

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DIDÁCTICOS PARA EL LABORATORIO VIRTUAL DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL, DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

Altamirano Pinchao Edgar Polibio
Méndez Caicedo Paul David
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico
Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio 5-21 Ibarra
ealtamirano@emelnorte.com---pmendez@emelnorte.com

Resumen: El presente trabajo de investigación detalla el diseño e implantación de módulos de prueba para las materias de Control Automático, Instrumentación Electrónica e Instrumentación Industrial, para lo cual se investigó los diferentes elementos eléctricos y electrónicos, más comunes que se encuentra en la industria y sus diferentes aplicaciones, con una adecuada clasificación en cuanto a requerimientos técnicos y electrónicos.

El trabajo de investigación se basó en realizar cinco capítulos, siendo el primero el problema de la investigación, la formulación y delimitación del problema, también se planteó los objetivos; un general y cuatro específicos que dirigieron al problema de investigación. Seguido se realizó el marco teórico obteniendo los temas y subtemas más principales como; sistemas de control, elementos de software y hardware. En el desarrollo de la metodología de investigación se utilizó, el método inductivo y deductivo y como técnicas e instrumentos se utilizó los programas LabVIEW y Altium Designer. En el capítulo cuatro se encuentra el desarrollo de la propuesta tecnológica, donde están las acciones para implementar los módulos didácticos, con el objetivo de facilitar el aprendizaje y uso de los módulos después de previas investigaciones para el diseño, Por último se elaboró las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación.

1. INTRODUCCIÓN

Inicialmente, cuando no existían los elementos para realizar la automatización o control de un proceso, las personas se ingeniaban para realizar técnicas industriales, con el fin de obtener resultados óptimos de un proceso, en ese momento surgen los primeros mecanismos que se movían a través de dispositivos hidráulicos, como poleas y palancas, pero no pasó mucho tiempo cuando el perfeccionamiento de la mecánica permitió construir autómatas complejos, para el desarrollo de la mecánica de precisión requerida para realizar los diferentes procesos industriales.

En los últimos tiempos, la tecnología ha solucionado grandes problemas industriales que en su momento sería imposible resolver, factores como la reducción de tiempos en tareas determinadas, mejoramiento del trabajo, reducción de costos de los procesos, automatización parcial o global, entre otras, han sido las ventajas del apoyo brindado por el software desde de cálculo matemático, contabilidad, automatización, mediciones y simulaciones, todas estas ventajas se han convertido en un poderoso aliado tanto para empresas privadas, industrias, profesionales y sin dudar para los estudiantes, siendo una herramienta eficaz para la solución de problemas y el desarrollo de nuevas ideas.

1.1. Planteamiento del Problema

La necesidad de implantar módulos didácticos para el laboratorio virtual de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, se debe a que las materias de control automático e instrumentación industrial, necesitan módulos didácticos, los cuales ayuden a mejorar la teoría mediante el desarrollo de prácticas.

Las asignaturas de Control e Instrumentación Industrial son importantes porque contribuyen a la mejora de los procesos de automatización industrial, y al no disponer de un laboratorio virtual, para poder desarrollar las practicas que estas materias necesitan, con el fin de mejorar el aporte teórico con el práctico, de tal manera, que implementando los módulos didácticos, apoya al desarrollo de los estudiantes ya que incluyen sensores y actuadores, esto representa que los estudiantes estén en la capacidad de realizar pruebas, mantenimiento, cambios y simulaciones en distintas maquinas eléctricas o realizar un control parcial o total en la industria con la ayuda de nuevas tecnologías.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar y construir módulos didácticos, para las materias de instrumentación industrial y control automático en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, con el fin de mejorar los conocimientos prácticos de los estudiantes.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Investigar las aplicaciones didácticas de los equipos eléctricos y electrónicos, instalados en los módulos de pruebas.
- Comprobar el comportamiento de los elementos electrónicos, sus particularidades y su efectividad.
- Implementar el conocimiento de los lenguajes de programación que maneja gráficos para el control de los módulos.

1.3 Justificación

La construcción de los módulos didácticos, en los cuales se muestra el uso y manipulación de elementos de estado sólido, tiene como finalidad que los estudiantes puedan desarrollar pequeños proyectos de investigación, y tengan pleno conocimiento acerca de los sistemas utilizados por ingenieros eléctricos, electrónicos, debido a que es ideal para cualquier medición o sistema de control, para así alcanzar conocimientos a niveles de competitividad y mejorar su perfil profesional.

Este proyecto de investigación ayuda a mejorar la comprensión de los estudiantes, mediante la implementación de módulos didácticos en el laboratorio virtual, debido a que en los módulos incluyen sensores de temperatura, velocidad, posición, actuadores habituales como calentadores, motores, indicadores led, además de la adquisición de señales análogas de voltaje, señales digitales on/off y señales tipo pulsátiles y accionamiento de relé.

2. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

Existe una gran variedad de entornos de desarrollo utilizados en la enseñanza de los sistemas de control. El problema radica en encontrar un sistema que se adapte de buena manera con el programa de estudios teórico - práctico de las materias de Instrumentación y Control Automático de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, en la Universidad Técnica del Norte.

Los requerimientos para los profesionales en ciencias técnicas son cada vez más exigentes, debido al desarrollo vertiginoso de la ciencia y tecnología. Por tal motivo es necesario orientar la enseñanza desde nuevas perspectivas que faciliten el aprendizaje y el manejo de sistemas de control, que puedan adaptarse en forma rápida a los avances tecnológicos y permitan impartir conocimiento en forma escalonada y segura.

Se plantea que los módulos didácticos para la enseñanza de la técnica se adaptan con los requerimientos para el aprendizaje en el tema de sistemas de control. Motivo por el cual su diseño es imperativo para seleccionar con

mucho cuidado sus elementos, para que cumplan con los objetivos en cada práctica.

2.1. Propósito

Implementar módulos didácticos en base a un conjunto de elementos sencillos que representen casos típicos de sistemas industriales para el laboratorio de Instrumentación Industrial y Control Automático en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico en base a una tarjeta de adquisición de datos DAQ USB 6001 y diseñar un manual del uso y prácticas que se pueden elaborar en estos módulos.

2.2. Diseño de circuito de Temperatura

2.2.1. Quemador

Por su rapidez y dirección de calor la más apropiada para los entrenadores son las lámparas halógenas. Los otros elementos pueden quemar el módulo y poner en riesgo a quien lo usa



FIGURA N°. 1 Lámpara halógena

2.2.2. Sensor de temperatura

Para los EPC el más apropiado es el LM35 por tener mejor linealidad, más rapidez y buen margen de temperatura para medir el calor generado con la lámpara halógena.

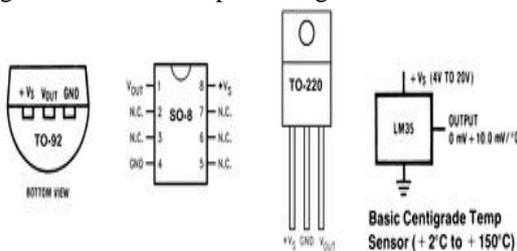


FIGURA N°. 2 Sensor integrado LM35

Fuente: (Donald, 2010)

2.2.3. Diseño de circuitos con los elementos en los módulos didácticos

Debido a que la lámpara se energiza a 110Vac, se necesita implementar un circuito de potencia. Este circuito es un control de voltaje ac mediante la activación de un TRIAC, con la ayuda de un optoacoplador, para lo cual se utiliza el circuito recomendado por la National Instruments, detallado en la siguiente ilustración.

Para determinar la resistencia de la lámpara utiliza la ley de Ohm:

$$R=V^2/P= (110V^2)/50W=242 \Omega$$

La corriente RMS máxima que pase por la lámpara está dada por alfa igual a cero, es decir todo el voltaje 110V.

$$I_{rms}=V_{rms}/R=110V/242\Omega=454 \text{ mA}$$

La corriente eficaz máxima que pase por el triac será:

$$I_{triac}=I_{rms}/\sqrt{2}=454\text{mA}/\sqrt{2}=321 \text{ mA}$$

Es complejo encontrar un triac con estos valores, el hallado en el mercado es el triac BTA 12 de 600 voltios y 12 amperios de corriente eficaz.

2.2.4. Calculo para el circuito de control

Debido a la diferencia de voltajes se utiliza un opto triac MOC 3020. Para la resistencia R del diodo led se calcula de la siguiente manera:

$$R=(V_{cc}-V_{LED})/I_{LED}=(5V-1.7V)/10\text{mA}=1000\Omega$$

Para la resistencia R1 del diodo led del opto acoplador

$$R1=(V_{cc}-V_{LED})/I_{LED}=(5V-2.1V)/13\text{mA}=223\Omega$$

estabiliza la señal del sensor U para ingresarla a la DAQ, mediante el uso de un disparador de Smith Triger 74LS14. La resistencia R7 del diodo led se calcula de la siguiente manera:

$$R = (V_{cc} - V_{LED}) / I_{LED} = (5V - 1.7V) / 10mA = 1000 \Omega$$

2.3.2. Motor paso a paso

Para controlar el motor paso a paso se utilizó el driver ULN2803, que es un circuito donde se agrupan transistores dispuestos de tal forma que permiten activar y desactivar las bobinas del motor, M1 a M4, según la secuencia de pulsos, que se envié desde las líneas digitales P0.1 a P04 de la tarjeta de adquisición de datos.

Adicionalmente para comprobar el funcionamiento del Driver se disponen de 4 diodos led, tipo barra, para evidenciar que las señales que salen desde la DAQ, llegan al motor.

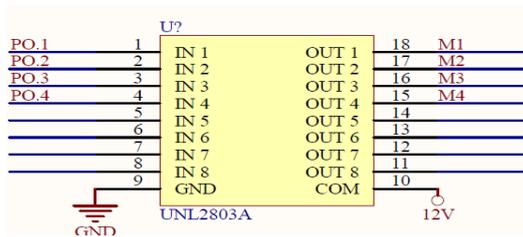


FIGURA N°. 6 Driver para motor paso a paso

FUENTE: FLOYD L. Thomas. (2008),

2.4. Relé de propósito general

El circuito utilizado para el relé es similar al que se utiliza para la activación de la lámpara. Se deja libre los terminales del relé (NC, COM, NA) para que el usuario pueda conectar cualquier tipo de actuador eléctrico, con el propósito de que experimente y se estimule la creatividad.

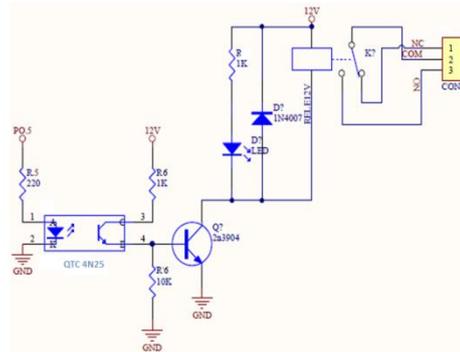


FIGURA N°. 7 Circuito para el accionamiento del relé

2.5. Pulsador

Con el propósito de tener un medio de seguridad se ha decidido dotar a las PEC de un pulsador que sirva como paro de emergencia para desconectar todo el módulo en caso de que existe algún inconveniente y de esta manera evitar el daño de los elementos del entrenador. El circuito implementado se detalla a continuación.

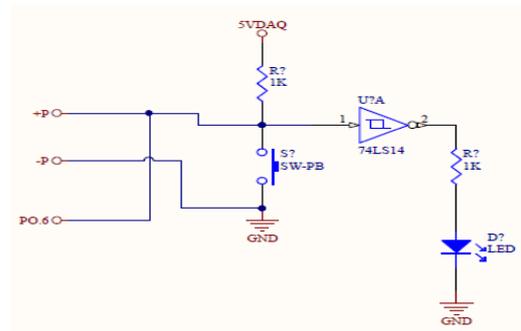


FIGURA N°.8 Circuito para el pulsador de emergencia

2.6. Medición de voltaje y corriente

Para que el alumno principiante pueda hacer una adquisición de datos de manera sencilla, se ha dispuesto a los módulos de dos perillas, una de voltaje y otra de corriente, con las cuales se puede variar estos parámetros eléctricos y registrarlos en el LabVIEW. Para la medición de voltaje retroalimentación, se ha dispuesto de un potenciómetro que en forma de divisor de voltaje y para la corriente se utiliza un potenciómetro

conectado a un transistor para regular la corriente de base y así cambiar la corriente que circula entre los terminales +I –I que van conectados a la entrada de la tarjeta de adquisición de datos.

2.7. Implementación de los módulos didácticos

Una vez diseñados los esquemas eléctricos para los módulos se realiza una lista de los componentes. Para hacer el diagrama esquemático y las pistas del PCB, se utilizó el programa Altium Designer, el cual es un programa especializado para estos proyectos, por lo cual tiene incorporado varias librerías de los principales dispositivos electrónicos.

Elemento	PERIFERICOS DAQ			
	Salidas Digitales	Entrada Analoga	Salida Analoga	Entrada Contador
Lámpara	P0.0			
Motor PAP	P0.1			
Motor PAP	P0.2			
Motor PAP	P0.3			
Motor PAP	P0.4			
Relé	P0.5			
Pulsador	P0.6			
LM 35		AI.0		
Entrada Voltaje		AI.1		
Motor DC			AO.0	
Sensor DC				PFI.0
Sensor PAP				PFI.1

TABLA Nº. 1 Periféricos conectados a la DAQ

2.7.1. Diseño del Esquemático

Para la elaboración del diagrama esquemático se crea un nuevo proyecto, en el menú File>> New, donde se tiene una lista de tipos de archivos que se pueden crear. Se elige Schematic Document, que genera un fichero de extensión *.sch. En este fichero, se dibuja el circuito que se desea pasar al PCB.

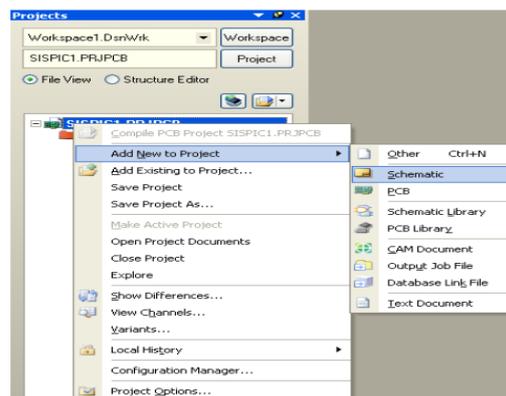


FIGURA. 9 Nuevo Esquemático en Altium

Se cargan las librerías que se van a utilizar. Cuando se abre el esquemático, se tienen dos partes en la pantalla: una a la derecha donde se encuentra el circuito, y otra a la izquierda, donde se tienen las pestañas: Explorer y Browse Sch. En esta última pestaña, se seleccionan librerías en Browse y se elige Add/Remove para poner o quitar librerías.

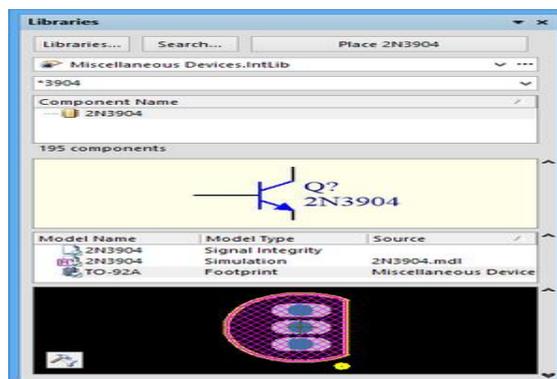


FIGURA Nº.10 Librerías de componentes

Si no se encuentra el componente que necesita, se utiliza el comando Find que está abajo a la izquierda. Con esta función, Protel busca todos los componentes con ese nombre en cualquier librería. Luego sólo es necesario cargar la librería adecuada.

La mayor cantidad de componentes, como las resistencias o los condensadores, se encuentran en Miscellaneous, que es la librería que se carga por defecto. Una vez cargadas las librerías que se van a utilizar, se pasa a la creación del esquemático en sí.

En la parte izquierda de la pantalla, aparece una lista de los componentes que contiene la librería que se elija. Para crear el circuito, sólo es necesario seleccionar uno de los componentes y colocarlo sobre la cuadrícula del esquemático. En cuanto se haya colocado el componente deseado, hay que clickear dos veces sobre él y aparecerá un cuadro llamado Part donde hay cuatro pestañas: Attributes, Graphical Attrs, Part Fields , Read-Only Fields .

Para este diagrama solo se utiliza la primera pestaña que es la que aparece por defecto. En esta pestaña, hay varias opciones de las que sólo utilizaremos las siguientes.

2.7.2. Creación de una PCB

Antes de comprobar si el esquemático realizado es correcto, se crea la placa donde se van a insertar los componentes. Para este caso, se utiliza el “wizard” de PCB. Para ello se ejecuta el Printed Circuit Board Wizard que se encuentra en la pestaña Wizards cuando se crea un nuevo proyecto; para este caso se utiliza la opción Custom Made Board cuyas unidades son métricas.

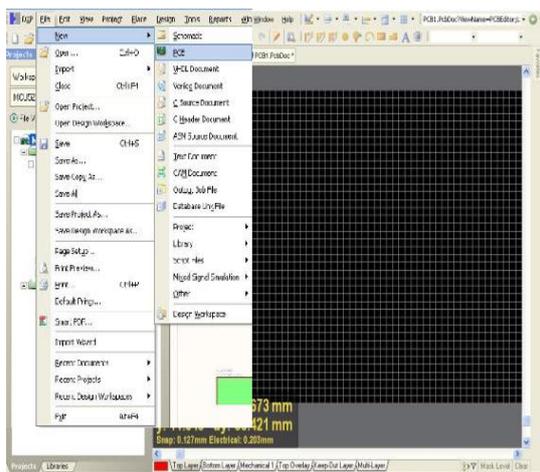


FIGURA Nº. 11 Printed Circuit Board

En la segunda pantalla, aparecen una serie de opciones para definir las diferentes longitudes: las dimensiones del rectángulo, el grosor de la pista, etc. Además en la parte baja

de la pantalla existen una serie de opciones que se utilizan para diseños complejos, por lo que se desactivan.

En la tercera pantalla, aparece un dibujo de cómo será la forma de la placa y de cuál será su tamaño. Las dos siguientes pantallas se las deja como están. Sin embargo, en la sexta pantalla se debe indicar el tipo de soldaduras que se van a hacer: o superficiales o insertadas. Para este proyecto se escoge insertar los componentes, por lo que se selecciona Trough-hole Components. También pregunta, cuántas vías se desea que haya entre pines. Para este caso se elige una, es decir, seleccionamos One Track.

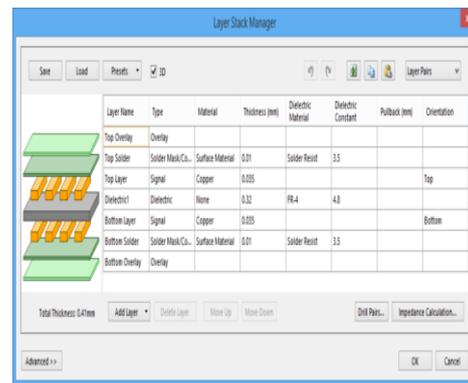


FIGURA Nº. 12 Tipos de placa y capas

En la séptima pantalla, pregunta las dimensiones de las pistas, de los agujeros de los pines, y la distancia entre pistas. Comúnmente se deja los parámetros por defecto. Lo más probable es que luego, una vez colocado los componentes y enrutado, obligue a cambiar estas longitudes, pero eso se puede hacer más adelante.

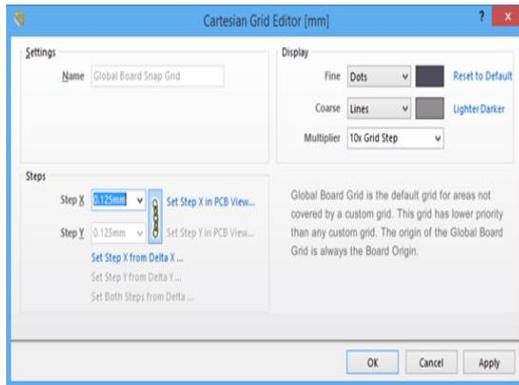


FIGURA N°. 13 Grilla del PCB

2.7.3. Colocación de componentes

Luego de comprobado y ejecutado el Update PCB, aparecerán en el fichero.pcb que se han puesto todos los componentes del esquemático, pero aparecerán ordenados en línea al lado de la placa. Luego se utiliza la opción de Protel que coloca los componentes sobre la PCB según el tamaño de los componentes.

Para ello, se usa el menú Tools la opción Auto Placement y luego se selecciona Cluster Placer y ya tenemos una colocación posible.

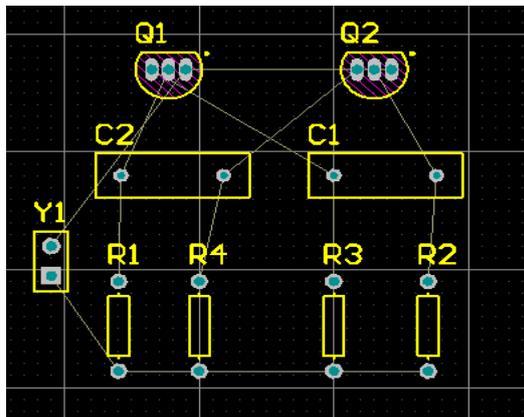


FIGURA N°. 14 Ubicación manual de elementos

El problema común que se tiene es que Protel junta demasiado los componentes y, por tanto, también juntará demasiado las pistas. Por lo que es recomendable colocar “a mano” todos los componentes. De esta forma, se puede

reagrupar los componentes en conjuntos que desempeñen cada uno de ellos una función específica.

2.7.4. Ruteado

El ruteado, una vez colocados todos los componentes, se hace de forma automática. Para ello, en el menú Auto Route, se utiliza la opción Route All. Puede ocurrir que se deba enrutar más de una vez debido a problemas con el grosor de las pistas, la separación entre ambas, etc.

Para cambiar el grosor de la líneas hacer una nueva ubicación o, en el menú Design, se selecciona Rules. En esta opción, se tienen todas las reglas que utiliza Protel para el enrutado. Con estas reglas definidas, se vuelve a enrutar y si la placa que se obtiene no es adecuada, se cambian de nuevo las propiedades. Y así hasta que se obtenga la placa deseada.

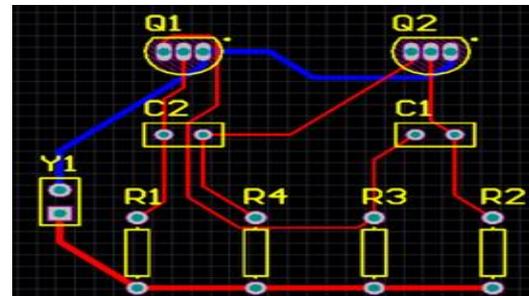


FIGURA N°. 151 Ruteado de los elementos de control

2.7.5. Impresión

Finalizado todo el proceso de la construcción de la PCB, se continúa con la impresión del circuito. Para realizar este paso, se crea un nuevo fichero PCB Printer, cuya extensión será *.ppc. En este fichero, se reproduce la placa PCB con las pistas de la cara superior e inferior y con los componentes. Lo que se debe obtener son dos

transparencias con los agujeros y las pistas nada más.

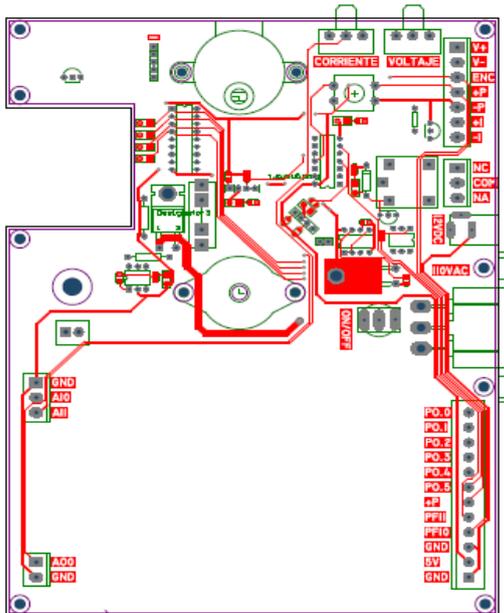


FIGURA N°. 16 PCB de los módulos cara frontal.

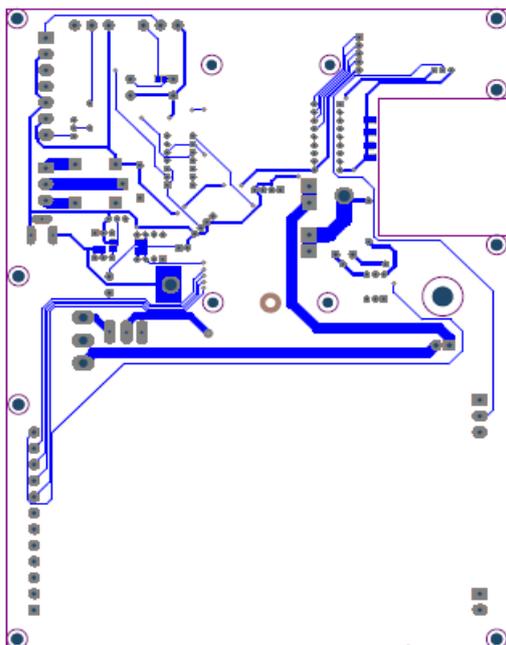


FIGURA N°. 17 PCB de los módulos cara posterior.

Es necesario crear nuevos dibujos para la impresión, para ello, en la parte izquierda de la pantalla, se da clic derecho y se selecciona Insert Printout. Aparece entonces un cuadro llamado Printout Properties. De esta manera se

genera el PCB y finalmente queda el trabajo de soldar y de comprobar que todo es correcto. Análisis de prestaciones.



FIGURA N°. 18 Módulos en construcción



FIGURA N°. 19 Módulos didácticos – final

2.7.6. Pruebas y resultados

Después de desarrollar los módulos didácticos, se realizó varias pruebas para verificar que funcionen de manera apropiada todos sus componentes. Las pruebas se enfocaron en confirmar: si existe fallas en la comunicación PC – DAQ, revisión de los periféricos de la tarjeta de adquisición de datos, operación adecuada de todos

los actuadores, controladores, sensores y medición de voltaje y corriente.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

3.1. CONCLUSIONES

Con la investigación teórica se comprobó que existen muchos tipos de sensores, actuadores y controladores, variedad que permitió realizar módulos sencillos que permitan tanto a docentes como estudiantes identificar y comprobar el funcionamiento de los elementos que son muy comunes a nivel industrial.

Con los módulos didácticos, se puede implementar aplicaciones industriales, como es el sensor de temperatura, que se lo realiza mediante el LM35. Esta aplicación puede ser replicada en la industria donde el sensor de temperatura LM35, puede ser determinante en la seguridad de las personas que trabajan en la industria o en la ejecución de procesos, ya que con esto se evita que la persona quede expuesta a altas temperaturas, se evite que se dañe materia prima o un producto resultado de varios procesos.

Los módulos construidos constituyen un gran aporte al laboratorio de la carrera ya que permiten al docente realizar un entrenamiento general a sus estudiantes en lo que corresponde a funcionamiento de control automático, instrumentación electrónica e instrumentación virtual.

3.2. Recomendaciones

- Se recomienda a los estudiantes investigar los métodos de implementación de controladores PID para su desarrollo en las

PEC y posterior discusión para promover la investigación.

- Usar las tarjetas de adquisición de datos para poner en funcionamiento otros módulos didácticos, de manera que los estudiantes puedan experimentar cómo es el desarrollo completo de circuitos electrónicos para el control de sistemas reales.
- Incentivar al estudiante a que realice por sí solo otros programas que hagan el control y monitoreo de dos o más módulos, en una red de computadores con el propósito de que se estudien las maneras de implementar redes de control y sistemas de automatización más complejos.

4. REFERENCIAS

DORF, Richard. (2005), *Sistemas de Control Moderno*. Décima Edición. Pearson Educación, Madrid.

FLOYD L. Thomas. (2008), “*Dispositivos Electrónicos*”. Octava Edición. Pearson Educación, México.

MALONEY, Timothy. J (2009), *Electrónica Industrial Moderna*. Tercera Edición. Prentice Hall. México.

5. Agradecimiento

Agradecer infinitamente la ayuda a Dios, ser maravilloso que nos dio las fuerzas para poder culminar con éxito la carrera, a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE por su acogida y ser mejores personas y poder servir a la patria, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día y que con el pasar de los años se convirtieron en un ejemplo a seguir.

Nuestra gratitud imperecedera al Ingeniero Pablo Méndez, por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, para poder terminar con éxito la nueva meta.

Altamirano Edgar

Y

Méndez Paul

6. Acerca de los Autores

Edgar Polibio ALTAMIRANO PINCHAO, Nací un 16 de Junio de 1987 en la Provincia del Carchi Cantón Tulcán. Mi instrucción primaria la realice en la escuela Julio Martínez Acosta de la ciudad de Tulcán, al finalizar ingrese al Instituto Técnico Vicente Fierro, donde obtuve el título de bachiller Técnico en Electricidad. Finalmente ingrese a la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, para obtener el título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

Paul David MENDEZ CAICEDO, Nací un 20 de Mayo de 1988 en la Provincia del Carchi cantón Montufar. Mi instrucción primaria la realice en la escuela Fiscal niños Abdón Calderón de ciudad San Gabriel, al finalizar ingrese a la unidad educativa particular católica Darío Egas Grijalva donde obtuve el título Físico Matemático. Finalmente ingrese a la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, para obtener el título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.