto se le llama como empotramiento entre las dos estructuras, se establece lo siguiente: para cada viga tienen dos fuerza en cada extremo en dirección del eje X y una en el eje Y ($F_{2x} = 85,84 \text{ N}$ y $F_{2y} = 171,675\text{N}$) y a lo largo de la viga tiene tres cargas iguales

($W_1 = W_2 = W_3 = W$) y un momento flector ($M_2 = 8583,75 \text{ N}\cdot\text{mm}$), la fuerza resultante que se convierte en una fuerza cortante y se calcula de la siguiente forma:

Figura 45. Diagrama de fuerzas para las vigas.



Fuente: Elaboración propia.

$$+\uparrow \sum F_y = F_R \quad \therefore \quad -3 \cdot W + 2 \cdot F_{2y} = F_R, \quad W = 2 \cdot 10 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 196,20 \text{ N}$$

$$-3 \cdot 196,20 \text{ N} + 2 \cdot 171,675 \text{ N} = F_R \quad \Rightarrow \quad F_R = -245,25 \text{ N}$$

$$+\cup \sum M_i = M_3 \quad \therefore \quad -M_2 + 71 \text{ mm} \cdot F_R = M_3$$

$$M_3 = -8583,75 \text{ N} \cdot \text{mm} + 71 \text{ mm} \cdot 245,25 \text{ N} = 8829,0 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_3 = 8829,0 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad \text{y} \quad F_R = 245,25 \text{ N} \downarrow$$

$$F_{2x} = 85,84 \text{ N} \quad \text{y} \quad F_{2y} = 171,675 \text{ N}$$

Ahora se calcula las resistencias para la comparación y debe ser menor a las resistencias de fluencias y el factor de seguridad debe ser mayor a 1. Se calcula con la siguiente formula:

$$\sigma_{Adm} = \frac{F}{A} + \frac{M * c}{I}, \quad \rightarrow \quad F = F_{2x} = 85,84 \text{ N}, \quad c = 20 \text{ mm}$$

$$A = 2 * b_1 h_1 + b_2 h_2 = 2(4\text{mm})(40\text{mm}) + (32\text{mm})(4\text{mm}) = 448 \text{ mm}^2$$

$$A = 448 \text{ mm}^2$$

$$I = \frac{1}{12} (2 * b_1 h_1^3 + b_2 h_2^3)$$

$$I = \frac{1}{12} (2 * (5\text{mm})(40\text{mm})^3 + (32\text{mm})(4\text{mm})^3) = 53376 \text{ mm}^4$$

$$I = 53376 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{Adm,Viga} = \frac{85,84 \text{ N}}{448 \text{ mm}^2} + \frac{8829,0 \text{ N} * \text{mm} * 20 \text{ mm}}{53376 \text{ mm}^4} = 3,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{Adm,Viga} = 3,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Adm,Viga} = 3,5 \text{ MPa} \ll 250 \text{ MPa}$$

Este valor de 3,5 MPa es menor al esfuerzo fluencia, lo cual **SI CUMPLE** para soportar toda la estructura de los tableros.

También se le calcula el esfuerzo cortante a la viga, se calcula con la siguiente formula:

$$\tau_{Adm} = \frac{V}{A} + \frac{V * Q}{I * t}, \quad \rightarrow \quad V = F_R = 245,25 \text{ N}, \quad t = 20 \text{ mm}$$

$$A = 448 \text{ mm}^2, \quad I = 53376 \text{ mm}^4 \quad \text{y} \quad Q = ??$$

$$A = 448 \text{ mm}^2, \quad I = 53376 \text{ mm}^4 \quad \text{y} \quad Q = ??$$

$$Q = (20\text{mm}) * (4\text{mm}) * (40\text{mm}) = 3200 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{Adm} = \frac{245,25 \text{ N}}{448 \text{ mm}^2} + \frac{245,25 \text{ N} * 3200 \text{ mm}^3}{53376 \text{ mm}^4 * 20 \text{ mm}} = 1,28 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{Adm} = 1,28 \text{ MPa}$$

Este valor de 1,28 MPa es menor al esfuerzo cortante, lo cual **SI CUMPLE** para soportar toda la estructura de los tableros.

6.13.7 Resumen de resultados.

6.13.7.1 Cálculos para los soportes de la mesa.

La fuerza en este soporte es de: $P = 171,675 \text{ N}$

Y la fuerza crítica es de: $P_{Cr} = 415610,11 \text{ N}$

$P_{Cr} > P$ Estos soportes **SI CUMPLE** para soportar toda la estructura.

6.13.7.2 Cálculos de la mesa.

$$\sigma_{Adm} = 766,54 \text{ Pa} \ll 26 \text{ MPa}$$

Este valor es demasiado pequeño lo cual la mesa **SI CUMPLE** para soportar toda la Estructura.

6.13.7.3 Cálculos para las columnas que soportan los tableros.

$$P_{Cr} = 243420,12 \text{ N} \gg 343,35 \text{ N} \quad \text{y} \quad \sigma_{Adm, Colum} = 112,82 \text{ MPa} \ll 250 \text{ MPa}$$

Por parte de las fuerzas verticales soportar toda la estructura y por el esfuerzo fluencia también, lo cual **SI CUMPLE** para soportar toda la estructura de los tableros.

6.13.7.4 Cálculos para las vigas que soportan los tableros.

$$\sigma_{Adm,Viga} = 3,5 \text{ MPa} \ll 250 \text{ MPa} \quad \text{y} \quad \tau_{Adm} = 1,28 \text{ MPa}$$

Este valor de 3,5 MPa es menor al esfuerzo fluencia, lo cual **SI CUMPLE** para soportar toda la estructura de los tableros. Este valor de 1,28 MPa es menor al esfuerzo cortante, lo cual **SI CUMPLE** para soportar toda la estructura de los tableros.

6.14 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.

En la Figura 46., se realizó un montaje de prueba interviniendo tanto los elementos que fueron ensamblados, como los de adición externa, con el propósito de comprobar la sincronía entre componentes al ser agregados para la ejecución de secuencias automáticas. La prueba se realizó implementando una secuencia con dos cilindros de doble efecto que poseen válvulas 3/2 vías finales de carrear en cada extremo, estos sensores (1S1, 1S2, 2S1 Y 2S2), son receptores de la señal neumática que se genera por el contacto del actuador o cilindro la cual es enviada a las válvulas 5/2 con las tuberías correspondientes para que estas cambien de estado y permitan los movimientos lineales de los actuadores neumáticos.

Figura 46. Prueba de funcionamiento de secuencia neumática



Fuente: elaboración propia.

Figura 47. Panel con refuerzo para acople de accesorios y numeración de válvulas 2/2.



Fuente: Elaboración propia.

7. CONCLUSIONES.

En el desarrollo y elaboración del producto final se consigue alcanzar los objetivos propuestos que se pretendían alcanzar en un inicio de este trabajo. Por lo tanto se concluye:

- Se entrega a la Institución Universitaria Pascual Bravo un módulo para actividad práctico experimental de neumática con la posibilidad de implementar practicas con elementos quedaron fijos en el panel como elementos externos que pueden ser integrados en el módulo.
- Todos los cálculos dieron valores por debajo a los valores de tablas para cada elemento por lo tanto, la estructura si cumple para el diseño actual.
- La capacidad para prácticas de neumática del laboratorio de hidráulica y neumática aumento de 4 a 8 estudiantes debido al diseño que permite el trabajo por ambos lados de la estructura sin incurrir en espacio físico adicional.
- Debido a que los componentes para la práctica quedaron fijos en la placa de acrílico se pudo reducir el desgaste provocado por caídas en el traslado de la bodega al módulo, además, que mejora el control de inventarios y los mantenimientos correctivos.

8. RECOMENDACIONES

El banco neumático en el momento para ser desplazado de un lugar a otro, se debe hacer levantándolo, lo que es una desventaja ante muchos que se venden en el mercado, en el futuro se le pueden integrar ruedas para facilitar su desplazamiento a otro espacio.

A futuro próximo será capacitar los docentes y usuarios que van a realizar sus prácticas secuenciales en el banco neumático, por lo tanto, sería pertinente la elaboración de la guía de operación y prácticas, como la herramienta principal como de apoyo en el reconocimiento y aprendizaje de como operar el equipo dirigida a la comunidad educativa.

CIBERGRAFIA

Almandoz Berrondo, Javier, Belen Mongelos Oquiñena, and Idoia Pellejero Salaberria, 'SISTEMAS NEUMÁTICOS Y OLEOHIDRÁULICOS', *Neumática y Electroneumática Cap-4, Válvulas Neumáticas.*, 2007
<<https://renatosarce.wordpress.com/2011/10/29/cap-1-libro-neumatica/>>
[accessed 10 November 2018]

Amato Hernandez, Paolo, Mario Camargo Ardila, Jhonatan Durán Bastidas, Carlos Pacheco Amell, Javier Roldán Mckinley, and Jovanny Duque, 'Construcción de Un Banco Para Prácticas Electroneumáticas', *Scientia et Technica*, 20 (2015), 119–28 <<https://doi.org/10.22517/23447214.9314>>

'Banco Neumatica Basica (0.900.000.610) - MiCRO Material Didactico'
<<http://microtec-didactica.blogspot.com/2018/08/banco-neumatica-basica-0900000611.html>> [accessed 2 November 2018]

Diacrilicos, 'Lamina Reciclada Cristal | Diacrílcios', 2018
<<http://diacrilicos.com/producto/lamina-reciclada-cristal/>> [accessed 26 August 2018]

DicsonS.A., 'Mindman Colombia | Dicson.Sa | Neumatica - Hidraulica - Redes Neumaticas | Colombia', 2018 <<http://www.dicson.com.co/cilindros-neumaticos/productos-cilindros-standart-mindman/item/mindman-mcqa-ah-series>> [accessed 27 July 2018]

F. Ebel, S. Idler, G. Prede, D. Scholz, 'Fundamentos de La Técnica de Automatización', 2008, 106 <https://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/nwt/fb/atechnik/grundlagen/es/kapitel/563062_Fundamentos_de_la_tecnica_de_automatizacion.pdf>

Festo, Didactic, 'TP201', 2010

Festo, Didactic SE, 'Neumática e Hidráulica Sistemas de Aprendizaje y Servicios Para La Formación Técnica', 2017 <http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/56824_2017_04_es_pg_ph_small.pdf> [accessed 13 June 2018]

Haring, W., Metzger M., and R. -C. Weber, 'Manual de Trabajo TP-101', 2012 <www.festo-didactic.com>

HNSA, 'BANCOS DIDÁCTICOS NEUMÁTICOS - Hidraulica & NeumaticaHidraulica & Neumatica', 2017 <<http://www.hnsa.com.co/bancos-didacticos-neumaticos/>> [accessed 7 June 2018]

Ingeneumática, 'Elementos Neumáticos | Ingeneumatica', 2018 <<http://www.ingeneumatica.com/elementos-neumaticos/>> [accessed 27 July 2018]

ITM, 'Laboratorio de Procesos de Manufactura', 2018

———, *Visita Laboratorio Hidráulica y Neumática Sede Robledo.* (Medellín, 2018)

IUPB, 'Consulta Estado Laboratorio Hidráulica y Neumática.' (INSTIRUCIÓN

UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO, 2017)

Madecentro, 'AGLOMERADO ESTANDAR/RH MELAMINA LINO LATTE -

Aglomerado - Maderas - Madecentro', 2018

<<https://www.madecentro.com/maderas/maderas-aglomerado/aglomerado-estandar-rh-melamina-lino-latte.html>> [accessed 26 August 2018]

———, 'MDF MELAMINA ESTANDAR BLANCO - Mdf - Maderas - Madecentro',

2018 <<https://www.madecentro.com/maderas/maderas-mdf/mdf-pintado-estandar-olivo-3054.html>> [accessed 26 August 2018]

———, 'PERFIL ALUMINIO/VIDRIO 04B - Madecentro', 2018

<<https://www.madecentro.com/aluminios/aluminios-perfiles-varios/perfil-aluminio-vidrio-04b.html>> [accessed 26 August 2018]

Mendoza, Jairo, Jimmy Cortés, and José Muriel, 'Control Secuencial de Un

Circuito Electroneumático a Través de Un PLC', *Scientia et Technica*, 48

(2011), 191–95 <<http://www.redalyc.org/pdf/849/84922622034.pdf>> [accessed 5 June 2018]

MICRO automatión, 'Micro', 2018

<http://www.microautomacion.com/index.php?idpadre=29&idcontenido=0&opcion=red_comercial&id=7&idcontenido=40> [accessed 27 July 2018]

Micro, Automation., *Valvulas Direccionales 5/2*

<https://www.distritec.com.ar/mercadolibre/public_html/sb0_mn.pdf> [accessed 2 November 2018]

Micro, Automation, 'PRODUCTOS Y SERVICIOS', 2018, 1–4

<<https://doi.org/10.15713/ins.mmj.3>>

Mindman, 'Mindman Pneumatics.(Pneumatic Automation Equipment Manufacturer)', 2018 <<http://www.mindman.com.tw/>> [accessed 27 July 2018]

'Mobiliario de Prácticas y Paquetes de Tecnología: Tecnología Innovadora Con Valor Añadido. - Mobiliario de Prácticas - Mobiliario de Prácticas - Productos - Festo Didactic' <<http://microtec-didactica.blogspot.com/2018/08/banco-neumatica-basica-0900000611.html>> [accessed 1 November 2018]

'Neumática + Electroneumática - Tecnologías de La Automatización Industrial' <<https://sites.google.com/a/misena.edu.co/risautomatizacion/neumatica>> [accessed 13 June 2018]

Ordoñez, Luis Sanchez, 'Diseno de Banco de Pruebas Neumático' <https://www.academia.edu/29830132/Diseno_de_Banco_de_Pruebas_Neumatico> [accessed 15 November 2018]

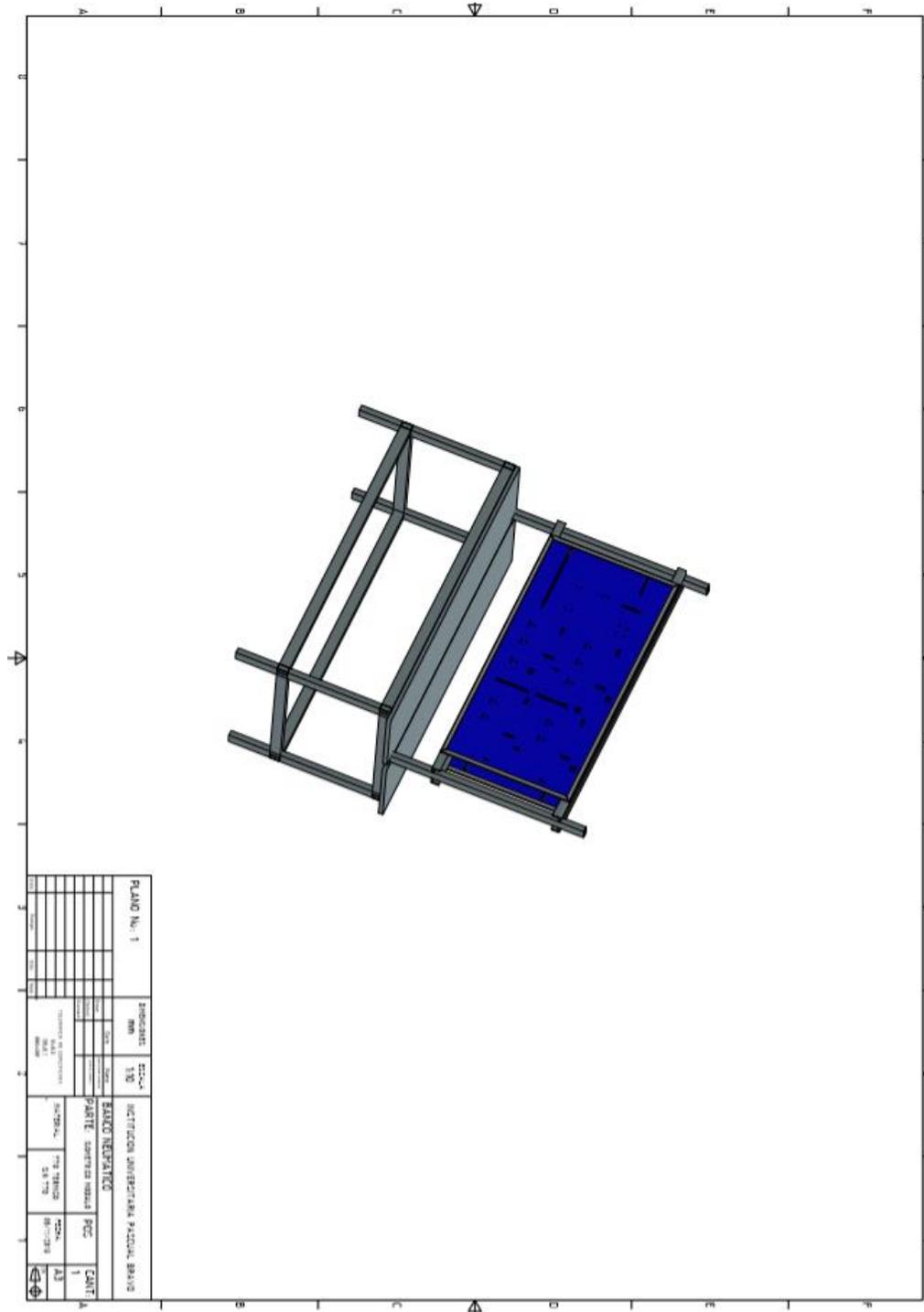
RayFlex, 'Rayflex Sistemas y Fluidos S.A.', 2018 <<http://www.rayflex.net/productos>> [accessed 27 July 2018]

SMC, 'SMC Colombia | Productos', 2018 <<http://smc.com.co/productos/>> [accessed 27 July 2018]

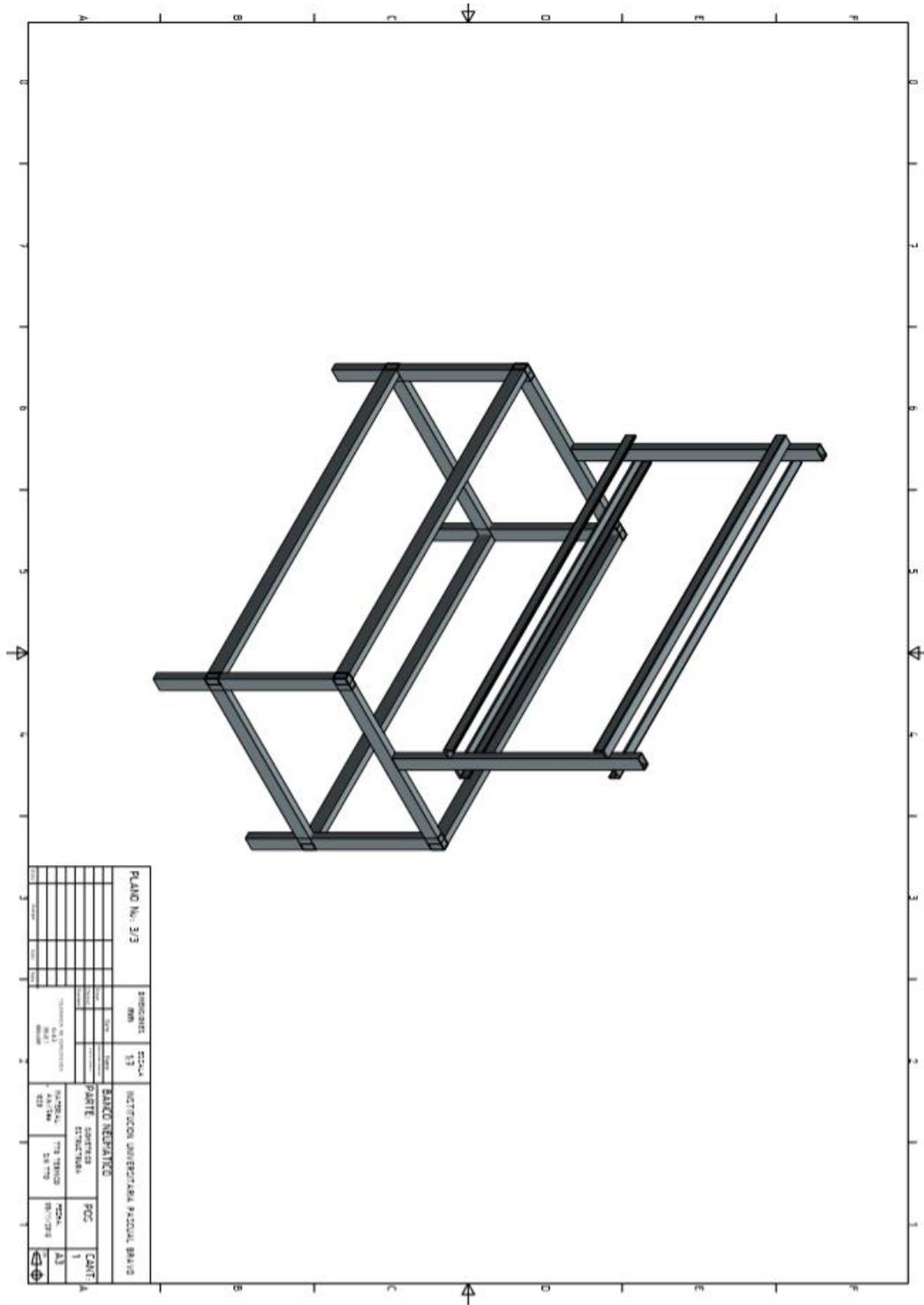
Vásquez Cortés, Juan Camilo, 'Automatización Electroneumática', 2016, 229 <http://biblioteca.sena.edu.co/F/G9NCJ3BF6Q22DTU6GTBBS3QGVFI7PDKGXM5EBR65K9Y5VSVRDA-00570?func=full-set-set&set_number=000841&set_entry=000001&format=999>

W. Haring, Metzger M., and R. -C. Weber, 'Manual de Trabajo TP-102', 2012
<www.festo-didactic.com>

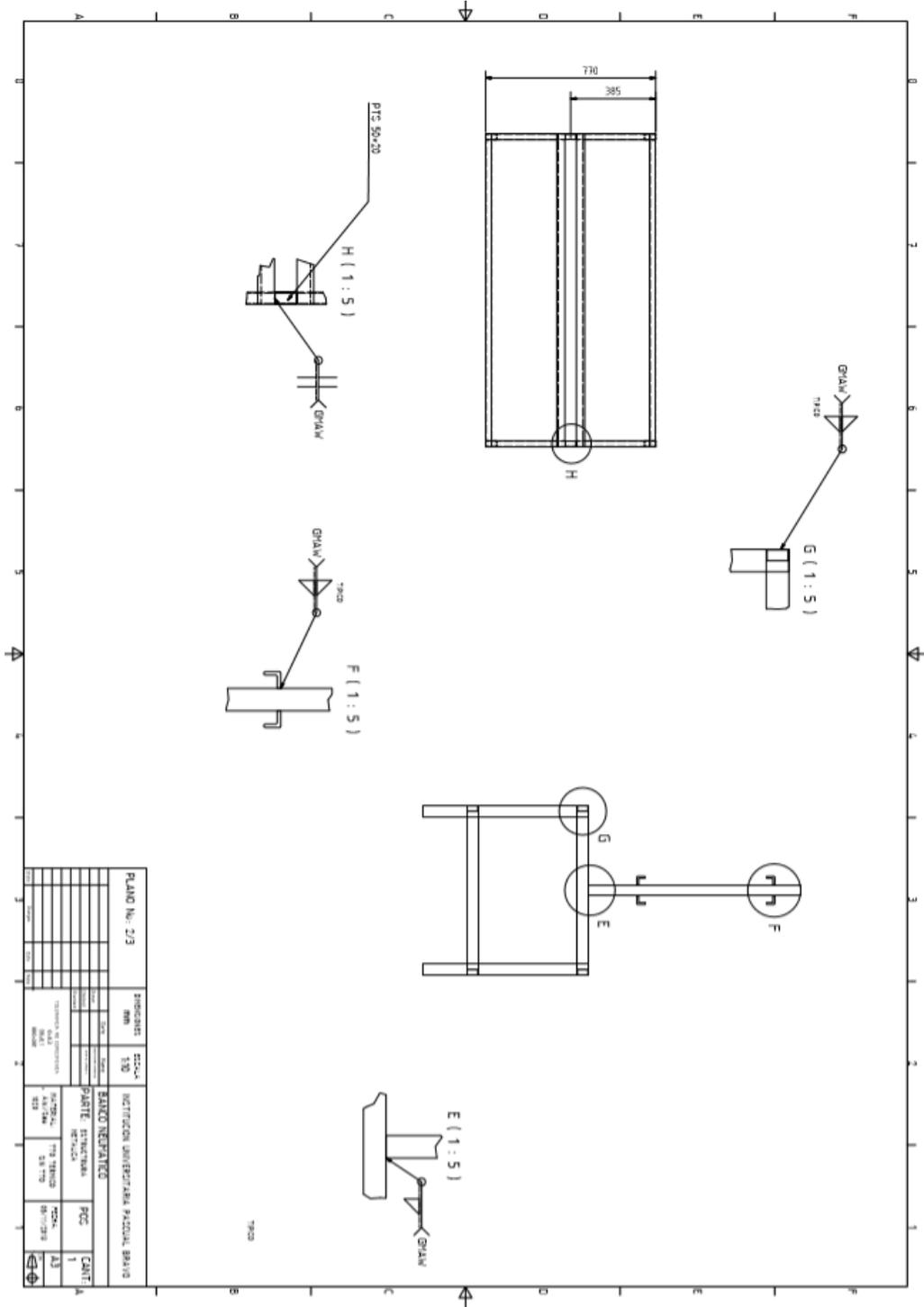
Anexo A. Plano isométrico estructura.



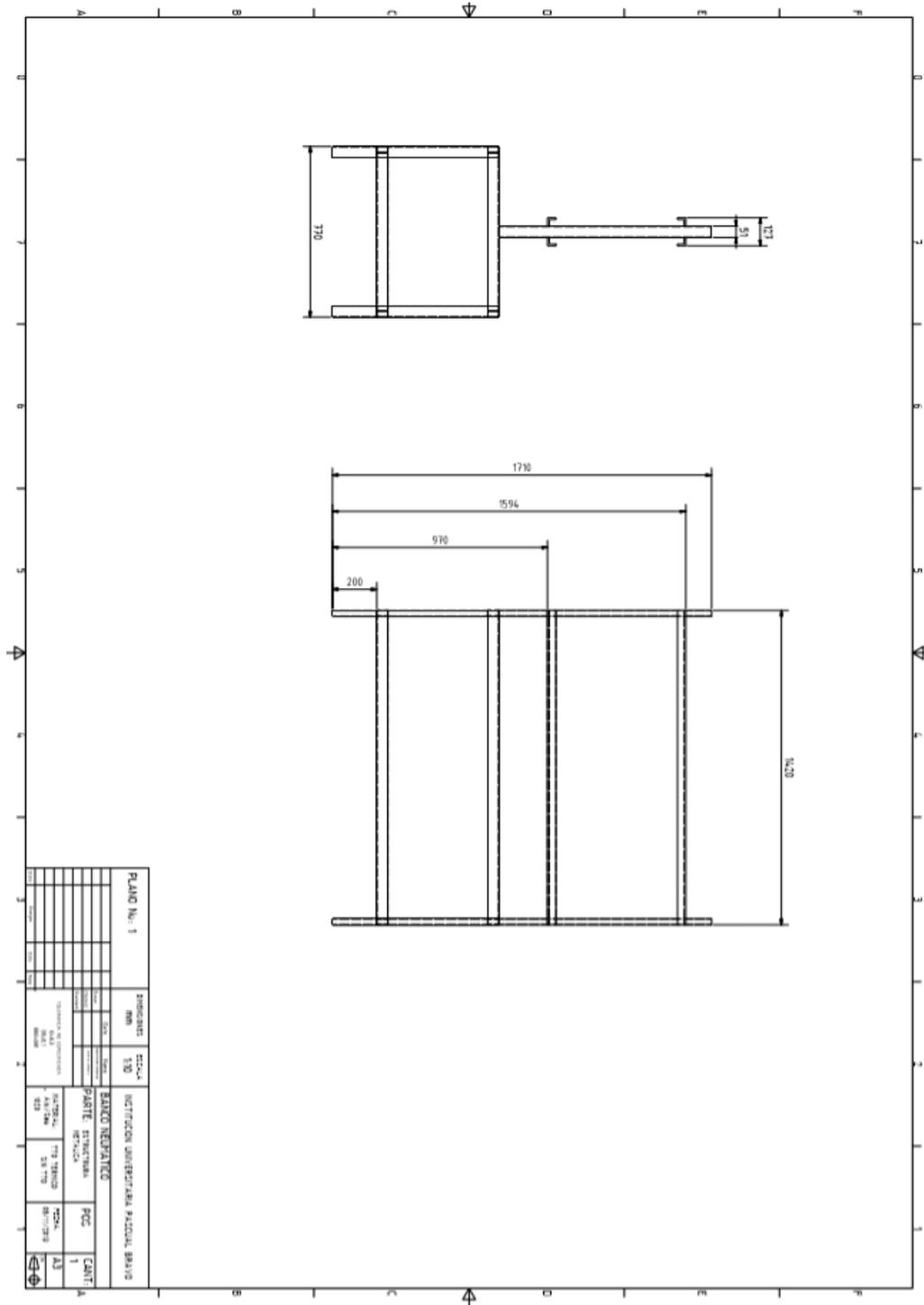
Anexo C. Plano isometrico estructura.



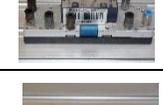
Anexo F. Plano soldadura.



Anexo G. Plano dimensiones estructura.



Anexo H. Inventario cajones banco neumático

Nombre del elemento	Cantidad	imagen
Cilindro simple efecto	2	
Cilindro doble efecto	2	
Válvula distribuidora	2	
Válvula reguladora con antirretorno	6	
Válvula 3/2 vías NC	5	
Válvula 3/2 vías NO	1	
Válvula 5/2 vías mono estable	4	
Válvula 5/2 vías biestable	4	
Válvula lógica or	2	
Válvula lógica AND	2	
Válvula 2/2 vías con rodillo	4	
Válvula 3/2 vías con enclavamiento	1	
Manómetro	4	

