

ISBN: 978-99923-982-4-1

**ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**



**SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN AUTOMATIZACIÓN
ELECTRONEUMÁTICA PARA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA
Y LA ACADEMIA SALVADOREÑA**

FONDO DE INVESTIGACIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR, FIES
DIRECCIÓN NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR, DNES
MINISTERIO DE EDUCACIÓN, MINED

ESCUELAS PARTICIPANTES:

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

DIRECTOR COORDINADOR DEL PROYECTO:

ING. MARIO ALFREDO MAJANO GUERRERO

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:

ING. RENÉ MAURICIO HERNÁNDEZ ORTIZ

DOCENTES INVESTIGADORES PARTICIPANTES:

**ING. RIGOBERTO ALFONSO MORALES HERNÁNDEZ
ING. OVANIO HUMBERTO HERNÁNDEZ ORTIZ**

SANTA TECLA, JULIO DE 2011

ISBN: 978-99923-982-4-1

ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN



**SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN AUTOMATIZACIÓN
ELECTRONEUMÁTICA PARA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA
Y LA ACADEMIA SALVADOREÑA**

FONDO DE INVESTIGACIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR, FIES
DIRECCIÓN NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR, DNES
MINISTERIO DE EDUCACIÓN, MINED

ESCUELAS PARTICIPANTES:

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

DIRECTOR COORDINADOR DEL PROYECTO:

ING. MARIO ALFREDO MAJANO GUERRERO

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:

ING. RENÉ MAURICIO HERNÁNDEZ ORTIZ

DOCENTES INVESTIGADORES PARTICIPANTES:

ING. RIGOBERTO ALFONSO MORALES HERNÁNDEZ

ING. OVANIO HUMBERTO HERNÁNDEZ ORTIZ

SANTA TECLA, JULIO DE 2011

AUTORIDADES

Rectora

Licda. Elsy Escolar Santo Domingo

Vicerrector Académico

Ing. José Armando Oliva Muñoz

Vicerrectora Técnica Administrativa

Inga. Frineé Violeta Castillo de Zaldaña

EQUIPO EDITORIAL

Lic. Ernesto Girón

Ing. Mario Wilfredo Montes

Ing. Jorge Agustín Alfaro

Licda. María Rosa de Benitez

Licda. Vilma Cornejo de Ayala

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

Ing. Mario Wilfredo Montes

Ing. David Emmanuel Agreda

Lic. Ernesto José Andrade

Sra. Edith Cardoza

AUTORES

Ing. René Mauricio Hernández Ortiz

Ing. Rigoberto Alfonso Morales Hernández

Ing. Ovanio Humberto Avalos García

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborado por el Sistema Bibliotecario ITCA - FEPADE

670.427

H476s Hernández Ortiz, René Mauricio

Sistema de entrenamiento en automatización electroneumática para aplicación en la industria y la academia salvadoreña / Por René Mauricio Hernández Ortiz... [et al.] . - 1ª ed. – Santa Tecla, El Salvador: Escuela Especializada en Ingeniería ITCA FEPADE, 2011.

90 p. ; il. ; 28 cm.

ISBN: 978-99923-982-4-1 (impreso)

1. Neumática. 2. Industria - Automatización. 3. Máquinas neumáticas. I. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA FEPADE.

II. Título.

El Documento **Sistema de entrenamiento en automatización electroneumática para aplicación en la Industria y la academia salvadoreña**, es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA – FEPADE. Este informe de investigación ha sido concebido para difundirlo entre la comunidad académica y el sector empresarial, como un aporte al desarrollo del país. El contenido de la investigación puede ser reproducida parcial o totalmente, previa autorización escrita de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA – FEPADE o del autor. Para referirse al contenido, debe citar la fuente de información. El contenido de este documento es responsabilidad de los autores.

Sitio web: www.itca.edu.sv

Correo electrónico: biblioteca@itca.edu.sv

Tiraje: 16 ejemplares

PBX: (503) 2132 – 7400

FAX: (503) 2132 – 7423

ISBN: 978-99923-982-4-1 (impreso)

Año 2011

CONTENIDO

	Página
1. RESUMEN EJECUTIVO.....	4
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
2.1. Descripción del problema.....	5
2.2. Justificación.....	5
2.3. Objetivos.....	6
2.3.1. Objetivo General.....	6
2.3.2. Objetivos Específicos.....	6
3. ANTECEDENTES.....	7
4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
5. RESULTADOS.....	12
6. CONCLUSIONES.....	13
7. RECOMENDACIONES.....	14
8. ANEXOS.....	14
8.1. Investigación de campo.....	15
8.2. Resultados de la investigación de campo.....	24
8.3. Memoria de cálculo.....	49
8.4. Componentes del sistema en sus bases.....	58
8.5. Memoria fotográfica del montaje de elementos.....	67
8.6. Capacitaciones recibidas.....	76
8.7. Programas para relés inteligentes y PLC.....	81

1. RESUMEN EJECUTIVO

Se presenta en este documento el informe final de la ejecución del proyecto de investigación aplicada **“Sistema de entrenamiento en automatización electroneumática para aplicación en la industria y la academia salvadoreña”**, efectuada por la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA – FEPADE y financiada por el Fondo de Investigación de Educación Superior (FIES) y fondos propios. Este proyecto se enmarca en área de conocimiento de Tecnología y en la línea de investigación de Manufactura – Automatización. El objetivo principal del proyecto fue fabricar un entrenador lo más versátil y flexible posible, con elementos electroneumáticos existentes en el mercado y de utilización industrial, por lo cual en el desarrollo de dicho proyecto, participaron ingenieros y técnicos de diferentes Escuelas académicas del ITCA – FEPADE, que constituyó un equipo multidisciplinario.

Para que el proyecto respondiera a su objetivo principal, se realizó una investigación de campo. Dicha investigación de campo consistió en visitar empresas industriales, para identificar los elementos electroneumáticos que utilizan en sus maquinarias de producción. La investigación de campo proporcionó los insumos necesarios para la redacción de los problemas, que se proponen en el manual de teoría y problemas, que se anexa al informe.

El entrenador consiste de un banco y de múltiples elementos electroneumáticos y electrónicos, que servirán para el armado de cualquier circuito electroneumático que simule el control de una máquina industrial, ya que será utilizado por alumnos del ITCA-FEPADE, ingenieros de la industria, alumnos de universidades y personal en entrenamiento de empresas, que son financiadas por INSAFORP o particularmente, el sistema de entrenamiento se diseñó teniendo en cuenta las necesidades de ser ergonómico, para evitar la fatiga de los usuarios.

Entre los productos obtenidos de esta investigación son: Un banco para la ubicación y fijación de los elementos electroneumáticos (electroválvulas, cilindros, válvulas reguladoras de velocidad, etc.), PLC de uso industrial, sensores (inductivos, capacitivos, de detección de color, etc.), ventosas para tomar piezas, manos neumáticas, etc. Todos son elementos que utiliza la industria y para ser ocupados en el entrenador, se diseñaron bases de montaje. Se diseñó un circuito electrónico de protección de sensores, se escribió un manual de teoría y problemas y un manual de usuario, que tiene recomendaciones de mantenimiento de los diferentes elementos. Se adquirió un software para el control de procesos industriales, que empresas industriales salvadoreñas de vanguardia ya utilizan.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

Cada día la automatización gana más terreno en la industria salvadoreña, permitiendo mayor productividad y más competitividad para el mundo globalizado.

Con frecuencia las empresas industriales requieren la solución de problemas de automatización electro neumática, para lo cual diseñan circuitos electroneumáticos a la medida de las necesidades de una maquinaria específica. No obstante no se dispone de un equipo con el cual se pueda verificar el funcionamiento de los circuitos diseñados, previo a la compra de los componentes y la instalación del mismo. En caso de mal funcionamiento del circuito diseñado, se requiere hacer las correcciones en la máquina, lo cual ocasiona incrementos en costos y tiempo, interfiriendo también con el proceso de producción.

Por otra parte, a nivel nacional no se dispone de un sistema entrenador electroneumático versátil, que permita hacer ejercicios y desarrollar problemas didácticos desde el nivel básicos a hasta complejos, y con apertura para probar diseños de nuevos circuitos, en función de formar técnicos y profesionales competentes en esta especialidad.

2.2. Justificación

De los entrenadores didácticos que actualmente se fabrican a nivel internacional, la mayoría son diseñados con configuraciones rígidas, es decir, cuentan con un número limitado de elementos y su distribución está prefijada en un tablero, lo que los limita a un número de prácticas fijas y no permiten soluciones creativas a problemas reales en el campo industrial, por lo tanto, tienen un límite para las prácticas y ejercicios que se pueden realizar con ellos.

Otros equipos disponibles presentan cierta versatilidad que permite que sus diferentes elementos se puedan montar y desmontar en un tablero individualmente pero, tienen un número limitado de componentes, lo que también restringe el número de prácticas y ejercicios a realizar.

El sistema de entrenamiento en automatización electroneumática, servirá para:

- Entrenar a estudiantes del nivel técnico y de ingeniería de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE y otras IES.
- Entrenar y actualizar a técnicos y profesionales que trabajan en el campo de electroneumática.

- Facilitar la prueba de diseños a los ingenieros que estén proyectando modificar una máquina.
- Facilitar a las empresas industriales un entrenador versátil que permita probar sus diseños electroneumáticos.

La innovación tecnológica del entrenador didáctico está enfocada en probar circuitos electroneumáticos de diferente complejidad y diseño; permite la captura de datos y su presentación en un ambiente gráfico de computadora, lográndose la versatilidad de un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), consistente en un sistema de monitoreo y control de procesos industriales utilizando una computadora; además permite flexibilidad al incluir diferentes elementos de control, que son Controladores Lógicos Programables (PLC) de diferentes capacidades.

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo General

Desarrollar un entrenador didáctico versátil para la simulación y prueba real de circuitos electroneumáticos industriales, utilizando tecnologías de control y automatización.

2.3.2. Objetivos Específicos

OBJETIVO 1:

Investigar las principales aplicaciones de automatización electroneumática en la industria salvadoreña para identificar el tipo de circuitos que el entrenador deberá ser capaz de ejecutar. Las aplicaciones serán descritas en un manual.

OBJETIVO 2:

Diseñar un entrenador electroneumático versátil con los componentes más utilizados en la industria salvadoreña.

OBJETIVO 3:

Construir un entrenador electroneumático que permita realizar ejercicios, desarrollar problemas y pruebas de aplicación industrial.

3. ANTECEDENTES

Los entrenadores del área neumática que se proveen en el mercado internacional constan de un banco y accesorios para el mismo. Las prácticas normalmente se dividen en niveles de dominio de la técnica:

- a) El nivel básico consta de cilindros de doble efecto, electroválvulas 4 / 2 de retorno por resorte, relés, luces indicadoras y pulsadores de inicio y alto.
- b) El nivel intermedio agrega los límites de carrera y electroválvulas de 5 / 2.
- c) El nivel avanzado agrega además contadores, relés de tiempo y sensores.

Los entrenadores existentes pueden variar desde contener los tres niveles hasta aquellos que incluyen el nivel básico para luego comprarse por separado los componentes para cada uno de los niveles superiores.

Las diferencias que se encuentran entre los diferentes proveedores de equipos didácticos, es que algunos traen los elementos fijos en el tablero y otros equipos, traen los elementos disponibles para montar en un tablero individualmente de acuerdo a un diseño preestablecido, pero presentan como limitantes la cantidad de sus elementos, el número de circuitos y no contar con apertura para probar diseños de nuevos circuitos.

Las empresas proveedoras y diseñadoras de equipos didácticos de mayor reconocimiento a nivel internacional son las siguientes: FESTO GMBH, Lucas Nülle, GUNT HAMBURG, DEGEM SYSTEMS y DLorenzo.

4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de esta investigación, se partió de una investigación de campo, que consistió en visitar diferentes plantas industriales, donde se analizaron los sistemas electroneumáticos de control de las máquinas. Las visitas suministraron los insumos necesarios para formular los problemas que se incluyeron en el manual que acompaña al entrenador. Uno de los principales objetivos de la investigación de campo consistió en identificar circuitos electroneumáticos reales, tanto para incluirlos en el manual de problemas, como para dimensionar el entrenador de acuerdo al circuito más complejo que se observó en las empresas y en los entrenadores existentes.

En tal sentido, los problemas a resolver en el entrenador fueron determinados por el resultado de la investigación de campo en el sector industrial salvadoreño.

Otro de los objetivos que tenía el estudio de campo era identificar no solamente circuitos electroneumáticos en su conjunto, sino también los elementos que lo conforman. Entre los elementos más importantes que se identificaron están los tipos de Controladores Lógicos Programables (PLC) que se utilizan, a fin de integrarlos en el entrenador.

La siguiente parte del proyecto de investigación tuvo como objetivo primordial, diseñar el entrenador, tomando en cuenta las exigencias técnicas que son producto del trabajo de campo y las necesidades ergonómicas. El diseño ergonómico del entrenador tiene como fundamento el trabajo en jornadas prolongadas, por parte de los usuarios. El diseño estructural, provee rigidez y durabilidad al entrenador, pero al mismo tiempo estética y funcionabilidad.

La parte de construcción y pruebas se realizó en las instalaciones de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Sede Central.

Este proyecto incluyó la participación y colaboración de 4 empresas del área industrial salvadoreña que cuentan con equipos electroneumáticos en sus procesos industriales. Los ingenieros y técnicos especialistas de las empresas brindaron asesoría técnica permanente para alcanzar los objetivos y resultados del proyecto.

El sistema de entrenamiento en automatización electroneumática consta de elementos disponibles localmente para aplicaciones industriales, tales como: cilindros de doble efecto, electroválvulas, sensores, reguladores de flujo, relés, bandas transportadoras, PLC, entre otros. La inclusión de los diferentes elementos permitirá el armado o construcción de circuitos electroneumáticos, desde los más simples hasta los más complejos.

El entrenador consta de una superficie horizontal para la instalación de los circuitos y las bandas transportadoras, que se usarán en la solución de problemas propuestos.

Se incorporaron componentes de alta tecnología, permitiendo una configuración adecuada con todos los componentes del sistema, logrando así una variedad de combinaciones seguras, ágiles y apropiadas para realizar los ejercicios de electroneumática.

El entrenador contiene los elementos y componentes que complementan a los de alta tecnología, permitiendo a los usuarios desarrollar ejercicios y prácticas, así como plantear y resolver problemas de circuitos electroneumáticos.

La metodología de la investigación, se encuentra resumida en cuadros siguientes. La forma de presentar la metodología es: Se define el objetivo que se pretendía alcanzar, luego se describen las actividades y las metas alcanzadas.

La parte más importante del objetivo 1, fue la investigación de campo manual), que proporcionó todo el marco de referencia para las siguientes etapas. Con los insumos de la investigación de campo, se procedió a escribir los problemas del manual y en base a estos últimos, se redactó la lista de los elementos electroneumáticos y electrónicos que se adquirieron.

La metodología de la investigación de campo, se basó en un cuestionario guía (ver anexo No 1) que contenía las preguntas que se formularon al personal de mantenimiento de las empresas visitadas y que proporcionó, el listado de elementos comprados y los problemas que contiene el

El resto de trabajo fue diseñar el banco del entrenador y las bases para los elementos comprados.

OBJETIVOS	METODOLOGIA A UTILIZADA	META
<p>OBJETIVO 1: Investigar las principales aplicaciones de automatización electroneumática en la industria salvadoreña para identificar el tipo de circuitos que el entrenador deberá ser capaz de ejecutar. Las aplicaciones son descritas en un manual.</p>	<p>Actividad 1: Investigación de campo. Se realizaron visitas de campo a 20 empresas seleccionadas del sector industrial nacional, para identificar las aplicaciones más comunes de automatización electroneumática. En las visitas se entrevisto a los profesionales responsables del mantenimiento y se identificaron los diferentes tipos de aplicaciones electroneumáticas en la maquinaria. (Anexo No 1)</p> <p>Actividad 2: Elaboración de manual de prácticas y problemas. Se elaboró una lista de problemas de automatización comunes en la industria salvadoreña para ser solucionados por los usuarios en el entrenador a construir. Se redactaron guías de problemas de automatización electroneumática. Los problemas propuestos son aplicaciones industriales identificadas en las visitas a empresas. (Anexo No 8)</p> <p>Actividad 3: Selección de componentes. Se elaboro una lista de diferentes elementos de automatización electroneumática utilizados en el sector industrial salvadoreño. Se seleccionaron los componentes que se utilizarán en las prácticas propuestas en el manual y se gestiono la compra de estos para incluirlos en el entrenador a construir. (ver anexo No 2)</p> <p>Actividad 4: Selección de bandas transportadoras. Se seleccionó un tipo de banda transportadora y especificación de otros elementos para hacer más versátil la banda trasportadora seleccionada, sobre la base del manual de prácticas y se gestionó la compra de estos elementos.</p>	<p>Un manual didáctico de prácticas que contiene los problemas identificados en la investigación. (Anexo No 8)</p>

OBJETIVOS	METODOLOGIA A UTILIZADA	META
<p>OBJETIVO 2: Diseñar un banco entrenador electroneumático versátil con los componentes más utilizados en la industria salvadoreña.</p>	<p>Actividad 1: Diseño ergonómico y estructural del banco entrenador. Se diseñó la ergonomía y estructura del entrenador, para permitir al equipo de usuarios trabajar cómodamente y sin fatiga.</p> <p>Actividad 2: Elaboración de planos de construcción del entrenador. Se elaboraron los planos de construcción del entrenador con todas las especificaciones técnicas de sus componentes y otros requerimientos para la construcción. Se gestiono la compra de los materiales y equipos necesarios para la construcción.</p> <p>Actividad 3: Diseño de bases para elementos electroneumáticos. Se diseñaron las bases que permiten montar los elementos electroneumáticos en la placa de trabajo del entrenador. Estas bases permitirán una fácil manipulación de los elementos y seguridad para el elemento y para el usuario. Se gestiono la compra de los materiales necesarios para su construcción.</p> <p>Actividad 4: Diseño de circuitos electrónicos de protección y acondicionamiento de señal. Se diseñaron los circuitos electrónicos de protección de los sensores y del entrenador, así como la fuente de alimentación. Estos circuitos protegerán a los elementos electroneumáticos de posibles malas conexiones por el usuario. Se gestiono la compra de los elementos para los circuitos de protección.</p> <p>Actividad 5: Programación de automatización del entrenador. Se programo la automatización del entrenador utilizando un software en ambiente SCADA.</p>	<p>Juego de planos mecánicos, eléctricos y electrónicos del entrenador (anexo No 9)</p> <p>Lista de materiales y componentes necesarios para la construcción (anexo No 2)</p> <p>Programa de automatización en ambiente SCADA.</p> <p>(anexo No 7)</p>

OBJETIVOS	METODOLOGIA A UTILIZAR	META
<p>OBJETIVO 3: Construir un entrenador electroneumático que permita realizar pruebas de aplicación industrial.</p>	<p>Actividad 1: Construcción del banco entrenador. Se construyó el banco del entrenador. Se instalo el sistema de alimentación de aire comprimido, alimentación eléctrica y la interface con la computadora (ver anexo No 9).</p> <p>Actividad 2: Elaboración de tarjetas electrónicas de protección. Se elaboraron las tarjetas electrónicas que protegerán los elementos electroneumáticos (ver anexo No 9).</p> <p>Actividad 3: Elaboración de tarjetas electrónicas acondicionadoras de señal. Se elaboraron las tarjetas electrónicas para acondicionamiento de las señales de los sensores que se conectarán en una tarjeta de adquisición de datos (ver nota en hoja de productos esperados).</p> <p>Actividad 4: Elaboración de bases de elementos. Se elaboraron las bases que permitirán montar los elementos electroneumáticos en la placa de trabajo del entrenador (ver anexo No 4).</p> <p>Actividad 5: Pruebas y ajustes finales. Se realizarán pruebas con circuitos electroneumáticos de cuatro niveles: (1) básicos, es decir, aplicando relees. (2) Intermedios, utilizando PLC básicos, (3) nivel avanzado con PLC y (4) nivel experto utilizando el software de automatización industrial.</p> <p>Actividad 6: Elaboración de manual de usuario. Se elaborará un manual con instrucciones para el uso y mantenimiento del banco entrenador.</p>	<p>Entrenador finalizado y probado.</p>

5. RESULTADOS

1. **Banco entrenador de pruebas de sistemas de automatización electroneumática**, instalado en la tercera planta del edificio D, laboratorio de robótica de la Escuela de Mecatrónica, Sede Central del ITCA – FEPADE. El material seleccionado para la construcción total es aluminio, por dos razones importantes: a) Por su poco peso y b) por la presentación estética.
2. **Manual didáctico de teoría y problemas**. La teoría ha sido recopilada de la información que existe en libros, manuales y hojas de internet. Los problemas tienen la característica de ser un planteamiento de un problema industrial, derivados de la investigación de campo.
3. **Sistema de protección del entrenador**. El entrenador es protegido de sobre voltaje y corriente, por la caja general de alimentación y los elementos son protegidos por el diseño de la fuente de alimentación para cada aplicación.
4. **Tarjeta electrónica de protección de los sensores**. Los sensores por ser elementos electrónicos delicados en su conexión eléctrica, es necesario protegerlos para que no sean dañados.
5. **Programas para simulación de circuitos electroneumáticos**. Los programas que escritos para la manipulación de circuitos electroneumáticos, son para ser utilizados en los relés inteligentes, PLC y el software SCADA y se presentan solamente como ejemplos de las posibilidades de dichos elementos.
6. **Manual de usuario**: Compila recomendaciones para el mantenimiento y cuidados del equipo. La primera parte, se conforma con los diagramas eléctricos de los montajes realizados de los diferentes elementos, mostrando principalmente, el alambrado de los PLC.
7. **Programas para relés inteligentes, PLC y la utilización del software SCADA**. Los programas solamente se han escrito como un ejemplo de lo que se puede realizar en el entrenador.
8. **Conjunto de planos y diagramas de construcción**. Los planos y diagramas de construcción se incorporaron al manual de usuario, como práctica común en los constructores de máquinas industriales.

NOTA:

El anteproyecto contemplaba el diseño de tarjetas de interface, que serian utilizadas para transferir información y datos desde los circuitos hasta la computadora, pero este diseño estaba adaptado para la utilización de un software de uso de laboratorio, pero la investigación de campo demostró, que dicho software no se utiliza en la industria, por lo que se compro uno que utilizan las empresas industriales para control de proceso, lo que permitió eliminara las tarjetas de interface.

6. CONCLUSIONES

- La información obtenida de la investigación de campo fue importante para el desarrollo del proyecto de investigación.
- La información proporcionada por la Empresas, durante el trabajo de campo, fue gracias a la excelente relación que tiene el ITCA – FEPADE con las mismas.
- El entrenador conjuga tecnología básica, así como, tecnología avanzada.
- En el entrenador se pueden armar circuitos de control con relés electromecánicos (tecnología básica), así como, utilizando PLC y controlados desde una HMI ó desde una computadora, con el software SCADA.
- La cantidad de elementos adquiridos para el entrenador, permite armar circuitos hasta con 20 cilindros, varios motores AC, un DC y un servo al mismo tiempo, haciendo al entrenador lo más versátil posibles.
- Los proveedores locales de elementos electroneumáticos y electrónicos, brindaron toda la información que se requirió de ellos y facilitaron las capacitaciones solicitadas.
- Los ingenieros que participaron como equipo asesor externo, compartieron su experiencia y su tiempo, para aportar excelentes ideas para la conclusión del proyecto.
- Las compras de algunos componentes del entrenador, que se realizó con el proveedor local, requirió que estos los solicitaran al exterior, por lo que su entrega tardo más de lo previsto, por lo que en proyectos de esta envergadura, deberá tenerse en cuenta dicho tiempo.
- El cuerpo docente y técnico que participaron en la realización del proyecto, tiene la capacidad y la experiencia suficiente para realizar trabajos de este tipo.
- Los alumnos que colaboraron con el montaje de los diferentes elementos, de estos mecánicos, eléctricos o electrónicos, han adquirido una experiencia importante en su formación, por el hecho de manipular dispositivos industriales, que en las industrias forman parte de las máquinas y no pueden ser objeto de desmontar y montar para estudiarlos.
- El personal administrativo que estuvo involucrado en el desarrollo del proyecto, puso en juego su experiencia en compras y en el manejo de los procedimientos financieros requeridos para el manejo de fondos provenientes del estado. La asistencia proporcionada por él Director de investigación y sus

colaboradores, permitieron solventar muchos problemas de coordinación. Sin un equipo multidisciplinario no se concluye felizmente con un proyecto como este.

7. RECOMENDACIONES

- La tecnología de automatización, cambia rápidamente, por lo que el proyecto debe ser revisado continuamente y actualizado oportunamente, si se quiere mantener los objetivos iniciales.
- El sistema de entrenamiento en automatización electroneumática, se diseñó para que sea utilizado por personas que conocen de automatización por electroneumática, y no para los que inician en este campo.
- Promover el uso del sistema de entrenamiento en automatización electroneumática con otras Instituciones de Educación Superior.
- Hacer publicidad en el sector industrial para promover su uso y las posibles mejoras del entrenador.

8. ANEXOS

8.1. Investigación de campo	15
8.2. Resultados de la investigación de campo	24
8.3. Memoria de cálculo	49
8.4. Componentes del sistema en sus bases	58
8.5. Memoria fotográfica del montaje de elementos	67
8.6. Capacitaciones recibidas	76
8.7. Programas para relés inteligentes y PLC.	81

NOTA:

Los documentos resultantes de esta investigación, se han publicado por separado.

Dirección de Investigación y Proyección Social

ANEXO No 1:

INVESTIGACIÓN DE CAMPO

**SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN AUTOMATIZACIÓN ELECTRONEUMÁTICA PARA
APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA Y LA ACADEMIA SALVADOREÑA**

PARTICIPANTES:

Gerente Coordinador del Proyecto:	Ing. Mario Alfredo Majano Guerrero
Docente Investigador Responsable:	Ing. René Mauricio Hernández Ortiz
Asesor Investigador:	Ing. Ovanio Humberto Avalos García
Docente participante:	Ing. René Flores Monroy

Fondo de Investigación de Educación Superior, FIES

Dirección Nacional de Educación Superior, DNES

Ministerio de Educación, MINED

Introducción:

La investigación de campo se realizó en 20 empresas industriales de El Salvador, con el objetivo de identificar los elementos electroneumáticos que son de uso común para ellas, en sus máquinas automáticas de producción.

El segundo objetivo de la investigación de campo fue obtener insumos para redactar los problemas que se integrarían al manual de problemas, ambos objetivos se cumplieron.

El trabajo de campo, tuvo como metodología la siguiente:

1. Llamada telefónica solicitando permiso para visitar la planta. Esto lo realizó el Ing. Flores Monroy, que es la persona encargada de visitar las empresas donde se encuentran estudiantes de la carrera de Técnico en Ingeniería en Mecatrónica.
2. Una vez confirmada la hora de la visita, parte del equipo de investigadores se presentó a las instalaciones de la empresa.
3. En la empresa, se procedió a explicar a la persona encargada de mantenimiento, cuál era el objetivo de la visita y se le formularon las preguntas del cuestionario.
4. Por último, se realizó un recorrido por la planta observando los sistemas de control electroneumático de las diferentes máquinas.
5. Luego de la visita se digitalizaron los datos a un software estadístico, para luego obtener los resultados del total de las visitas.

A continuación se muestra la encuesta utilizada.



ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA E INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

Sistema de entrenamiento en automatización

Electroneumática para

aplicación en la industria y la academia salvadoreña.

Encuesta:

COMPONENTES ELECTRONEUMÁTICOS DE USO COMÚN

EN LA INDUSTRIA SALVADOREÑA

Objetivo de la encuesta:

La presente encuesta tiene como objetivo fundamental, identificar los componentes y los circuitos de control automáticos o semiautomáticos electroneumáticos que son utilizados en la industria, con el fin de construir un entrenador para el uso de estudiantes de las carreras técnicas de la Escuela especializada en ingeniería ITCA – FEPADE. La información proporcionada por las empresas se utilizara para diseñar un manual de prácticas que contendrá dichos circuitos, para que las prácticas de laboratorio sea lo más apegado a la realidad industrial. El equipo que se construirá se pondrá a disposición de las empresas, para que estas puedan simular los diseños o los cambios que requieran realizar en una de sus máquinas.

Nota importante: La información recolectada con esta encuesta, es totalmente confidencial.

Muchas gracias por su colaboración.

Santa Tecla, mayo de 2009

A. Datos de la empresa:

1. Nombre de la empresa: _____

2. Producto principal de fabricación: _____

3. Ciudad: _____

4. Persona entrevistada: _____

5. Cargo que desempeña la persona entrevistada: _____

6. Entrevistador: _____

7. Fecha de la entrevista: _____

B. Datos técnicos:

	Pregunta	Respuesta		Comentarios
1	¿Hay alguna o algunas maquinas que posea un sistema neumático ó hidráulico en uso?	Si		
		No		
2	Si la pregunta anterior es afirmativa, ¿cuál es el porcentaje del total de maquinas?	Neumática (%)		
		Hidráulica (%)		
3	¿Existe algún sistema de flujo de control de lazo cerrado en uso? servo-neumático, proporcional/servo-hidráulico	Si		
		No		
4	Si es afirmativo, ¿cuál es su relación?	Servo-neumática (%)		
		Servo-hidráulica (%)		
5	¿Existe otro control de lazo cerrado en uso dentro de su automatización de planta/proceso?	Si		
		No		

6	Si es afirmativo, ¿cuál?	Posicionamiento de ejes		
		Velocidad de motores		
		presión		
		Temperatura		
		Otros		
7	¿Hay algún sistema de producción controlado con PLC en uso?	Si		
		No		
8	Si es afirmativo, ¿cuál marca está utilizando mayormente?	Rockwell (Allen – Bradley)		
		Siemens		
		Omrón		
		Mitsubishi		
		General Electric		
		Panasonic		
		Otros, especifique.		

	Pregunta	Respuesta		Comentarios
9	Si es afirmativo ¿Hay algún sistema de bus de campo en uso para conectar sensores/actuadores y/o para conectar los controladores a una red?	AS-I		
		Interbus-S		
		Profibus		
		Industrial Ethernet		
		Foundation fieldbus		
		Otros		
		No hay bus de campo en uso		
10	Tipos de electroválvulas direccionales que utilizan comúnmente.			
11	Tipos de actuadores más utilizados.			
12	Tipos de sensores que utilizan.			
13	Otros tipos de válvulas que utilicen los circuitos electroneumáticos.			

14	Otros tipos de accesorios que utilicen en los circuitos electroneumáticos.		
15	¿Cuáles son los elementos electroneumáticos que con mayor frecuencia fallan?		
16	¿Cuáles son las fallas más frecuentes?		

	Pregunta	Respuesta		Comentarios
17	¿Es posible que la Empresa proporcione una copia de un circuito electroneumático para uso de los estudiantes de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA – FEPADE?			
18	¿Cuál es el nombre de la máquina cuyo diagrama electroneumático proporciona?			
19	¿Se pueden fotografiar algunos de los elementos que forman el circuito electroneumático de la máquina?			

Planificación de visitas a empresas.

No	Fecha	Empresa	Observaciones
1	02/06/2009	Solaire	San Salvador
2	03/06/2009	Inco	Se llamo a reunión de emergencia en el ITCA Soyapango
3	04/06/2009	Bon Appetit	Lourdes
		Indufoan	
		Pettenati	
4	05/06/2009	Iberplastic	Zaragoza
5	08/06/2009	IUSA	Soyapango
		Hecasa	Soyapango
6	15/06/2009	Ingenio azucarero CASSA	Izalco
		Lácteos San Julián	Izalco
		Lácteos la Salud	Sonsonate
7	16/06/2009	Laboratorios Healtco	Quezaltepeque
8	17/06/2009	Inco	Soyapango
		Mehler	Zacamil
9	18/06/2009	Laboratorios Paill	San Salvador
		Molsa	San Salvador
		Unilever	No permitieron el ingreso a la planta San Salvador
10	19/06/2009	Dar - Kolor	Opico
		Plastiglas	Opico
		Cafeco	Quezaltepeque
11	23/06/2009	Protecno	Opico
		Ingenio La Cabaña	Aguilares

Dirección de Investigación y Proyección Social

ANEXO No 2:

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO

SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN AUTOMATIZACIÓN ELECTRONEUMÁTICA PARA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA Y LA ACADEMIA SALVADOREÑA



PARTICIPANTES:

Gerente Coordinador del Proyecto: Ing. Mario Alfredo Majano Guerrero

Docente Investigador Responsable: Ing. René Mauricio Hernández Ortiz

Asesor Investigador: Ing. Ovanio Humberto Avalos García
Ing. René Flores Monroy

Fondo de Investigación de Educación Superior, FIES

Dirección Nacional de Educación Superior, DNES

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO:

Nombre del Proyecto: Sistema de entrenamiento en automatización electroneumática para aplicación en la industria y la academia salvadoreña.

Institución ejecutora: Escuela Especializada en Ingeniería ITCA FEPADE.

Objetivo 1:

Investigar las principales aplicaciones de automatización electroneumática en la industria salvadoreña, para identificar el tipo de circuitos que el entrenador deberá ser capaz de ejecutar. Las aplicaciones serán descritas en un manual.

Actividad 3:

Se elaborara una lista de diferentes elementos de automatización electroneumática utilizados en el sector industrial salvadoreño. Se seleccionarán los componentes que se utilizaran en las practicas propuestas en el manual y se gestionara la compra de estos para incluirlos en el entrenado a construir.

Justificación:

La investigación de campo, proporcionó las bases para formular los problemas que contiene el manual y lo más importante, permitió identificar los elementos electroneumáticos que más se utilizan en la maquinaria automática o semiautomática.

La redacción de los problemas del manual, permitió identificar los elementos específicos y las cantidades a ser utilizadas. Esta información se encuentra a continuación y se resume en el cuadro que se encuentra la final.

La información recolectada dio la pauta para contactar empresas que venden elementos electroneumáticos en el país y solicitar cotizaciones.

A continuación se listan los componentes electroneumáticos necesarios para la simulación de cada uno de los problemas del manual. Al finalizar la lista, se muestra un cuadro con las cantidades necesarias.

LISTA DE COMPONENTES ELECTRONEUMÁTICOS POR EJERCICIO

1. Ejercicio No 1: Sistema dispensador de piezas.

1. Cilindros de doble accionamiento: 2
2. Sensores de proximidad inductivos: 2
3. Sensores magnéticos de proximidad: 2
4. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de 1/4: 2
5. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 4
7. Mangueras para acoples de ¼ de pulg un mínimo de 2 m.
8. Distribuidor de aire comprimido: 1
9. Relees: 4
10. Botonera arranque y parada: 1
11. Conectores o cables eléctricos: 35

2. Ejercicio No 2: Sistema de clasificación de piezas por tipo de material.

1. Cilindros de doble accionamiento: 3
2. Sensores de proximidad inductivos: 2
3. Sensores de proximidad capacitivos: 2

4. Sensores magnéticos de proximidad: 3
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg necesarias: 4
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 6
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.:2.5 m.
9. Distribuidor de aire comprimido: 1
10. Relees: 6
11. Conectores o cables eléctricos: 50
12. Botonera de arranque y parada: 1
13. Banda transportadora: 1

3. Ejercicio No 3: Sistema de clasificación de piezas por tamaño.

1. Cilindros de doble accionamiento: 3
2. Sensores ópticos: 3
3. Sensores magnéticos de proximidad: 3
4. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de 1/4: 3
5. Válvulas reguladoras de velocidad: 6
6. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
7. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg :longitud necesaria 2.5 m.
9. Distribuidor de aire comprimido: 1
10. Relees: 6
11. Conectores o cables eléctricos: 50

12. Botonera de arranque y parada: 1

13. Banda transportadora: 1

4. Ejercicio No 4: Sistema de clasificación de piezas por color.

1. Cilindros de doble accionamiento: 3

2. Sensores de proximidad ópticos:

3. Sensores magnéticos de proximidad: 3

4. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de 1/4: 3

5. Válvulas reguladoras de velocidad: 6

6. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1

7. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.:2.5 m.

9. Distribuidor de aire comprimido: 1

10. Relees: 6

11. Conectores o cables eléctricos: 50

12. Botonera de arranque y parada: 1

13. Banda transportadora: 1

5. Ejercicio No 5: Corte de tubos de metal utilizando dos cilindros.

1. Cilindros de doble accionamiento: 2

2. Sensor de proximidad capacitivo: 1

3. Sensor de proximidad inductivo: 1

4. Sensores magnéticos de proximidad: 4

5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 2
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 4
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 2 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 1
10. Relees: 4
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 35

6. Ejercicio No 6: Corte de tubos de metal utilizando tres cilindros.

1. Cilindros de doble accionamiento: 3
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores magnéticos de proximidad: 6
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 3
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 6
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 3 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 1
10. Relees: 6
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 35

7. Ejercicio No 7: Corte de tubos de metal utilizando cuatro cilindros.

1. Cilindros de doble accionamiento: 4
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores magnéticos de proximidad: 8
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 4
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 8
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 4 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 1
10. Relees: 8
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 50

8. Ejercicio No 8: Traslado automático de piezas utilizando tres cilindros.

1. Cilindros de doble accionamiento: 3
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores magnéticos de proximidad: 6
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 3
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 6

7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 3 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 1
10. Relees: 6
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 35

9. Ejercicio No 9: Traslado automático de piezas utilizando seis cilindros.

1. Cilindros de doble accionamiento: 6
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores magnéticos de proximidad: 12
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 6
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 12
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 5 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 2
10. Relees: 12
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 60

10. Ejercicio No 10: Armado de una caja de embalaje.

1. Cilindros de doble accionamiento: 4
2. Sensor de proximidad capacitivo: 4
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores magnéticos de proximidad: 8
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 4
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 8
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 4 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 2
10. Relees: 8
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 60

11. Ejercicio No 11: Embalado de productos en una caja.

1. Cilindros de doble accionamiento: 3
2. Sensor de proximidad capacitivo: 3
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores magnéticos de proximidad: 6
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 3
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 6
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1

8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 2.5 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 1
10. Microcontrolador ó relé inteligente: 1
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 35

12. Ejercicio No 12: Sistema de tracción de una tira de material.

1. Cilindros de doble accionamiento: 3
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores magnéticos de proximidad: 6
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 3
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 6
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 3 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 1
10. Microcontrolador ó relé inteligente: 1
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 35

13. Ejercicio No 13: Sistema de dispensado de piezas a una tira preformada.

1. Cilindros de doble accionamiento: 3

2. Sensores de proximidad inductivos: 3
3. Sensores magnéticos de proximidad: 3
4. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de 1/4: 3
5. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 6
7. Mangueras para acoples de ¼ de pulg.: 3 m.
8. Distribuidor de aire comprimido: 1
9. Microcontrolador ó relé inteligente: 1
10. Botonera arranque y parada: 1
11. Conectores o cables eléctricos: 35

14. Ejercicio No 14: Sistema de sellado y corte de un producto contenido entre dos tiras de material.

1. Cilindros de doble accionamiento: 4
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores magnéticos de proximidad: 8
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 4
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 8
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 4 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 2
10. Microcontrolador ó relé inteligente: 1

11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 50

15. Ejercicio No 15: Máquina transportadora de placas y apilado en un número exacto.

1. Cilindros de doble accionamiento: 2
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensor óptico: 2
5. Sensores magnéticos de proximidad: 4
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 1
6. Electroválvula 5 / 3 con centro cerrado: 1
7. Válvulas reguladoras de velocidad: 4
8. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
9. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 4 m
10. Distribuidor de aire comprimido: 1
11. Microcontrolador o relé inteligente: 1
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 30

16. Ejercicio No 16: Llenado de carriles con número exacto de piezas.

1. Cilindros de doble accionamiento: 3
2. Sensor de proximidad capacitivo: 3

3. Sensor de proximidad inductivo: 3
4. Sensores magnéticos de proximidad: 6
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 2
6. Electroválvula 5 / 3 con centro cerrado: 1
7. Válvulas reguladoras de velocidad: 6
8. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
9. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 3 m
10. Distribuidor de aire comprimido: 1
11. Microcontrolador o relé inteligente: 1
12. Botonera arranque y parada: 1
13. Conectores o cables eléctricos: 35

17. Ejercicio No 17: Máquina rebanadora de piezas.

1. Cilindros de doble accionamiento: 4
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores magnéticos de proximidad: 8
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 4
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 8
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 4 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 1

10. PLC: 1
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 50

18. Ejercicio No 18: Máquina empaquetadora e resortes.

1. Cilindros de doble accionamiento: 5
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores magnéticos de proximidad: 10
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 5
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 10
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 5 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 3
10. PLC: 1
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 65

19. Ejercicio No 19: Máquina refiladora de bordes a piezas pegadas térmicamente.

1. Cilindros de doble accionamiento: 4
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1

4. Sensores magnéticos de proximidad: 8
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 4
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 8
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 4 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 1
10. PLC: 1
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 65

20. Ejercicio No 20: Máquina llenadora de tarros.

1. Cilindros de doble accionamiento: 10
2. Sensor de proximidad capacitivo: 5
3. Sensor de proximidad inductivo: 5
4. Sensores magnéticos de proximidad: 20
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 10
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 20
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 10 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 4
10. PLC: 1
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 100

21. Ejercicio No 21: Máquina de selección de tintas.

1. Cilindros de doble accionamiento: 3
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores ópticos: 2
5. Sensores magnéticos de proximidad: 6
5. Electroválvulas 5 / 3 con centro cerrado y con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 2
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 4
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 2 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 1
10. PLC: 1
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 30

22. Ejercicio No 22: Máquina embazadora de productos en bolsa.

1. Cilindros de doble accionamiento: 5
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores ópticos: 1
5. Sensores magnéticos de proximidad: 10
6. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 5

7. Válvulas reguladoras de velocidad: 10
8. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
9. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 6 m
10. Distribuidor de aire comprimido: 3
11. PLC: 1
12. Botonera arranque y parada: 1
13. Conectores o cables eléctricos: 70

23. Ejercicio No 23: Máquina roscadora automática de piezas cilíndricas.

1. Cilindros de doble accionamiento: 10
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores magnéticos de proximidad: 20
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 10
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 20
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 6 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 3
10. PLC: 1
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 80

24. Ejercicio No 24: Máquina fabricadora de cepillos de plástico.

1. Cilindros de doble accionamiento: 5
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores magnéticos de proximidad: 10
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 5
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 10
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 5 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 2
10. PLC: 1
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 60

25. Ejercicio No 25: Máquina de transporte y ajuste de dos piezas.

1. Cilindros de doble accionamiento: 13
2. Sensor de proximidad capacitivo: 2
3. Sensor de proximidad inductivo: 2
4. Sensores magnéticos de proximidad: 26
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 13
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 26
7. Pinza neumática: 1

8. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
9. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 12 m
10. Distribuidor de aire comprimido: 5
11. PLC: 1
12. Botonera arranque y parada: 1
13. Conectores o cables eléctricos: 150

26. Ejercicio No 26: Máquina automática de corte de tubos con su mesa dispensadora de piezas.

1. Cilindros de doble accionamiento: 10
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores magnéticos de proximidad: 20
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 10
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 20
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 10 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 3
10. PLC: 1
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 150

27. Ejercicio No 27: Máquina automática de embalado de productos en cajas.

1. Cilindros de doble accionamiento: 10
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores magnéticos de proximidad: 20
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 10
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 20
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 10 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 3
10. PLC: 1
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 150

28. Ejercicio No 28. Máquina automática empacadora de pastillas.

1. Cilindros de doble accionamiento: 10
2. Sensor de proximidad capacitivo: 1
3. Sensor de proximidad inductivo: 1
4. Sensores magnéticos de proximidad: 20
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 10
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 20
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1

8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 12 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 5
10. PLC: 1
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 150

29. Ejercicio No 29: Máquina de transporte y ajuste de dos piezas.

1. Cilindros de doble accionamiento: 13
2. Sensor de proximidad capacitivo: 2
3. Sensor de proximidad inductivo: 2
4. Sensores magnéticos de proximidad: 26
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 13
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 26
7. Pinza neumática: 1
8. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
9. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 12 m
10. Distribuidor de aire comprimido: 5
11. PLC: 1
12. Botonera arranque y parada: 1
13. Conectores o cables eléctricos: 150

30. Ejercicio No 30: Maquinas controladas por una red.

1. Cilindros de doble accionamiento: 20
2. Sensor de proximidad capacitivo: 2
3. Sensor de proximidad inductivo: 2
4. Sensores magnéticos de proximidad: 40
5. Electroválvulas 3 / 2 con acoples rápidos de ¼ de pulg.: 20
6. Válvulas reguladoras de velocidad: 40
7. Unidad de mantenimiento (Regulador de presión, Filtro y Lubricador FRL): 1
8. Manguera de aire comprimido de ¼ de pulg.: 250 m
9. Distribuidor de aire comprimido: 5
10. PLC: 2
11. Botonera arranque y parada: 1
12. Conectores o cables eléctricos: 350

CONSOLIDADO DE ELEMENTOS ELECTRONEUMÁTICOS.

No	Concepto	Cantidad	Observaciones
1	Cilindros de doble accionamiento Φ 16 mm y long. 50 mm	4	
2	Cilindros de doble accionamiento Φ 16 mm y long. 100 mm	4	
3	Cilindros de doble accionamiento Φ 16mm y long. 150 mm	4	
4	Cilindros de doble accionamiento Φ 16mm y long. 200 mm	2	
5	Cilindro de doble accionamiento Φ 8 mm y long. 30 mm	4	
6	Cilindro de doble accionamiento Φ 8 mm y long. 25 mm	2	
7	Cilindro de doble accionamiento Φ 10 mm y long. 50 mm	4	
8	Sensores de proximidad inductivos	6	
9	Sensores de proximidad capacitivos	6	
10	Sensores magnéticos de proximidad	10	
11	Sensores ópticos	4	
12	Sensores para detectar color	3	
13	Electroválvulas 3 / 2	20	A 24 voltios
14	Electroválvulas 5 / 3	5	A 24 voltios y de centro cerrado.
15	Unidad de mantenimiento (FRL)	2	
16	Válvula reguladora de velocidad	40	
17	Distribuidores de aire comprimido	5	

No	Concepto	Cantidad	Observaciones
18	Válvula reguladora de velocidad	40	Válvulas reguladoras de velocidad para ser utilizada en los cilindros.
19	Distribuidores de aire comprimido	5	Se utilizan de acuerdo a la necesidad.
20	Relees electromecánicos o de estado solido	15	Se utiliza la cantidad de acuerdo al problema que se está resolviendo.
21	Botoneras de arranque y parada	5	Se utilizan de acuerdo a la solución del problema propuesto.
22	Luces pilotos de señalización de funcionamiento (rojo, amarilla y verde)	10	Muchas veces las luces indican funcionamiento de un actuador y se utilizan de acuerdo al número de ellos.
23	PLC	2	En la solución de los ejercicios catalogados de nivel avanzado y experto, se utilizan de diferente marca. Por eso es necesario dos o tres marcas distintas.
24	Relees inteligentes o PLC de poca capacidad	2	De acuerdo con las características del problema a solucionar.

No	Concepto	Cantidad	Observaciones
26	Pantalla de visualización de proceso (HMI)	2	Para el nivel avanzado y nivel de expertos.
27	Software de programación de relees inteligentes	3	Uno por cada marca.
28	Software de programación de PLC	2	Uno por cada marca
29	Software SCADA para control de procesos	1	Se utiliza en el nivel avanzado y el nivel de experto.
30	Computadoras	2	Para la programación de los PLC y del software SCADA.
31	Cables de conexión entre PLC y PC	2	Según necesidad.
32	Motor eléctrico trifásico	1	
33	Motor de corriente directa	1	
34	Motor de servo - posicionamiento	1	
35	Variador de frecuencia, para control de velocidad de motores	2	
36	Accesorios varios		

Dirección de Investigación y Proyección Social

ANEXO No 3:

MEMORIA DE CÁLCULO

**SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN AUTOMATIZACIÓN ELECTRONEUMÁTICA PARA
APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA Y LA ACADEMIA SALVADOREÑA**



PARTICIPANTES:

Gerente Coordinador del Proyecto: Ing. Mario Alfredo Majano Guerrero

Docente Investigador Responsable: Ing. René Mauricio Hernández Ortiz

Asesor Investigador: Ing. Ovanio Humberto Avalos García

Fondo de Investigación de Educación Superior, FIES

Dirección Nacional de Educación Superior, DNES

Ministerio de Educación, MINED

1. MEMORIA DE CÁLCULO:

1.1. Cálculo de elementos de la estructura del entrenador:

1.2. PREMISAS DE CÁLCULO:

1. Después de haber pesado una serie de electroválvulas para aplicaciones electroneumáticas, se toma el valor mayor y se identifica como: $W_{EV} = 700$ gr.
2. Del manual de teoría y problemas, el problema No 30 es el que utiliza más electro válvulas y son 20, por lo tanto, es la base para el cálculo de peso.
3. Si el problema No 30 del manual, utiliza 20 electroválvulas, asumimos que necesita 20 cilindros y de los más grandes del entrenador y su peso es de: $W_c = 400$ gr.
4. Los accesorios que necesita el problema No 30, pesan muy poco en relación a las electroválvulas y los cilindros, por lo que el peso total se tomara como de unas 5 veces lo que pesan estos. El cálculo es:
 - a) Peso total de las electroválvulas:
 $W_{TEV} = 20 \times 700 = 14\ 000$ gr.
 - b) Peso total de los cilindros:
 $W_{TC} = 20 \times 400 = 8\ 000$ gr.
 - c) Peso total de electroválvulas y cilindros:
 $W_{TEVC} = 14\ 000 + 8\ 000 = 22\ 000$ gr.
 - d) El peso o carga total sobre el banco es:
 $W_T = 22\ 000 \times 5 = 110\ 000$ gr.
 $W_T = 110$ Kg.
 - e) La planta del entrenador es:

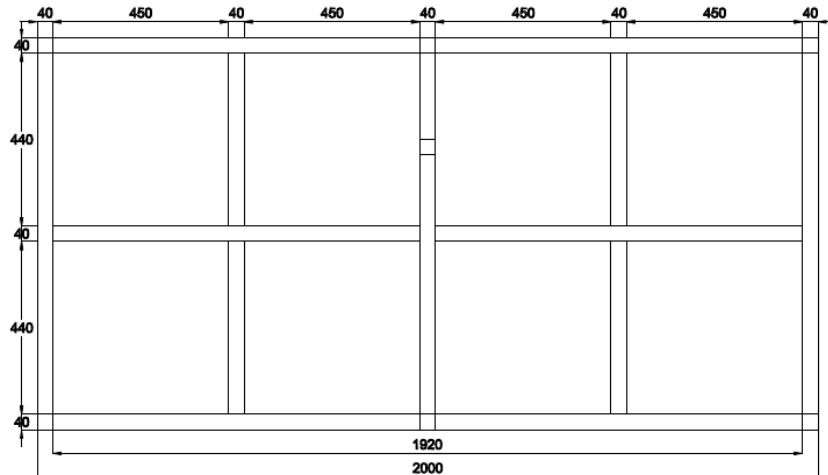


Fig. No 1: Planta de la estructura.

5. Calculo de esfuerzos para las secciones de 440 x 40 mm, que soportaran la carga.

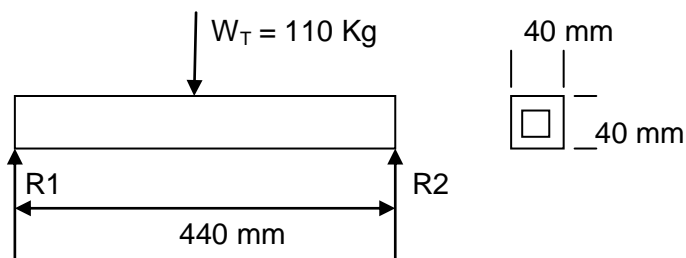


Fig. No 2: Esquema de elemento estructural analizado.

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$R1 + R2 - W = 0$$

$$R1 + R2 = 110$$

$$\Sigma M_{R1} = 0$$

$$-(110) \times (0.200) + R2 (0.440) = 0$$

$$R2 = (110 \times 0.200) / (0.400) = 55 \text{ Kg.}$$

$$R1 = W_T - R2 = 110 - 55 = 55 \text{ Kg.}$$

6. Calculo del esfuerzo cortante directo:

Asumiendo que la unión de las dos secciones es por medio de un perno.

$$\zeta = F / A$$

El diámetro del perno seleccionado es de 0.25 de pulgada y su equivalente en el sistema internacional es de 6.35 mm.

a) Partiendo del material del tornillo.

El material de los tornillos comerciales y sin código, se toma como que están contruidos de acero 1010 del código SAE / AISI laminado en frío y su límite elástico es: 179 MPa.

Aplicando la teoría de fallas para cortadura, se tiene:

$$\zeta = 0.5 \sigma = (0.5) (179) = 89.5 \text{ MPa} = 89.5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Como } \zeta = F / A$$

Despejando el área se tiene:

$$A = F / \zeta = (55 \text{ Kg} / 89.5 \times 10^6 \text{ N/m}^2) (9.81 \text{ N} / 1 \text{ Kg}) = 6.03 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A = 6.03 \text{ mm}^2$$

Esto equivale a un tornillo de diámetro 2.77 mm, por lo tanto si se utiliza un perno de diámetro de 6.35 mm soportara la carga.

b) Partiendo del diámetro del tornillo.

Siempre sabiendo que el tornillo estará sometido a un esfuerzo cortante, se tiene:

$$\zeta = F / A = (55 \text{ Kg}) / (\pi d^2 / 4) = (540 \text{ N}) / (\pi 6.35^2 / 4) = 17.06 \text{ MPa}$$

Pero el tornillo soporta un esfuerzo cortante de $89.5 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = \mathbf{89.5 \text{ MPa}}$

Por lo que el tornillo seleccionado soportara la carga que se coloque en el elemento de soporte.

7. Calculo de esfuerzo por flexión en el mismo elemento de soporte.

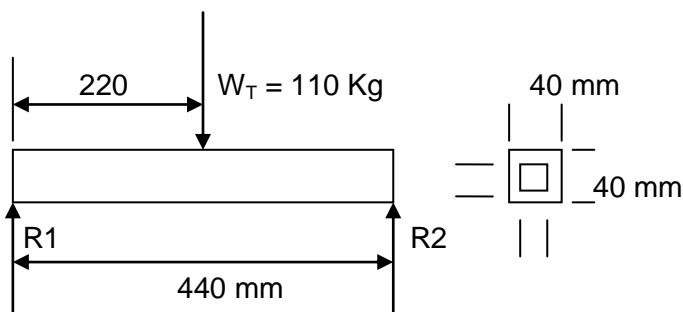


Fig. No 3: Elemento estructural analizado por cargas de flexión.

Las dimensiones interiores son de: 10 x 10 mm.

El esfuerzo por flexión se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\sigma = (M c) / I$$

Donde:

σ = Esfuerzo normal.

M = Momento flector.

c = Distancia entre el esfuerzo máximo y el eje neutro.

I = Momento de inercia.

M = F x L = 110 Kg x 220 mm = 24 200 Kg – mm

c = 40/2 = 20 mm

Momento de inercia para el área mayor.

$$I_1 = (1/12) (b) (h^3) = (1/12) (40) (20^3) = 26 666.67 \text{ mm}^4$$

Momento de inercia del área menor:

$$I_2 = (1/12)(10)(5^3) = 104.17 \text{ mm}^4$$

El momento de inercia total es:

$$I = I_1 - I_2 = 26 666.67 \text{ mm}^4 - 104.17 \text{ mm}^4 = 26562.50 \text{ mm}^4$$

Por lo tanto el esfuerzo normal es:

$$\sigma = (24 200 \text{ Kg – mm}) (20 \text{ mm}) / 26562.50 \text{ mm}^4 = 18.22 \text{ Kg/mm}^2 = \mathbf{182.2 \text{ MPa.}}$$

Como toda la estructura está construida con aluminio, **los datos para el aluminio son:**

$$\sigma = \mathbf{14 \text{ Ksi} = 14 000 \text{ psi} = 96.53 \text{ MPa}}$$

$$\zeta = \mathbf{8 \text{ Ksi} = 8 000 \text{ psi} = 55.16 \text{ GPa}}$$

Los datos anteriores fueron tomados del libro *Mecánica de Materiales de F. P. Beer y E. R. Johnston, tercera edición de McGraw – Hill.*

Esfuerzos calculados que soporta la sección seleccionada:

$$\sigma = \mathbf{182.2 \text{ MPa}}$$

$$\zeta = 17.06 \text{ MPa}$$

Comparando los datos calculados y los datos teóricos, se observa que los datos calculados son mayores que los datos del material, pero la premisa de análisis es que un solo elemento soporta toda la carga. La carga total es soportada por la estructura mostrada en la figura No 1, por lo tanto si resistirá la carga colocada sobre la placa de trabajo. Esta conclusión, se considera válida para las otras secciones que conforman la estructura superior del banco.

8. Calculo de esfuerzos para las secciones 900 x 40 mm.

Estos elementos estructurales son los centrales y al igual que los cálculos anteriores, las premisas siguen siendo iguales, es decir, el peso o carga es de 110Kg. Los esfuerzos calculados son: cortante para seleccionar los elementos de unión y esfuerzos de flexión, para garantizar que la superficie de trabajo se mantenga horizontal.

8.1. Calculo de esfuerzos cortante directo:

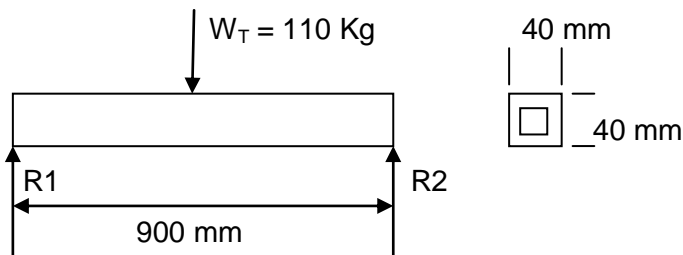


Fig. No 3: Esquema del elemento estructural analizado.

La fórmula para calcular el esfuerzo cortante es:

$$\sum F_y = 0$$

$$R1 + R2 - W = 0$$

$$R1 + R2 = 110$$

$$\sum M_{R1} = 0$$

$$-(110) \times (0.450) + R2 (0.900) = 0$$

$$R2 = (110 \times 0.450) / (0.900) = 55 \text{ Kg.}$$

$$R1 = W_T - R2 = 110 - 55 = 55 \text{ Kg.}$$

9. Calculo del esfuerzo cortante directo:

Asumiendo que la unión de las dos secciones es por medio de un perno.

$$\zeta = F / A$$

El diámetro del perno seleccionado es de 0.25 de pulgada y su equivalente en el sistema internacional es de 6.35 mm.

c) Partiendo del material del tornillo.

El material de los tornillos comerciales y sin código, se toma como que están contruidos de acero 1010 del código SAE / AISI laminado en frío y su límite elástico es: 179 MPa.

Aplicando la teoría de fallas para cortadura, se tiene:

$$\zeta = 0.5 \sigma = (0.5) (179) = 89.5 \text{ MPa} = 89.5 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Como } \zeta = F / A$$

Despejando el área se tiene:

$$A = F / \zeta = (55 \text{ Kg} / 89.5 \times 10^6 \text{ N/m}^2) (9.81 \text{ N} / 1 \text{ Kg}) = 6.03 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A = 6.03 \text{ mm}^2$$

Esto equivale a un tornillo de diámetro 2.77 mm, por lo tanto si se utiliza un perno de diámetro de 6.35 mm soportara la carga.

d) Partiendo del diámetro del tornillo.

Siempre sabiendo que el tornillo estará sometido a un esfuerzo cortante, se tiene:

$$\zeta = F / A = (55 \text{ Kg}) / (\pi d^2 / 4) = (540 \text{ N}) / (\pi 6.35^2 / 4) = 17.06 \text{ MPa}$$

Pero el tornillo soporta un esfuerzo cortante de $89.5 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = \mathbf{89.5 \text{ MPa}}$

Por lo que el tornillo seleccionado soportara la carga que se coloque en el elemento de soporte.

10. Calculo de esfuerzo por flexión en el mismo elemento de soporte.

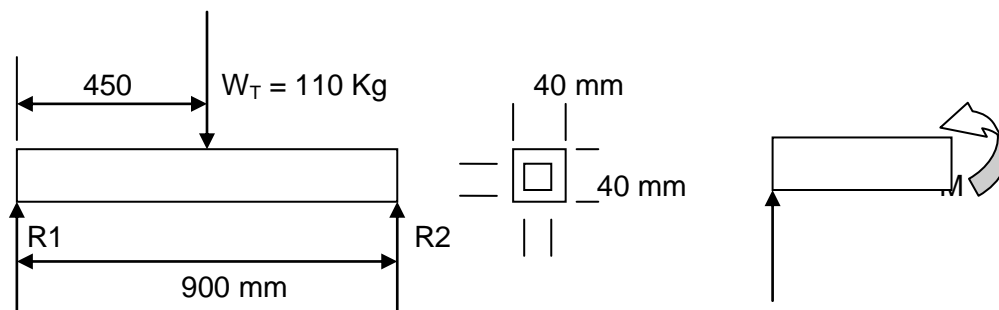


Fig. No 4: Elemento estructural analizado por cargas de flexión.

Las dimensiones interiores son de: 10 x 10 mm.

El esfuerzo por flexión se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\sigma = (M c) / I$$

Donde:

σ = Esfuerzo normal.

M = Momento flector.

c = Distancia entre el esfuerzo máximo y el eje neutro.

I = Momento de inercia.

M = F x L = 55 Kg x 450 mm = 24 750 Kg – mm

c = 40/2 = 20 mm

Momento de inercia para el área mayor.

$$I_1 = (1/12) (b) (h^3) = (1/12) (40) (20^3) = 26 666.67 \text{ mm}^4$$

Momento de inercia del área menor:

$$I_2 = (1/12) (10)(5^3) = 104.17 \text{ mm}^4$$

El momento de inercia total es:

$$I = I_1 - I_2 = 26 666.67 \text{ mm}^4 - 104.17 \text{ mm}^4 = 26562.50 \text{ mm}^4$$

Por lo tanto el esfuerzo normal es:

$$\begin{aligned} \sigma &= (24750 \text{ Kg – mm}) (20 \text{ mm}) / 26562.50 \text{ mm}^4 = 18.63 \text{ Kg/mm}^2 \left((1000 \text{ mm})^2 / (1 \text{ m})^2 \right) \\ &= (18630000 \text{ Kg} / \text{m}^2) (9.8 \text{ N} / 1 \text{ Kg}) = 182574000 \text{ N/m}^2 = 182.6 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Como toda la estructura está construida con aluminio, **los datos para el aluminio son:**

$$\sigma = 14 \text{ Ksi} = 14 000 \text{ psi} = 96.53 \text{ MPa}$$

$$\zeta = 8 \text{ Ksi} = 8 000 \text{ psi} = 55.16 \text{ GPa}$$

Los datos anteriores fueron tomados del libro *Mecánica de Materiales de F. P. Beer y E. R. Johnstón, tercera edición de McGraw – Hill.*

Esfuerzos calculados que soporta la sección seleccionada:

$$\sigma = 182.6 \text{ MPa}$$

$$\zeta = 17.06 \text{ MPa}$$

Comparando los datos calculados y los datos teóricos, se observa que los datos calculados son mayores que los datos del material, pero la premisa de análisis es que un solo elemento soporta toda la carga. La carga total es soportada por la estructura mostrada en la figura No 1, por lo tanto si resistirá la carga colocada sobre la placa de trabajo. Esta conclusión, se considera válida para las otras secciones que conforman la estructura superior del banco.

Dirección de Investigación y Proyección Social

ANEXO No 4:

COMPONENTES DEL SISTEMA EN SUS BASES

SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN AUTOMATIZACIÓN ELECTRONEUMÁTICA PARA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA Y LA ACADEMIA SALVADOREÑA



PARTICIPANTES:



Gerente Coordinador del Proyecto:	Ing. Mario Alfredo Majano Guerrero
Docente Investigador Responsable:	Ing. René Mauricio Hernández Ortiz
Asesor Investigador:	Ing. Ovanio Humberto Avalos García
Docente Investigador Participante:	Ing. Rigoberto Alfonso Morales Hernández Ing. Ricardo Ernesto Rivas Mendoza Ing. Francisco Rodolfo Ramos Jiménez
Alumnos participantes:	Estudiantes de la carrera de Técnico en Mecatrónica.

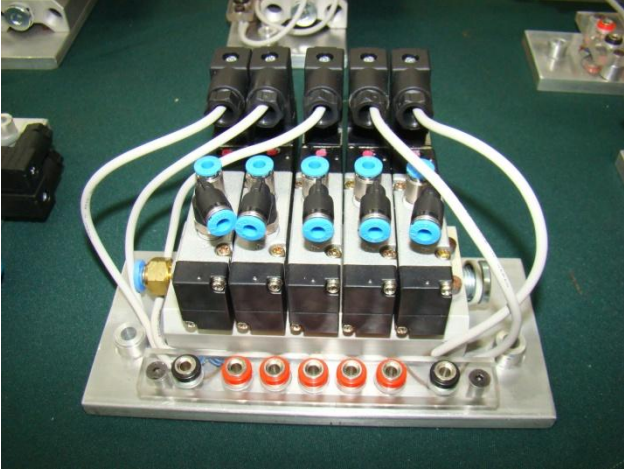

Fondo de Investigación de Educación Superior, FIES


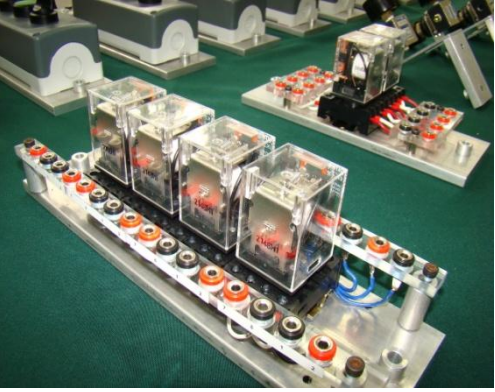
Dirección Nacional de Educación Superior, DNES



Ministerio de Educación, MINED

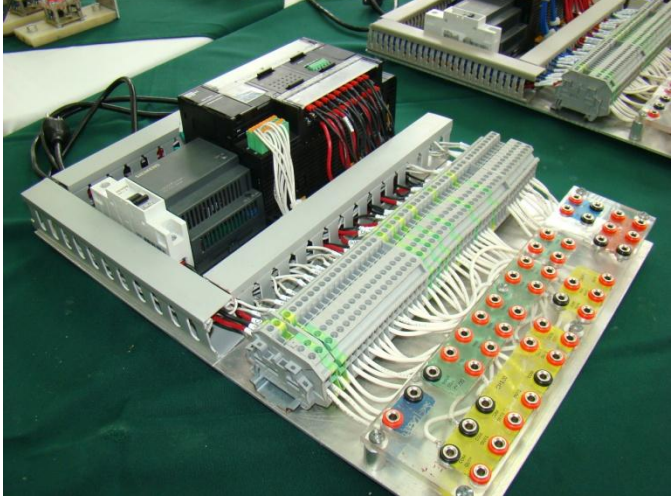

MONTAJE DE LOS ELEMENTOS:


EQUIPO	FOTO
Cilindro de doble efecto	
Sensores de proximidad inductivos y capacitivos.	





EQUIPO	FOTO
Electroválvulas 3 / 2 y 4/2	
Unidad de mantenimiento (FRL)	


EQUIPO	FOTO
Distribuidores de aire comprimido	
Reles electromecánicos o de estado solido	

EQUIPO	FOTO
<p>Botoneras de arranque y parada</p>	 <p>The photograph shows two grey electrical control boxes. The box in the foreground has a black emergency stop button on the left, a green start button in the middle, and a red stop button on the right. The box behind it has a red stop button on the left, a green start button in the middle, and a black emergency stop button on the right. To the right of the boxes are two terminal blocks with various colored wires connected to them.</p>
<p>Luces pilotos de señalización de funcionamiento (rojo, amarilla y verde)</p>	 <p>The photograph shows a grey electrical control box with three pilot lights on top: a green light on the left, a yellow light in the middle, and a red light on the right. To the right of the box is a terminal block with several wires connected to it.</p>

EQUIPO	FOTO
<p>Computadora para maquina industrial</p> <p>PLC</p>	
<p>Relees inteligentes o PLC de poca capacidad</p>	

EQUIPO	FOTO
<p>Fuentes de energía (24 VDC y 110 ó 220 VCA)</p>	
<p>Pantalla de visualización de proceso (HMI)</p>	

EQUIPO	FOTO
Motor eléctrico trifásico	
Motor de corriente directa	
Motor de servo - posicionamiento	
Variador de frecuencia, para control de velocidad de motores	

EQUIPO	FOTO
Equipo para fabricar tarjetas electrónicas.	 A photograph of a TI TECH PCB fabrication machine. The machine is a rectangular, silver-colored metal cabinet with a transparent front door, revealing internal components like a motor and rollers. It is placed on a white table in a room with large windows overlooking a green outdoor area. A power cord is visible on the table to the right of the machine.

Dirección de Investigación y Proyección Social

ANEXO No 5:

MEMORIA FOTOGRAFICA DEL MONTAJES DE ELEMENTOS SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN AUTOMATIZACIÓN ELECTRONEUMÁTICA PARA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA Y LA ACADEMIA SALVADOREÑA



PARTICIPANTES:

Gerente Coordinador del Proyecto:	Ing. Mario Alfredo Majano Guerrero
Docente Investigador Responsable:	Ing. René Mauricio Hernández Ortiz
Asesor Investigador:	Ing. Ovanio Humberto Avalos García
Docente Investigador Participante:	Ing. Rigoberto Alfonso Morales Hernández Ing. Ricardo Ernesto Rivas Mendoza Ing. Francisco Rodolfo Ramos Jiménez
Alumnos participantes:	Estudiantes de la carrera de Técnico en Mecatrónica.

Fondo de Investigación de Educación Superior, FIES

Dirección Nacional de Educación Superior, DNES

Ministerio de Educación, MINED

FOTOGRAFIAS DEL TRABAJO DE MONTAJE:

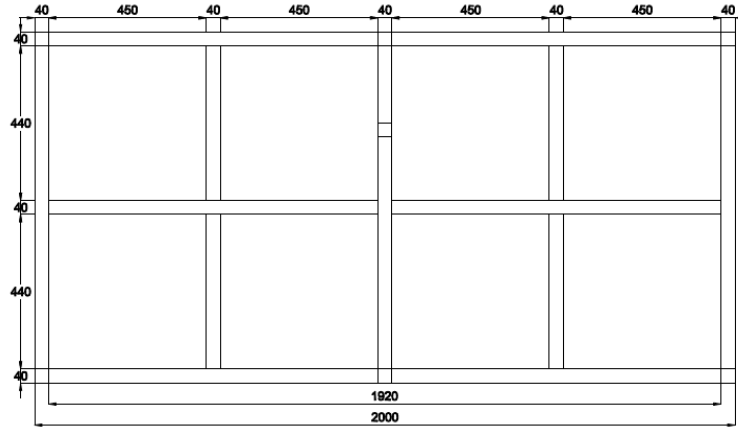
Todos los elementos electroneumáticos, eléctricos y electrónicos comprados para que conformen el entrenador y adquiridos en el mercado nacional, tienen la presentación de unidades sueltas, por lo que para cada uno de los elementos, se diseñó y fabricó una base adecuada para él y ajustable al banco. A continuación se muestra la secuencia en fotografías del montaje de algunos elementos, por razones de espacio no se muestra la totalidad.

PASOS:

1. Selección del elemento a montar.
2. Diseño de la base de montaje.
3. Selección de materiales para la base.
4. Proceso de fabricación.
5. Montaje mecánico de los elementos.
6. Montaje del sistema eléctrico (alambrado).
7. Pruebas.

EJEMPLO DE MONTAJE MECANICO:

1. Banco del entrenador:
2. Diseño. La figura siguiente es parte del plano.



3. El material seleccionado son perfiles de aluminio.



4. Proceso de fabricación: corte de lámina en INDELPIN, empresa colaboradora.



Perforado de lamina en talleres del ITCA – FEPADE, por alumnos de la carrera de Técnico en Ingeniería Mecánica.



Montaje mecánico en talleres del ITCA – FEPADE, por alumnos de la carrera de Técnico en Ingeniería Mecánica.



Control de dimensiones del marco respecto a la placa de trabajo ajuste del marco a soportes y refuerzos.



Producto terminado:



Alumnos prueban el entrenador:



EJEMPLO DE MONTAJE DE UN ELEMENTO ELECTRONICO.

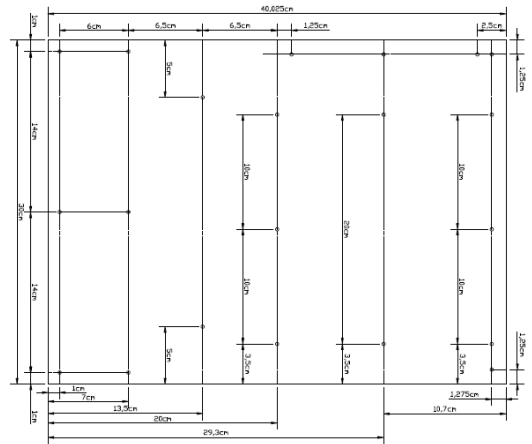
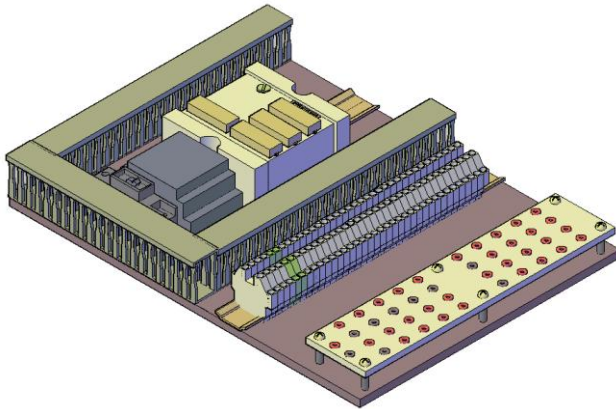
MONTAJE DE UN PLC:

PASOS:

1. Selección del elemento:



2. Diseño de la base de montaje:

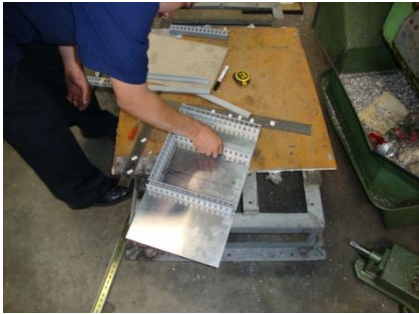


3. Selección del material para la base:

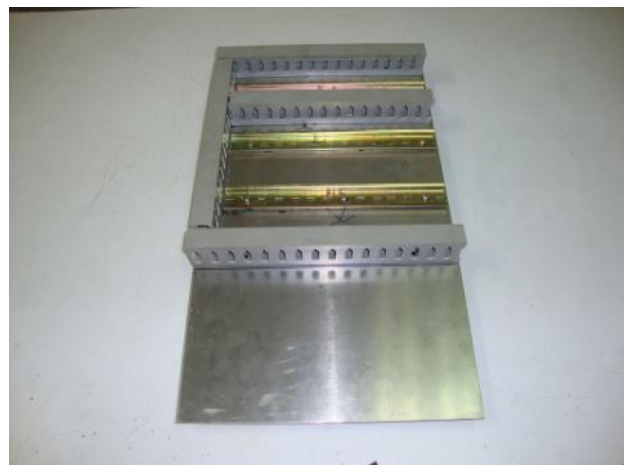
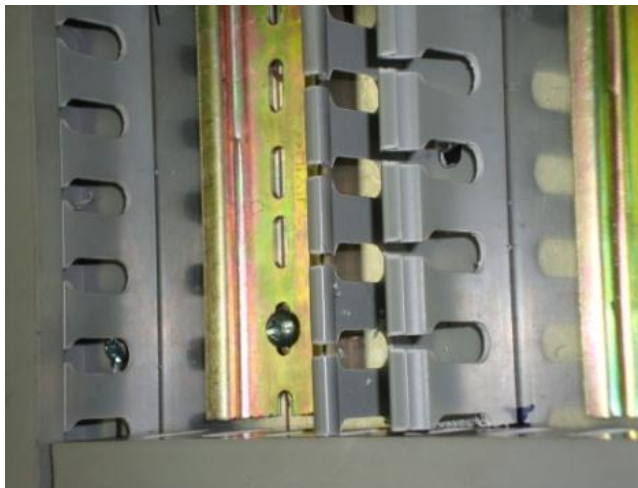
4. Material en bruto y perfilado en maquinas:



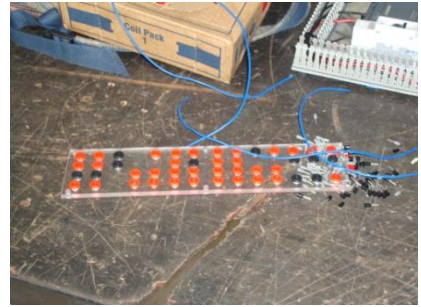
5. Trazado sobre la placa de aluminio, lo realiza el Técnico Catacho.



Montaje de canaletas.



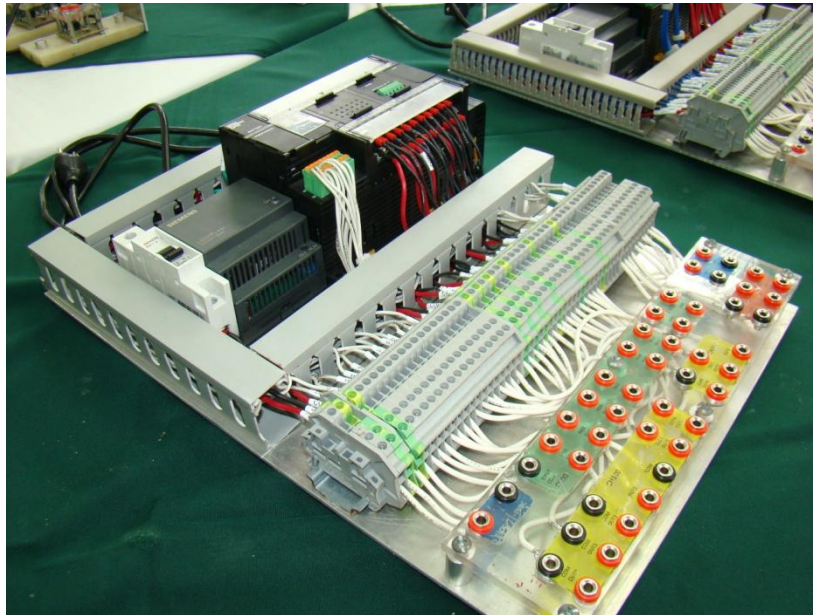
6. Montaje del sistema eléctrico (alambrado). Trabajo realizado por alumnos de la carrera de Técnico en Ingeniería en Mecatrónica.



7. Pruebas:



Producto terminado y probado:



Dirección de Investigación y Proyección Social

ANEXO No 6:

CAPACITACIONES RECIBIDAS

SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN AUTOMATIZACIÓN ELECTRONEUMÁTICA PARA APLICACIONES EN LA INDUSTRIA Y LA ACADEMIA SALVADOREÑA



PARTICIPANTES:

Gerente Coordinador del Proyecto:	Ing. Mario Alfredo Majano Guerrero
Docente Investigador Responsable:	Ing. René Mauricio Hernández Ortiz
Asesor Investigador:	Ing. Ovanio Humberto Avalos García
Docente Investigador Participante:	Ing. Rigoberto Alfonso Morales Hernández
	Ing. Ricardo Ernesto Rivas Mendoza
	Ing. Francisco Rodolfo Ramos Jiménez

Fondo de Investigación de Educación Superior, FIES

Dirección Nacional de Educación Superior, DNES

Ministerio de Educación, MINED

MEMORIA DE CAPACITACIONES RECIBIDAS:

Para los elementos electrónicos de cierta complejidad o manejo delicado, se solicitó a la empresa suministrante, una capacitación del uso y cuidados para el equipo. Los participantes en la capacitación fueron docentes de las escuelas involucradas. Las Escuelas que han colaborado con el proyecto e incluidas en las capacitaciones son: Escuela de Ingeniería Mecánica, Ingeniería en Mecatrónica y Escuela de ingeniería Eléctrica.

Las capacitaciones recibidas son:

1. Programación de Controladores Lógicos Programables (PLC), tres marcas diferentes (OMRON, FESTO Y ALLAN BRADLEY).
2. Programación de variadores de frecuencia.
3. Programación con software SCADA.
4. Utilización del equipo para fabricar tarjetas electrónicas.

Capacitaciones:

1 CAPACITACIÓN EN PROGRAMACIÓN DE PLC:

a) PLC de la marca OMRON:

Docentes participantes en capacitación:



b) PLC marca FESTO:



c) PLC marca ALLAN BRADLEY:



2. PROGRAMACIÓN DE VARIADORES DE FRECUENCIA:

Equipo para el control de velocidad de giro de los motores de corriente alterna (AC).



3. UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE SCADA:



4. UTILIZACIÓN DEL EQUIPO PARA FABRICAR TARJETAS ELECTRÓNICAS:



Dirección de Investigación y Proyección Social

ANEXO No 7:

PROGRAMAS PARA RELÉS INTELIGENTES Y PLC.

SISTEMA DE ENTRENAMIENTO EN AUTOMATIZACIÓN ELECTRONEUMÁTICA PARA APLICACIONES EN LA INDUSTRIA Y LA ACADEMIA SALVADOREÑA



PARTICIPANTES:

Gerente Coordinador del Proyecto:	Ing. Mario Alfredo Majano Guerrero
Docente Investigador Responsable:	Ing. René Mauricio Hernández Ortiz
Asesor Investigador:	Ing. Ovanio Humberto Avalos García
Docente Investigador Participante:	Ing. Rigoberto Alfonso Morales Hernández
	Ing. Ricardo Ernesto Rivas Mendoza
	Ing. Francisco Rodolfo Ramos Jiménez

Fondo de Investigación de Educación Superior, FIES

Dirección Nacional de Educación Superior, DNES

Ministerio de Educación, MINED

Introducción:

Los programas que a continuación se presentan, son solamente ejemplos que se pueden realizar y transferidos a los PLC ó a los relés inteligentes.

El primero es el programa para controlar la puesta en marcha y el alto de una banda transportadora. Este programa se diseño para controlar la banda transportadora en forma manual, es decir, haciendo uso de una botonera de arranque y paro, pero también, se puede poner en marcha, solamente accionando el botón de arranque y la banda se detendrá cuando los sensores instalados al final de ella, ya no detecte piezas y pase un tiempo preestablecido.

Programa en PLC Siemens Para control de Banda:

```
AN I 1.5
JNB M001
CALL FC 51 'Subrutina de pre marcha
M001: NOP 0
CALL FC 54 'Subrutina de inicio
NOP 0
A(
ON I 1.1
O M 132.4
)
JNB M002
CALL FC 52 'Subrutina de stop y start
M002: NOP 0
A(
ON I 1.1
O M 132.4
)
JNB M002
CALL FC 52 'Subrutina de marcha y paro manual
M002: NOP 0
A I 0.4
AN I 0.0
= M 54.1
A(
O I 1.0
O M 132.0
)
A M 54.1
S M 54.0
A(
ON I 1.5
O
A M 54.3
A I 1.2
)
```

```

R M 54.0
NOP 0
A I 0.0
= L 20.0
BLD 103
A I 0.1
= L 20.1
BLD 103
A I 0.2
= L 20.2
BLD 103
A I 0.3
= L 20.3
BLD 103
A I 0.4
= L 20.4
BLD 103
A I 0.7
= L 20.5
BLD 103
A(
O M 132.1
O I 1.3
)
= L 20.6
BLD 103
A I 1.5
= L 20.7
BLD 103
CALL FC 50 'Subrutina de Marcha automatica
IN0 :=L20.0
IN1 :=L20.1
IN2 :=L20.2
IN3 :=L20.3
IN4 :=L20.4
IN5 :=L20.5
IN6 :=L20.6
IN7 :=L20.7
IO8 :=Q0.0
IO9 :=Q0.1
IO10:=Q0.7
IO11:=Q1.1
IO12:=Q1.0
IO13:=Q1.2
IO14:=Q1.3
IO15:=M54.0
IO16:=M54.2
IO17:=M54.1
IO18:=M54.3
NOP 0

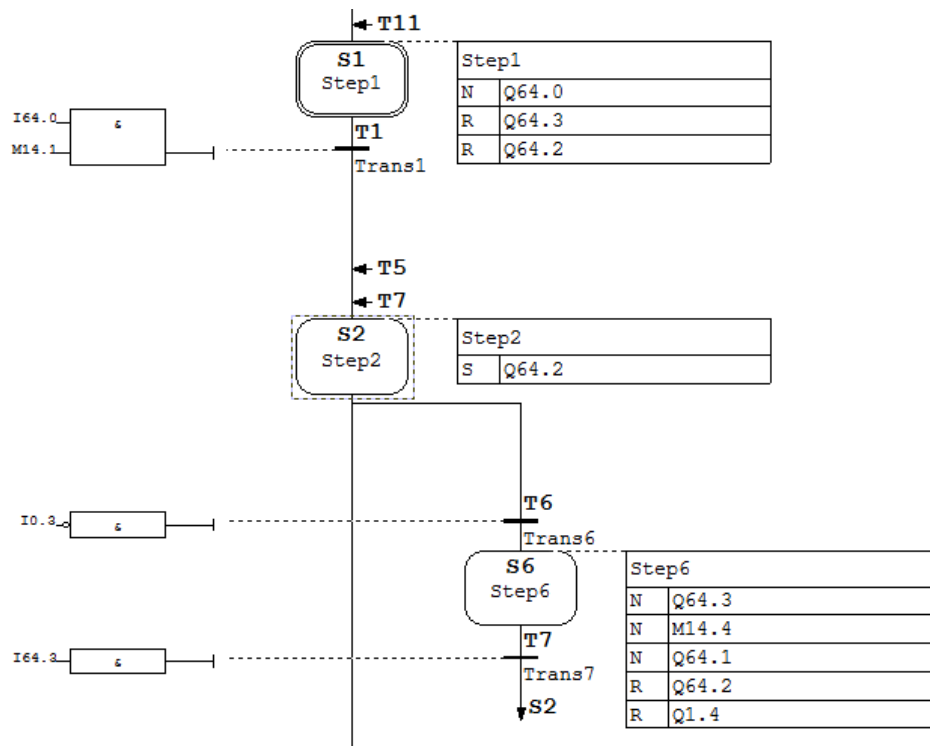
```

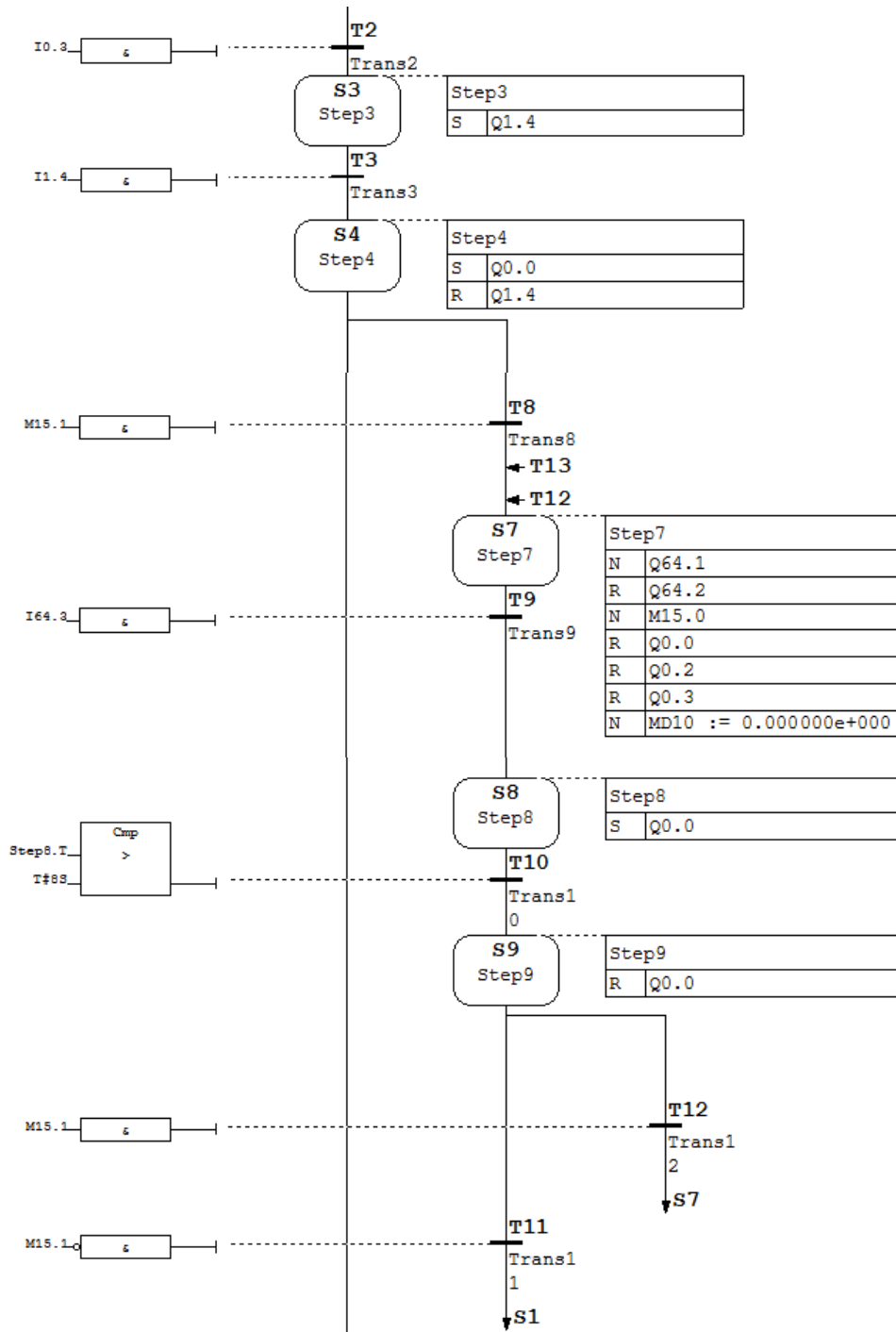
```

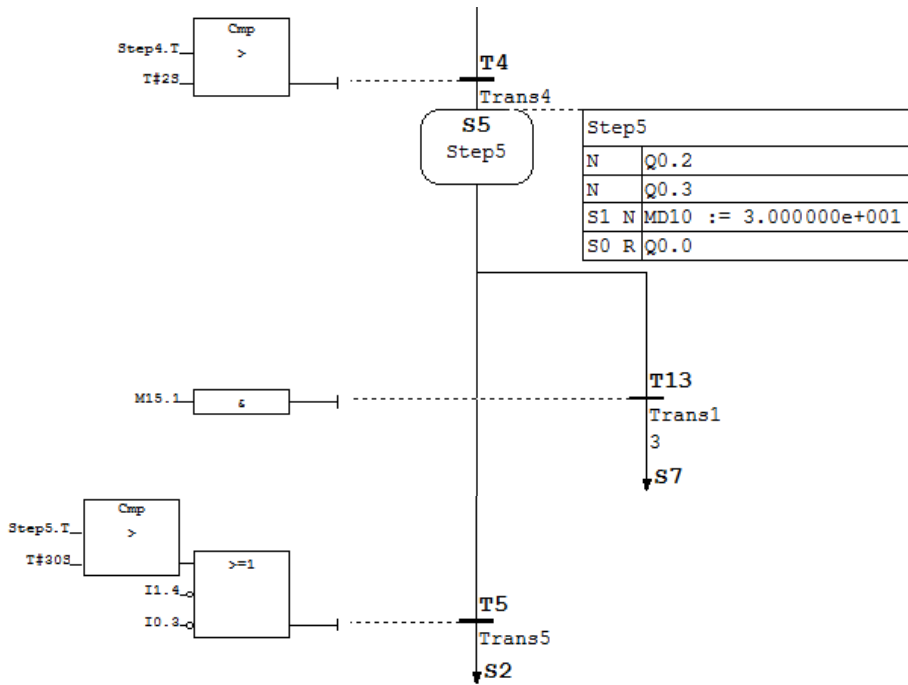
AN I 1.5
JC M003
AN I 0.2
= Q 1.3
M003: A(
ON I 1.1
O M 132.4
O M 54.5
ON I 1.5
)
FP M 55.0
S M 50.0
A M 54.5
R M 54.5

```

El control de dos cilindros neumáticos para su funcionamiento en secuencias de salida y entrada, se muestra a continuación y se encuentra escrito utilizando **Grafcet**, que es un procedimiento estándar para escribir programas para PLC, reconocido internacionalmente.



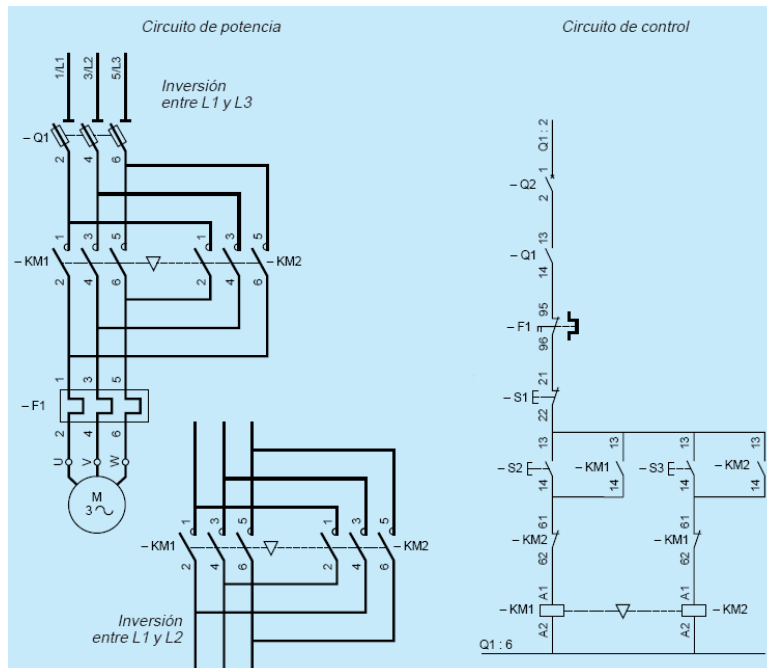




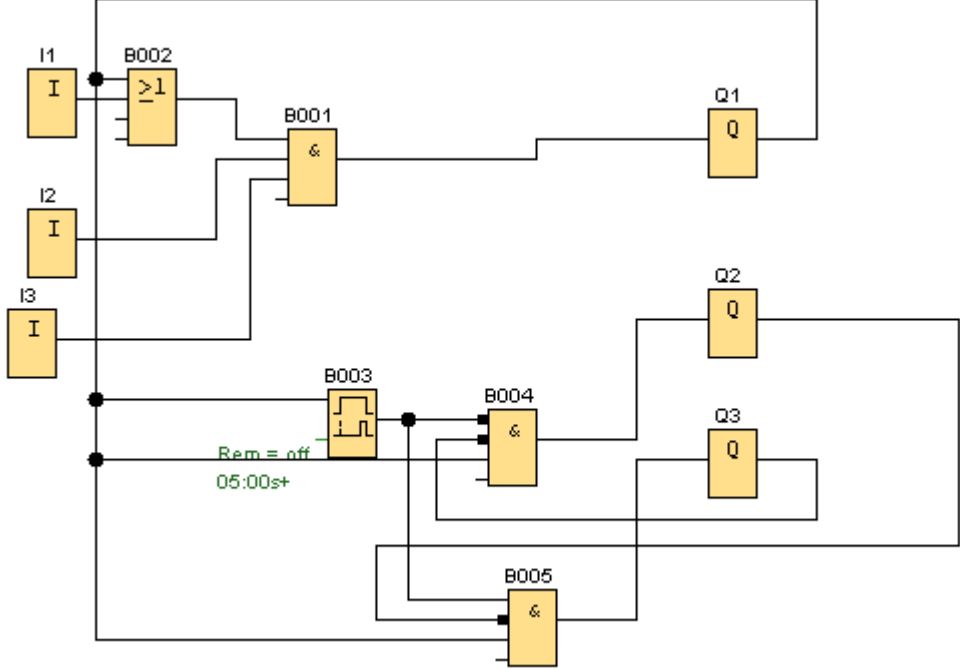
El siguiente diagrama es el control eléctrico de un motor y que es controlado por un relé inteligente.

Diagrama de bloques de operación de marcha y paro de un motor:

Diagrama Eléctrico:



Programa en LOGO!:



Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

VISIÓN

Ser una institución educativa líder en educación tecnológica a nivel nacional y regional, comprometida con la calidad, la empresariedad y la pertinencia de nuestra oferta educativa.

MISIÓN

Formar profesionales integrales y competentes en áreas tecnológicas que tengan demanda y oportunidad en el mercado local, regional y mundial tanto como trabajadores y empresarios.

VALORES

- **Excelencia**
- **Espiritualidad**
- **Comunicación**
- **Integridad**
- **Cooperación**

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

República de El Salvador en la América Central

FORMANDO PROFESIONALES PARA EL FUTURO



Nuestro método "APRENDER HACIENDO" es la diferencia
www.itca.edu.sv