

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo



FACULTAD DE MECÁNICA

Escuela de Ingeniería de Mantenimiento

TESIS DE GRADO

**“IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL LABORATORIO DE
MECATRÓNICA EN LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

IGNACIO GONZALO ROJAS ARIAS

KLÉVER NEPTALÍ BAUTISTA VELASCO

Sistema Presencial

Riobamba – Ecuador

2009

A G R A D E C I M I E N T O

M i eterno agradecimiento al Ing. Pablo Montalvo J, al Ing. Marco Santillán y al Ing. Humberto Matheu por su acertada dirección en el desarrollo y ejecución del presente trabajo. Además a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Facultad de Mecánica a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento y a sus respectivas autoridades, quienes nos acogieron en sus aulas y nos permitió prepararnos para este nuevo desafío y a todos los maestros de tan prestigiosa institución por todos los conocimientos impartidos.

Deseo también agradecer al Ing. Marco Viteri, al Ing. Roberto Morales, al Ing. Manuel Morocho, Ing. Luis Lara y a los trabajadores del taller de CEDICOM que de una u otra manera pusieron un granito de arena para llevar a cabo este anhelado proyecto gracias a todos.

K B .

Quiero hacer un extensivo agradecimiento a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Autoridades, Profesores, al apoyo incondicional de los Ing. Pablo Montalvo, Ing. Marco Santillán, Ing. Humberto Matheu, quienes nos han guiado y han aportado con sus conocimientos para la culminación de este proyecto.

Agradezco también a mi familia quienes con su esfuerzo y apoyo diario, su entrega permanente han sido el pilar fundamental para el éxito obtenido.

I.R.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios, a mis padres Neptalí Bautista, Rosa Velasco, a mi tío Pablo Velasco y a mis hermanas quienes me brindaron todo su apoyo y comprensión incondicional para cumplir con responsabilidad este gran reto.

K B .

Desde lo más profundo de mi corazón el presente trabajo lo dedico a mi MADRE Rosita con mucho amor y a tu memoria PADRECITO que día a día guías mis pasos y me da fuerzas para seguir, ya que con su sacrificio diario juntos nunca me han hecho faltar nada.

A mis hermanos que siempre me apoyaron, John, Milton, Jenny, y especialmente se lo dedico a mi hermana ROSITA quien siempre está en los momentos de alegrías y tristeza.

Una dedicatoria muy especial para las dos personas que me han dado todo el apoyo y amor que se necesita para culminar este trabajo Vilmita y Leito.

I.R.

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1. GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Mecatrónica.....	5
2.1.1 Evolución de la mecatrónica.....	6
2.2 Laboratorio de mecatrónica.....	6
2.3 Mecatrónica y su importancia en la industria.....	7
2.3.1 Ventajas de la mecatrónica.....	7
2.4 Aplicaciones de la mecatrónica.....	8
2.4.1 Robótica.....	8
2.4.2 Domótica.....	9
2.4.3 Inmótica.....	9
2.4.4 Industria automotriz.....	10
2.4.5 Autotrónica.....	11
2.5 Sistemas mecatrónicos.....	11
2.5.1 Sistemas de control.....	13
2.5.1.1 Control de lazo abierto.....	13
2.5.1.2 Control de lazo cerrado.....	14
2.6 Sistemas de actuadores.....	16
2.6.1 Sistemas de actuación mecánica.....	16
2.6.2 Sistemas de actuación eléctrica.....	17
2.6.3 sistemas de actuadores neumáticos e hidráulicos.....	18
2.7 Diferencias entre la hidráulica y la neumática.....	18
2.7.1 Sistema hidráulico.....	19
2.7.2 Sistema neumático.....	20
3. SITUACIÓN ACTUAL DEL LABORATORIO DE MECATRÓNICA	
3.1 Localización del laboratorio.....	21
3.2 Construcción del área física.....	21
3.2.1 Trabajos realizados.....	21
3.3 Recursos disponibles.....	23
3.3.1 Iluminación del laboratorio.....	23
3.3.2 Módulos de neumática.....	23
3.3.3 Módulos de automatización.....	23
3.3.4 Módulos de mecatrónica.....	24
3.4 Inversión financiada.....	24
4. INSTALACIÓN Y MONTAJE DEL LABORATORIO DE MECATRÓNICA	
4.1 Distribución de los equipos.....	25

4.2	Instalaciones eléctricas	25
4.2.1	Selección del conductor	25
4.2.1.1	Caída de tensión circuito n°1	26
4.2.1.2	Caída de tensión del circuito n°2	32
4.3	Selección de breakers	38
4.3.1	Selección de braeker 1	38
4.3.1.1	Determinación del factor de coincidencia	39
4.3.2	Selección de braeker 2	41
4.4	Realización de trabajos	41
4.4.1	Materiales y herramientas utilizados	41
4.4.2	Instalación de tuberías	43
4.4.3	Tendido cable	44
4.4.4	Instalaciones de tomas piso	44
4.4.5	Puesta a tierra	45
4.5	Construcción de mesas	46
4.6	Instalaciones de la red neumática	47
4.6.1	Selección de la red de aire comprimido	47
4.6.2	Selección del material de la tubería	48
4.6.3	Selección del diámetro la tubería	48
4.6.3.1	Carga instalada (CI)	49
4.6.3.2	Consumo de aire en los equipos	49
4.6.3.3	Demanda de potencia (Dm _{máx})	61
4.6.3.4	Factor de coincidencia (Fc)	61
4.6.4	Selección del diámetro de la tubería	62
4.6.5	Selección del compresor	64
4.7	Montaje de la de la red de aire comprimido	64
4.7.1	Materiales y herramientas utilizados	64
4.7.2	Roscado de las tuberías	66
4.7.3	Instalación de los accesorios de la tubería	67
4.7.4	Emplazamiento del compresor	69
4.7.5	pruebas de funcionamiento en la red de aire comprimido	70
4.8	Instalaciones de computadoras y redes	71
4.8.1	Estándares	71
4.8.2	Cableado estructurado	72
4.9	Conectividad e instalación de redes	73
4.9.1	Materiales y herramientas utilizados	73
4.9.2	Instalación de ducterías	75
4.9.3	Suministro y tendido del cableado	75
4.9.4	Instalación de la caja universal	76
4.9.5	Suministro e instalación de paneles de parcheo	77
4.9.6	Elaboración de patch cords	78
4.9.7	Configuración de internet	78
4.9.8	Detalles económicos y financieros del montaje e implementación del laboratorio de mecatrónica	81

5. GUÍA PRÁCTICA PARA LOS MÓDULOS DE MECATRÓNICA

5.1	Funcionamiento del módulo de estación de distribución automática...	83
5.1.1	Objetivos...	83
5.1.1.1	Objetivo general...	83
5.1.1.2	Objetivos específicos...	83
5.2	Generalidades...	83
5.2.1	Programación de los PLC's...	83
5.2.2	Características de los PLC's...	83
5.2.3	Criterios para seleccionar un PLC's...	84
5.3	Componentes de la estación de distribución automática...	85
5.4	Funcionamiento...	91
5.5	Componentes necesarios para su funcionamiento...	94
5.6	Procedimiento...	94
5.6.1	Lista de asignaciones...	95
5.6.2	Graficet...	95
5.6.2.1	Graficet de primer nivel...	96
5.6.2.2	Graficet de segundo nivel...	97
5.6.3	Determinar las ecuaciones y graficarlas en Ladder...	98
5.6.4	Diagrama ladder...	98
5.6.5	programación utilizando el software Step 7 Micro/Win...	100
5.6.6	Conexión de PLC al módulo...	101
5.6.7	Comprobación del funcionamiento...	103
5.7	Conclusiones...	104
5.8	Recomendaciones...	104
5.9	Bibliografía...	104
6.	PLAN DE MANTENIMIENTO	
6.1	Plan de mantenimiento...	105
6.2	Tareas de mantenimiento...	105
6.3	Banco de tareas de la red neumática...	106
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	Conclusiones...	111
7.2	Recomendaciones...	112
	BIBLIOGRAFÍA ...	113
	ANEXOS ...	114

SUMARIO

Se realizó la Implementación y Montaje del Laboratorio de Mecatrónica en la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, Facultad de Mecánica ESPOCH con el propósito de poner en funcionamiento los módulos mecatrónicos.

Se tuvo en cuenta el área física en donde serán montados los módulos: Neumática, Automatización y Mecatrónica donde se realizaron adecuaciones de obras civiles, instalaciones eléctricas, neumáticas y redes de computadoras de acuerdo a las necesidades de cada módulo, dejando una distribución de manera que los estudiantes puedan circular libremente por el Laboratorio. Se obtiene una buena disponibilidad y fiabilidad de las diferentes instalaciones realizadas con pleno funcionamiento, además contiene planos eléctricos, neumáticos y redes de computadoras.

La utilización de una guía de prácticas en áreas como neumática, control industrial, programación son importantes en la nueva era de la mecatrónica, este trabajo proporciona el funcionamiento, características y conexiones de diferentes dispositivos neumáticos, eléctricos, y del PLC Steep S7 - 224 siemens. Realizando un procedimiento apropiado para poner en marcha a cada uno de los diferentes módulos. La simulación de procesos industriales, aplicando estos módulos permite al estudiante relacionarse con el avance tecnológico, mejoramiento de destrezas y obtención de experiencia realizando métodos gráficos para verificar la evolución de automatismos, todo es necesario para confrontar al mundo laboral.

Se estableció un plan de mantenimiento con el objetivo de alargar la vida útil de las diferentes instalaciones realizadas y de módulos existentes en el Laboratorio de Mecatrónica.

SUMARIO

Se realizó adecuaciones Físicas e Instalaciones Neumáticas en el Laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH. Con la finalidad de abastecer una presión y un caudal adecuado que garantice el buen funcionamiento de los diferentes módulos.

Se seleccionó una red de aire comprimido de acuerdo a las necesidades del laboratorio realizando la distribución de los módulos sobre mesas construidas anteriormente en el taller de CEDICOM (Centro de diseño, y construcción de maquinaria), donde claramente se ubican los puntos de demanda de aire anotando su consumo y presiones requeridas. También identificamos el lugar de emplazamiento del compresor. Para el montaje de la red neumática se aplicaron técnicas de roscado y montaje basándonos en las normas CETOP (Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Neumáticas), las cuales nos garantizan que exista una buena estanqueidad en esta instalación.

Luego de haber concluido con éstos trabajos se procedió a las respectivas pruebas de funcionamiento de la red de neumática obteniendo un excelente resultado, puesto que no hubo fugas en ninguna de las uniones, ofreciendo así de una buena fiabilidad de la red, la misma abastecerá de una presión adecuada que garantice el buen funcionamiento de los diferentes módulos que existen en el laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Mecánica.

Se recomienda tener mucho cuidado al utilizar el aire comprimido, ya que al escaparse puede penetrar a través de los orificios del cuerpo humano como boca, nariz, entre otros, causando graves lesiones.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

En el Ecuador la constante inestabilidad política y la falta de apoyo a la educación, limitan el desarrollo Técnico – Científico.

Es de gran importancia que las entidades educativas de nivel superior se pongan al día con nuevos modelos de producción, sistemas de Mantenimiento integrado y desarrollo del talento humano.

El crecimiento que alcanza el mundo especialmente en la tecnología es cada vez mas fuerte, esto obliga a países como el nuestro a incorporar sistemas de automatización en su aparato productivo para conservar la capacidad de generar empleo, gracias a los conocimientos que puedan alcanzar los estudiantes y docentes, en el campo de la automatización industrial, con la implementación y montaje del laboratorio de Mecatrónica en la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento Facultad de Mecánica.

Desde su creación la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento no cuenta con un laboratorio de Mecatrónica el mismo que está centrado en mecanismos, componentes electrónicos e informáticos para la generación de sistemas dinámicos, económicos y confiables, y que académicamente preste las condiciones necesarias para que los estudiantes tengan una excelente formación práctica con estos equipos.

Si bien es cierto la Escuela cuenta con equipos modulares sofisticados de Mecatrónica elaborados en tesis anteriores, equipos de neumática, electroneumática, control de imagen, caudal y temperatura; no es menos cierto que los mismos aún no se encuentran en funcionamiento y deben ser instalados en el lugar apropiado siguiendo técnicas adecuadas a fin de que los estudiantes de la Facultad de Mecánica puedan realizar sus prácticas en los mismos.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El acceso y actualización a nuevas tecnologías está limitado, por tal razón la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica da solución adecuada a las necesidades tecnológicas de las empresas en general con la implementación de los futuros profesionales de los sistemas mecatrónicos en un laboratorio propio para el perfeccionamiento en la práctica de los siguientes módulos:

- “DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO AUTOMATIZADO DE SIMULACIÓN DE UN SISTEMA ORDENADO”
- “DESARROLLO DE UN SISTEMA MECATRÓNICO MODULAR DE ALMACENAMIENTO AUTOMÁTICO”
- “DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO MECATRÓNICO DE TRANSFERENCIA”
- “DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA PRUEBA EN UNA LÍNEA DE ENSAMBLAJE”
- “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN AUTOMÁTICA”
- “DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ENSAMBLAJE EN LÍNEA DE UN MÓDULO TORRE DE ALMACENAMIENTO”
- “DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO TRANSPORTADOR POSICIONADOR DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE ENSAMBLAJE EN LÍNEA”
- “SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SIMULACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE PROCESAMIENTO”
- “DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN DE ACUERDO AL MATERIAL Y COLOR”
- “DESARROLLAR E IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE ENSEÑANZAS CON TÉCNICAS DE AUTOMATIZACIÓN EN UN MÓDULO DE MONTAJE”
- “DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE MANIPULACIÓN FLEXIBLE EN TRES EJES”
- “DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ENSAMBLAJE EN LÍNEA DE UN ELEVADOR DE PALETIZADO”

- “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN EN UNA ESTACIÓN DE ENSAMBLAJE POR PRESIÓN, EN EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA”
- MÓDULOS FESTO
- EQUIPOS NEUMÁTICOS
- EQUIPOS ELECTRONEUMÁTICOS
- EQUIPOS DE CONTROL DE IMAGEN
- EQUIPOS DE CONTROL CAUDAL Y TEMPERATURA

La implementación y montaje del laboratorio de Mecatrónica permitirá a los estudiantes recibir una formación teórica-práctica con equipos de laboratorio de última tecnología y de esta manera estar a la par con los adelantos de ciencia aplicada, lograr el mejoramiento continuo, fomentar la investigación y elevar el nivel de gestión.

El área requerida para la implementación de este laboratorio es de treinta y cinco metros cuadrados.

Para el montaje se utilizarán, diferentes accesorios: neumáticos, eléctricas, Electrónicas, Obras Civiles y Muebles y Enceres que serán provistos por la Facultad de Mecánica.

Complementariamente este tema de investigación se justifica por que se elaborará el manual de mantenimiento para cada sistema, en virtud de que en cada uno de los módulos existen las guías respectivas.

Además permitirá conseguir a un bajo costo lo planteado en el plan estratégico de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica en lo referente a la implementación del laboratorio de Mecatrónica.

Al realizar a manera de tesis, se disminuyen los costos para la Escuela debido a que todos los trabajos serán realizados por sus autores, como aporte.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

Implementar y realizar el montaje del Laboratorio de Mecatrónica en la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.

1.3.2. ESPECÍFICOS.

- Determinar y adecuar el área física en el cual será montado el laboratorio de mecatrónica.
- Realizar las diferentes instalaciones de acuerdo a las necesidades de los módulos.
- Ejecutar las pruebas de funcionamiento del laboratorio, para verificar que no existan anomalías en estas.
- Elaborar el plan de mantenimiento de las instalaciones y módulos del laboratorio de Mecatrónica.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 MECATRÓNICA.

El término Mecatrónica es empleado generalmente en los países de raíces latinas. En los países de raíces anglosajonas, la misma especialidad se le conoce como manufactura flexible y/o fabricación integrada por computadora, es decir, integrar los conocimientos de ingeniería electrónica, eléctrica, sistemas computacionales y mecánica, para formar profesionales con una sólida base humanística, científica y tecnológica. La mecatrónica (acrónimo de mecánica y electrónica), es la combinación sinérgica de las ingenierías mecánica, electrónica, informática y de control. Esta última con frecuencia se omite pues es considerada dentro de alguna de las dos anteriores, sin embargo es importante destacarla por el importante papel que el control juega en la mecatrónica. La sinergia consiste en que la integración de las partes sea superior a la simple unión de éstas (ver Figural).

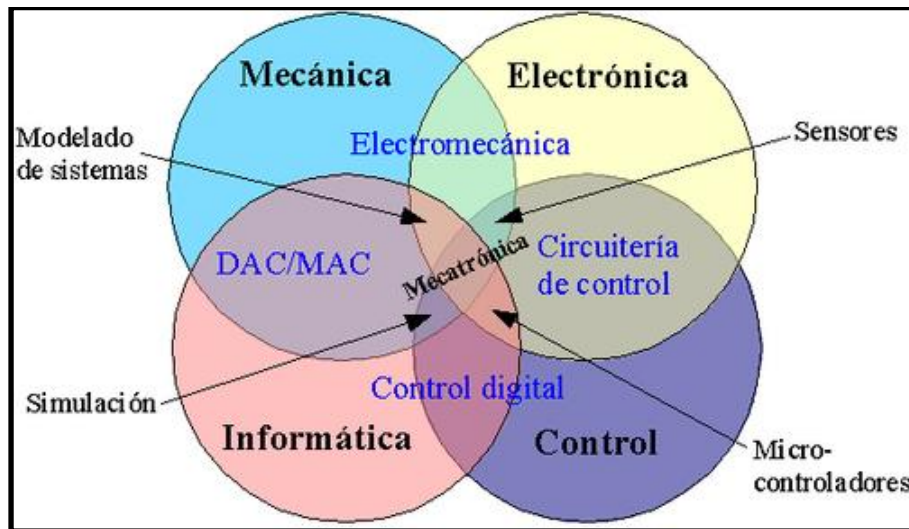
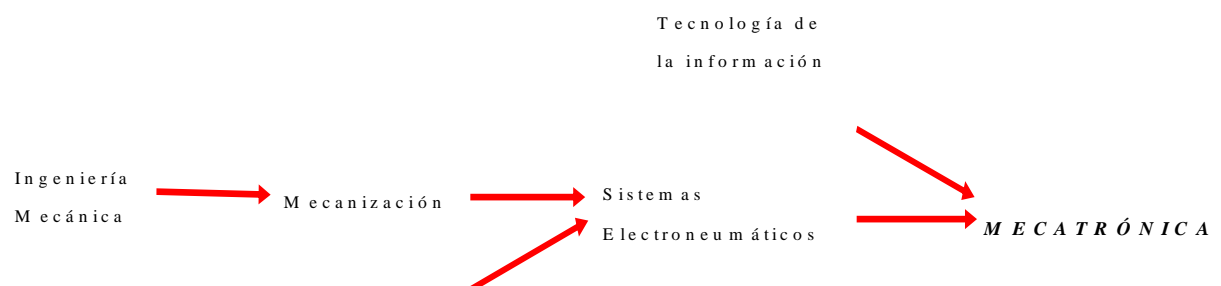


Fig. 1 Áreas constituyentes de la mecatrónica

Los constituyentes de la mecatrónica y las principales áreas relacionadas están centradas en mecanismos, componentes electrónicos y módulos de computación, los cuales combinados hacen posible la generación de sistemas más flexibles, versátiles, económicos, fiables y simples. La palabra "mecatrónica" fue acuñada por el ingeniero Tetsuro Mori mientras trabajaba en la compañía japonesa Yaskawa en 1969. El propósito de este campo de ingeniería interdisciplinaria, es el estudio de los autómatas desde una perspectiva ingenieril, y ser de utilidad a sistemas híbridos de control como los sistemas de producción, robots de exploración planetaria, subsistemas automovilísticos como sistemas antibloqueo, asistentes de giro y equipamientos de todos los días como cámaras fotográficas, autofocus, video, discos rígidos, lectoras de discos compactos, máquinas lavadoras, lego-matices, etc.

2.1.1 EVOLUCIÓN DE LA MECATRÓNICA

La mecatrónica no es una nueva tecnología, más bien es la sinergia de varias disciplinas y tecnologías que aún están evolucionando [2].



Tecnología
Eléctrica

Electrónica



Fig. 2 Evolución de la mecatrónica

2.2 LABORATORIO DE MECATRÓNICA

Un laboratorio, es un lugar equipado con diversos instrumentos de medida o equipos donde se realizan experimentos o investigaciones diversas, según la rama de la ciencia.

También puede ser un aula o dependencia de cualquier centro docente acondicionada, para el desarrollo de clases prácticas y otros trabajos relacionados con la enseñanza.

Como modelo, se tiene al laboratorio de mecatrónica de TECSUP, el cual permite realizar ejercicios prácticos para las siguientes tecnologías: neumática, técnica de accionamientos, de mandos, hidráulica, sensórica, electrotecnia, lineal, programación de mandos lógicos y de conexiones, entre sus objetivos se tiene: desarrollar en el alumno la capacidad y habilidad de diseñar sistemas mecatrónicos, controlando en tiempo real por medio de microcontroladores, mecanismos y procesos movilizados por actuadores mediante lógica retroalimentada de la información proporcionada a través de sensores [10].



Fig. 3 Laboratorio de mecatrónica (TECSUP)

2.3 MECATRÓNICA Y SU IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA

La mecatrónica es de gran importancia, en todo tipo de industrias, ya que logra que la [tecnología mecánica](#) incorpore, integrándola la tecnología [electrónica](#), necesaria para aumentar la [productividad](#), la precisión y la versatilidad en la fabricación.

2.3.1 VENTAJAS DE LA MECATRÓNICA:

La inclusión de la mecatrónica en la industria incorpora las siguientes ventajas:

- Aumenta la productividad
- Costo-Beneficio conveniente
- Calidad uniforme
- Alta precisión mecánica
- Control del proceso
- Mecanismo de precisión.
- Control de software mediante medios electrónicos principalmente de microcomputadores.
- Máxima calidad gracias al uso de elementos libres de errores, de eficacia comprobada y de toda fiabilidad
- Necesarios para tecnología de producción precisa y avanzada

2.4 APLICACIONES DE LA MECATRÓNICA

Debido a sus innumerables ventajas, la mecatrónica es muy utilizada, a continuación se detallan las aplicaciones más importantes:

2.4.1 ROBÓTICA

Se denominan robots, a los elementos que son capaces de realizar cualquier trabajo físico o mental, estando asistidos por un programa de ordenador, técnicamente, existe un primer nivel de robots, diseñados para ejecutar respectivamente una secuencia de operaciones

mecánicas controladas por un programa. Básicamente son brazos o manipuladores mecánicos, poco estáticos, que realizan con precisión e incansablemente tareas como la soldadura de piezas, colocación de pernos, pintura de carrocerías u operaciones más peligrosas, como alimentación de hornos y de prensas de forjar.



Fig. 4 Aplicación en robots

2.4.2 DOMÓTICA

El término domótica proviene de la unión de las palabras domus (que significa casa en latín) y robótica (de robota, que significa esclavo, sirviente en checo). Se entiende por domótica al conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control goza de cierta ubicuidad, desde dentro y fuera del hogar. Se podría definir como la integración de la tecnología en el diseño inteligente de un recinto.

Los servicios que ofrece la domótica se pueden agrupar según cuatro aspectos:

1. En el ámbito del ahorro energético: Climatización: programación y zonificación, gestión eléctrica, racionalización de cargas eléctricas: desconexión de equipos de uso no

prioritario en función del consumo eléctrico en un momento dado. Reduce la potencia contratada, gestión de tarifas, uso de energías renovables

2. En el ámbito del nivel de confort: Iluminación, apagado general de todas las luces de la vivienda, automatización del apagado y/o encendido en cada punto de luz, regulación de la iluminación según su nivel de ambiente, automatización de todos los distintos sistemas, instalaciones y equipos dotándolos de control eficiente y de fácil manejo.

3. En el ámbito de la protección patrimonial: Simulación de presencia, detección de conatos de incendio, fugas de gas, escapes de agua, alerta médica, cerramiento de persianas puntual y seguro, acceso a Cámaras IP

4. En el ámbito de las comunicaciones: Ubicuidad en el control tanto externo como interno, control remoto desde Internet, PC, mandos inalámbricos, transmisión de alarmas e intercomunicaciones.

2.4.3 INMÓTICA

Por Inmótica, se entiende la incorporación al equipamiento de edificios de uso terciario o industrial (oficinas, edificios corporativos, hoteleros, empresariales y similares), de sistemas de gestión técnica automatizada de las instalaciones, con el objetivo de reducir el consumo de energía, aumentar el confort y la seguridad de los mismos. La inmótica integra la domótica interna dentro de una estructura en red.

Dentro de las aplicaciones de la inmótica, se tiene, la posibilidad de monitorización del funcionamiento general del edificio como: ascensores, el balance energético, el riego, la climatización e iluminación de las áreas comunes, la temperatura de la piscina, dotarlo de un doble sistema de detección de incendios, etc. Del mismo modo permite un mayor control de accesos, y el seguimiento continuo de quien haya ingresado al edificio. Se ha aplicado con éxito en edificios residenciales, de oficinas, hoteles, hospitales, centros comerciales, barrios cerrados e industrias.

2.4.4 INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

En general, en la industria automotriz la ingeniería mecatrónica ha permitido, que los automóviles modernos cumplan simultáneamente con los requerimientos de reducción de la emisión de contaminantes, economización de combustible, y estrictas especificaciones de manejo, las cuales no se hubiesen logrado utilizando los sistemas clásicos de control y electromecánica.



Fig. 5 Aplicaciones en la industria automotriz

2.4.5 AUTOTRÓNICA

Es la que se dedica, a los estudios e innovación de los automóviles modernos computarizados, con la utilización de la microelectrónica y los sistemas computacionales, logrando así un automóvil en óptimas condiciones, y también la utilización del uso de los programas de software para el diagnóstico.



Fig. 6 Aplicación en la autotrónica

Los carros computarizados, mejoran la calidad al automóvil, con respecto a su diagnóstico, los programas software ayudan a localizar con rapidez las fallas técnicas, debido a que los automóviles tienen un sistema electrónico como informático.

También es altamente aplicada en otras áreas como: en el área de la salud, con sistemas de ayuda auditiva, con bandas de compresión de ondas, sillas de ruedas electromecánicas automáticas, robots de cirugía, y manipuladores, órganos artificiales, prótesis, etcétera.

2.5 SISTEMAS MECATRÓNICOS

Actualmente, los sistemas que combinan sinérgicamente las ingenierías [mecánica](#), [electrónica](#), [informática](#) y de [control](#), se denominan sistemas mecatrónicos. Los componentes fundamentales de estos sistemas son: Estructura física (chasis o ensamble), mecanismos, sensores, interfaces electrónica, microprocesadores y software de control o de operación.

Las aplicaciones de estos sistemas, se pueden encontrar en la industria (máquinas y herramientas controladas numéricamente, entre otros ejemplos), el hogar ([domótica](#) y electrodomésticos inteligentes), juegos ([robots](#) educativos), medicina (robots teleoperados), etc. Los cuales interactúan entre sí, para lograr que

los sistemas productivos trabajen con mayor flexibilidad, versatilidad, seguridad y confiabilidad así como un bajo consumo de energía.

La mecatrónica trabaja con lo que se conoce como sistemas. Un sistema puede concebirse como una caja con una entrada y una salida, y de la cual no nos interesa su contenido, sino la relación que existe entre la salida y la entrada. Por ejemplo, un motor se podría considerar como un sistema cuya entrada es la alimentación de energía eléctrica, y la salida es la rotación de un eje. En la figura 7 se muestra la representación de un sistema de este tipo.

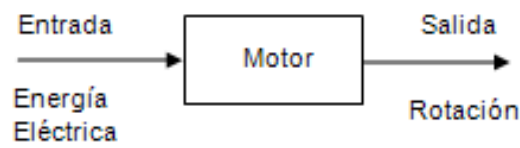


Fig. 7 Ejemplo de un sistema

Un sistema de medición, se podría considerar como una caja negra que se utiliza para medir. Su entrada es la magnitud que se desea medir, y su salida es el valor correspondiente a dicha magnitud. En el caso de un sistema de medición de temperatura, como un termómetro, la entrada es la temperatura y la salida es un número que aparece en una escala. En la figura 8 se muestra la representación del sistema.

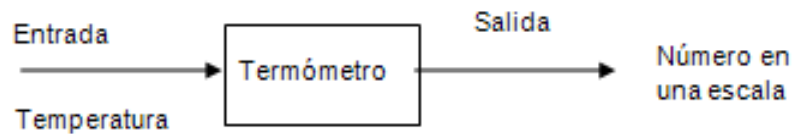


Fig. 8 Ejemplo de un sistema de medición

Un sistema de control puede considerarse como una caja negra que sirve para controlar la salida de un valor o secuencia de valores determinados. Por ejemplo, la entrada de un sistema de control de calefacción central doméstica correspondería al valor de la temperatura que se desea tener en el interior de una casa; su salida sería mantener la casa a esa temperatura; es decir, se fija en el termostato, o en el controlador el valor de la temperatura

deseada y el horno de calefacción se ajusta de modo que, el agua bombeada a través de los radiadores produzca la temperatura deseada en la casa [2].

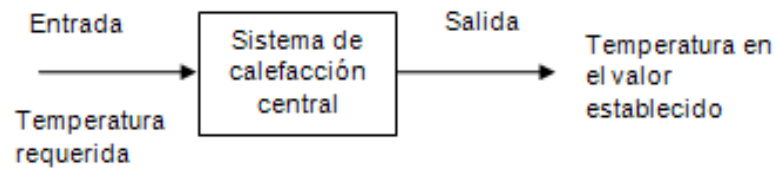


Fig. 9 Ejemplo de un sistema de control

2.5.1 SISTEMAS DE CONTROL

Existen dos formas básicas de realizar el control de un proceso industrial:

- **Control en lazo abierto:** Cuando las señales de mando son independientes de los órganos receptores.
- **Control de lazo cerrado:** Cuando las señales de mando dependen de la posición de los órganos móviles.

2.5.1.1 CONTROL DE LAZO ABIERTO

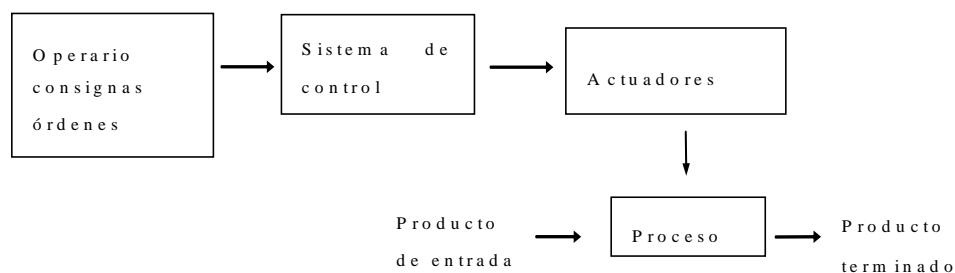


Fig. 10 Control en lazo abierto

El control en lazo abierto, se caracteriza porque la información o variable que controlan el proceso, circulan en una sola dirección, desde el sistema de control al proceso. El sistema de control no recibe la información de que las acciones que a través, de los actuadores ha de realizar sobre el proceso, se han ejecutado correctamente.

Estos sistemas tienen la ventaja de ser realmente sencillos, por lo que su costo es bajo y en general su confiabilidad es buena. Sin embargo, con frecuencia son imprecisos ya que no hay corrección de errores [2].

2.5.1.2 CONTROL DE LAZO CERRADO

El control en lazo cerrado, se caracteriza porque existe una realimentación a través de los sensores, desde el proceso hacia el sistema de control, que permite a este último conocer si las acciones ordenadas a los actuadores se han realizado correctamente sobre el proceso. La mayoría de los procesos existentes en la industria, utilizan el control en lazo cerrado, bien, porque el producto que se pretende obtener o la variable que se controla necesita un control continuo en función de unos determinados parámetros de entrada, o bien porque el proceso a controlar se subdivide en una serie de acciones elementales de tal forma que, para realizar una determinada acción sobre el proceso, es necesario que previamente se haya realizado otra serie de acciones elementales.

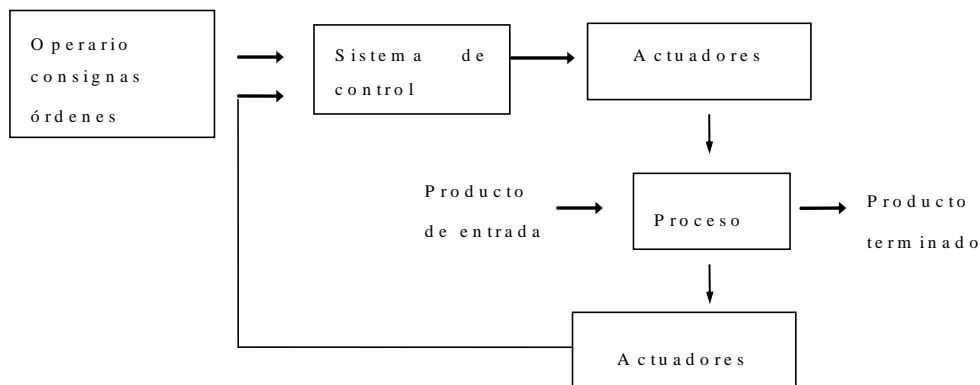


Fig. 11 Control en lazo cerrado

Estos sistemas tienen la ventaja de ser bastante precisos para igualar el valor real y el deseado. Pero son más complejos y con mayor probabilidad de descomposturas debido, a la mayor cantidad de componentes.

En la figura 12 se muestra, la configuración general de un sistema básico en lazo cerrado que consta de los siguientes elementos:

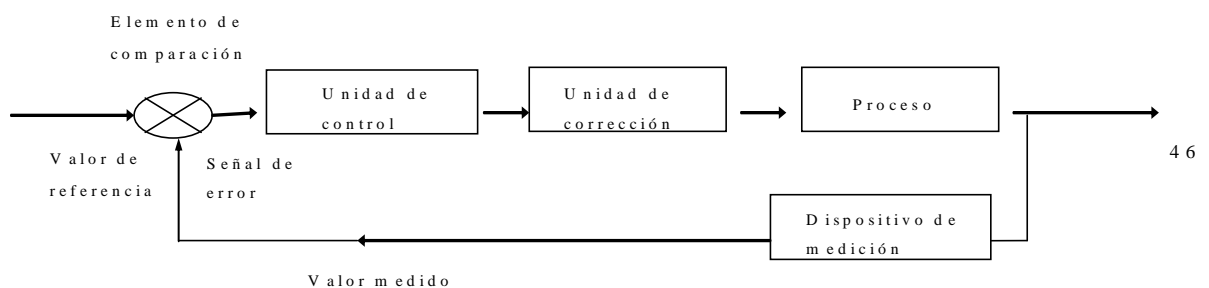


Fig. 12 Elementos de un sistema de control de lazo cerrado

➤ **Elemento de comparación**

Variable controlada
Compara el valor deseado o de referencia de la condición variable que se controla con el valor medido de lo que se produce, y genera una señal de error. Se le puede considerar como un sumador que añade la señal de referencia, positiva, a la señal del valor medido, que en este caso es negativa:

Señal de error = señal del valor de referencia - señal del valor medido

Como todas las entradas se suman, la entrada de la retroalimentación se indica como negativa y la señal de referencia como positiva, de manera que la suma da la diferencia entre las señales. Un ciclo cerrado es el medio por el cual una señal relacionada con la condición real producida se retroalimenta para modificar la señal de entrada de un proceso.

➤ **Elemento de control**

En cuanto recibe una señal de error, el elemento de control decide qué acción llevar a cabo. Podría tratarse, por ejemplo, de una señal para accionar un interruptor o abrir una válvula. El plan de control que aplica el elemento podría consistir en entregar una señal que encienda o apague un dispositivo al producirse un error, como en el caso del termostato de una habitación; o quizá una señal que abra o cierre proporcionalmente una válvula, de acuerdo con la magnitud del error.

➤ **Elemento de corrección**

El elemento de corrección produce un cambio en el proceso a fin de corregir o modificar la condición controlada. Puede ser un interruptor que enciende un calentador para aumentar la temperatura de un proceso, o una válvula que al abrirse permite la entrada de un mayor volumen de líquido al proceso. El término actuador designa al elemento de una unidad de corrección que proporciona la energía para realizar la acción de control.

➤ **Elemento de proceso**

El proceso es aquello que se está controlando. Puede tratarse de la habitación de una casa cuya temperatura se controla, o bien de un tanque con agua cuyo nivel se controla.

➤ **Elemento de medición**

El elemento de medición produce una señal relacionada con el estado de la variable del proceso que se controla. Podría tratarse de un interruptor que se enciende cuando se alcanza determinada posición, o bien de un termopar que produce una fuerza electromotriz relacionada con la temperatura [2].

2.6 SISTEMAS DE ACTUADORES

Los sistemas de actuación, son los elementos de los sistemas que transforman la salida de un microprocesador o un sistema de control, en una acción de control para una máquina o dispositivo. Por ejemplo, si es necesario transformar una salida eléctrica del controlador en un movimiento lineal que realiza el desplazamiento de una carga. Otro ejemplo sería, cuando la salida eléctrica del controlador anterior requiere transformarse en una acción que controle la cantidad de líquido que entra y circula en una tubería [2].

2.6.1. SISTEMAS DE ACTUACIÓN MECÁNICA

Son dispositivos que se pueden considerar convertidores de movimiento, en tanto transforman el movimiento de una a otra. Por ejemplo, con un mecanismo, un movimiento lineal se puede convertir en un movimiento rotacional; un movimiento lineal alterno en uno rotacional, como en el motor de combustión interna, donde el movimiento alterno de los pistones se convierte en el del cigüeñal y éste, a su vez, lo transfiere al eje de la transmisión.

Entre los elementos mecánicos están los mecanismos de barras articuladas, levas, engranes, cremalleras, correas de transmisión, etcétera. Por ejemplo el mecanismo engrane cremallera convierte un movimiento rotacional en uno lineal; los engranes con eje paralelo reducen de un eje; los engranes cónicos transmiten movimiento rotacional en un ángulo de 90°; una correa dentada o una transmisión de cadena transforma el movimiento rotacional de un eje en un movimiento de otro eje; las levas y otros mecanismos son útiles para obtener movimientos que varíen en la forma que se desea muchos de los efectos que antes se obtenían con el uso de mecanismos en la actualidad se logran mediante sistemas de microprocesadores. Por ejemplo, antes en las lavadoras domésticas se utilizaban levas montadas en un eje

rotacional, para lograr una secuencia de acciones sincronizadas: apertura de una válvula para introducir agua al tambor, interrupción del suministro de agua, encendido de un calentador, etcétera

No obstante, los mecanismos todavía son útiles en los sistemas mecatrónicos. Por ejemplo:

- Amplificación de fuerzas; por ejemplo la que se obtiene mediante palancas.
- Cambio de velocidad; por ejemplo mediante engranes.
- Transferencia de rotación de un eje a otro; por ejemplo, una banda sincrónica
- Determinados tipos de movimiento; por ejemplo, los que se obtienen mediante un mecanismo de retorno rápido.

2.6.2 SISTEMAS DE ACTUACIÓN ELÉCTRICA

Al estudiar los sistemas eléctricos que se emplean como actuadores de control, deberán tenerse en cuenta los siguientes dispositivos y sistemas:

- Dispositivos de conmutación, como son los interruptores mecánicos (relés) y los interruptores de estado sólido (diodos, tiristores y transistores), en los que la señal de control enciende o apaga un dispositivo eléctrico, por ejemplo, un calentador o un motor.
- Dispositivos tipo solenoide, en los cuales una corriente que pasa por un solenoide acciona un núcleo de hierro dulce, por ejemplo una válvula hidráulica/neumática operada por solenoide, donde la corriente de control pasa por el solenoide que se utiliza para regular el flujo hidráulico/neumático.
- Sistemas motrices, por ejemplo, motores de cd y de ca, en los cuales la corriente que pasa por el motor produce una rotación.

2.6.3 SISTEMAS DE ACTUADORES NEUMÁTICOS E HIDRÁULICOS

Con frecuencia las señales neumáticas son utilizadas, para controlar elementos de actuación final, incluso cuando el sistema de control es eléctrico. Esto se debe a que con dichas señales es posible accionar válvulas de grandes dimensiones, y otros dispositivos de control que requieren mucha potencia para mover cargas considerables. La principal desventaja de los sistemas neumáticos es la compresibilidad del aire. Las señales hidráulicas se usan en dispositivos de control de mucha mayor potencia; sin embargo, son más costosos que los sistemas neumáticos y hay riesgos asociados con fugas de aceite, que no existen en una fuga de aire.

2.7 DIFERENCIAS ENTRE LA HIDRÁULICA Y LA NEUMÁTICA

La diferencia más relevante viene marcada por el tipo de fluido; la neumática utiliza aire comprimido (muy compresible) y la hidráulica generalmente emplea aceites (prácticamente incompresibles). Por esta razón, los circuitos neumáticos son abiertos (escapes al ambiente), mientras que los hidráulicos son cerrados (escapes a un tanque). Además hay otras diferencias:

Como características de la hidráulica se tiene:

- Cargas elevadas tanto en actuadores lineales como en motores de par elevado.
- Control exacto de la velocidad y parada.
- Industrias metalúrgicas, máquinas herramientas, prensas, maquinaria de obras públicas, industria naval y aeronáutica, sistemas de transporte.

Como características de la neumática se tiene:

- Cargas por debajo de los 3000 Kg.
- Desplazamientos rápidos.
- Motores de alta velocidad con más de 500.000 rpm.
- Control de calidad, etiquetado, embalaje, herramientas portátiles.

2.7.1 SISTEMA HIDRÁULICO

En un sistema hidráulico la presurización del aceite se logra mediante una bomba accionada por un motor eléctrico. La bomba envía aceite al sistema desde un pozo colector a través de una válvula de retención y un acumulador; en la figura 13 se ilustra este sistema. La válvula de alivio libera presión cuando este rebasa determinado nivel de seguridad; la válvula de retención evita que el aceite regrese a la bomba y el acumulador equilibra las fluctuaciones de corta duración en la presión de salida del aceite. En esencia el acumulador es un recipiente que mantiene el aceite bajo presión, soportando una fuerza externa [2].

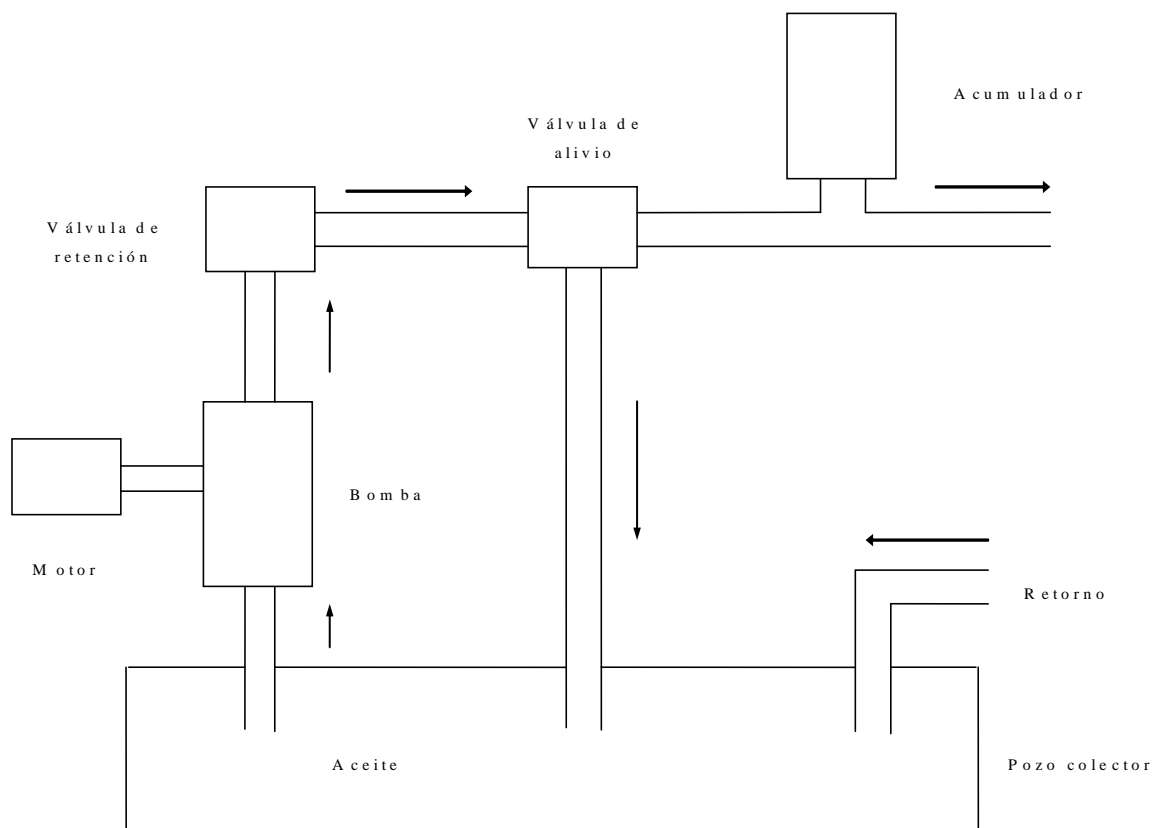


Fig. 13 Sistemas de actuadores hidráulicos

2.7.2 SISTEMA NEUMÁTICO

En una fuente de energía neumática, se acciona un compresor de aire con un motor eléctrico. El aire que entra al compresor se filtra y pasa por un silenciador para reducir el nivel de ruido. La válvula de alivio de presión protege contra un aumento de la presión del sistema que exceda el nivel de seguridad. Dado que el compresor aumenta la temperatura del aire, es posible que sea necesario un sistema de enfriamiento; para eliminar la contaminación y agua del aire se utiliza un filtro y un separador de agua. En el receptor de aire se aumenta el volumen del aire del sistema y se equilibran las fluctuaciones de presión de breve duración.

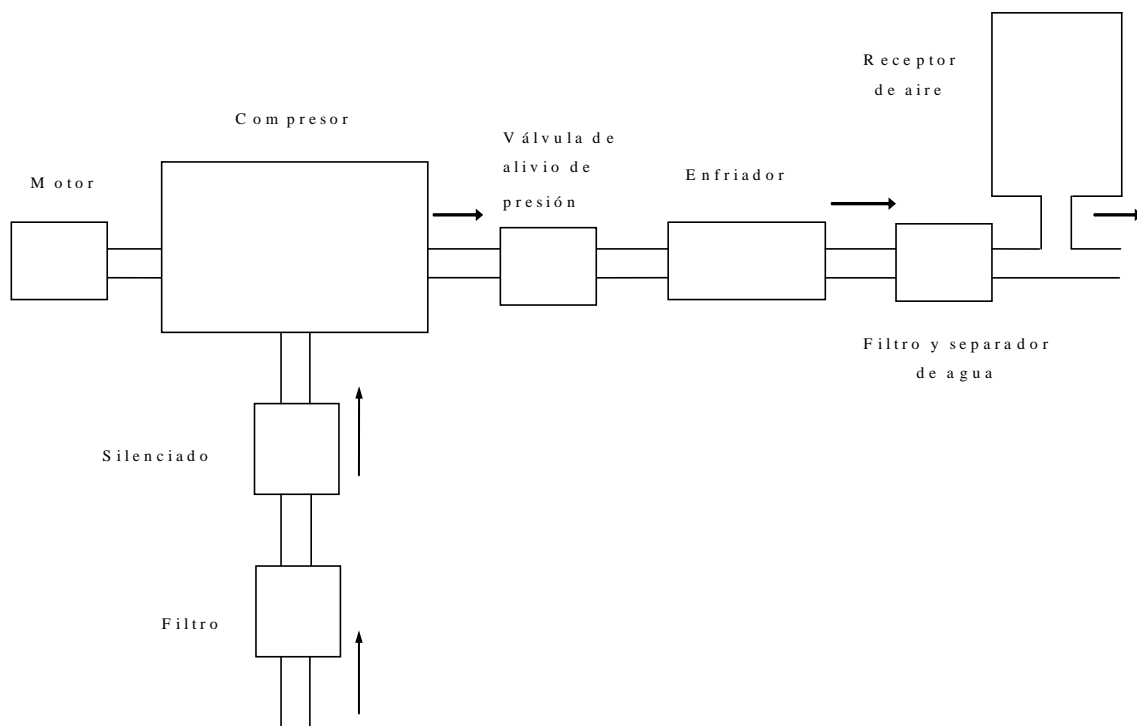


Fig. 14 Sistemas de actuadores neumáticos

CAPÍTULO III

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL LABORATORIO DE MECATRÓNICA

3.1 LOCALIZACIÓN DEL LABORATORIO

Los equipos de automatización sofisticados a implementarse, van a ser ubicados, ensamblados y distribuidos en el área destinada al laboratorio de mecatrónica, la cual tendrá un área física de 6 metros de ancho por 12 de largo, la misma que acogerá a todos estos equipos disponibles, y que se encuentra en la planta baja de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento.

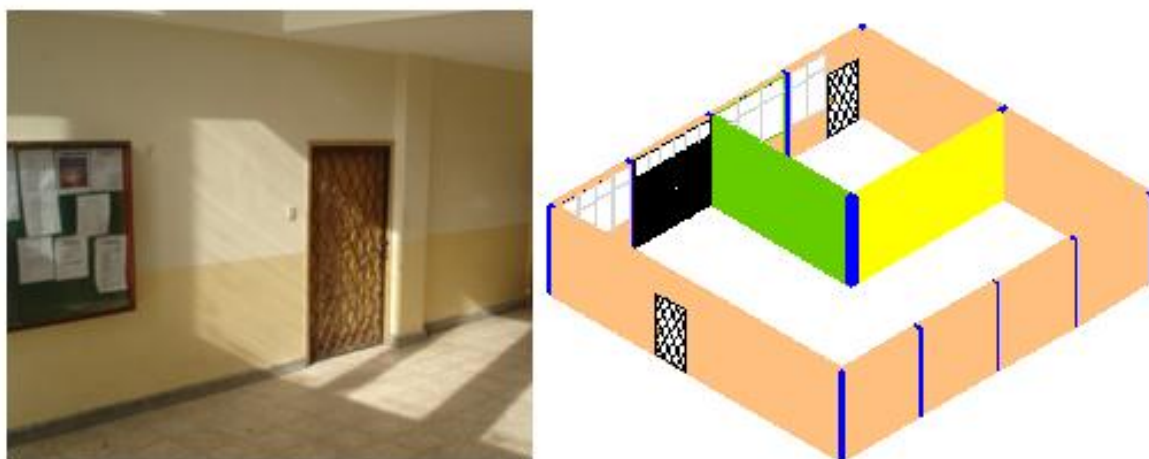


Fig. 15 Localización del laboratorio

3.2 CONSTRUCCIÓN DEL ÁREA FÍSICA

3.2.1 TRABAJOS REALIZADOS

En vista que al ser separados los dos laboratorios, como primera labor, se construyó una puerta metálica de 288 cm de alto por 152.5 cm de ancho (ver plano 2), la cual será utilizada para el acceso al laboratorio de electrotecnia.

Después de haber sido construida la puerta, se procede a derribar la pared de color verde (ver Fig. 15), seguidamente se construyó una pared a continuación de la amarilla. Para así poder tener laboratorios independientes como se ilustra en la figura 17.



Fig. 16 Puerta Lab. de Electrotecnia



Fig. 17 Obras civiles

Contando así con un área adecuada, la misma que tiene en la parte frontal de la fachada dos puertas, una pequeña y la otra grande, esta servirá, para el ingreso de todos los módulos y las mesas, y la tercera que se encuentra situada frente al salón azul la que permite el ingreso de todos los estudiantes ver figura 18.

3.3 RECURSOS DISPONIBLES

Como recursos disponibles para la implementación y el montaje de este laboratorio se cuenta con lo siguiente.

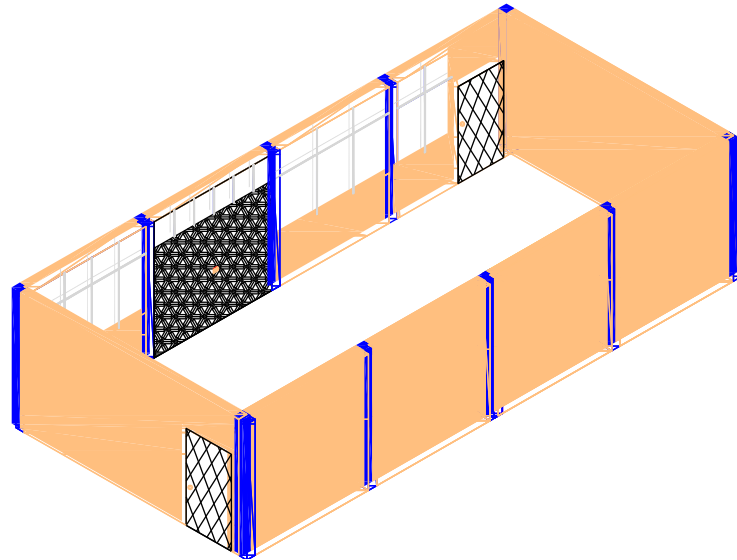


Fig. 18 Área final del laboratorio

3.3.1 ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO

En el área física se dispone de la iluminación, la cual disminuye los costos y los trabajos a ser realizados.

3.3.2 MÓDULOS DE NEUMÁTICA (FESTO)

Se cuenta con dos módulos de la marca festo, los mismos que servirán al estudiante para que adquiera conocimientos básicos sobre la neumática y sus dispositivos.

3.3.3 MÓDULOS DE AUTOMATIZACIÓN

También se dispone de tres módulos de automatización, los cuales le servirán al estudiante para ganar destreza en la automatización aplicada a la neumática.

3.3.4 MÓDULOS DE MECATRÓNICA

Finalmente se dispone de trece módulos de tecnología de punta, los mismos que servirán, para que el estudiante adquiera conocimientos sólidos de la materia simulando procesos prácticos de la industria.

Todos estos módulos van a estar sobre mesas que serán construidas de acuerdo a las medidas de cada uno de ellos.

Como la mecatrónica, es un conjunto que está compuesto de sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos y neumáticos se partió, desde ese punto de vista que necesidades se tiene para el funcionamiento de los módulos existentes en la Facultad de Mecánica.

3.4 INVERSIÓN FINANCIADA.

Para la implementación y montaje del Laboratorio se cuenta con un financiamiento por parte de la Facultad de Mecánica de cinco mil ochocientos ochenta y tres dólares (\$ 5883).

CAPÍTULO IV

4. INSTALACIÓN Y MONTAJE DEL LABORATORIO DE MECATRÓNICA

4.1 DISTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS

Se realizó la distribución de todos los módulos en el laboratorio de Mecatrónica, distribuyendo las mesas en lugares estratégicos para que los estudiantes tengan fácil acceso hacia las diferentes estaciones.

4.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Se entiende por instalación eléctrica, al conjunto integrado por canalizaciones, estructuras, conductores, accesorios y dispositivos que permiten el suministro de energía eléctrica, desde las centrales generadoras hasta el centro de consumo, para alimentar a las máquinas y aparatos que la demanden para su funcionamiento.

En una instalación eléctrica la distribución de la energía eléctrica debe hacerse de manera ordenada y planificada, para de esta forma llegar eficientemente hasta los puntos de consumo de cada módulo del laboratorio.

4.2.1 SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

Para la correcta selección de un conductor eléctrico deben considerarse varios factores, a saber:

- El valor máximo del voltaje que se aplicará.
- La capacidad de conducción de corriente eléctrica.
- La caída de tensión total.

El cálculo del conductor debe efectuarse de dos maneras: por corriente y por caída de tensión.

Para este caso se utilizó el cálculo por caída de tensión.

4.2.1.1 CAÍDA DE TENSIÓN CIRCUITO N°1.

Para el cálculo de la determinación de la caída de tensión y el consumo de potencia se realizó un plano para identificar los puntos de los tomacorrientes de cada uno de los módulos (ver plano 5).

Se basó en las normas de la Empresa Eléctrica de Quito, la cual recomienda utilizar un calibre de conductor número 12 A.W.G (American Wire Gage - Calibre de Alambre Americano). Para instalaciones de baja tensión

Donde:

P: Potencia

V: Tensión

I: Intensidad

P_T = Potencia total

V_T = Tensión total

ΔV_T = Caída de tensión total

ΔP_T = Caída de potencia total

$R_{C12\#12}$ = resistencia del cable de punto a punto

a) Determinación de la intensidad total de la instalación.

Datos:

$P_T = 1600 \text{ W}$

$V = 110 \text{ V}$

$$P_T = U * I \quad (1)$$

$$I = \frac{P_T}{U} \quad (2)$$

$$I = \frac{1600 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 14.55 \text{ A}$$

Calibre del conductor # 12 AWG

b) Con el calibre del conductor utilizado en las instalaciones eléctricas realizadas el laboratorio, se procede a escoger mediante tablas (ver tabla 1) la resistencia para este circuito.

El valor obtenido en la tabla I es de $5.39 \frac{\Omega}{\text{Km}}$, la resistencia es de 5.39Ω por cada kilómetro.

Tomacorriente 1:

a) Determinación de la intensidad

$$P_T = 75 \text{ W}$$

$$V = 110 \text{ V}$$

$$I = \frac{P_T}{V}$$

$$I = \frac{75 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 0.628 \text{ A}$$

b) Determinación de la resistencia

$$R_{C1212} \#12 = \frac{2 * 0.83 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.0089 \Omega$$

c) Caída de tensión

$$\Delta V = I * R_{C1212} \quad (3)$$

$$\Delta V = 0.628 \text{ A} * 0.0089 \Omega = 0.0061 \text{ V}$$

d) Caída de potencia

$$\Delta P = \Delta V * I \quad (4)$$

$$\Delta P = 0.0061 \text{ V} * 0.628 \text{ A} = 0.0042 \text{ W}$$

Tomacorriente 2:

$$P_T = 75 \text{ W} + 75 \text{ W} + 0.0042 \text{ W} = 150.0042 \text{ W}$$

$$V = 110.0061 \text{ V}$$

$$I = \frac{150.0042 \text{ W}}{110.0061 \text{ V}} = 1.364 \text{ A}$$

$$R_{C2123} \#12 = \frac{2 * 0.83 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.0089 \Omega$$

$$\Delta V = I * R_{C2123}$$

$$\Delta V = 1.364 \text{ A} * 0.0089 \Omega = 0.012 \text{ V}$$

$$\Delta P = \Delta V * I$$

$$\Delta P = 0.012 \text{ V} * 1.364 \text{ A} = 0.166 \text{ W}$$

Tomacorriente 3:

$$P_T = 75 \text{ W} + 150.0042 \text{ W} + 0.166 \text{ W} = 225.1702 \text{ W}$$

$$V = \frac{110.018 \text{ V}}{225.1702 \text{ W}}$$

$$I = \frac{110.018 \text{ V}}{2 * 0.83 \text{ m}} = 2.047 \text{ A}$$

$$R_{C3a14 \#12} = \frac{1000 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.0089 \Omega$$

$$\Delta V = 2.047 \text{ A} * 0.0089 \Omega = 0.018 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.018 \text{ V} * 2.047 \text{ A} = 0.037 \text{ W}$$

Tomacorriente 4:

$$P_T = 100 \text{ W} + 225.1702 \text{ W} + 0.037 \text{ W} = 325.207 \text{ W}$$

$$V = \frac{110.036 \text{ V}}{325.207 \text{ W}}$$

$$I = \frac{110.036 \text{ V}}{2 * 0.83 \text{ m}} = 2.955 \text{ A}$$

$$R_{C4a15 \#12} = \frac{1000 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.0089 \Omega$$

$$\Delta V = 2.955 \text{ A} * 0.0089 \Omega = 0.0263 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.0263 \text{ V} * 2.955 \text{ A} = 0.078 \text{ W}$$

Tomacorriente 5:

$$P_T = 75 \text{ W} + 325.207 \text{ W} + 0.078 \text{ W} = 400.285 \text{ W}$$

$$V = \frac{110.062 \text{ V}}{400.285 \text{ W}}$$

$$I = \frac{110.062 \text{ V}}{2 * 1.04 \text{ m}} = 3.637 \text{ A}$$

$$R_{C5a16 \#12} = \frac{1000 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.0112 \Omega$$

$$\Delta V = 3.637 \text{ A} * 0.0112 \Omega = 0.041 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.041 \text{ V} * 3.637 \text{ A} = 0.149 \text{ W}$$

Tomacorriente 6:

$$P_T = 75 \text{ W} + 400.285 \text{ W} + 0.149 \text{ W} = 475.434 \text{ W}$$

$$V = \frac{110.103 \text{ V}}{475.434 \text{ W}}$$

$$I = \frac{110.103 \text{ V}}{110.103 \text{ V}} = 4.318 \text{ A}$$

$$R_{C5\Omega 6 \#12} = \frac{2 * 1.57 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.017 \Omega$$

$$\Delta V = 4.318 \text{ A} * 0.017 \Omega = 0.073 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.073 \text{ V} * 4.318 \text{ A} = 0.315 \text{ W}$$

Tomacorriente 7:

$$P_T = 75 \text{ W} + 475.434 \text{ W} + 0.315 \text{ W} = 550.749 \text{ W}$$

$$V = \frac{110.176 \text{ V}}{550.749 \text{ W}}$$

$$I = \frac{110.176 \text{ V}}{2 * 3.27 \text{ m}} = 4.999 \text{ A}$$

$$R_{C7\Omega 10 \#12} = \frac{2 * 3.27 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.035 \Omega$$

$$\Delta V = 4.999 \text{ A} * 0.035 \Omega = 0.176 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.176 \text{ V} * 4.999 \text{ A} = 0.881 \text{ W}$$

Tomacorriente 8:

$$P_T = 150 \text{ W}$$

$$V = \frac{110 \text{ V}}{150 \text{ W}}$$

$$I = \frac{110 \text{ V}}{2 * 1.56 \text{ m}} = 1.364 \text{ A}$$

$$R_{C8\Omega 9 \#12} = \frac{2 * 1.56 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.017 \Omega$$

$$\Delta V = 1.364 \text{ A} * 0.017 \Omega = 0.023 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.023 \text{ V} * 1.364 \text{ A} = 0.031 \text{ W}$$

Tomacorriente 9:

$$P_T = 150 \text{ W} + 150 \text{ W} + 0.031 \text{ W} = 300.031 \text{ W}$$

$$V = \frac{110.023 \text{ V}}{300.031 \text{ W}}$$

$$I = \frac{110.023 \text{ V}}{2 * 6.31 \text{ m}} = 2.727 \text{ A}$$

$$R_{C9\Omega 10 \#12} = \frac{2 * 6.31 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.068 \Omega$$

$$\Delta V = 2.727 \text{ A} * 0.068 \Omega = 0.185 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.185 \text{ V} * 2.727 \text{ A} = 0.506 \text{ W}$$

Tomacorriente 10:

$$P_T = 150 \text{ W} + 300.031 \text{ W} + 0.506 \text{ W} + 570.749 \text{ W} + 0.881 \text{ W} = 1022.167 \text{ W}$$

En el punto 10 existen dos ramales que ingresan, la caída de voltaje en éste se va a sumar las pérdidas de un lado y del otro.

Sumatorias de las caídas de tensión desde el punto 8 al 10.

$$\Delta V_{8 \text{ al } 10} = 0.023 \text{ V} + 0.185 \text{ V} = 0.208 \text{ V}.$$

Sumatorias de las caídas de tensión desde el punto 1 al 10.

$$\begin{aligned} \Delta V_{1 \text{ al } 10} &= 0.0061 \text{ V} + 0.012 \text{ V} + 0.018 \text{ V} + 0.0263 \text{ V} + 0.041 \text{ V} + 0.073 \text{ V} + 0.176 \\ &= 0.352 \text{ V}. \end{aligned}$$

Voltaje en el punto 10:

$$V = 110 \text{ V} + 0.208 \text{ V} + 0.352 \text{ V} = 110.560 \text{ V}$$

$$I = \frac{1022.167 \text{ W}}{110.560 \text{ V}} = 9.245 \text{ A}$$

$$R_{C10 \text{ al } 11} \#12 = \frac{2 * 1.87 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.020 \Omega$$

$$\Delta V = 9.245 \text{ A} * 0.020 \Omega = 0.186 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.186 \text{ V} * 9.245 \text{ A} = 1.723 \text{ W}$$

Tomacorriente 11:

$$P_T = 150 \text{ W} + 1022.167 \text{ W} + 1.723 \text{ W} = 1173.890 \text{ W}$$

$$V = 110.746 \text{ V}$$

$$I = \frac{1173.890 \text{ W}}{110.746 \text{ V}} = 10.600 \text{ A}$$

$$R_{C11 \text{ al } 12} \#12 = \frac{2 * 6.35 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.068 \Omega$$

$$\Delta V = 10.600 \text{ A} * 0.068 \Omega = 0.726 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.726 \text{ V} * 10.600 \text{ A} = 7.691 \text{ W}$$

Tomacorriente 12:

$$P_T = 150 \text{ W} + 1173.890 \text{ W} + 7.691 \text{ W} = 1331.581 \text{ W}$$

$$V = \frac{1331.581 \text{ W}}{111.472 \text{ V}}$$

$$I = \frac{1331.581 \text{ W}}{111.472 \text{ V}} = 11.945 \text{ A}$$

$$R_{C12a13} \#12 = \frac{2 * 1.6 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.017 \Omega$$

$$\Delta V = 11.945 \text{ A} * 0.017 \Omega = 0.206 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.206 \text{ V} * 11.945 \text{ A} = 2.461 \text{ W}$$

Tomacorriente 13:

$$P_T = 150 \text{ W} + 1331.581 \text{ W} + 2.461 \text{ W} = 1484.042 \text{ W}$$

$$V = \frac{1484.042 \text{ W}}{111.678 \text{ V}}$$

$$I = \frac{1484.042 \text{ W}}{111.678 \text{ V}} = 13.289 \text{ A}$$

$$R_{C13a14} \#12 = \frac{2 * 6.44 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.069 \Omega$$

$$\Delta V = 13.289 \text{ A} * 0.069 \Omega = 0.923 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.923 \text{ V} * 13.289 \text{ A} = 12.260 \text{ W}$$

Tomacorriente 14:

$$P_T = 150 \text{ W} + 1484.042 \text{ W} + 12.260 \text{ W} = 1646.302 \text{ W}$$

$$V = \frac{1646.302 \text{ W}}{112.601 \text{ V}}$$

$$I = \frac{1646.302 \text{ W}}{112.601 \text{ V}} = 14.621 \text{ A}$$

$$R_{C14a15TDI} \#12 = \frac{2 * 5.70 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.061 \Omega$$

$$\Delta V = 14.621 \text{ A} * 0.061 \Omega = 0.898 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.898 \text{ V} * 14.621 \text{ A} = 13.135 \text{ W}$$

Con los cálculos obtenidos anteriormente, se obtiene una potencia activa total de 1600 W de todas las tomas, y realizando los cálculos se puede ver que existe una caída de potencia de 59.437 W la cual indica que no hay un exceso de caída.

De todo el circuito monofásico hay una caída de tensión de 3.499 V desde el subtablero de distribución interna (STDI) hasta la última toma del mismo, lo cual es aceptable.

$$P_T = 1659.437 \text{ W}$$

$$V_T = 113.499 \text{ V}$$

$$\Delta V_T = 3.499 \text{ V}$$

$$\Delta P_T = 59.437 \text{ W}$$

4.2.1.2 CAÍDA DE TENSIÓN DEL CIRCUITO N°2.

Estos datos se encuentran en el plano N° 6, en el cual se puede apreciar todos sus datos.

Donde:

P: Potencia

V: Tensión

I: Intensidad

P_T = Potencia total

V_T = Tensión total

ΔV_T = Caída de tensión total

ΔP_T = Caída de potencia total

$R_{C1212 \#12}$ = resistencia del cable de punto a punto

$$P_T = U * I$$

$$I = \frac{P_T}{U}$$

$$I = \frac{1675 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 15.23 \text{ A}$$

Calibre del conductor # 12 AWG

$$\frac{\Omega}{\text{Km}} = 5.39 \text{ de tablas}$$

Tomacorriente 1:

$$P_T = 75 \text{ W}$$

$$V = 110 \text{ V}$$

$$I = \frac{P_T}{U}$$

$$I = \frac{75 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 0.628 \text{ A}$$

$$R_{C1112} \#12 = \frac{2 * 1.72 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.019 \Omega$$

$$\Delta V = I * R_{C1112}$$

$$\Delta V = 0.628 \text{ A} * 0.019 \Omega = 0.013 \text{ V}$$

$$\Delta P = \Delta V * I$$

$$\Delta P = 0.013 \text{ V} * 0.628 \text{ A} = 0.009 \text{ W}$$

Tomacorriente 2:

$$P_T = 75 \text{ W} + 75 \text{ W} + 0.009 \text{ W} = 150.009 \text{ W}$$

$$V = \frac{150.009 \text{ W}}{110.013 \text{ V}}$$

$$I = \frac{150.009 \text{ W}}{110.013 \text{ V}} = 1.364 \text{ A}$$

$$R_{C2110} \#12 = \frac{2 * 1.63 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.018 \Omega$$

$$\Delta V = 1.364 \text{ A} * 0.018 \Omega = 0.024 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.024 \text{ V} * 1.364 \text{ A} = 0.033 \text{ W}$$

Tomacorriente 3:

$$P_T = 75 \text{ W}$$

$$V = \frac{75 \text{ W}}{110 \text{ V}}$$

$$I = \frac{75 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 0.682 \text{ A}$$

$$R_{C3114} \#12 = \frac{2 * 0.84 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.009 \Omega$$

$$\Delta V = 0.682 \text{ A} * 0.009 \Omega = 0.006 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.006 \text{ V} * 0.682 \text{ A} = 0.004 \text{ W}$$

Tomacorriente 4:

$$P_T = 75 \text{ W} + 75 \text{ W} + 0.004 \text{ W} = 150.004 \text{ W}$$

$$V = 110.006 \text{ V}$$

$$150.004 \text{ W}$$

$$I = \frac{150.004 \text{ W}}{110.006 \text{ V}} = 1.364 \text{ A}$$

$$R_{C4al5 \#12} = \frac{1.364 \text{ A}}{2 * 0.82 \text{ m}} * 5.39 = 0.009 \Omega$$

$$\Delta V = 1.364 \text{ A} * 0.009 \Omega = 0.012 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.012 \text{ V} * 1.364 \text{ A} = 0.016 \text{ W}$$

Tomacorriente 5:

$$P_T = 75 \text{ W} + 150.004 \text{ W} + 0.016 \text{ W} = 225.020 \text{ W}$$

$$V = 110.018 \text{ V}$$

$$225.020 \text{ W}$$

$$I = \frac{225.020 \text{ W}}{110.018 \text{ V}} = 2.045 \text{ A}$$

$$R_{C5al6 \#12} = \frac{2.045 \text{ A}}{2 * 0.90 \text{ m}} * 5.39 = 0.010 \Omega$$

$$\Delta V = 2.045 \text{ A} * 0.010 \Omega = 0.020 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.020 \text{ V} * 2.045 \text{ A} = 0.041 \text{ W}$$

Tomacorriente 6:

$$P_T = 75 \text{ W} + 225.020 \text{ W} + 0.041 \text{ W} = 300.061 \text{ W}$$

$$V = 110.038 \text{ V}$$

$$300.061 \text{ W}$$

$$I = \frac{300.061 \text{ W}}{110.038 \text{ V}} = 2.727 \text{ A}$$

$$R_{C6al7 \#12} = \frac{2.727 \text{ A}}{2 * 0.90 \text{ m}} * 5.39 = 0.010 \Omega$$

$$\Delta V = 2.727 \text{ A} * 0.010 \Omega = 0.026 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.026 \text{ V} * 2.727 \text{ A} = 0.072 \text{ W}$$

Tomacorriente 7:

$$P_T = 75 \text{ W} + 300.061 \text{ W} + 0.072 \text{ W} = 375.133 \text{ W}$$

$$V = 110.064 \text{ V}$$

$$375.133 \text{ W}$$

$$I = \frac{375.133 \text{ W}}{110.064 \text{ V}} = 3.408 \text{ A}$$

$$R_{C7al8 \#12} = \frac{3.408 \text{ A}}{2 * 1.08 \text{ m}} * 5.39 = 0.012 \Omega$$

$$\Delta V = 3.408 \text{ A} * 0.012 \Omega = 0.040 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.040 \text{ V} * 3.408 \text{ A} = 0.135 \text{ W}$$

Tomacorriente 8:

$$P_T = 100 \text{ W} + 375.133 \text{ W} + 0.135 \text{ W} = 475.268 \text{ W}$$

$$V = 110.104 \text{ V}$$

$$475.268 \text{ W}$$

$$I = \frac{475.268 \text{ W}}{110.104 \text{ V}} = 4.317 \text{ A}$$

$$R_{\text{C8al9 \#12}} = \frac{2 * 1.55 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.017 \Omega$$

$$\Delta V = 4.317 \text{ A} * 0.017 \Omega = 0.072 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.072 \text{ V} * 4.317 \text{ A} = 0.311 \text{ W}$$

Tomacorriente 9:

$$P_T = 75 \text{ W} + 475.268 \text{ W} + 0.311 \text{ W} = 550.579 \text{ W}$$

$$V = 110.176 \text{ V}$$

$$550.579 \text{ W}$$

$$I = \frac{550.579 \text{ W}}{110.176 \text{ V}} = 4.997 \text{ A}$$

$$R_{\text{C9al10 \#12}} = \frac{2 * 1.07 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.012 \Omega$$

$$\Delta V = 4.997 \text{ A} * 0.012 \Omega = 0.058 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.058 \text{ V} * 4.997 \text{ A} = 0.288 \text{ W}$$

Tomacorriente 10:

$$P_T = 75 \text{ W} + 550.579 \text{ W} + 0.288 \text{ W} + 150.009 \text{ W} + 0.033 \text{ W} = 775.909 \text{ W}$$

Sumatorias de las caídas de tensión desde el punto 8 al 10.

$$\Delta V_{\text{3al10}} = 0.006 \text{ V} + 0.012 + 0.020 \text{ V} + 0.026 \text{ V} + 0.040 \text{ V} + 0.072 \text{ V} + 0.058 \text{ V} = 0.234 \text{ V}$$

Sumatorias de las caídas de tensión desde el punto 1 al 10.

$$\Delta V_{\text{1al10}} = 0.013 \text{ V} + 0.024 \text{ V} = 0.037 \text{ V}$$

Voltaje en el punto 10:

$$V = 110 \text{ V} + 0.234 \text{ V} + 0.037 \text{ V} = 110.271 \text{ V}$$

$$I = \frac{775.909 \text{ W}}{110.271 \text{ V}} = 7.036 \text{ A}$$

$$R_{C10a12} \#12 = \frac{2 * 1.30 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.014 \Omega$$

$$\Delta V = 7.036 \text{ A} * 0.014 \Omega = 0.099 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.099 \text{ V} * 7.036 \text{ A} = 0.694 \text{ W}$$

Tomacorriente 11:

$$P_T = 150 \text{ W}$$

$$V = 110 \text{ V}$$

$$I = \frac{150 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 1.364 \text{ A}$$

$$R_{C11a12} \#12 = \frac{2 * 1.42 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.015 \Omega$$

$$\Delta V = 1.364 \text{ A} * 0.015 \Omega = 0.021 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.021 \text{ V} * 1.364 \text{ A} = 0.288 \text{ W}$$

Tomacorriente 12:

$$P_T = 150 \text{ W} + 775.909 \text{ W} + 0.694 \text{ W} + 150 \text{ W} + 0.028 \text{ W} = 1076.631 \text{ W}$$

Sumatorias de las caídas de tensión desde el punto 10 al 12.

$$\Delta V_{10a12} = 0.370 \text{ V}$$

Sumatorias de las caídas de tensión desde el punto 11 al 12.

$$\Delta V_{11a12} = 0.021 \text{ V}$$

Voltaje en el punto 10:

$$V = 110 \text{ V} + 0.370 \text{ V} + 0.021 \text{ V} = 110.391 \text{ V}$$

$$I = \frac{1076.631 \text{ W}}{110.391 \text{ V}} = 9.753 \text{ A}$$

$$R_{C12a13} \#12 = \frac{2 * 1.40 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.015 \Omega$$

$$\Delta V = 9.753 \text{ A} * 0.015 \Omega = 0.147 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.147 \text{ V} * 9.753 \text{ A} = 1.436 \text{ W}$$

Tomacorriente 13:

$$P_T = 150 \text{ W} + 1076.631 \text{ W} + 1.436 \text{ W} = 1228.067 \text{ W}$$

$$V = \frac{1228.067 \text{ W}}{110.538 \text{ V}}$$

$$I = \frac{1228.067 \text{ W}}{110.538 \text{ V} * 2 * 5.50 \text{ m}}$$

$$R_{C13a14} \#12 = \frac{1228.067 \text{ W}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.059 \Omega$$

$$\Delta V = 11.110 \text{ A} * 0.059 \Omega = 0.659 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.659 \text{ V} * 11.110 \text{ A} = 7.318 \text{ W}$$

Tomacorriente 14:

$$P_T = 150 \text{ W} + 1228.067 \text{ W} + 7.318 \text{ W} = 1385.385 \text{ W}$$

$$V = \frac{1385.385 \text{ W}}{111.197 \text{ V}}$$

$$I = \frac{1385.385 \text{ W}}{111.197 \text{ V} * 2 * 1.97 \text{ m}}$$

$$R_{C14a15} \#12 = \frac{1385.385 \text{ W}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.021 \Omega$$

$$\Delta V = 12.459 \text{ A} * 0.021 \Omega = 0.265 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.265 \text{ V} * 12.459 \text{ A} = 3.296 \text{ W}$$

Tomacorriente 15:

$$P_T = 150 \text{ W} + 1385.385 \text{ W} + 3.296 \text{ W} = 1538.681 \text{ W}$$

$$V = \frac{1538.681 \text{ W}}{111.462 \text{ V}}$$

$$I = \frac{1538.681 \text{ W}}{111.462 \text{ V} * 2 * 2.26 \text{ m}}$$

$$R_{C15a16} \#12 = \frac{1538.681 \text{ W}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.024 \Omega$$

$$\Delta V = 13.805 \text{ A} * 0.024 \Omega = 0.338 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.338 \text{ V} * 13.805 \text{ A} = 4.663 \text{ W}$$

Tomacorriente 16:

$$P_T = 150 \text{ W} + 1538.681 \text{ W} + 4.663 \text{ W} = 1693.344 \text{ W}$$

$$V = 111.800 \text{ V}$$

$$I = \frac{1693.344 \text{ W}}{111.800 \text{ V}} = 15.146 \text{ A}$$

$$R_{\text{Cable STDI \#12}} = \frac{2 * 2.20 \text{ m}}{1000 \text{ m}} * 5.39 = 0.024 \Omega$$

$$\Delta V = 15.146 \text{ A} * 0.024 \Omega = 0.359 \text{ V}$$

$$\Delta P = 0.359 \text{ V} * 15.146 \text{ A} = 5.441 \text{ W}$$

Con los cálculos obtenidos anteriormente se obtiene una potencia activa total de 1675 W de todas las tomas, y realizando los cálculos se puede ver que existe una caída de potencia de 23.785 W la cual indica que no hay un exceso de caída.

De todo el circuito monofásico hay una caída de tensión de 2.159 V desde el subtablero de distribución interna hasta la última toma del mismo, lo cual es aceptable.

$$P_T = 1698.785 \text{ W}$$

$$V_T = 112.159 \text{ V}$$

$$\Delta V_T = 2.159 \text{ V}$$

$$\Delta P_T = 23.785 \text{ W}$$

4.3 SELECCIÓN DE BREAKERS.

Es de gran importancia realizar una buena selección de estos dispositivos de protección, ya que éstos protegerán a las instalaciones del laboratorio en caso de existir anomalías como cortocircuitos.

4.3.1 SELECCIÓN DE BREAKER 1.

Se determina los valores de potencia en todos los puntos de consumo para la selección de este Breaker (ver plano 5), del cual se desprenden 14 tomacorrientes, que van a ser utilizados para el funcionamiento de computadoras y módulos de mecatrónica.

Para el cálculo se requiere de las cargas instaladas la demanda pico de cada toma para la determinación del factor de coincidencia.



Fig. 19 Subtablero de distribución interna

4.3.1.1 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE COINCIDENCIA.

$$\text{Factor de coincidencia (Fc)} = \frac{\text{Demanda máxima (Dp)}}{\text{Carga instalada (Ci)}} \quad (5)$$

Donde:

Factor de coincidencia: es la relación entre su demanda máxima y la carga total instalada. Obviamente el factor de demanda es un número adimensional; por tanto la demanda máxima y la carga instalada se deberán considerar en las mismas unidades.

Demanda máxima: es la demanda que existe en los módulos, los cuales van a estar en funcionamiento.

Carga instalada: en la carga instalada se suman las potencias totales que demandan todos los dispositivos para su funcionamiento.

$$Ci = 150 \text{ W} + 150 \text{ W} + 150 \text{ W} + 150 \text{ W} + 150 \text{ W} + 150 \text{ W} + 150 \text{ W} + 75 \text{ W} + 75 \text{ W} + 75 \text{ W} + 100 \text{ W} + 75 \text{ W} + 75 \text{ W} + 75 \text{ W} = 1600 \text{ W}$$

En la demanda máxima van a estar encendidos 8 computadoras de 150 W y 2 módulos de 100 W y 75 W .

$$D_p = 1200 W + 175 W = 1375 W$$

$$F_c = \frac{1375 W}{1600 W} = 0.86$$

El factor de coincidencia útil para la selección de conductores y protecciones, ya que permite realizar el cálculo con potencias menores eliminando el sobredimensionamiento y por ende se realice un gasto innecesario.

Se multiplica la carga instalada por el factor de coincidencia, para obtener el valor que servirá para la selección del breaker.

$$1600 W * 0.86 = 1376 W$$

Finalmente para determinar el breaker adecuado existe una fórmula empírica útil para hallar el valor de la intensidad nominal del mismo.

$$I_{Breaker} = (1.15 \text{ o } 1.25) I_N \quad (6)$$

El valor de 1.15 I_N o 1.25 I_N es decisión de la persona que realiza la selección si lo necesita que sea de accionamiento rápido o lento.

$$I = \frac{P_T}{V}$$
$$I = \frac{1376 W}{110 V} = 12.51 A$$
$$I = 14.51 A \times 1.25 = 15.6 A$$

Se necesita un breaker de 20 amperios aproximando el valor obtenido anteriormente.

4.3.2 SELECCIÓN DE BRAEKER 2.

Para la selección de este braeker se determina la carga instalada y la demanda pico (ver plano 6), con estos datos se obtiene el factor de coincidencia, para luego el mismo multiplicar por la carga instalada.

$$C_i = 150\text{ W} + 150\text{ W} + 150\text{ W} + 150\text{ W} + 150\text{ W} + 150\text{ W} + 75\text{ W} + 75\text{ W} + 75\text{ W} + 75\text{ W} + 75\text{ W} + 75\text{ W} + 75\text{ W} + 75\text{ W} + 75\text{ W} + 100\text{ W} = 1675\text{ W}$$

En la demanda pico van a estar encendidos 4 módulos, 2 de 100W y 2 de 75W .

$$D_p = 200\text{ W} + 150\text{ W} = 350\text{ W}$$

$$F_c = \frac{350\text{ W}}{1675\text{ W}} = 0.21\%$$

Se multiplica la carga instalada por el factor de coincidencia, para obtener el valor que servirá para la selección del breaker.

$$1675\text{ W} * 0.21 = 351.75\text{ W}$$

Determinación del breaker adecuado.

$$I = \frac{P_T}{V}$$
$$I = \frac{351.75\text{ W}}{110\text{ V}} = 3.20\text{ A}$$
$$I = 3.20\text{ A} \times 1.25 = 4\text{ A}$$

Se necesita un breaker de 10 amperios para la protección de los módulos.

4.4 REALIZACIÓN DE TRABAJOS.

4.4.1 MATERIALES Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS

Para las instalaciones eléctricas se requirió de los siguientes materiales y herramientas:

Tabla I Materiales y herramientas para la instalación eléctrica

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
CAJA TÉRMICA SQUARE DE 12 PUNTOS TRIFÁSICA	1
CAJETÍN CUADRADO DE 10 X 10	4
TAPA CIEGA CUADRADA	4
TUBO EMT DE 1/2 X 3 MT	14
TUBO EMT DE 3/4 X 3 MT	1
CAJETÍN RECTANGULAR PROFUNDO	24
CONECTOR EMT DE 1/2	48
CONECTOR EMT DE 3/4	4
TOMACORRIENTE POLARIZADO EAGLE MAS PLACA	24
PLACA BAQUELITA	24
VARILLA COOPERWEL DE 1.80 PARA TIERRA	3
CONECTOR PARA VARILLA COOPERWEL	3
TYPE DE 20Y 3M GRANDE	6
TACO FISHER # 6	50
TORNILLO T.P DE 1 X 6	50
GRAPA EMT DE 1/2	60
ROLLO DE CABLE FLEXIBLE # 12 (100m .)	2
ROLLO DE CABLE FLEXIBLE # 14	1
TACO FISHER # 8 CON TORNILLOS	50
TACO FISHER # 8 CON TORNILLOS	50
UNIONES EMT DE 1/2	50
CABLE FLEXIBLE # 10	30 m
CABLE FLEXIBLE # 6	18 m
TOMACORRIENTES PARA 220 V. DOBLE	2
ABRAZADERAS EMT DE 1/2	10
INTERRUPTOR SIMPLE	1
INTERRUPTOR DOBLE	1
SACOS DE SAL EN GRANO	2
SACOS DE CARBÓN	2
ALAMBRE DE COBRE DESNUDO # 6	4 m

BREAKER TRIFÁSICO SQUARE ANDINA 40 A	1
BREAKER TRIFÁSICO SQUARE ANDINA 20 A	2
MULTÍMETRO	2
ALICATE DE CORTE	1
PELADORA DE CABLE ELÉCTRICO	1
PINZA DE PUNTA PLANA	1
DESTORNILLADOR PLANO Y ESTRELLA	1
SIERRA	1
DOBLADORA DE TUBOS	1

4.4.2 INSTALACIÓN DE TUBERIAS

Se instaló las tuberías conduit vista de 1/2" EMT (Electrical Metallic Tubing) a la pared por medio de una grampa o abrazadera, y ésta fue sujeta por medio de tornillos y junto con tacos de plástico para la inmovilización de la tubería, la unión de cajetines rectangulares y el tubo con conectores de 1/2 pulgada, esto se realizó por los lugares que se requiere de tomas para el funcionamiento de los equipos ver figura 20.



Fig. 20 Accesorios de instalación

Características de la tubería conduit tipo EMT:

- a) Alojar los conductores eléctricos y protegerlos contra el deterioro del ambiente.
- b) Evitar incendios por arco eléctrico que pudieran presentarse por condiciones de cortocircuito.
- e) Facilitar al instalador el tendido de la red eléctrica

4.4.3 TENDIDO CABLE

Luego se procedió a introducir, un alambre galvanizado por las tuberías, para halar los cables que irán en los conductos, la fuerza que se emplee para atraer el cable debe ser razonable y limitada para no producir elongaciones de los cables y por lo mismo ocasionen alteraciones en las características de los conductores.

Se realizó las conexiones de los tomacorrientes polarizados en cada uno de los cajetines.



Fig. 21 Instalación tomacorrientes

Tomacorriente polarizado: Este tomacorriente se caracteriza por tener tres puntos de conexión, el positivo, el negativo y el de tierra física, es muy importante el uso de estos tomacorrientes para la seguridad de los equipos.

4.4.4 INSTALACIONES DE TOMAS DE PISO

Una vez realizada la distribución de las mesas con sus respectivos módulos, se procede a la instalación de las tomas de piso, este tipo de trabajo se ejecuta con diferentes materiales

en este caso, se utilizó canaletas de piso y tomacorrientes polarizados superficiales como se ve en la figura 22.



Fig. 22 Instalación piso

La parte de los tomacorrientes y canaletas de piso se colocó debajo de cada módulo, esto se realizó, con el propósito de resguardar los mismos a que no sufran roturas o desperfectos.

4.4.5 PUESTA A TIERRA

La conexión a tierra es una técnica utilizada para brindar seguridad a la instalación del laboratorio, contra corrientes de fuga, sobrecargas.

Se realizó la conexión directamente de un tercer conductor y va conectado a la tierra propiamente dicha, o sea al suelo, este se conecta en el tercer conector de los tomacorrientes.

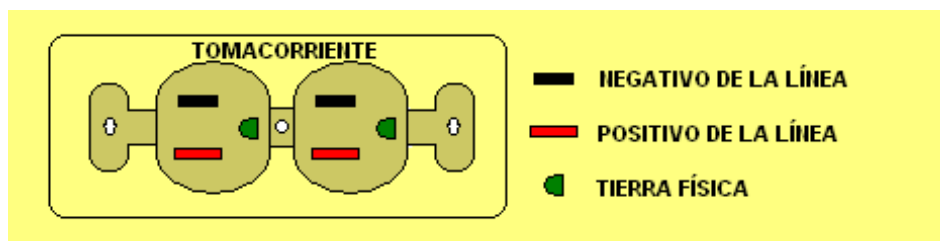


Fig. 23 Tomacorriente polarizado

En la tierra se realiza un rectángulo profundo en toda su extensión para la colocación de las barras, las varillas de coperwel de 1.80 cm van a ser colocadas en su interior, en el extremo que queda se conecta un conector adecuado en el cual, va ajustado el cable y esté conectado al tomacorriente como se indica en la figura 24.

Las principales razones de puesta a tierra son:

- Proteger la vida de los usuarios de la energía eléctrica.
- Asegurar la correcta actuación de las protecciones de los equipos.
- Eliminar o disminuir el riesgo de daños en los equipos.
- Garantizar la fiabilidad del servicio eléctrico



Fig. 24 Tierra física

4.5 CONSTRUCCIÓN DE MESAS



Fig. 25 Construcción de mesas

En vista de que los módulos se encontraban en lugares no adecuados se procedió a la construcción de mesas en el taller de CEDICOM (Centro de diseño y construcción de maquinaria). Para lo cual se requiere de los siguientes materiales.

Tabla II Materiales y herramienta para la construcción de mesas

DESCRIPCION	CANTIDAD
TUBOS REDONDOS DE 2 Plg. X 1.5 m m	9
TOBO RECTANGULAR DE 20X 40 X 1.5 m m	9
PLATINAS DE 2 Plg x 1/8	1
ÁNGULOS DE 3/4 X 1/8	5
LIBRAS DE ELECTRODOS 6011	3
TORNILLOS NIQUELADOS AUTORROSCANTES DE 1/2 X 3/4 CABEZA PLANA	100
REACENTOS REDONDOS DE 2 Plg	50
MDF DE 18 m m AZUL D/D	3
METROS BORDO PVC 22 m m	30
SIERRAS SANFLEX	3
LITROS DE PINTURA PLAETADA (LACA)	3
LITROS DE TINNER	2

4.6 INSTALACIONES DE LA RED NEUMÁTICA

Se entiende por red de aire comprimido, el conjunto de todas las tuberías y accesorios que parten del depósito, colocadas de modo que queden fijamente unidas entre sí, y que conducen el aire comprimido a los puntos de conexión para los consumidores individuales.

4.6.1 SELECCIÓN DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO

Para la selección de la red neumática la primera labor que se efectuó el diseño de un plano isométrico (ver plano 7), en el cual se identifican plenamente los puntos de consumo de

los diferentes módulos, los mismos que están distribuidos sobre mesas construidas anteriormente en el taller de CEDICOM. También se identificó, el lugar de emplazamiento del compresor. Es importante realizar una buena selección puesto que, una vez establecida la distribución, esta influirá en las futuras ampliaciones y mantenimiento de la red.

De acuerdo a la distribución de los módulos, y a sus necesidades de consumo requeridos, hemos seleccionado una red cerrada, ya que, de este anillo parten las ramificaciones para los diferentes puntos de consumo, además tiene las ventajas de obtener una alimentación uniforme cuando el consumo de aire es alto, el aire puede pasar en dos direcciones y facilitar las tareas de mantenimiento en la red.

4.6.2 SELECCIÓN DEL MATERIAL DE LA TUBERÍA

Para la elección del material a utilizarse, se cuenta con diversas posibilidades entre las más comunes se tiene:

- Tubo de acero negro.
- Tubo de acero galvanizado.
- Plástico.

Para la presente aplicación, se ha seleccionado la tubería de acero negro cédula 40, debido a que son muy resistentes a altas temperaturas, los empalmes de rosca son herméticos, tienen buena resistencia a la corrosión, y además de sus características mostradas en las tablas IV y V.

En comparación al tubo de acero galvanizado, no cumplen con ninguna de las condiciones anteriores, además, en estos lugares las roscas desnudas se oxidan, por lo que en este caso es importante emplear un mayor número de unidades de mantenimiento. Y para casos especiales se montan tuberías de cobre o plástico.

4.6.3 SELECCIÓN DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA

Para la selección de la tubería es de gran importancia, obtener el factor de coincidencia, para el cual se necesita saber su carga instalada y su demanda máxima.

4.6.3.1 CARGA INSTALADA (CI)

La carga instalada constituye el caudal que necesita cada equipo para su funcionamiento, y que en una instalación de aire comprimido se la considera siempre su valor, esté en funcionamiento o no lo esté, es decir para encontrar la carga instalada se suman los caudales que demandan todos los elementos que requieren de aire comprimido para su funcionamiento.

4.6.3.2 CONSUMO DE AIRE EN LOS EQUIPOS

Para realizar el cálculo del consumo de aire en los diferentes cilindros, se utilizó la siguiente fórmula que nos proporciona el caudal de cada elemento neumático.

$$Q_T = \frac{\pi * D_i^2}{4} * p * L * L_m \quad (7)$$

Donde:

D_i = Diámetro interno (cm)

L = Carrera del pistón (cm)

p = Presión de trabajo (bar)

$$L_m = \text{Carrera por minuto} \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

El diámetro interno y la carrera del pistón vienen dados, en caso de no tener estos datos se procederá a medir. Esta última se la mide como se muestra en la figura siguiente.

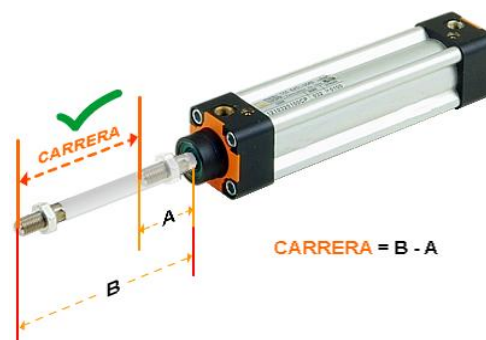


Fig. 26 Medición carrera

Con los datos obtenidos de cada elemento neumático se reemplaza en la fórmula, y así, se obtiene los caudales de los mismos, los que servirán, para una adecuada selección del diámetro de la tubería y del compresor.

MÓDULOS DE MECATRÓNICA

MESA 1

Un cilindro de doble efecto

Datos:

$$D_i = 20 \text{ mm}$$

$$L = 100 \text{ mm}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 3 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_C = 0,565488 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

Un actuador de giro

Datos:

$$D_i = 55 \text{ mm}$$

$$L = 80 \text{ cm}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 3 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{AG} = 3,4212024 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

Una ventosa

$$Q_V = 3,4212024 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

$$Q_{M_1} = 0,565488 \frac{\text{lt}}{\text{min}} + 3,4212024 \frac{\text{lt}}{\text{min}} + 3,4212024 \frac{\text{lt}}{\text{min}} = 7,4078928 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

MESA 2

Dos cilindros de simple efecto

Datos:

$$D_i = 12 \text{ m m}$$

$$L = 25 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 3 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{AG} = 0.10178784 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

M E S A 3

U n c i l i n d r o d e d o b l e e f e c t o

D a t o s :

$$D_i = 16 \text{ m m}$$

$$L = 50 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_1} = 0,24127488 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

U n c i l i n d r o d e b a n d a h e r m é t i c a y c a m i s a r a n u r a d a

D a t o s :

$$D_i = 5 \text{ c m}$$

$$L = 50 \text{ c m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_2} = 23,562 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

U n a p i n z a n e u m á t i c a

$$Q_{PN} = 0,05673 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

$$Q_{M_3} = 0,24127488 \frac{\text{lt}}{\text{min}} + 23,562 \frac{\text{lt}}{\text{min}} + 0,05673 \frac{\text{lt}}{\text{min}} = 23,86000488 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

M E S A 4

U n c i l i n d r o r e d o n d o d e d o b l e

D a t o s :

$$D_i = 50 \text{ m m}$$

$$L = 45 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ b a r}$$

$$L_M = 3 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_C = 1,590435 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

U n a p i n z a n e u m á t i c a

$$Q_{PN} = 0,05673 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

$$Q_{M_4} = 1,647165 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

M E S A 5

U n c i l i n d r o d e d o b l e e f e c t o

D a t o s :

$$D_i = 25 \text{ m m}$$

$$L = 160 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ b a r}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_1} = 1,88496 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

U n c i l i n d r o d e d o b l e e f e c t o

D a t o s :

$$D_i = 12 \text{ m m}$$

$$L = 50 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ b a r}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_2} = 0,13571712 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

U n c i l i n d r o d e d o b l e e f e c t o

D a t o s :

$$D_i = 25 \text{ m m}$$

$$L = 200 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_3} = 2,3562 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

$$Q_{M_5} = 1,88496 \frac{\text{lt}}{\text{min}} + 0,13571712 \frac{\text{lt}}{\text{min}} + 2,3562 \frac{\text{lt}}{\text{min}} = 4,37687712 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

M E S A 6

C u a t r o c i l i n d r o s d e d o b l e e f e c t o

D a t o s :

$$D_i = 16 \text{ m m}$$

$$L = 50 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 3 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_C = 0,72382464 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

M E S A 7

U n c i l i n d r o d e d o b l e e f e c t o

D a t o s :

$$D_i = 45 \text{ m m}$$

$$L = 900 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 3 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{M_7} = 25,765047 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

M E S A 8

U n c i l i n d r o d e d o b l e e f e c t o

D a t o s :

$$D_i = 1,6 \text{ m m}$$

$$L = 100 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_1} = 0,48255 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

U n c i l i n d r o d e d o b l e e f e c t o

D a t o s :

$$D_i = 20 \text{ m m}$$

$$L = 130 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ b a r}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_2} = 0,9801792 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

D o s c i l i n d r o s d e d o b l e e f e c t o

D a t o s :

$$D_i = 20 \text{ m m}$$

$$L = 150 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ b a r}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_3} = 2,261952 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

D o s v e n t o s a s

$$Q_V = 3,4212024 \frac{\text{lt}}{\text{min}} * 2 = 6,8424048 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

$$Q_{M_5} = 0,48255 \frac{\text{lt}}{\text{min}} + 0,9801792 \frac{\text{lt}}{\text{min}} + 2,261952 \frac{\text{lt}}{\text{min}} + 6,8424048 \frac{\text{lt}}{\text{min}} = 10,567086 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

M E S A 9

U n c i l i n d r o d e d o b l e e f e c t o

D a t o s :

$$D_i = 18 \text{ m m}$$

$$L = 200 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ b a r}$$

$$L_M = 3 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_1} = 0,91609056 \frac{lt}{min}$$

U n c i l i n d r o d e s i m p l e e f e c t o

D a t o s :

$$D i = 25 \text{ m m}$$

$$L = 20 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ b a r}$$

$$L_M = 3 \left(\frac{Carrera}{Minuto} \right)$$

$$Q_{C_2} = 0,176715 \frac{lt}{min}$$

U n a c t u a d o r d e g i r o

D a t o s :

$$D i = 55 \text{ m m}$$

$$L = 80 \text{ m}$$

$$p = 6 \text{ b a r}$$

$$L_M = 3 \left(\frac{Carrera}{Minuto} \right)$$

$$Q_{AG} = 3,4212024 \frac{lt}{min}$$

$$Q_{M_9} = 0,91609056 \frac{lt}{min} + 0,176715 \frac{lt}{min} + 3,4212024 \frac{lt}{min} = 4,51400796 \frac{lt}{min}$$

M E S A 10

D o s c i l i n d r o s d e d o b l e e f e c t o

D a t o s :

$$D i = 20 \text{ m m}$$

$$L = 100 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ b a r}$$

$$L_M = 3 \left(\frac{Carrera}{Minuto} \right)$$

$$Q_{C_1} = 1,130976 \frac{lt}{min}$$

D o s c i l i n d r o s d e d o b l e e f e c t o

Datos:

$$D_i = 28 \text{ m m}$$

$$L = 25 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 3 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_2} = 0,55417824 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

$$Q_{M_{10}} = 1,130976 \frac{\text{lt}}{\text{min}} + 0,55417824 \frac{\text{lt}}{\text{min}} = 1,68515424 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

M E S A 11

Un cilindro de doble efecto

Datos:

$$D_i = 20 \text{ m m}$$

$$L = 80 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{M_{11}} = 0,6031872 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

M E S A 12

Dos cilindros de doble efecto

Datos:

$$D_i = 20 \text{ m m}$$

$$L = 80 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 3 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_1} = 0,9062208 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

Un cilindro de doble efecto

Datos:

$$D_i = 40 \text{ m m}$$

$$L = 18 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 3 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_2} = 0,40715136 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

Un cilindro de doble efecto

Datos:

$$D_i = 40 \text{ m m}$$

$$L = 60 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 3 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_3} = 1,3571712 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

$$Q_{M_{12}} = 0,9062208 \frac{\text{lt}}{\text{min}} + 0,40715136 \frac{\text{lt}}{\text{min}} + 1,3571712 \frac{\text{lt}}{\text{min}} = 2,67054336 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

$$Q_{\text{MECATRÓNICA}} = \sum_{M_1}^{M_{12}} Q$$

(8)

$$Q_{\text{MECATRÓNICA}} = 83,92258 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

MÓDULOS FESTO

MESA 1

Dos cilindros de doble efecto

Datos:

$$D_i = 20 \text{ m m}$$

$$L = 110 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_1} = 1,6587648 \frac{lt}{min}$$

Un cilindro de doble efecto

Datos:

$$D_i = 20 \text{ m m}$$

$$L = 110 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_2} = 0,8293824 \frac{lt}{min}$$

$$Q_{M_1} = 2,4881472 \frac{lt}{min}$$

M E S A 2

En la mesa 2 se encuentran la misma cantidad de elementos por lo que el caudal será el mismo.

$$Q_{M_2} = 2,4881472 \frac{lt}{min}$$

$$Q_{NEUMÁTICA} = Q_{M_1} + Q_{M_2}$$

(9)

$$Q_{NEUMÁTICA} = 2,4881472 \frac{lt}{min} + 2,4881472 \frac{lt}{min} = 4,9762944 \frac{lt}{min}$$

M Ó D U L O S D E A U T O M A T I Z A C I Ó N

M E S A 1

Un cilindro de doble efecto

Datos:

$$D_i = 40 \text{ m m}$$

$$L = 120 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_1} = 3,6191232 \frac{lt}{min}$$

Un cilindro de doble efecto

Datos:

$$D_i = 16 \text{ m m}$$

$$L = 50 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_2} = 0,24127488 \frac{lt}{min}$$

Un cilindro de doble efecto

Datos:

$$D_i = 20 \text{ m m}$$

$$L = 170 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_3} = 1,2817728 \frac{lt}{min}$$

Un cilindro de doble efecto

Datos:

$$D_i = 20 \text{ m m}$$

$$L = 110 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_4} = 0,8293824 \frac{lt}{min}$$

Un cilindro de doble efecto

Datos:

$$D_i = 12 \text{ m m}$$

$$L = 250 \text{ m m}$$

$$p = 6 \text{ bar}$$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{C_5} = 0,085856 \frac{lt}{min}$$

Un actuador de giro

Datos:

$D_i = 50 \text{ mm}$

$L = 50 \text{ mm}$

$p = 6 \text{ bar}$

$$L_M = 4 \left(\frac{\text{Carrera}}{\text{Minuto}} \right)$$

$$Q_{AG} = 2,3562 \frac{lt}{min}$$

$$Q_V = 2,3562 \frac{lt}{min}$$

$$Q_{M_1} = 10,75181184 \frac{lt}{min}$$

En la mesa 2 y 3 se encuentran la misma cantidad de elementos por lo tanto el caudal será el mismo.

MESA 2

$$Q_{M_2} = 10,75181184 \frac{lt}{min}$$

MESA 3

$$Q_{M_3} = 10,75181184 \frac{lt}{min}$$

$$Q_{AUTOMATIZACIÓN} = Q_{M_1} + Q_{M_2} + Q_{M_3} \quad (10)$$

$$Q_{AUTOMATIZACIÓN} = 10,75181184 \frac{lt}{min} + 10,75181184 \frac{lt}{min} + 10,75181184 \frac{lt}{min} = 32,2543552 \frac{lt}{min}$$

Como se dijo anteriormente que la carga instalada es la suma de todos los elementos neumáticos que disponga el laboratorio estén o no en funcionamiento, se suma el caudal de los módulos de mecatrónica, automatización y neumática.

$$Q_T = Q_{MECATRÓNICA} + Q_{AUTOMATIZACIÓN} + Q_{NEUMÁTICA} \quad (11)$$

$$Q_T = 121,1543 \frac{lt}{min}$$

4.6.3.3 DEMANDA DE POTENCIA (Dmáx)

Son los galones por hora (gal/hora) requeridos en un tiempo de 15 minutos, cuando hemos tenido la máxima demanda de potencia (Dmáx) en el laboratorio. Esta demanda máxima de potencia sucede en las horas pico, que en este laboratorio será generalmente entre las 16 y 21 horas.

Para el caso del laboratorio, se tomará en cuenta que, van a estar funcionando los cinco primeros módulos dando una demanda máxima de:

$$\text{Demanda máxima (D}_{Max}) = 33,023 \frac{lt}{min}$$

4.6.3.4 FACTOR DE COINCIDENCIA (Fc)

Es la relación que se tiene entre la demanda máxima y la carga instalada.

$$Fc = \frac{Dmáx}{CI} \quad (22)$$

El factor de coincidencia es de suma importancia, en el cálculo y selección del diámetro de la tubería y selección del compresor, ya que al no estar en funcionamiento simultáneamente todos los elementos de la red neumática, permiten realizar estos cálculos para una potencia menor evitando un sobredimensionamiento y un gasto en vano.

$$\text{Factor de coincidencia (Fc)} = \frac{D_{Max}}{CI} = \frac{33,023 \frac{lt}{min}}{121,1543 \frac{lt}{min}} = 0,273 * 100\% = 27,257\%$$

Se multiplica la carga instalada por el factor de coincidencia, para obtener el caudal que servirá, tanto para la selección de la tubería como la del compresor.

$$Q = 33,075 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

4.6.4 SELECCIÓN DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA

La selección del diámetro interior de la tubería, no debe elegirse conforme a otros tubos existentes, ni con regla empírica existente, sino en conformidad con:

- El caudal
- La longitud de las tuberías
- La pérdida admisible de presión
- La presión de trabajo

En la práctica se utilizan los valores reunidos con la experiencia. El siguiente nomograma ayudará a encontrar el diámetro adecuado de la tubería de una forma rápida y sencilla.

Datos:

$$Q = 33,075 \frac{\text{lt}}{\text{min}} * 0,001 \frac{\text{m}^3}{\text{lt}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 1,9845 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Longitud de la tubería = 12 m .

Presión requerida = 6 bar

Pérdida de presión = 0,1 bar (Ver anexo I)

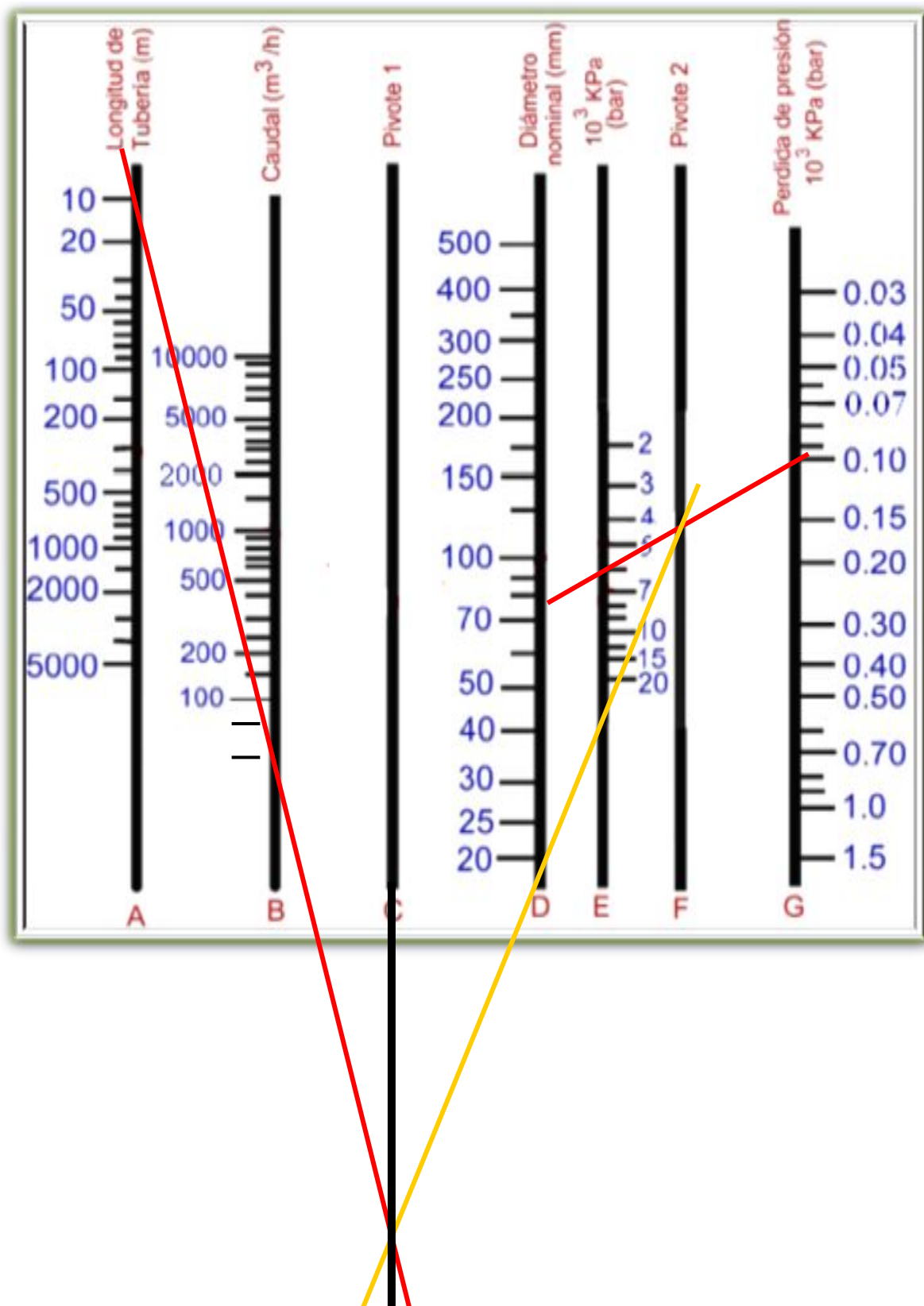


Fig.27 Nomograma para encontrar el diámetro de la tubería

Se une a la longitud de la tubería y el caudal con una línea en las rectas "A" y "B" y se prolonga hasta la recta de pivote 1 "C". Se requiere de una presión de 6 bar y una pérdida de

presión máxima de 0,10 bar, uniendo estos dos puntos en las rectas “E” y “G” respectivamente, se tiene que esta línea corta el pivote 2 “F”. Uniendo los puntos de corte en los pivotes 1 “C” y en el pivote 2 “F” se encuentra el punto de cruce en “D” que da como resultado, que se necesita instalar una tubería de 10 mm de diámetro equivalente a 0.39 plg. Por lo que se selecciona una tubería con un diámetro de 1/2 plg.

4.6.5 SELECCIÓN DEL COMPRESOR

El compresor es una máquina que eleva la presión de un gas, un vapor o una mezcla de gases y vapores. La presión del fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del compresor.

Para la presente aplicación, se requiere de un compresor con una gran capacidad de tanque de almacenamiento, ya que de esta manera se evita que el motor se encienda a cada rato y produzca ruidos excesivos que incomodarían a los estudiantes.

$$Q = 33,075 \frac{lt}{min} * \frac{1gal}{3,7854 lt} * \frac{60 min}{1h} = 524,251 \frac{gal}{h}$$

El caudal requerido para el laboratorio es de 524,251 gal/h y al dividir para 60 galones se obtiene que el motor del compresor se encenderá 8,7375 veces por hora, por lo que se selecciona el compresor de émbolo o de pistón de dos etapas marca CHAM BELL con tanque vertical de 3.2 HP de 135 PSI con un tanque de 60 galones de capacidad, ver anexo II en donde se determina la potencia necesaria para el compresor.

4.7 MONTAJE DE LA RED DE AIRE COMPRIMIDO

4.7.1 MATERIALES Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS:

Para el montaje de la red de aire comprimido se requiere de los siguientes materiales y herramientas, las cuales deben ser bien manipuladas para garantizar una buena estanqueidad en la red.

Tabla III Materiales y herramientas para el montaje de la red neumática

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Tubos negros de presión de 1/2 plg. X 6 m	6
Neplos de 15 plg. X 1/2 plg.	20
Tes de 1/2 plg.	25
Codos de 1/2 plg.	10
Universales	8
Válvulas de 1/4 de vuelta x 1/2 plg.	20
Filtros de línea de 1/2 plg	4
Mangueras espirales 5/16 plg. X 12 m	18
Rollos de teflón	48
Abrazaderas de 3/4 plg con tornillos y tacos fisher # 6	100
Terraja con dados de 1/2 plg	1
Llaves de tubo y de pico	2
Arco de sierra	1
Mordaza	1
Flexómetro	1
Unidades de mantenimiento 1/4"	4
Acoples rápidos 1/4" NPT a manguera 4mm.	15
Acoples rápidos cuerpo rápido macho y plug hembra.	15
Bushings de 1/2" a 1/4"	20
Compresor CAMPBELL con tanque vertical de 3.2 hp de 135 psi, tanque de 60 gal de capacidad Motor Emerson (Americano) de 3500 rpm. 220 V.	1
Arrancador con borneras 4hp.	1
Breaker 2 polos 4 hp.	1
Aceite para compresor (galón).	1
Alicate, destornillador plano y estrella.	1
Metros de cable # 12.	20

4.7.2 ROSCADO DE LAS TUBERÍAS

Puesto que la unión es el punto más crítico de una instalación, es imprescindible realizar el roscado con suma atención y prolijidad para lograr uniones seguras y estancas a largo tiempo.

Las operaciones básicas, que se realizan sobre el tubo de acero para su montaje, en instalaciones de conducción de aire, mediante accesorios de fundición maleable roscado, son principalmente siete: medición, sujeción, corte, roscado, limpieza, sellado y torque o apriete.

Se debe colocar la terraja en forma perpendicular al eje longitudinal del tubo y asegurarse que la misma esté en escuadra (90°) respecto al tubo, de no lograrlo se obtiene una rosca imperfecta y descentrada que perjudica la estanqueidad de la instalación.



Fig. 28 Roscado de la tubería

Se talla la rosca en el sentido de las agujas del reloj, ejerciendo presión hacia el tubo y girando cada 1 1/2 vuelta, 1/4 en sentido contrario para cortar las virutas de rebaba y poder retirar la herramienta con facilidad. En el proceso se utiliza aceite, que cumple con la función de buen lubricante y refrigerante, esto mejora ostensiblemente la calidad de roscado reduciendo el esfuerzo entre la terraja y el tubo en el mecanizado, y finalmente se retira las virutas de la rosca con un cepillo de acero.

4.7.3 INSTALACIÓN DE LOS ACCESORIOS DE LA TUBERÍA

Es el conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que unidas a los tubos mediante un procedimiento determinado forman las líneas estructurales de tuberías de una planta de proceso.

Al momento de realizar el montaje de la red se debe procurar, que la tubería sea lo más recta posible con el fin de disminuir la longitud de tubería, número de codos, tes, y cambios de sección, que aumentan la pérdida de presión en el sistema. Se instaló una tubería aérea esto, con el fin de facilitar la instalación de accesorios, puntos de drenaje, futuras ampliaciones, fácil inspección y accesibilidad para el mantenimiento.

Una regla simple para el torque de la tubería, es apretar a mano fuerte más dos vueltas con una llave utilizando como material sellante el teflón, que tiene como misión rellenar las diferencias inevitables en la fabricación del perfil de rosca. El exceso de torque de cualquier rosca puede tener efectos adversos sobre la función de la unión, como por ejemplo, el arrastramiento. Para mayor precisión, facilidad y seguridad la instalación de los codos, tes y universales la realizamos en el piso dando forma al anillo de la red.

Formado el anillo de la red neumática, se montó en la pared superior del laboratorio con la ayuda de algunos compañeros estudiantes de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento (ver figura 29).



Fig. 29 Montaje del anillo de la red

El mismo que se ejecutó, con una pendiente recomendada del 2% de la distancia total de la tubería en dirección del flujo, y al final de ésta se instaló una llave de purga, con esto se

logró recoger el condensado que aparece debido a la humedad que contiene el aire dentro de la línea; se evitó que los equipos neumáticos sufran daños mejorando la calidad del aire.

Para el cálculo se requiere de las distancias de la tubería principal que es de 10,59 metros.

10,59 cm 100%

X 2% X = 21,18 cm , con un ángulo de 1,1457°

Teniendo como resultado que la red fue instalada a una distancia de 21,18 cm , y con un ángulo de 1,145°.

Se determinó las acometidas, para los puntos de usuario realizando levemente por la parte superior de la tubería, de esta manera se evitó, que el condensado circule con el aire hacia los equipos.



Fig. 30 Tomas de aire de servicio

El aire comprimido, para su utilización, precisa de un proceso de purificación, regulación y engrase que se logra, mediante el empleo de una unidad de mantenimiento general (grupo filtro, regulador y lubricador) que se ubicó a la entrada general del circuito neumático.

4.7.4 E M P L A Z A M I E N T O D E L C O M P R E S O R

Para el emplazamiento del compresor, se construyó una caseta en la parte exterior del laboratorio de 40 cm. de ancho por 1.20 cm. de alto con una inclinación de 10 grados, esto con el fin de evitar un *ruido exagerado*. Quedando así con un espacio libre y suficiente que permita, realizar un mantenimiento adecuado y/o reparación del mismo.

El compresor debe tener una ventilación adecuada, por lo que se dejó una gran parte de la caseta cubierta con mallas. Este es un factor muy importante, ya que permitirá que los componentes móviles como son; los rodamientos no fallen prematuramente, las empaquetaduras y sellos no pierdan sus cualidades y los diafragmas no se deformen excesivamente. Al ser fría la admisión del aire, ocupa menos volumen, el compresor comprime mayor cantidad de aire con menor potencia y trabaja más frío. *En estos compresores pequeños, las aletas de refrigeración colocadas en la polea que lo acciona será la encargada de refrigerar al aire que atraviesa por un serpentín colocado junto a ellas para garantizar que el aire salga frío del compresor.*



Fig. 31 Caseta del compresor

También se tuvo en cuenta detalles importantes como: dejar instalada una te taponada a la salida del compresor, la cual puede ser utilizada exteriormente cuando ésta sea requerida,

la construcción de un canal inclinado en la parte inferior del tanque del compresor, el cual servirá para el drenaje del mismo, y se realizó, un buen anclaje con pernos sumergidos en el interior del hormigón con la finalidad de evitar excesivas vibraciones.

La conexión del motor eléctrico, está realizada de tal manera que, preste la suficiente seguridad con sus respectivas protecciones. El motor se encenderá cada vez que el tanque esté en un nivel bajo, y se apagará cuando el tanque se haya llenado (ver plano 8).

4.7.5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN LA RED DE AIRE COMPRIMIDO

Una vez terminada la instalación de la red con todos sus accesorios se procede a la verificación del buen funcionamiento de la misma, para lo cual se sigue los siguientes pasos:

- Se debe cerrar en su totalidad, todas las llaves de paso de las tomas de servicio
- Encerar los manómetros de presión.
- Verificar que el compresor se encuentre totalmente habilitado para su funcionamiento.
- Poner en funcionamiento el compresor.
- Esperar a que el tanque pulmón del compresor se encuentre presurizado, tomar la lectura de la presión más elevada.
- Abrir la válvula de paso principal que se encuentra a la salida del compresor para presurizar la red neumática.
- Regular la presión de los manómetros de servicio a 6 bars. con la que trabajará cada uno de los módulos.
- Verificar posibles fugas de la red neumática con la ayuda visual y auditiva en todas las uniones roscadas y elementos neumáticos.
- Luego de haber realizado las respectivas pruebas de funcionamiento de la red, se obtuvo un excelente resultado puesto que, no hubo fugas en ninguna de las uniones, ofreciendo así de una buena disponibilidad de la red.

Después de haber realizado todos estos trabajos, se cuenta con una red de aire comprimido que abastecerá de una presión adecuada, que garantice el buen funcionamiento de los diferentes módulos que existen en el laboratorio.



Fig. 32 Red de aire comprimido

4.8 INSTALACIONES DE COMPUTADORAS Y REDES

Es el conjunto de técnicas, conexiones físicas y programas informáticos empleados para conectar dos o más computadoras.

Para la instalación de redes y computadoras, se debe tener en cuenta, donde van a estar los módulos de mecatrónica, debido a que estas computadoras instaladas servirán para la instalación del programa del PLC (CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE).

4.8.1 ESTÁNDARES.

ANSI/TIA/EIA-568-A_Commercial Building Telecommunications Cabling Standard (October 1995). - Documento principal que regula todo lo concerniente a sistemas de cableado estructurado para edificios comerciales.

La estándar TIA / EIA 568 A (EIA, Asociación de la Industria Electrónica/TIA, Asociación de la Industria de Telecomunicaciones) norma el cableado:

Para cable directo:

Para hacer un cable directo, es necesario que los conectores estén conectados del mismo modo en cada extremo ver figura.

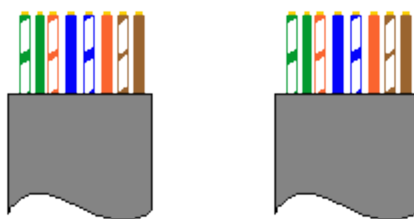


Fig. 33 Conexiones de cable directo

Para realizar el ponchado de los conectores con el cable UTP se sigue el siguiente código de colores.

Tabla IV Código de colores para cable directo

1) Blanco-verde	1) blanco-verde
2) verde	2) verde
3) blanco-naranja	3) blanco naranja
4) azul	4) azul
5) blanco-azul	5) blanco-azul
6) naranja	6) naranja

7) blanco-castaño	7) blanco-castaño
8) castaño	8) castaño

4.8.2 CABLEADO ESTRUCTURADO

Un sistema de cableado estructurado, consiste de una infraestructura flexible de cables que puede aceptar y soportar sistemas de computación.

En el laboratorio se utiliza, un sistema de cableado estructurado, cada estación de trabajo se conecta a un punto central utilizando una topología tipo estrella, facilitando la interconexión y la administración del sistema. Esta disposición, permite la comunicación virtual con cualquier dispositivo, en cualquier lugar y en cualquier momento.

Topología tipo estrella:

Los [datos](#) en estas [redes](#) fluyen del emisor hasta el concentrador o sea al switch, éste realiza todas las [funciones](#) de la red, además actúa como amplificador de los [datos](#).

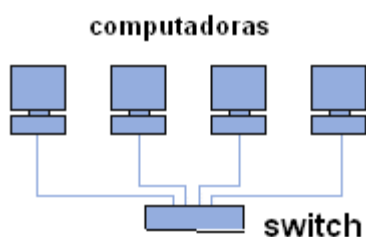


Fig.34 Topología tipo estrella

La topología en una [red](#) es la configuración adoptada por las estaciones de trabajo para conectarse entre sí.

4.9 CONECTIVIDAD E INSTALACIÓN DE REDES.

4.9.1 MATERIALES Y HERRAMIENTAS UTILIZADOS

Para las instalaciones de redes se requirió de los siguientes materiales, y herramientas:

Tabla V Material para la instalación

Descripción materiales	Cantidad
Switch LinkSys 24p 10/100	1
Patch Panel de 24 puertos Levinton CAT 5e para Rack	1
Rack 8U de pared abierto Beacoup	1
Organizador Horizontal 2U	1
Rollo de Cable UTP CAT5 Belden	1 rollo
Conectores RJ45 5e AMP	50
Caja Universal Americana 124"x80.5"x45	12
Face Plate 2 posiciones Levinton	12
Jack Categoría 5e Levinton	24
Canaleta cerrada 32x12	25
Ángulo externo para canaleta 32x12	10
Cobertores para conectores RJ45	50
Pernos y tacos Fisher #5	50
Mesas para computadora 1 Nivel teclado fijo	8

Tabla VI Herramientas para la instalación

Herramientas a utilizar	Cantidad
Crimping Toll Universal RJ45.	1
Ponchador.	1
Testeador (verificar continuidad en el cable UTP CAT 5E).	1
Flexómetro.	1
Destornillador plano punta delgada.	2
Alicate universal.	2
Alicate de corte.	2
Escuadra.	1
Taladro.	1



Fig. 35 M ateriales y herram ientas

4.9.2 INSTALACIÓN DE DUCTERÍAS.

Por la estructura física del laboratorio se utilizó, ductos externos, que en este caso fué canaleta porta cables de superficies de PVC .



Fig. 36 Suministro canaletas



Fig. 37 Canaletas instaladas

La línea principal de ductería por donde van a ser conducidos los cables UTP CAT 5e, se realizó, con una medida desde el piso de 65 cm. de alto. Para la distribución de las canaletas de 32x12 mm., fueron colocados con sus respectivos accesorios: codos, tornillos y tacos Fisher No.5 para su sujeción.

4.9.3 SUMINISTRO Y TENDIDO DEL CABLEADO

Tipos de cable:

Los tres tipos de cable reconocidos por ANSI/TIA/EIA -568-A para distribución horizontal son:

- Par trenzado, cuatro pares, sin blindaje (UTP -PAR TRENZADO SIN BLINDAJE) de 100 ohmios, 22/24 AWG
- Par trenzado, dos pares, con blindaje (STP-PAR TRENZADO CON BLINDAJE) de 150 ohmios, 22 AWG
- Fibra óptica, dos fibras, multimodo 62.5/125 mm

El cable a utilizar para esta instalación es el par trenzado sin blindaje UTP de cuatro pares categoría 5.

Los segmentos de cable UTP son implementados con topología tipo estrella desde el centro de distribución principal hasta cada caja universal americana 124" x 80.5" x 45 (ver fig. 39) ubicada en cada estación de trabajo.



Fig. 38 cable UTP



Fig. 39 Tendido cableado

Se utilizó un cable UTP CAT 5E, la red de comunicación del laboratorio cubrirá toda su área, y se colocó una designación de etiquetas de identificación para un fácil trabajo de cripeo con los Jack. Este cableado es debidamente identificado, tendido y terminado para garantizar las transmisiones adecuadas que dicta los estándares ANSI/TIA -568 A .

4.9.4 INSTALACIÓN DE LA CAJA UNIVERSAL .

La caja universal, es colocada en cada puesto de trabajo por arriba de la canaleta para un fácil acceso a los cables, una vez colocada la caja se procede a realizar el cripeo en los respectivos Jack categoría 5e como se muestra en la figura.



Fig. 40 Cripeo Jack.

Posteriormente, se realizó, la colocación de las face plate 2 posiciones Levinton en cada una de las cajas, con sus respectivas identificaciones para una correcta conectividad ver figura.



Fig. 41 Face plate

Igualmente, se procedió a poner tapas ciegas para Jack RJ-45 para proteger las tomas no activas.

4.9.5 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PANELES DE PARCHEO .

Tras haber realizado las instalaciones mencionadas en los pasos anteriores, se procede a colocar el Rack de pared abierto (fig.43) el cual, estará albergando al Patch Panel de 24 puertos Levinton CAT 5e y el Switch LinkSys 24 puertos 10/100 como se muestra en la figura 44.



Fig. 42 Patch Panel

En esta parte de la instalación, uno de los primeros pasos es el proceso de cripeo de los cables en los diferentes puertos del Patch panel; una buena técnica que nos permitirá una fácil identificación de puntos de red es la etiquetación de los cables.



Fig. 43 Rack de pared

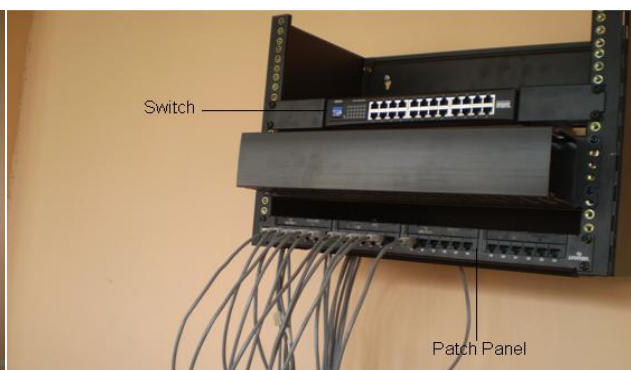


Fig. 44 Patch Panel y Switch

4.9.6 ELABORACIÓN DE PATCH CORDS

Los patch cords se elaboraron de 1 metro y 2 metros, los cuales nos permitirán la habilitación de los puntos de red.

Los Patch Cord de longitud de 1 metros, terminado en ambos extremos por conectores RJ-45 macho CAT 5e, etiquetados con una leyenda de 2 dígitos, comenzando con el N° 01, nos permitirá conectar la interfaz de red del Patch Panel al puerto del Switch correspondiente.

Mientras que los Patch Cord de longitud de 2 metros, terminado en ambos extremos por conectores RJ-45 macho CAT 5e (RJ significa *Registered Jack*), etiquetados con una numeración de dos dígitos en forma correlativa comenzando con el número 01, será usado para conectar el puerto del face plate respectivo con la interface de red del computador.

4.9.7 CONFIGURACIÓN DE INTERNET

1. Luego de conectar el patch cord al punto de red, verificamos si DHCP asigno la dirección IP al PC.

D H C P (Dynamic Host Configuration Protocol - Protocolo Configuración Dinámica de Anfitrión) es un protocolo de red que permite a los nodos de una red IP obtener sus parámetros de configuración automáticamente.

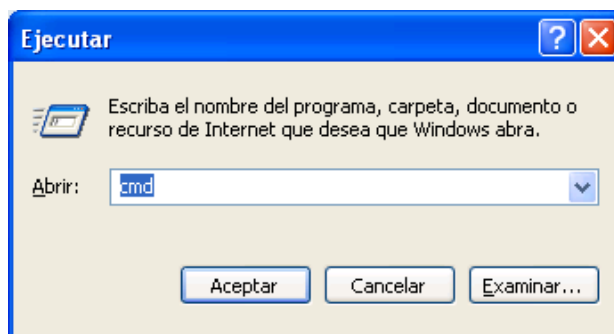


Fig. 45 Ventana búsqueda de programas

2. Aceptar y aparece una ventana en la que mediante el comando `IPCONFIG`, se puede verificar la dirección IP asignada.

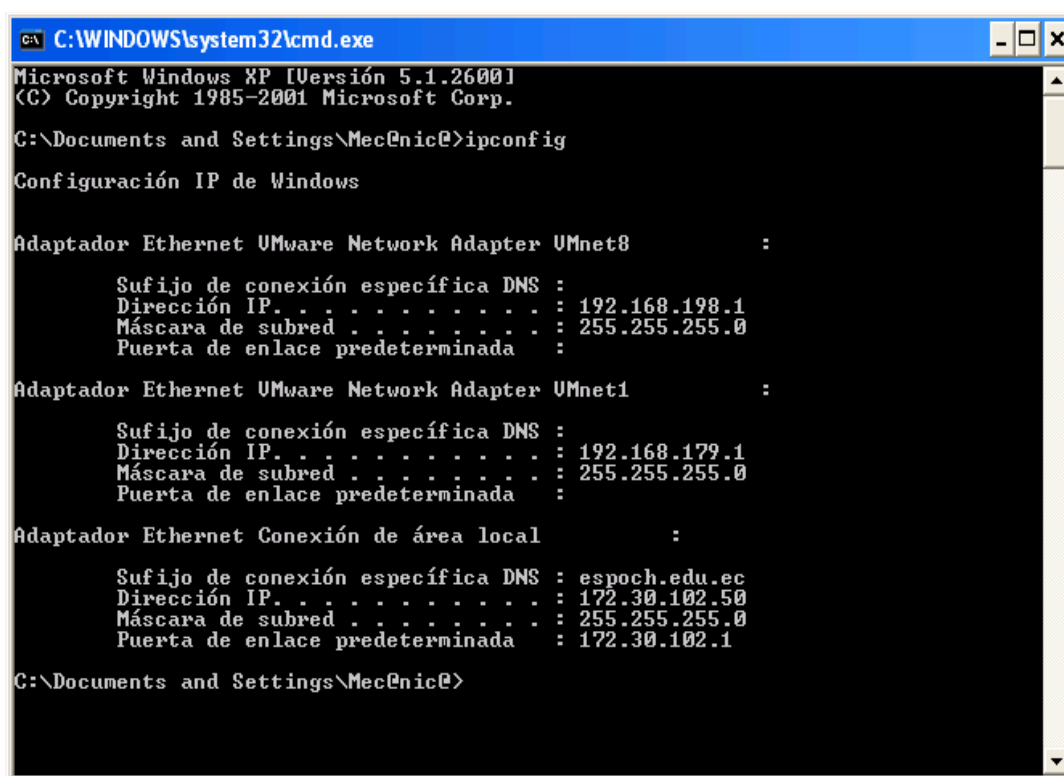


Fig. 46 Verificación de dirección IP

3. Abrir el Internet Explorer.

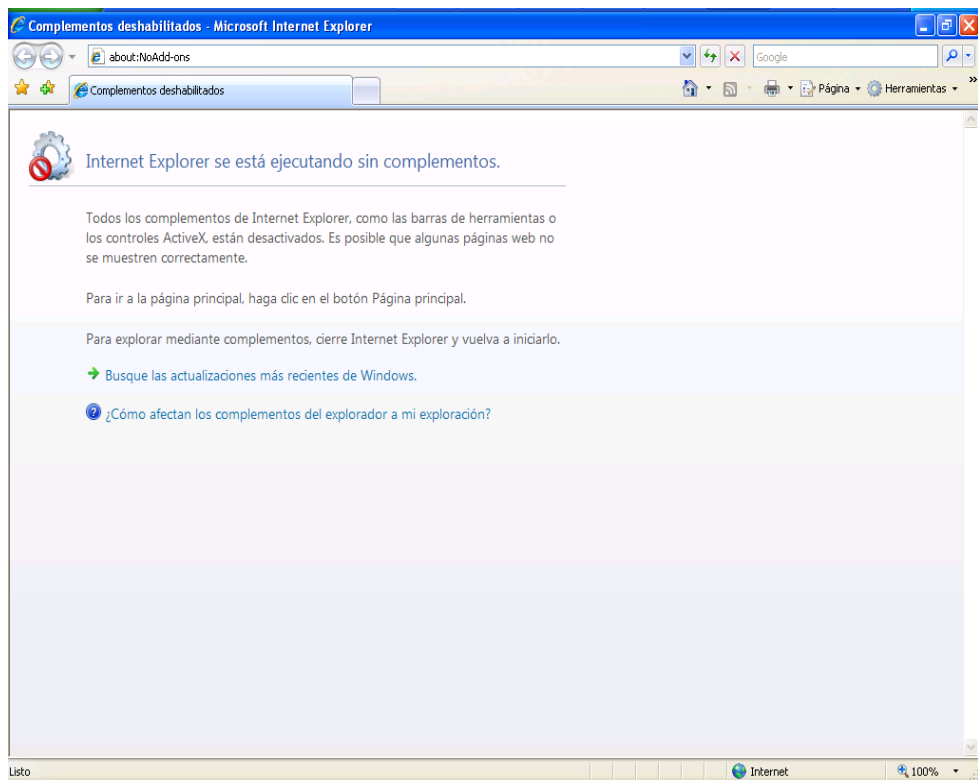


Fig. 47 Ventana de internet

4. Configurar la parte de conectividad. Elegir las opciones: herramientas/Opciones de Internet/Conexiones.

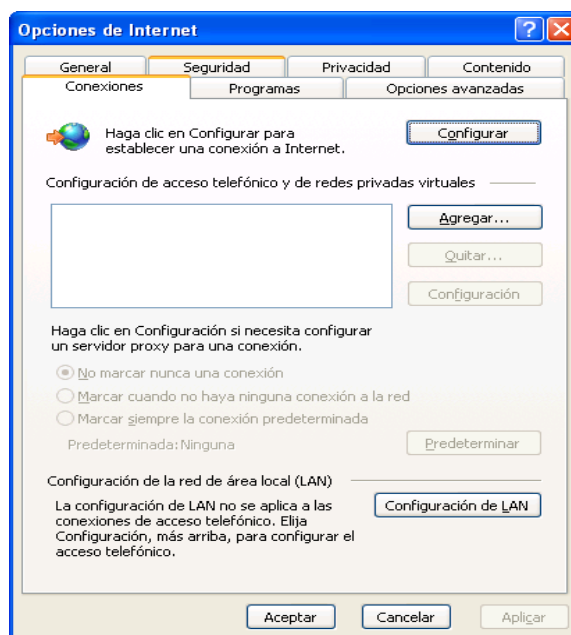


Fig. 48 Opciones de internet

5. Elegir la opción: Configuración de LAN y aquí ingresar al: Servidor Proxy y el puerto.

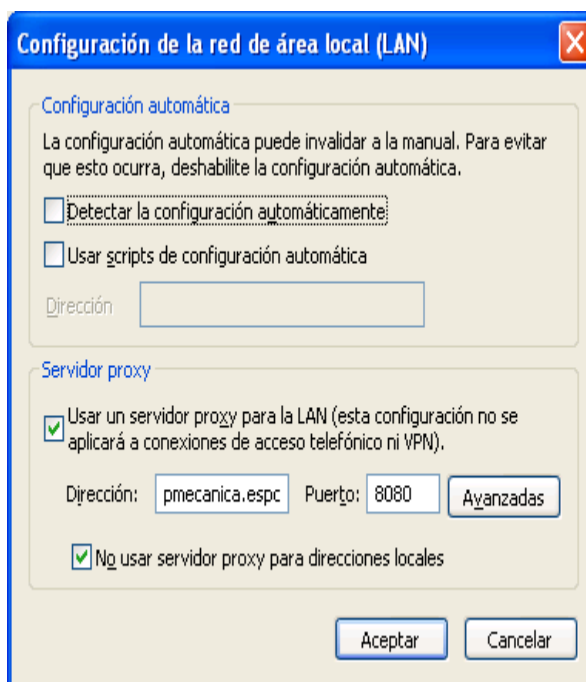


Fig. 49 Configuración de la red de área local

6. Finalmente aceptamos y está listo para la navegación.

4.9.8 DETALLES ECONÓMICOS Y FINANCIEROS DEL MONTAJE E IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE MECATRÓNICA.

Se realizó un presupuesto de los materiales y herramientas para la implementación y montaje del laboratorio con un saldo de cinco mil ochocientos ochenta y tres dólares americanos (\$ 5883) financiados por la Facultad de Mecánica.

Se ha determinado que los requerimientos, para la realización de los diferentes trabajos en la implementación, se tiene un egreso de cinco mil cuatrocientos cincuenta y tres dólares con cincuenta centavos (\$5363.77) lo cual no ha sobrepasado el costo financiado. Ver anexo III donde se detalla el análisis de costos directos e indirectos.

Tabla VII Análisis de inversión

JUSTIFICATIVO DE REQUERIMIENTOS	COSTO FINANCIADO (C)
Aprobación de tesis	5883
Construcción de la puerta de ingreso al laboratorio del Área de Eléctricas	
Requerimientos de accesorios para instalaciones Eléctricas	
Requerimientos de materiales para la construcción de las mesas	
Requerimientos de accesorios para instalaciones Neumáticas	
Requerimientos de materiales y elementos para instalaciones Redes de computadoras	
Requerimiento de materiales para poner a punto los módulos	
	TOTAL EGRESOS

CAPÍTULO V

5. GUÍA DE PRÁCTICAS PARA LOS MÓDULOS DEL LABORATORIO DE MECATRÓNICA.

5.1 FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO DE ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN AUTOMÁTICA.

5.1.1 OBJETIVOS.

5.1.1.1 OBJETIVO GENERAL:

- Poner en funcionamiento el Módulo de Estación de Distribución Automática.

5.1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar la programación y conexión de circuitos de mando en el módulo de distribución utilizando el PLC Siemens.
- Adquirir destrezas y habilidades al momento de programar este módulo.
- Conocer el funcionamiento de los diferentes elementos que componen este módulo.
- Probar y garantizar el funcionamiento de la estación de distribución automática.

5.1 GENERALIDADES.

5.2.1 PROGRAMACIÓN DE LOS PLC's

El PLC's (Controlador lógico programable) es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial procesos secuenciales.

5.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS PLC's

- Es compacto.
- Resistente a condiciones industriales.

- Son de fácil maniobrabilidad.
- Se puede cambiar fácilmente de control sin necesidad de cambiar conexiones.
- Son rápidos.
- Pueden ser monitoreados.

Todo PLC tiene un módulo de entradas, por el recibe las señales de las condiciones físicas que controla a él se conectan los sensores, finales de carreras, presostatos, switches, botones, etc. También tiene un módulo de salida por él envía señales a los actuadores del proceso que controla a él se conectan, señales luminosas, motores, relés, válvulas, ventiladores, etc.

Un PLC trabaja por lo general con dos tipos de señales tanto en las entradas como en las salidas.

- Señales Digitales.
- Señales Analógicas.

5.2.3 CRITERIOS PARA SELECCIONAR UN PLC's

- Número de E/S a controlar.
- Capacidad de la memoria de programa.
- Potencia de las instrucciones.
- Posibilidad de conexión de periféricos, módulos especiales y comunicaciones.



Fig. 50 Familia de los PLC's

5.3 COMPONENTES DE LA ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN AUTOMÁTICA

Panel de control. El panel de control está compuesto por los siguientes dispositivos eléctricos (ver figura 51).

- **Un selector de dos posiciones (B3).** Tiene la función de apagar la estación de distribución
- **Pulsador reset B2.** Tiene la función de hacer una simulación de correcta operación del generador de vacío, es decir hace actuar a la electroválvula y a su vez está en operación la ventosa.
- **Pulsador Start B1.** Este pulsador pone a funcionar la estación de distribución.
- **Lámpara piloto H1.** Es un indicativo que el módulo está en funcionamiento.
- **Lámpara piloto H2.** Esta lámpara nos indica presencia de una pieza de trabajo, que ha sido detectada por el sensor óptico difuso.
- **Mando de paro de emergencia B4.** Como su nombre lo indica, este dispositivo manda a parar toda la estación de distribución en cualquier momento que ocurra algún problema.

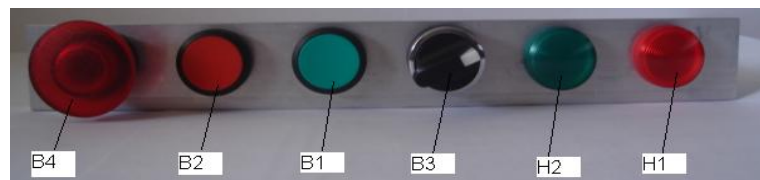


Fig. 51 Mandos de control

Cilindro de doble efecto. Estos cilindros pueden producir trabajo en los dos sentidos del movimiento, para lo cual poseen dos entradas para aire comprimido situadas en ambos extremos del cilindro, es decir, se obtiene fuerza útil en ambos recorridos, figura 52.

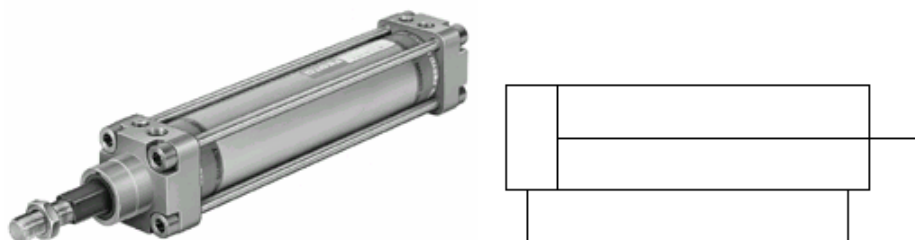


Fig. 52 Apariencia y simbología del pistón de doble efecto

Las fuerzas obtenibles en ambas carreras no son iguales, puesto que no lo son tampoco las áreas efectivas a ambos lados del pistón.

Válvulas direccionales. Son aquellas que en un circuito neumático, distribuyen o direccionan el aire comprimido hacia los elementos de trabajo, constituyéndose los órganos de mando.

También son utilizadas en sus tamaños más pequeños, como captadores de señales neumáticas para el gobierno de las válvulas principales del circuito.

Para identificar una válvula, independientemente del tipo de mando o reacción que posea, se utilizan dos números separados por una barra, ejemplo: 5/2. El primer dígito representa el número de vías (bocas) de interconexión de la misma, que conectan a la presión de alimentación, las utilidades y los escapes. El segundo dígito establece la cantidad de posiciones del distribuidor, sean éstas estables o no.

Designación abreviada de conexiones por cifras según ISO 5599

- Alimentación de presión.
- 2, 4 Conexiones de utilización.
- 3, 5 Escapes.
- 12, 14 Pilotajes.
- Conexión de pilotaje que anula la señal de salida.

Designación abreviada de conexión por letras

- A, B, C Conexión de utilización.
- P Alimentación de presión.
- R, S, T Escapes.
- L Fugas.
- X, Y, Z Pilotajes

Electroválvula 5/2. La conmutación de la válvula 5/2 se logra energizando el solenoide, ya que la presión existente por la boca 14 de la cabeza de mando electroneumático puede introducirse y empujar al distribuidor. Se vuelve a la posición de reposo desactivando el solenoide figura 53.



Fig. 53 Símbolo y apariencia de la válvula 5/2

Electroválvula 3/2. Se permite el pasaje de aire de 1 a 2 conectando el solenoide a tensión. El campo magnético generado atrae al distribuidor. Al desaparecer la señal eléctrica, se interrumpe la alimentación y 2 se conecta a escape a través de 3 como se ve en la figura 54.



Fig. 54 Símbolo y apariencia de la válvula 3/2

Generador de vacío. Tanto los generadores de vacío como las toberas de aspiración de vacío trabajan según el principio Venturi. Se hace pasar por ellos aire comprimido, y en un estrechamiento se produce una depresión ver figura 55.

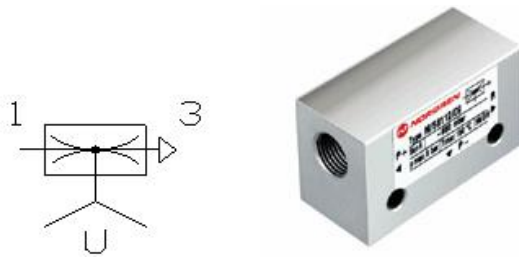


Fig. 55 Símbolo y apariencia del generador de vacío.

En comparación con una bomba de vacío, estos equipos trabajan con especial rentabilidad cuando el vacío no se necesita constantemente, p. Ejemplo, para la transferencia de piezas de un cargador a un dispositivo de trabajo.

Si se aplica una presión de aproximadamente 6 bar, se obtiene una depresión (un vacío) de aproximadamente -0,8 bar.

Presostato. Los presostatos asumen las funciones de un sensor y reconocen si el vacío se ha establecido por completo ver figura 56.

Se conectan entre el generador de vacío y la ventosa. Si no cuelga ninguna pieza de la ventosa, no puede establecerse depresión en esta conducción debido al flujo de aire procedente de la atmósfera.



Fig. 56 Símbolo y apariencia del presostato.

Sólo cuando una pieza cierra la ventosa se establece depresión (vacío), siendo entonces accionado el vacuostato. Al ser accionado, éste da una señal.

Ventosa. Con la pinza de vacío, también llamada ventosa, pueden sujetarse piezas por succión ver figura 57.



Fig. 57 Símbolo y apariencia de la ventosa.

Para alcanzar los valores de fuerza de aspiración indicados es necesario que las piezas presenten una superficie lisa y limpia, pues de lo contrario se reducen los valores conforme a la calidad de la superficie.

Existen ventosas para superficies planas así como ventosas de fuelle que pueden agarrar también superficies convexas.

Para una ventosa, la superficie ideal de una pieza es que sea plana e impermeables. Sin embargo, en muchos casos las superficies no son planas, lo que significa que la ventosa debe adaptarse a su eje vertical y en su posición angular

Actuador rotatorio. Los actuadores de giro sirven para ejercer una fuerza rotativa. Normalmente, el ángulo de giro de los actuadores de giro está limitado. Según el tipo de cilindro pueden ejecutarse movimientos oscilantes (giratorios) de entre 0° y 360° .



Fig. 58 Símbolo y apariencia del actuador rotatorio.

Sensores. Son dispositivos que detectan magnitudes físicas y las transforman en señales eléctricas.

Los sensores utilizados en el proyecto se mencionan a continuación, sensores magnéticos y sensores ópticos difusos.

Sensores magnéticos. Este tipo de sensor reacciona a los campos magnéticos, en la figura 59 se explica el funcionamiento, el sensor tiene dos lengüetas elásticas de contacto y ferromagnéticas (de aleación hierro - níquel) que se encuentra en tubo de vidrio hermético lleno de gas inerte. Si se acerca un campo magnético al tubo, las lengüetas se tocan con lo que se cierra el circuito eléctrico. La reacción es de apenas una milésima de segundo, este tipo de detector no se desgasta.



Fig. 59 Sensor magnético

Estos interruptores, utilizados como detectores de posición, ofrecen una velocidad de conmutación de ± 0.1 mm, son utilizados como detectores para cilindros, este tipo de sensor tiene dos conductores y cualquiera va conectado al positivo y el otro nos da la señal.

Sensores ópticos difusos. Son sensores que entregan una señal eléctrica de acuerdo a la luminosidad que estén recibiendo, figura 60. Esta luminosidad incluye distintas longitudes de onda del espectro electromagnético, tales como luz visible, la gama de infrarrojos, ultravioletas, rayos X, el rayo láser, etc. La propiedad utilizada por este tipo de sensores, consiste en la excitación que sufren los electrones libres de determinados materiales cuando son expuestos a la luz. Una vez que los electrones se han excitado, su movimiento genera una corriente a través del material del cual está construido el sensor.

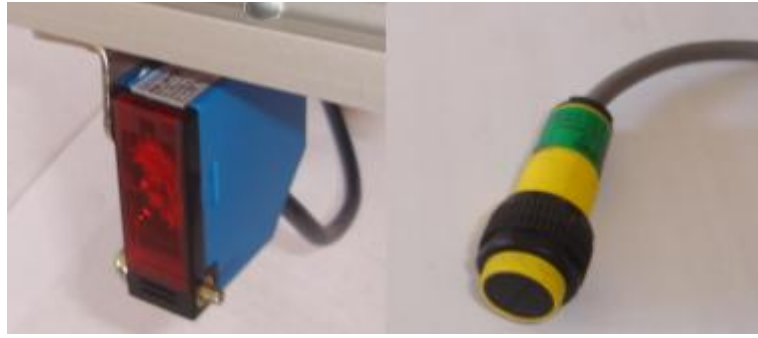


Fig. 60 Sensores ópticos difusos

Este tipo de sensores es de gran uso en la industria y en el comercio, para detectar el paso de algún elemento por medio de la obstrucción de un haz de luz.

Este sensor está constituido por tres conductores, el rojo o café va al positivo, el azul al negativo y el de color negro da la señal positiva.

5.4 FUNCIONAMIENTO :

Este módulo simula un proceso de distribución en la que las piezas de trabajo son colocadas en una torre de almacenamiento de piezas las cuales descenderán verticalmente por efecto de gravedad, la posición inicial de la pieza de trabajo es detectada por un sensor óptico difuso para luego ser eyectada por medio de un cilindro de doble efecto que es accionado mediante una electroválvula 5/2, la posición inicial del vástago del cilindro la determina un sensor magnético, ubicado en la parte exterior del cilindro. Las piezas de trabajo eyectadas son colocadas en una placa de distribución, la unión de la torre de almacenamiento y la placa de distribución constituye el módulo eyector, como se puede apreciar en la figura 61.

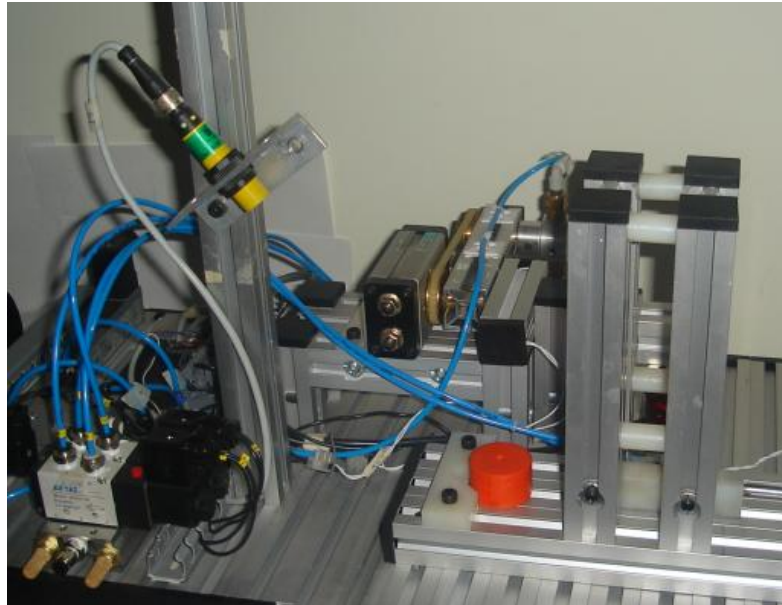


Fig. 61 M ó d u l o d e E s t a c i ó n d e D i s t r i b u c i ó n A u t o m á t i c a

La nueva posición de la pieza de trabajo es detectada por un nuevo sensor óptico difuso y entra a trabajar un dispositivo de manipulación compuesto de un actuador giratorio con pluma de extensión y provisto de una pinza de aspiración o ventosa. La posición de la pluma de extensión está determinada por dos sensores magnéticos, lo que nos permite obtener un movimiento giratorio del actuador de 180 grados.

La pinza de aspiración (ventosa) actúa mediante un generador de vacío y es controlado mediante un presostato.

La estación de distribución opera mediante un controlador (SIEMENS), una fuente rectificadora de voltaje de 24 V DC,

Para elaborar la lógica de control, es necesario conocer detalladamente el proceso y por lo tanto la secuencia que cumple el sistema desde el inicio del proceso hasta el final del mismo, hasta su salida.

Por lo tanto es conveniente elaborar un diagrama de Proceso y de Flujo, los mismos que son representados en la tabla VIII y figura 62 respectivamente.

Tabla VIII Diagrama de procesos

DIAGRAMA DE PROCESO				
Diagrama N° 1	Resumen			
Método: Flujograma	Actividad	Simbología		
Lugar: ESPOCH	Operación	○		
Fecha: 2009-02-07	Transporte	⇒		
Actividad: describir el proceso para la estación de distribución	Espera	D		
	Inspección	□		
	Almacenamiento	▽		
Descripción	Tiempo (seg)	Distancia (mm)	Simbolo	Observaciones
			○ ⇒ D □ ▽	
Alimentación de la pieza hacia la torre	1	20	●	Instantáneo
Tiempo de espera de la pieza	2		●	Instantáneo
Desplazamiento horizontal	2	50	●	Instantáneo
Sujeción de la pieza	2		●	Instantáneo
Desplazamiento semicircular	2	180°	●	Instantáneo
Soltura de la pieza hacia otro nivel	1		●	Instantáneo
Repetición del proceso	2		●	Instantáneo

A continuación vamos a detallar la secuencia lógica que se desarrolla durante el proceso de simulación de la estación de distribución automática, esta secuencia nos sirve para desarrollar la programación del controlador en el software SIEMENS ST - 200

Diagrama de flujo

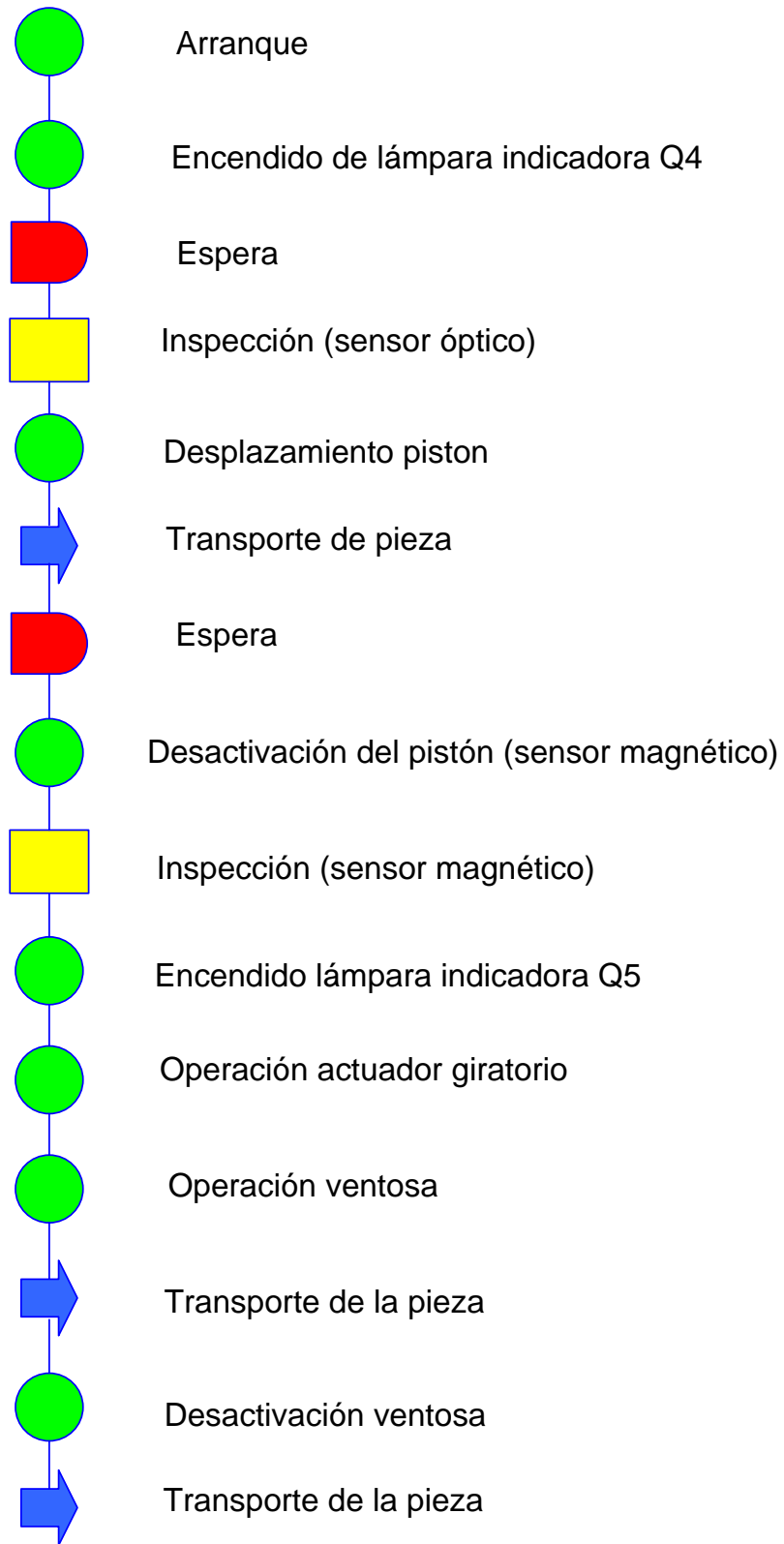


Fig. 62 Diagrama de flujo de la estación de distribución.

5.5 COMPONENTES NECESARIOS PARA SU FUNCIONAMIENTO

Tabla IX Componentes y herramientas utilizados para la práctica

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Plc Siemens S7 224	1
Fuente de 24 V C.C.	1
Pulsador normalmente abierto (verde)	1
Pulsador normalmente cerrado (rojo)	1
Selector de dos posiciones	1
Mando de paro de emergencia (pulsador hongo)	1
Lámpara piloto (verde)	1
Lámpara piloto (rojo)	1
Sensor magnético	1
Sensor óptico difuso	1
Multímetro	1
Borneras	23
Dv 25	1
Compresor de aire	1
Unidad de mantenimiento	1
Cilindro de doble efecto con reguladores de caudal	1
Electroválvula 5/2	1
Electroválvula 3/2	1
Generador de vacío	1
Presostato	1
Ventosa	1
Actuador rotativo	1
Mangueras	1
Destornilladores plano	2
Juego de llaves allen	1

5.6 PROCEDIMIENTO

Pasos para la programación utilizando el PLC Siemens S7 224:

- a. Lista de asignaciones.
- b. Grafcet.

- c. Determinar las ecuaciones y graficarlas en ladder.
- d. Programación utilizando el software STEP 7 Micro/WIN.
- e. Conexión del PLC al módulo.
- f. Comprobación del funcionamiento.

5.6.1 LISTA DE ASIGNACIONES

Tabla X Lista de asignaciones

Símbolo	Dirección	Comentario
Pulso de inicio	SM 0.1	Se da un pulso instantáneo de inicio
P1	I0.0	Se da inicio al funcionamiento del módulo
P2	I0.1	Se para el funcionamiento del módulo
a0	I0.2	Cilindro contraído
a1	I0.3	Cilindro expandido
b0	I0.4	Actuador de giro a la derecha
b1	I0.5	Actuador de giro a la izquierda
Sensor óptico torre	I0.6	Censa si existe pieza en la torre
Sensor óptico pieza	I0.7	Censa si existe pieza para que avance el proceso
Sensor de vacío	I1.0	Censa si el vacío atrapó a la pieza
Foco verde	Q0.0	Indica que el módulo esta en funcionamiento
Foco rojo	Q0.1	Indica que el módulo esta interrumpido
Cilindro A	Q0.2	Actúa el cilindro
Actuador de giro	Q0.3	Opera el actuador de giro
Vacío	Q0.4	Actúa el vacío

5.6.2 GRAFCET.

El **GRAFCET** (Gráfica de Control de Etapas de Transición) es un método gráfico que permite representar los automatismos secuenciales describiendo gráficamente la evolución del automatismo y los diferentes comportamientos de éste.

5.6.2.1 GRAFCET DE PRIMER NIVEL

En este graficet se indica claramente con palabras lo que se requiere que una máquina realice.

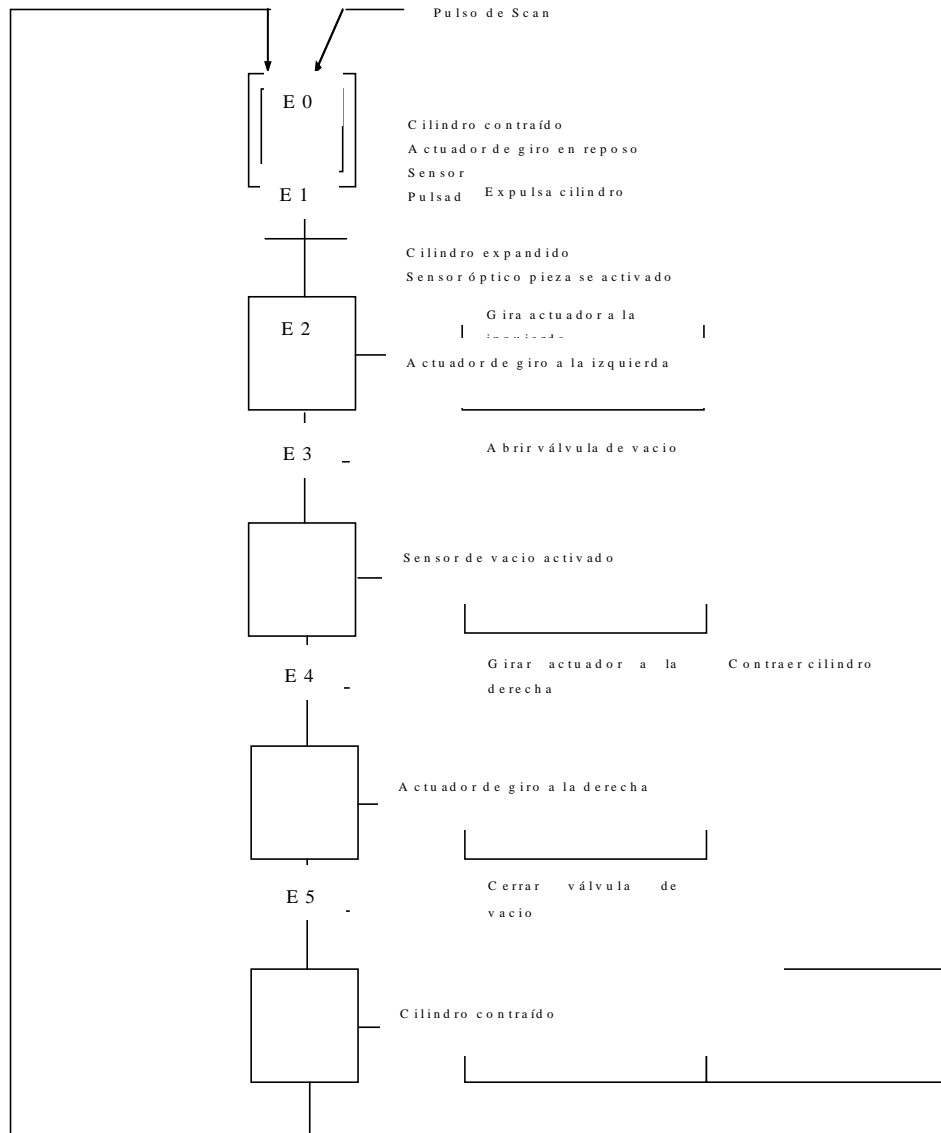
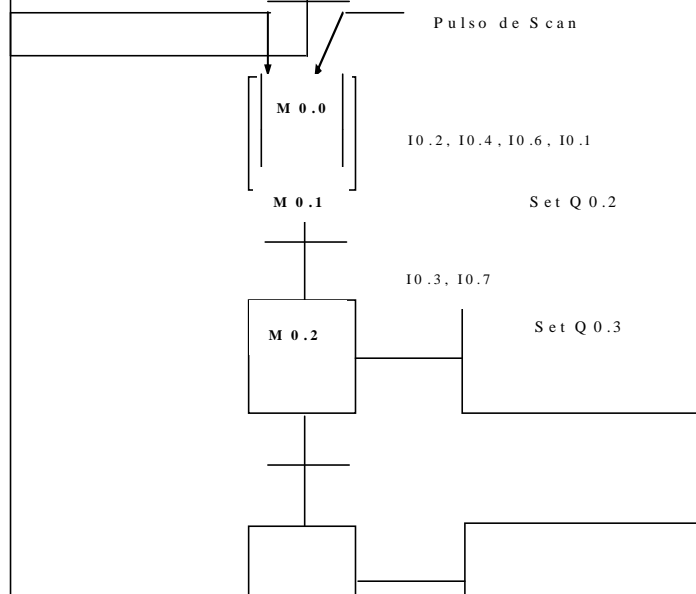


Fig. 63 Graficet de primer nivel

5.6.2.2 GRAFICET DE SEGU... NIVEL

En este se asigna las dir... corres... no.



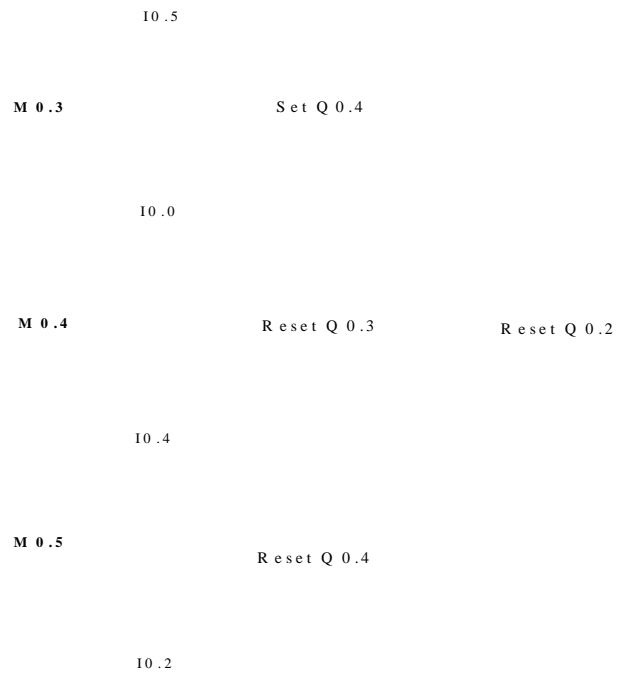


Fig. 64 Graficet de segundo nivel

5.6.3 DETERMINAR LAS ECUACIONES Y GRAFICARLAS EN LEADDER.

Ecuaciones de paso o etapas:

$$M 0,0 = M 0,5 * I 0,2 + S M 0,1 + M 0,0 * M 0,1$$

$$M 0,1 = M 0,0 * I 0,2 * I 0,4 * I 0,6 * I 0,1 + M 0,1 * M 0,2$$

$$M 0,2 = M 0,1 * I 0,3 * I 0,7 + M 0,2 * M 0,3$$

$$M 0,3 = M 0,2 * I 0,5 + M 0,3 * M 0,4$$

$$M 0,4 = M 0,3 * I 1,0 + M 0,4 * M 0,5$$

$$M 0,5 = M 0,4 * I 0,4 + M 0,5 * M 0,0$$

$$Q 0,2 = \text{Set } M 0,1$$

$$\text{Reset } M 0,4$$

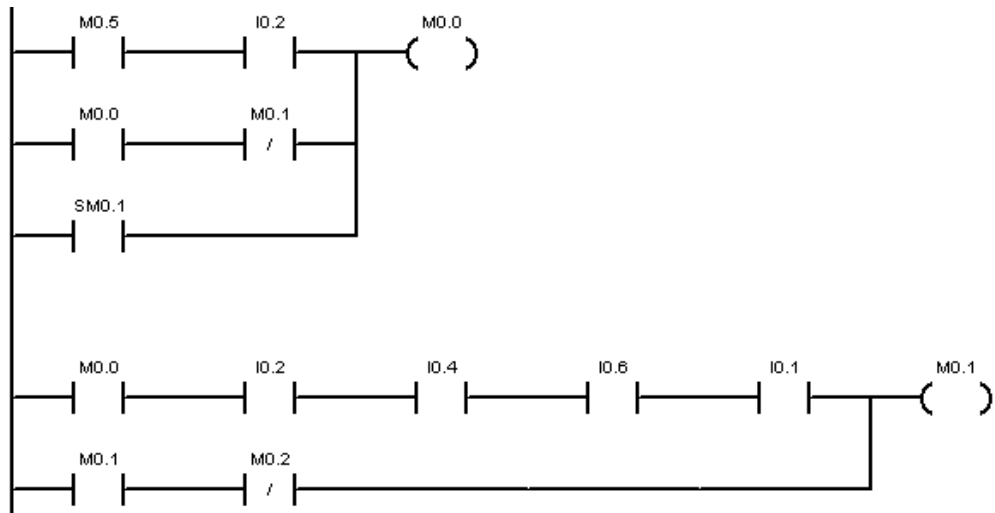
$$Q 0,3 = \text{Set } M 0,2$$

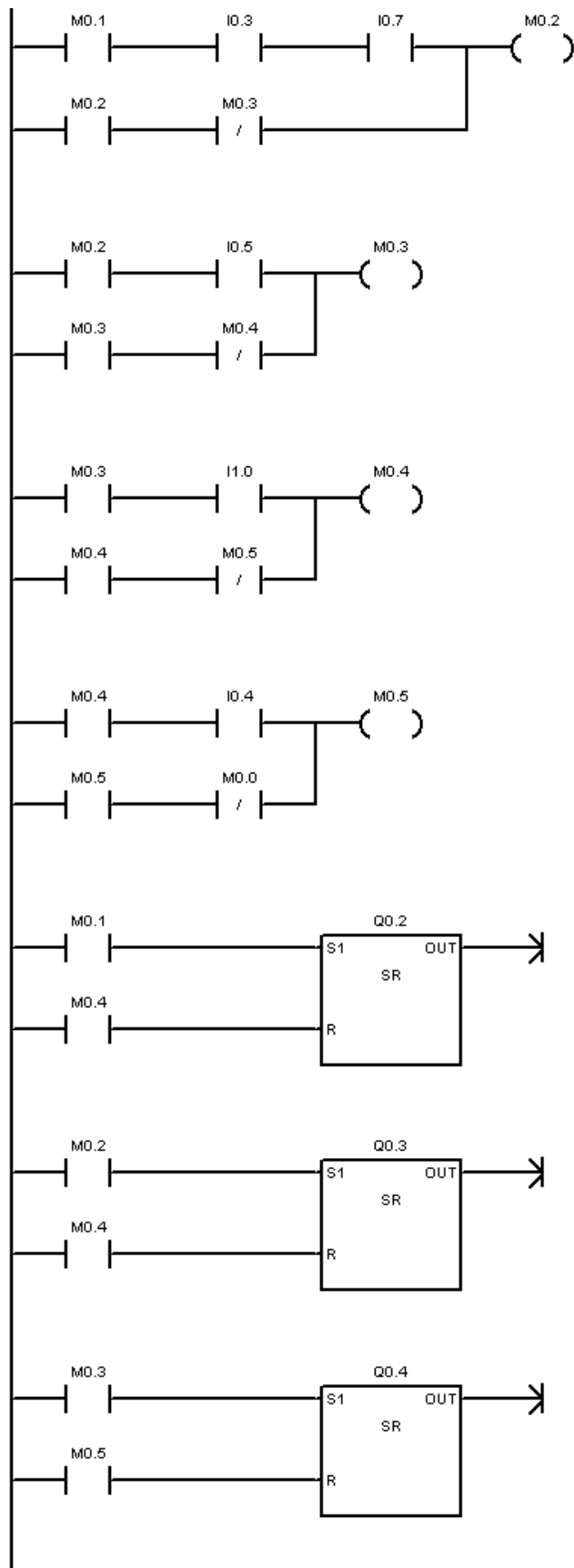
Reset M 0,4

Q 0,4 = Set M 0,3

Reset M 0,5

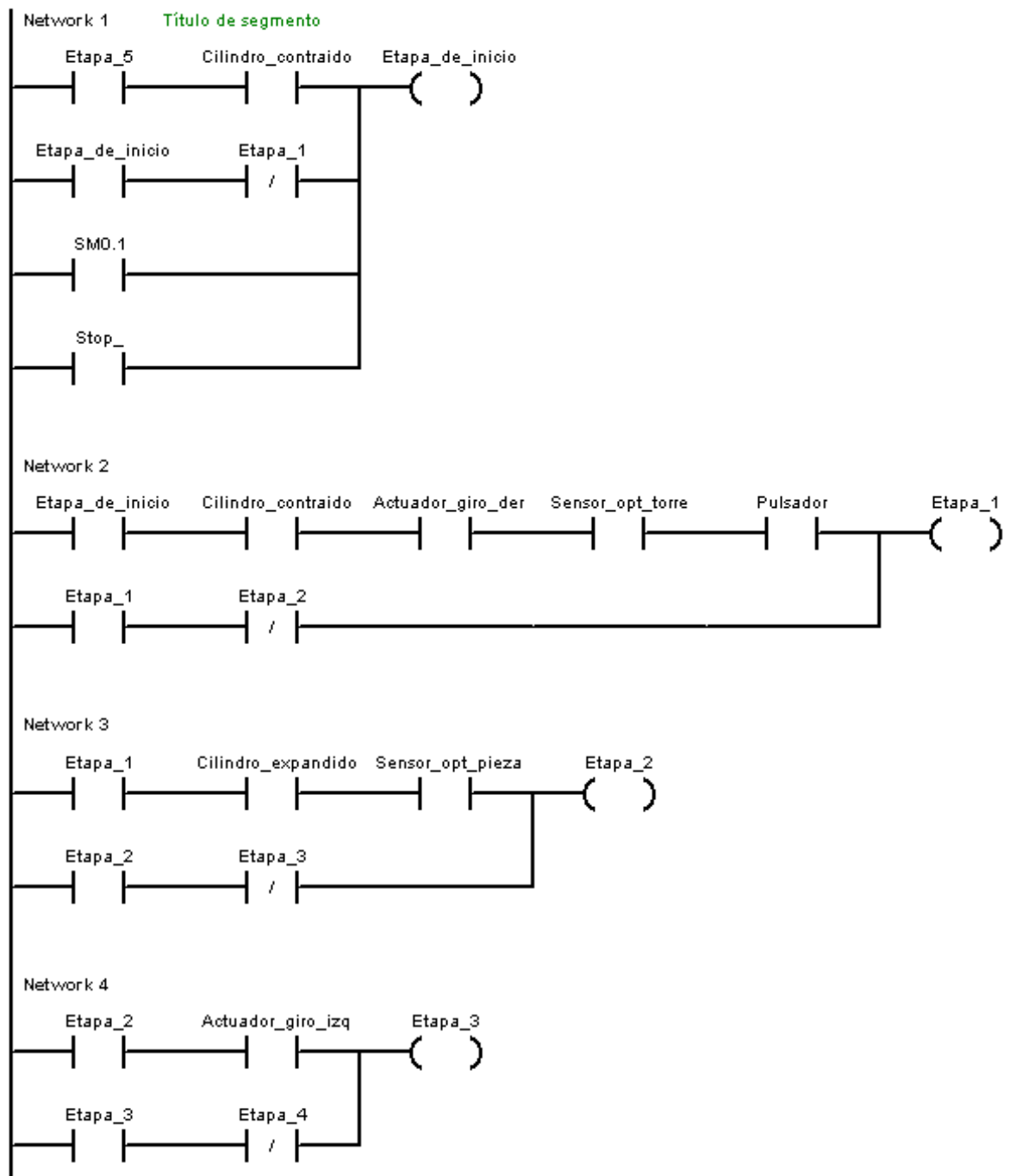
5.6.4 DIAGRAMA LEADDER

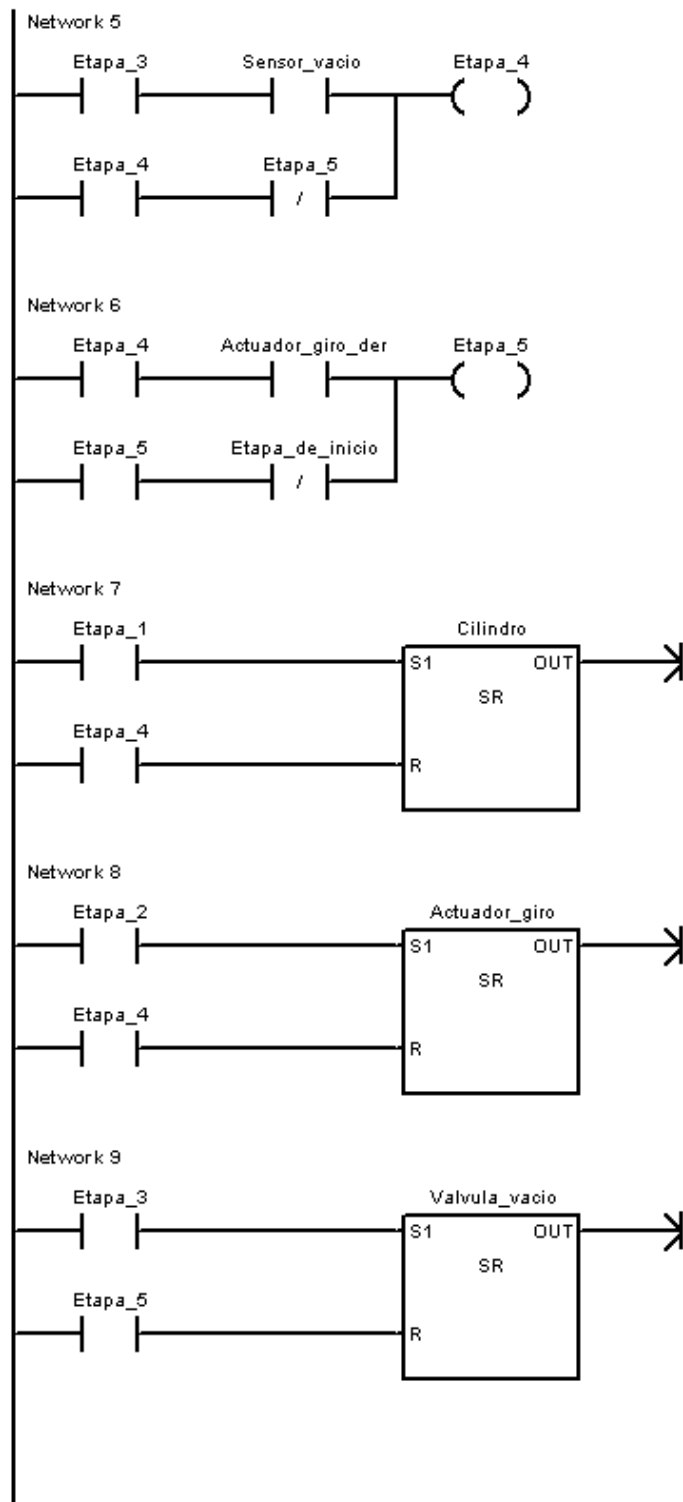




5.6.5 PROGRAMACIÓN UTILIZANDO EL SOFTWARE STEP 7 MICRO/WIN.

PROGRAMACIÓN EN KOP





5.6.6 CONEXIÓN DE PLC AL MÓDULO

Se procede a conectar el PLC para posteriormente realizar las respectivas pruebas de funcionamiento.

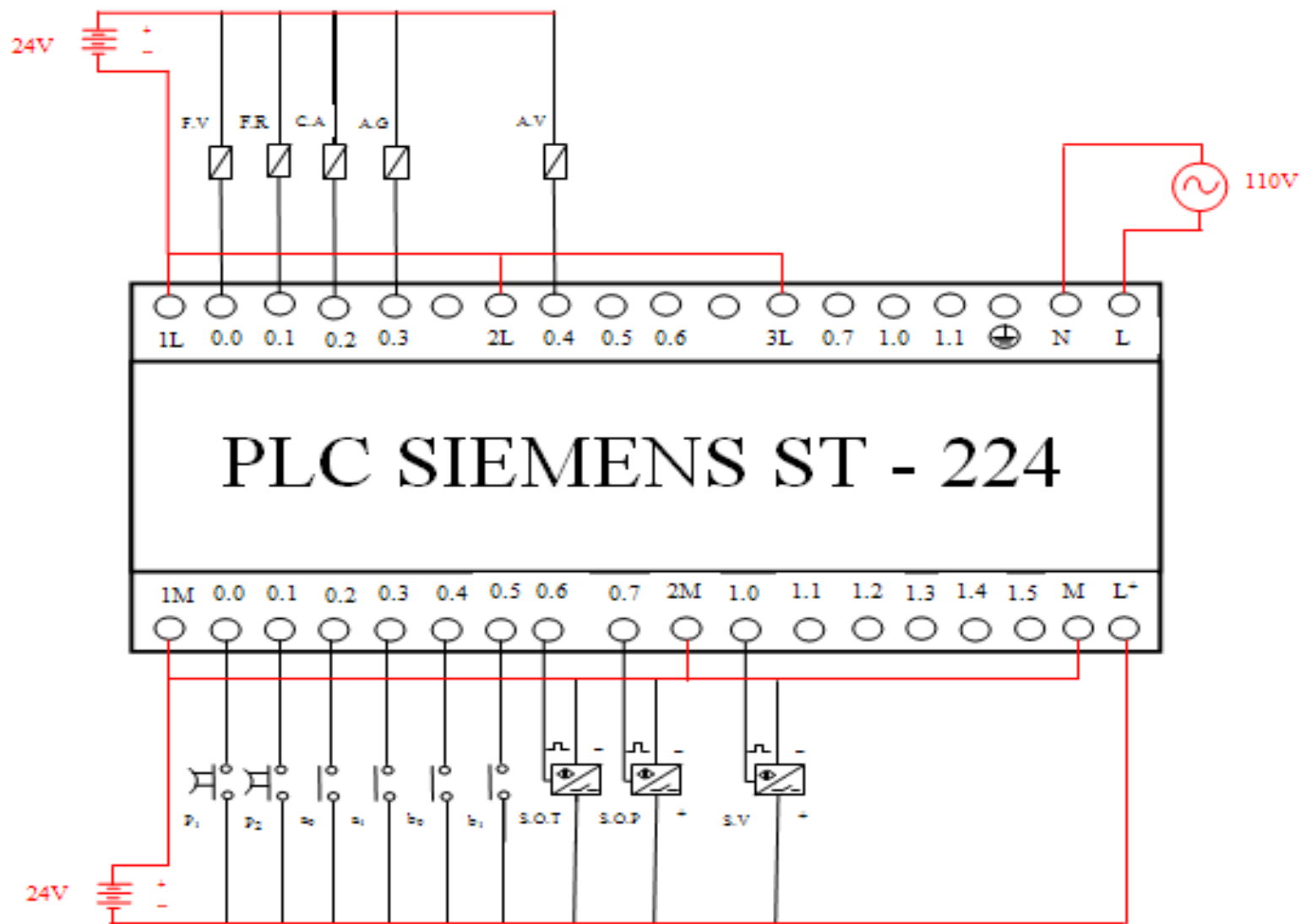


Fig 65 Conexión de PLC

5.6.7 COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

La comprobación del funcionamiento se realiza gráficamente conectado el PLC al módulo y visualizando desde la computadora como se muestra en las figuras

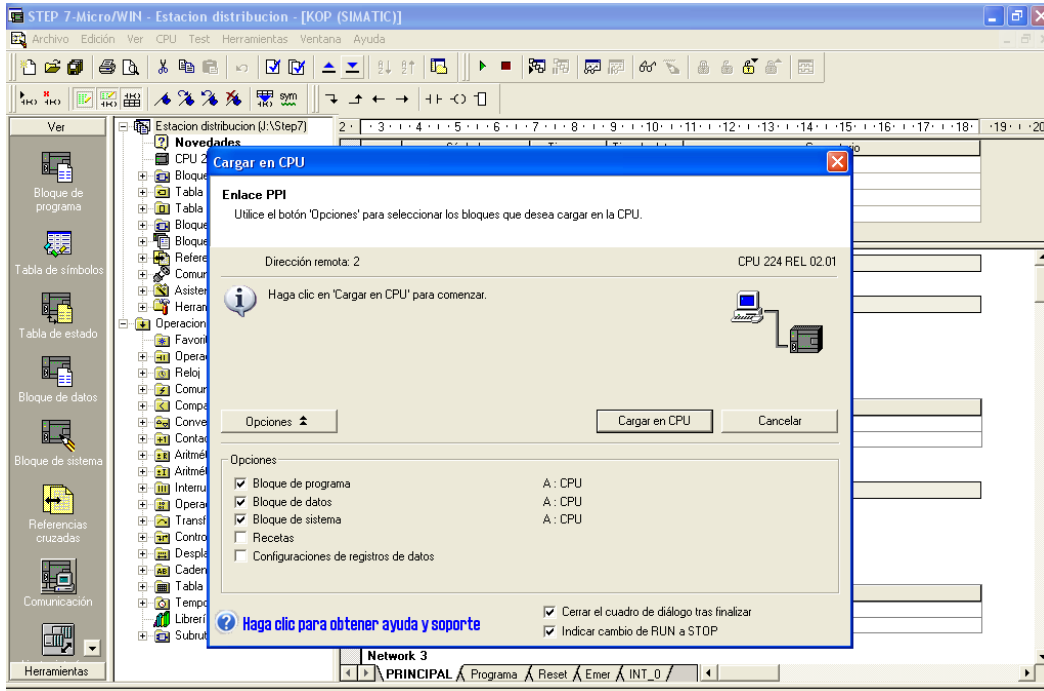


Fig. 66 Comunicación al PLC

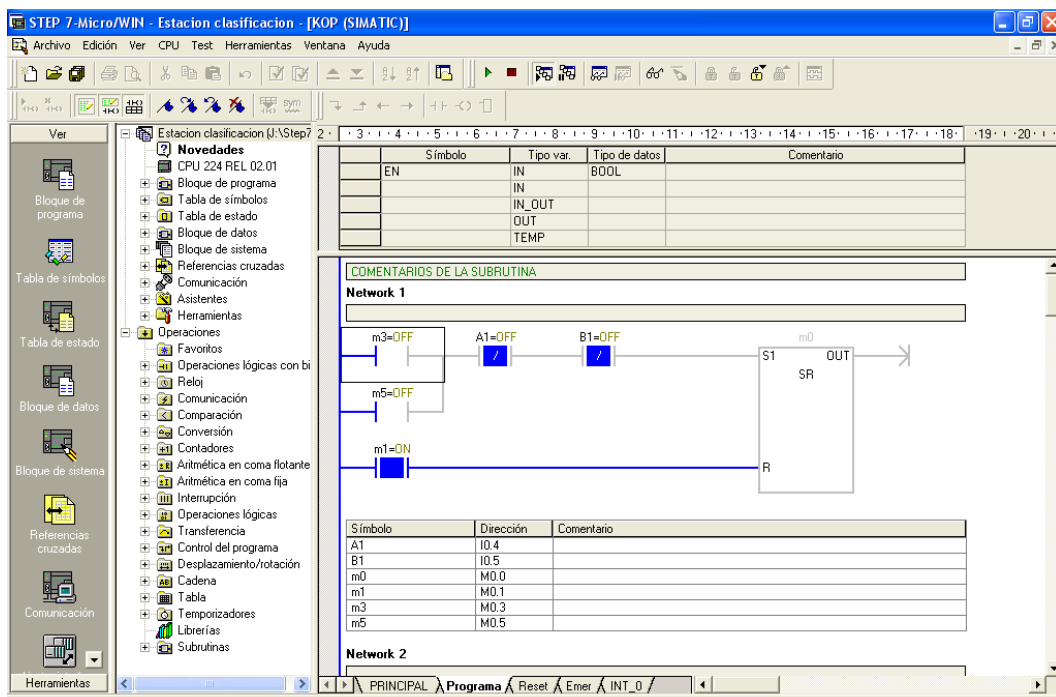


Fig. 67 Comprobación de funcionamiento del módulo

5.7 CONCLUSIONES:

- Ya que el módulo ha sido construido con fines didácticos no tiene grandes dimensiones para poder transportarlo de un lugar a otro, pero su principio de funcionamiento es aplicado a nivel industrial.
- El lenguaje de programación utilizado en este proyecto es el Diagrama en Ladder ya que para nosotros fue de fácil comprensión y adaptación debido a que nos familiarizamos más con los diagramas eléctricos aprendidos en semestres anteriores.
- Debe existir una buena señalización del circuito neumático y eléctrico para evitar una mala operación de los elementos.
- Con presiones inferiores a cinco bares el módulo no funciona.

5.8 RECOMENDACIONES:

- La colocación de la pieza debe ser realizada en la forma adecuada con la finalidad de evitar un remordimiento en la torre con el pistón.
- Antes de poner en funcionamiento el módulo se debe verificar las calibraciones de velocidad y posición del brazo mecánico.
- Después de cada práctica el módulo debe quedar protegido del polvo, humedad ya que en un futuro nos podría dar falsas señales.
- Verificar el funcionamiento de los sensores antes de realizar cualquier práctica.

CAPÍTULO VI

6. PLAN DE MANTENIMIENTO EN EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA

6.1 PLAN DE MANTENIMIENTO

El cumplimiento del plan de mantenimiento determinado para el Laboratorio de Mecatrónica se lo ejecutará mediante el uso de un método sistemático y organizado que nos permitirá cumplir las diversas tareas a realizarse, empleando del modo más racional los recursos humanos y materiales [7].

Las estaciones automáticas del Laboratorio de Mecatrónica son modelos con fines didácticos lo cual requiere un plan de mantenimiento práctico, a continuación vamos a mencionar los procedimientos determinados para la parte de la instalación de la red neumática, las instalaciones eléctricas y los módulos en general.

El *procedimiento* en el servicio de mantenimiento es el conjunto de actividades que se realizan en cada uno de los trabajos de mantenimiento [7].

De igual manera se indica la *frecuencia*, es decir la magnitud con la que se repiten los diversos trabajos de mantenimiento.

6.2 TAREAS DE MANTENIMIENTO.

Es el conjunto de trabajos de mantenimiento que se realizan en cada uno de las familias de equipos, con el objeto de que sus mecanismos y partes funcionen correctamente y se mantengan en buen estado [7].

Las tareas de mantenimiento definidas para el laboratorio se subdividen de manera general:

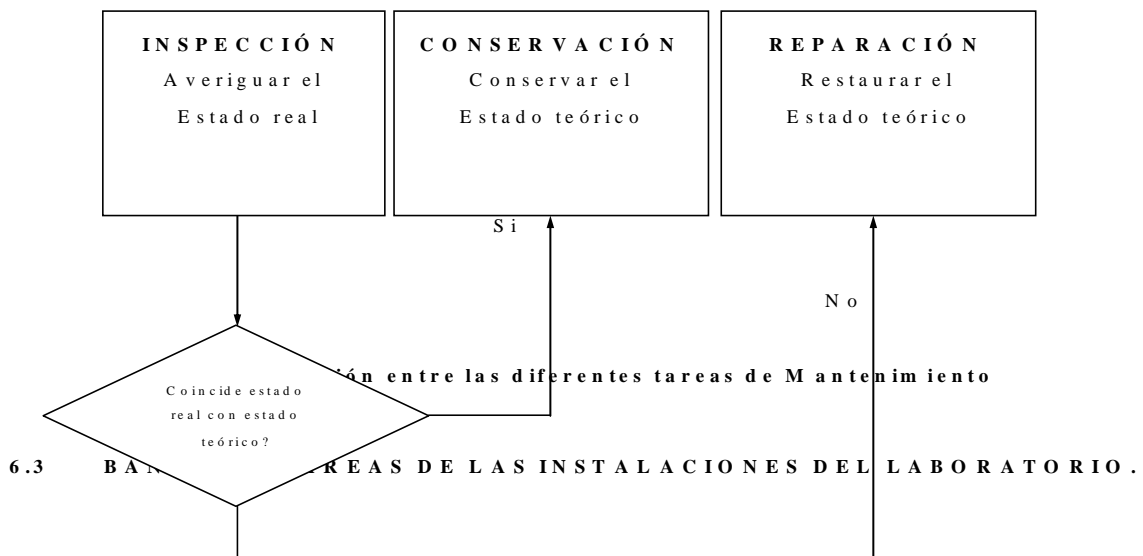
Inspección: Mediante la inspección se puede averiguar el estado real de los equipos.

Conservación: Mantener la capacidad de funcionamiento de las instalaciones evitando que sufran fallas frecuentes y aminorando el desgaste.

Reparación: Se entiende todas las medidas que contribuyan a restaurar el estado teórico.

Por *estado real* se entiende el estado en que realmente se encuentran, en momento determinado, las instalaciones, los equipos y demás instrumentos técnicos de trabajo.

Por *estado teórico* se entiende el estado en que, según se ha establecido y exigido, tienen que estar los instrumentos de trabajo en un caso determinado [8].



6.3 BASES DE LAS TAREAS DE LAS INSTALACIONES DEL LABORATORIO.

En las siguientes tablas se detalla las tareas, procedimiento, frecuencias y listado de herramientas y materiales para realizar un mantenimiento adecuado.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Con la implementación y montaje del laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH los estudiantes recibirán una formación práctica con módulos de avanzada tecnología para de esta manera estar a la par con los adelantos tecnológicos.

Se adecuó el área física la cual nos garantiza el espacio suficiente para el montaje de todos los módulos existentes, quedando esta con tres puertas de acceso.

Al realizar la distribución en el Laboratorio se tuvo en cuenta que los estudiantes deben tener un espacio suficiente para poder circular con facilidad, para lo cual se dejó las computadoras a un lado del laboratorio y los módulos al otro extremo con espacios suficientes entre sí.

Se realizó las diferentes instalaciones en el laboratorio de acuerdo a la distribución de los módulos y a las necesidades de cada uno de éstos, para que los mismos funcionen de una manera adecuada y ordenada.

Luego de haber realizado las diferentes instalaciones y el montaje de los módulos se procedió a sus respectivas pruebas de funcionamiento, obteniendo resultados satisfactorios, ya que no presentaron ninguna anomalía al momento de poner en marcha.

Se elaboró un manual de Mantenimiento para las instalaciones y módulos existentes en el laboratorio, con la finalidad de ofrecer una buena fiabilidad y disponibilidad del mismo.

7.2 RECOMENDACIONES

Es importante que se lleve a cabo el plan de mantenimiento establecido, para de esta manera alargar la vida útil de las diferentes instalaciones y equipos existentes en el Laboratorio.

Tener mucho cuidado al utilizar el aire comprimido, ya que al escaparse puede penetrar a través de los orificios del cuerpo humano como boca, nariz, entre otros, causando graves lesiones.

Antes de empezar cualquier práctica se debe conocer el funcionamiento de todos los elementos que componen estos módulos, y verificar que estén conectados correctamente para así evitar daños al equipo, y lo que es más importante, daños al estudiante.

Se recomienda asignar un encargado del laboratorio con conocimientos en mecatrónica, para llevar de una manera precisa y ordenada el funcionamiento del mismo y pueda conservarlos en buen estado.

Se recomienda al personal encargado de realizar las adquisiciones de los materiales, equipos y herramientas necesarias para estos proyectos que realicen su trabajo de una manera más rápida, ya que de esta manera estos trabajos se lo realizarán en un menor tiempo.

Recomendamos colocar una malla más estrecha alrededor de la caseta, para evitar el ingreso de piedras o basuras que puedan causar daños al compresor.

BIBLIOGRAFÍA

1. **G U N T E R , G S e i p .** Instalaciones Eléctricas. 2da.ed. Berlín: Siemens, 1989.
2. **B O L T O N , W .** Mecatrónica. Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería
Mecánica y Eléctrica. 3ra.ed. México: 2006
3. **F L O R E S , M .** Redes de Computadoras. 1^{ra}.ed. Perú: Macro, 2007.
4. **C A R R A N Z A , J .** Implementación y Configuración de Redes. 1^{ra}.ed. Perú:
Megabyte, 2006.
5. **M O N T A L V O , P .** Neumática. 1^{ra}.ed. Ambato: 2006.
6. **F E S T O .** Aire Comprimido, Fuente de Energía Preparación y Distribución.
México: 2007
7. **M O R O C H O , M .** Administración de Mantenimiento. 1^{ra}.ed. Riobamba: 2004.
8. **T E C S U P .** Planificación y Programación del Mantenimiento. 1^{ra}.ed. Perú: 2008
9. **M O R A L E S , V .** Implementación de una Estación de Distribución Automática.
1^{ra}.ed. Riobamba: 2006.

LINKOGRAFÍA

1. Instalaciones eléctricas
<http://www.mailxmail.com/curso-introduccion-instalaciones-electricas>
28/01/2008
2. Selección de Breakers
<http://www.mitecnologico.com/Main/InstalacionElectrica>
30/01/2008
3. Puesta a tierra
www.scribd.com/doc/93519/Instalaciones-Electricas-Manual-Practico
12/02/2008
4. Mecatrónica
www.festo.com/didactic
10/04/2008
5. Distribución del aire comprimido
www.monografias.com
23/04/2008
6. Selección de la red de aire comprimido
Normas de laboratorio\Norma cetup.htm
09/05/2008
7. Plan de Mantenimiento
<http://www.solomantenimiento.com/>
15/08/2008