

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 AVALOS GARCÍA**

SANTA TECLA, JULIO DE 2011

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 AVALOS GARCÍA**

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

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.....	13
6. CONCLUSIONES.....	14
7. RECOMENDACIONES.....	15
8. ANEXOS.....	16

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 funcionalidad.

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) Lista de materiales y componentes necesarios para la construcción (anexo No 2) Programa de automatización en ambiente SCADA. (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 diseño para que sea utilizado por personas que conocen de automatización por electroneumática, y no para los que inician en este campo.
- La máquina para fabricar tarjetas electrónicas requiere herramientas especiales, por lo que debe proveerse de un fondo anual para comprar dichas herramientas.
- 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.
- Crear un equipo de trabajo para innovar el sistema de entrenamiento en automatización electroneumático.

9. ANEXOS

CUADRO No.1

Fecha reportada: Inicio: 3 de mayo de 2010 Fin: 15 de septiembre de 2010.

Avances del objetivo 1:

Objetivos y actividades		% avance mensual				% total Cuatrimestre	% anterior	% acumulado	Resultados logrados.
		1 M	2 J	3 J	4 A				
Objetivo 1 Investigar las principales aplicaciones de automatización electroneumática capaz de ejecutar en la industria salvadoreña para identificar el tipo de circuitos que el entrenador deberá ser capaz de ejecutar.		██████████							Avance del cuatrimestre
	Programado	X							
	Real	X							
Actividad 1 Investigación de campo		100% ██████							Avance del cuatrimestre
	Programado		X						
	Real		X						
Actividad 2 Elaboración de manual de prácticas y problemas.		100% ██████							Avance del cuatrimestre

	Programado			X					
	Real			X					
Actividad 3 Selección de componentes		100% ██████████							Avance del cuatrimestre
	Programado				X				
	Real				X				
Actividad 4 Selección de bandas transportadoras.		100% ██████████							Avance del cuatrimestre

Avances del objetivo 2:

Objetivos y actividades	% avance mensual				% total Cuatrimestre	% anterior	% acumulado	Resultados logrados.
	1 M	2 J	3 J	4 A				
Objetivo 2 Diseñar un entrenador electroneumático versátil con los componentes más utilizados en la industria salvadoreña.	██████████							Avance del cuatrimestre
	Programado	X						
	Real	X						

Actividad 1 Diseño ergonómico y estructural del banco del entrenador.		100% ■							Avance del cuatrimestre
	Programado		X						
	Real		X						

Actividad 2 Elaboración de planos de construcción del entrenador.		100% ■							Avance del cuatrimestre
	Programado		X	X					
	Real		X						
Actividad 3 Diseño de bases para elementos electroneumáticos.		100% ■							Avance del cuatrimestre
	Programado	X		X					
	Real	X							

Actividad 4 Diseño de circuitos electrónicos de protección y acondicionamiento de señales.		100% ■							Avance del cuatrimestre
---	--	-----------	--	--	--	--	--	--	-------------------------

	Prog ram ado		X	X					
	Real		X						
Actividad 5 Programación de automatización del entrenador.		100% ■							Avance del cuatrimestre

Avances del objetivo 3:

Objetivos y actividades		% avance mensual				% total Cuatrimestre	% anterior	% acumulado	Resultados logrados.
		1 M	2 J	3 J	4 A				
Objetivo 3 Construir un entrenador electroneumático que permita realizar ejercicios, desarrollar problemas y pruebas de aplicación industrial		■■■■							Avance del cuatrimestre
	Prog ram ado	X							
	Real	X							
Actividad 1 Construcción del banco		100% ■							Avance del cuatrimestre

entrenador.								
	Programado		X					
	Real		X					

Actividad 2 Elaboración de tarjetas electrónicas de protección.		100% ■						Avance del cuatrimestre
	Programado		X	X				
	Real		X					

Actividad 3 Elaboración de tarjetas electrónicas acondicionadoras de señal.		100% ■ ■						Avance del cuatrimestre
	Programado	X		X				
	Real	X						
Actividad 4 Elaboración de bases de elementos.		100% ■ □						Avance del cuatrimestre
	Programado		X	X				
	Real		X					

Actividad 5 Pruebas y ajustes finales.		100% ■ □						Avance del cuatrimestre
---	--	-------------	--	--	--	--	--	-------------------------

	Prog ram ado								
	Real								
Actividad 6 Elaboración de manual de usuario.		100%			■				Avance del cuatrimestre

CUADRO No.2

Fondo de Investigación para Educación Superior (FIES)

Barreras que limitaron la ejecución del proyecto y claves de éxito que lo potenciaron.

Objetivos	Descripción
<p>Objetivo 1: Investigar las principales aplicaciones de automatización electroneumática capaz de ejecutar en la industria salvadoreña para identificar el tipo de circuitos que el entrenador deberá ser capaz de ejecutar</p>	<p>Claves de éxito: Contactos previos con las empresas por el proyecto de la carrera de Mecatrónica en sistema dual.</p>
	<p>Barreras: El celo empresarial, al no permitir tomar fotografías a las máquinas y a los procesos de producción.</p>
<p>Objetivo 2: Diseñar un entrenador electroneumático versátil con los componentes más utilizados en la industria salvadoreña.</p>	<p>Claves de éxito: Todos los componentes electroneumáticos que utilizan las empresas y que formaran parte del entrenador, son distribuidos por empresas lo locales.</p>
	<p>Barreras: La tardanza en la entrega por parte de las empresas suministrantes, cuando la compra requiere importación.</p>
<p>Objetivo 3: Construir un entrenador electroneumático que permita realizar pruebas de aplicación industrial.</p>	<p>Claves de éxito: Excelentes técnicos trabajando en la construcción de los elementos mecánicos y electrónicos, así como, en los elementos eléctricos componentes del entrenador, además de la valiosa ayuda de los alumnos de la carrera de Técnicos en Ingeniería en Mecatrónica.</p>
	<p>Barreras: Tardanzas en las compras y entregas de los elementos seleccionados.</p>

CUADRO No.3

**Fondo Investigación de Educación Superior (FIES)
 REPORTE DE CONTROL**

OBJETIVO	ACTIVIDADES	AVANCE (%)
Objetivo 1. Investigar las principales aplicaciones de automatización electroneumática capaz de ejecutar en la industria salvadoreña para identificar el tipo de circuitos que el entrenador deberá ser capaz de ejecutar	1. Investigación de campo.	100%
	2. Elaboración de manual de prácticas y problemas.	100%
	3. Selección de componentes	100%
	4. Selección de bandas transportadoras.	100%

Objetivo 2. Diseñar un entrenador electroneumático versátil con los componentes más utilizados en la industria salvadoreña.	1. Diseño ergonómico y estructural del banco del entrenador.	100%
	2. Elaboración de planos de construcción del entrenador.	100%
	3. Diseño de bases para elementos electroneumáticos.	100%
	4. Diseño de circuitos electrónicos de protección y acondicionamiento de señales.	100%
	5. Programación de automatización del entrenador.	100%

CUADRO No.3

Fondo Investigación de Educación Superior (FIES)

REPORTE DE CONTROL

OBJETIVO	ACTIVIDADES	AVANCE (%)
Objetivo 3. Construir un entrenador electroneumático que permita realizar pruebas de aplicación industrial.	1. Construcción del banco del entrenador.	100%
	2. Elaboración de tarjetas electrónicas de protección.	100%
	3. Elaboración de tarjetas electrónicas acondicionadoras de señal.	100%
	4. Elaboración de bases de elementos.	100%
	5. Pruebas y ajustes finales.	100%
	6. Elaboración de manual de usuario.	100%

NOTA:

Los documentos que apoyan esta investigación, se presentan por aparte y se enumeren como anexos

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