

TABLERO DE CONEXIONES PARA RELEVADORES COMO APOYO EN PRÁCTICAS DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS

RELAY CONNECTION PANEL AS SUPPORT IN PROCESS AUTOMATION EXPERIMENTATION

Miguel Magos Rivera

Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, México
mrm@correo.azc.uam.mx

José Antonio Lara Chávez

Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, México
jalch@correo.azc.uam.mx

Ricardo Godínez Bravo

Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, México
rgb@correo.azc.uam.mx

Recepción: 8/noviembre/2019

Aceptación: 4/diciembre/2019

Resumen

La realización de prácticas de laboratorio con relevadores electro-mecánicos es algo común en las instituciones de educación superior. Debido a la falta de equipos adecuados, los experimentos no siempre se llevan a cabo en condiciones de seguridad convenientes y el tiempo de conexión suele ser considerable. En este artículo se presenta el diseño, la construcción y ejemplos de utilización de un tablero didáctico que sirve de apoyo para realizar trabajo experimental que involucre el uso de relevadores electro-mecánicos. Los primeros prototipos construidos han mostrado hasta el momento que el equipo descrito es una herramienta que facilita el trabajo práctico en experimentos relacionados con el control y la automatización. Así mismo, su facilidad de uso abre la posibilidad de ser empleado en cursos de circuitos lógicos, sistemas embebidos y electrónica de potencia, por mencionar solo algunos.

Palabras Claves: Auto equipamiento, automatización, equipo de laboratorio, relevadores electro-mecánicos.

Abstract

Experimentation with electromechanical relays is a common task in undergraduate courses engineering education. Due to the lack of adequate equipment, experiments are not always carried out in convenient safety conditions and the connection time is usually considerable. This paper presents the design, construction and examples of the use of a didactic board that serves as support for experimental work that involves the use of electro-mechanical relays. The first built prototypes have shown that the described equipment is a tool that facilitates practical work in experiments related to control and automation. Likewise, its ease of use opens the possibility of being used in courses of logic circuits, embedded systems and power electronics.

Keywords: *Automation, electromechanical relays, laboratory equipment, self-equipment.*

1. Introducción

Los relevadores electromecánicos, a pesar de tener más de 150 años de existir, siguen siendo dispositivos ampliamente empleados en aplicaciones de automatización y control [Gurevich, 2006]. Al poder controlar corrientes elevadas mediante señales de baja potencia, el relevador seguirá siendo el complemento de los modernos sistemas electrónicos. Por lo anterior, es común el empleo de relevadores en cursos relacionados con Automatización Industrial y Control de Procesos. En este trabajo se presenta el diseño y construcción, así como algunos ejemplos de aplicación, de un tablero de conexiones que sirve de apoyo en la realización de prácticas donde se requiere emplear relevadores electro-mecánicos. El tablero cuenta con 4 bases de tipo octal, lo anterior abre la posibilidad de emplear no solamente relevadores electromecánicos, sino cualquier dispositivo que maneje este tipo de conexión. Cada una de las terminales de las bases está conectada a un borne, lo anterior permite al usuario realizar las conexiones del experimento de una forma fácil y segura. Adicionalmente se agregaron al equipo 2 botones e igual número de indicadores luminosos, estos dispositivos también cuentan con sus respectivos bornes de conexión. Con la finalidad de visualizar el comportamiento de

la carga a controlar, el equipo incluye un sóquet para un foco de 120 vac. Por último, también en bornes de conexión, el tablero tiene disponibles para el usuario voltajes de alimentación de 24 Vdc y 120 Vac. La figura 1, muestra una vista del equipo construido.

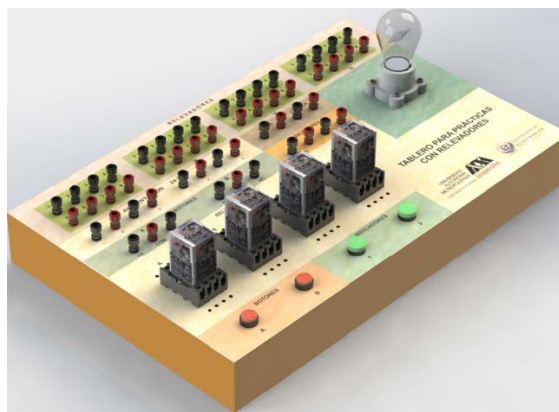


Figura 1 Imagen del prototipo construido.

Estado del Arte

La brecha que existe entre los planes de estudio de las carreras de ingeniería y las capacidades y habilidades que la industria desea, ha sido discutida por diversos autores [Rhinehart, 2015A]. Los nuevos retos que la Industria 4.0 impondrá a los ingenieros en un futuro no muy lejano, hacen necesario replantearse la forma en que se están preparando a los estudiantes de ingeniería, sobre todo en las áreas de control y automatización de procesos [Martin, 2014], [Vega, 2013]. Diversos autores han señalado la necesidad creciente de que los futuros ingenieros cuenten con experiencia práctica para la resolución de problemas que más adelante se le presentarán en su vida laboral [Rhinehart, 2015B], [Serna, 2014].

Una de las opciones más empleadas por las instituciones educativas en el mundo para propiciar el trabajo práctico de los estudiantes, ha sido el equipar sus laboratorios y talleres con equipos similares a los que encontrarán una vez concluidos sus estudios. Bajo este camino, el auto-equipamiento, además del aspecto económico, presenta ventajas que lo hacen interesante: equipos más adecuados a los planes de estudio de las instituciones, construcción con materiales de fácil adquisición y diseños que se adaptan a las necesidades de espacio del

lugar, por mencionar solo algunos. Es así que en la literatura es posible encontrar diversos trabajos en los cuales se describen desarrollos, tanto físicos como virtuales, elaborados específicamente para la enseñanza del control y automatización de procesos:

- **Prototipos físicos.** Existen estudios que concluyen que el trabajo en equipo físico permite a los estudiantes comprender de forma más clara los conceptos teóricos que se buscan reforzar de forma experimental. En [Magos, 2016] y en [Morán, 2018] los autores presentan el diseño y la construcción de tableros didácticos para la realización de prácticas con Controladores Lógicos Programables. En el primer caso el prototipo está basado en un controlador S7-226 del fabricante Siemens, mientras que en el segundo se trata del S7-1200 de la misma marca. Ambos equipos cuentan con un conjunto de botones e indicadores que simplifican la implementación de experimentos. En el primero de los trabajos mencionados, el tablero incluye también una pantalla alfanumérica que permite el despliegado de mensajes de texto. Por su parte en [Sharma, 2016] se describe un proceso de separación por membrana a escala. Este equipo permite a los estudiantes implementar algoritmos de control, así como desarrollar interfaces para monitoreo y configuración del sistema. Un sistema similar al anterior se presenta en [Arenas, 2015]. En este trabajo se presenta un equipo multivariable que permite controlar: nivel, flujo, presión y temperatura de una caldera. La interfaz está desarrollada en el paquete LabView y se despliega en una pantalla táctil TCP-2212. El controlador seleccionado para esta aplicación es un CompactRio.
- **Prototipos virtuales.** La capacidad de procesamiento de los equipos de cómputo, así como el desarrollo de herramientas para la elaboración de interfaces, ha permitido en las últimas dos décadas que algunos investigadores se inclinen por la implementación de prototipos virtuales, tanto locales como remotos, que simulen el funcionamiento de procesos industriales. En [Trnk, 2016] los autores presentan un estudio de diversas herramientas para el desarrollo de laboratorios virtuales, tales como: Matlab,

Java, y C++. El empleo de estas herramientas es ejemplificado con diversos sistemas físicos. De manera similar, en [Ruiz, 2015] los autores exponen algunos de los prototipos virtuales que han desarrollado en sus trabajos de investigación en la Universidad de Córdoba. Ejemplos de modelos virtuales de procesos de electrolisis, lavado de autos y mezclado de líquidos son expuestos en el trabajo. Otro artículo en el cual los autores describen sus experiencias en el desarrollo de prototipos virtuales es el que se presenta en [Trnk, 2013]. En este artículo el desarrollo de un controlador remoto para diversos modelos virtuales es descrito. Los usuarios pueden controlar los procesos de forma remota vía internet, empleando una aplicación instalada en sus computadoras, o bien, mediante un controlador físico local cuyos parámetros de operación son especificados de forma remota. Finalmente se tiene el trabajo descrito en [Flores, 2018], aquí se presenta un simulador del proceso de maceración de una cervecería artesanal. Los parámetros de funcionamiento y el monitoreo del sistema se configuran mediante diversas pantallas que conforman la interface de usuario. La comunicación con el equipo de control externo se realiza mediante herramientas DDE.

Son numerosos los equipos que se pueden encontrar en la literatura contruidos con el objetivo de equipar laboratorios de docencia. Una conclusión a la cual puede llegarse considerando los trabajos presentados como antecedentes al que aquí se describe, es que la mayoría están concebidos para adaptarse a las condiciones específicas de las instituciones en las cuales se han elaborado. El tablero que se presenta en este trabajo sirve de complemento a otros equipos contruidos con anterioridad, permitiendo de esta forma un manejo modular de los mismos.

2. Métodos

Descripción del Equipo

- **Bases.** El tablero contruido cuenta con 4 bases para dispositivos con distribución de terminales de tipo octal KRPA. Este estándar es uno de los más comunes en el mercado razón por la cual diversos fabricantes de

equipo ofrecen una variedad de componentes que cumplen con él. Es así que la mayoría de los relevadores electromecánicos con contacto doble son construidos respetando este estándar. Así mismo se tienen temporizadores, contadores y controladores con la distribución de terminales en cuestión. Cada una de las bases tiene asociado un conjunto de bornes a los cuales se encuentran conectadas sus terminales. La figura 2 muestra la base con etiqueta “A” a la cual le corresponde el grupo de bornes identificado con la misma letra.

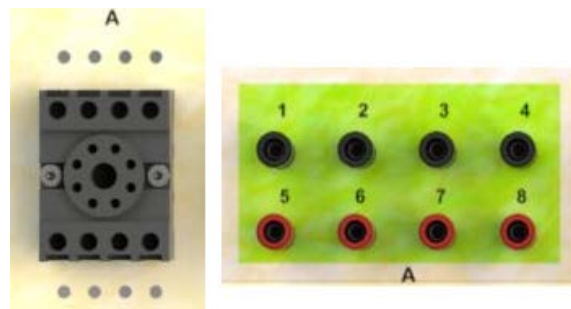


Figura 2 Base “A” con su conjunto de bornes asociado.

- **Indicadores luminosos.** El equipo cuenta con dos indicadores los cuales permiten al usuario visualizar el estado de igual número de señales digitales. Se seleccionó el modelo AD 16-16, el cual es un indicador de tipo LED, con voltaje de alimentación de 24 Vdc y diámetro de 18 mm. Las dos terminales de cada uno de los indicadores se encuentran conectadas a igual número de bornes, la figura 3 muestra los elementos descritos.



Figura 3 Indicadores luminosos y sus bornes de conexión.

- **Botones.** El tablero cuenta con dos botones pulsadores los cuales pueden ser empleados por el usuario para generar alguna señal de control como

podría ser el arranque o paro de alguna secuencia. El dispositivo seleccionado es el modelo AD16Y-22S, se trata de un botón pulsador redondo de 16 mm de diámetro con 2 interruptores NA/NC. Las tres terminales de cada uno de los botones se encuentran conectadas a igual número de bornes, la figura 4 muestra los elementos descritos.

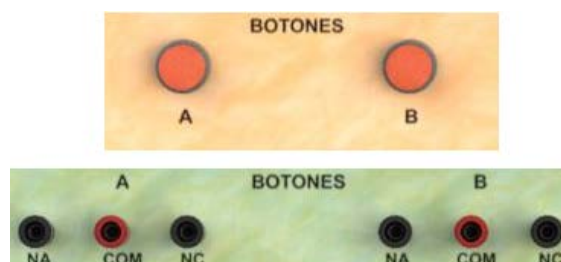


Figura 4 Botones y sus bornes de conexión.

- **Soquet.** Como elemento final, el tablero cuenta con un sóquet en el cual se puede colocar un foco estándar. La finalidad es poder contar con un elemento que permita simular una carga eléctrica de corriente alterna. El dispositivo seleccionado fue una base de porcelana tipo E27; se trata de un sóquet roscado para lámparas estándar de 127 Vac con perforaciones para montaje en pared. Las dos terminales del elemento se encuentran conectadas a igual número de bornes, la figura 5 muestra los elementos descritos.

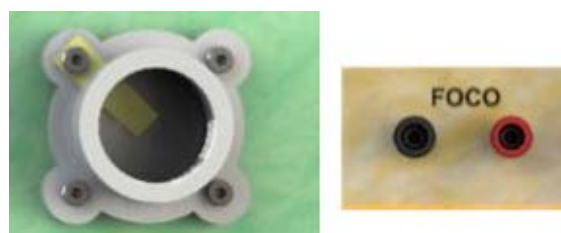


Figura 5 Soquet y sus bornes de conexión.

- **Voltajes disponibles.** El tablero cuenta con terminales en las cuales se tienen disponibles dos valores de voltajes, los cuales pueden emplearse para alimentar a los elementos instalados en el equipo, o algún dispositivo

externo. Los niveles proporcionados son: 24 Vdc y 127 Vac., en ambos casos la corriente está limitada a un máximo de 1 A. Para el primero de los voltajes, el prototipo incorpora una fuente conmutada de 24 Vdc a 1 A. Para el segundo valor se tiene, en una de las paredes del tablero, un conector para cable tomacorriente de tres terminales rectangulares de 10 A, tipo IEC-C14. La figura 6 muestra los bornes en los cuales se encuentran disponibles los voltajes mencionados.



Figura 6 Bornes de conexión asociados a los voltajes de 24 vdc y 127 vac.

Construcción del Tablero

Los elementos que conforman el tablero que aquí se describe, se encuentran soportados en una base de madera. Básicamente se trata de una placa sobre la cual se encuentran los elementos con los cuales interactuará el usuario y un soporte para esta placa:

- **Placa superior.** Se trata de la superficie de trabajo del equipo. Construida en MDF de 6 mm, en ésta se encuentran colocadas las bases octales, los indicadores luminosos, los botones y el sóquet. Así mismo, en esta placa se ubican todos los bornes de conexiones del equipo. Complementa a este sub-ensamble la etiqueta impresa que permite asociar las terminales de los elementos con sus respectivos bornes. La figura 7, muestra vistas en explosión y de ensamble de la placa superior con todos los elementos ya instalados.
- **Soporte de la placa.** El equipo cuenta con un soporte de triplay de 9 mm en el cual se encuentra fija la Placa Superior. Dado que los dispositivos que se instalarán en las bases de tipo octal se colocan a presión, se agregaron refuerzos a la estructura que eviten posibles daños a la Placa Superior.

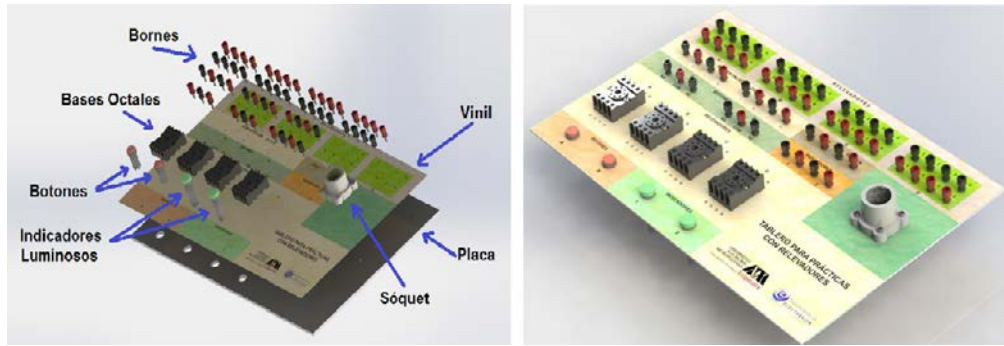


Figura 7 Vistas en explosión y de ensamble de la placa superior del prototipo.

El diseño del soporte, así como la disposición de los dispositivos en la base que soporta a los elementos, fue realizado de forma tal que el almacenamiento de los equipos no requiera demasiado espacio. De esta forma, los tableros pueden ser apilados uno sobre el otro cuando estos no se utilizan. La figura 8 muestra una vista en explosión y de ensamble de las piezas que conforman el soporte de la placa, mientras que en la figura 9 se observa la forma en que se ensambla este conjunto con la placa superior.



Figura 8 Vistas en explosión y de ensamble del soporte de la placa superior.



Figura 9 Vista en explosión del soporte y la placa superior del prototipo.

La figura 10 muestra los elementos asociados a la alimentación eléctrica del equipo: fuente de alimentación, conector toma corriente y una porta fusible de protección. Estos dispositivos se encuentran fijos a una de las paredes del soporte de la placa.



Figura 10 Vista de los elementos asociados a la alimentación eléctrica del equipo.

Finalmente, la figura 11 muestra una imagen superior y otra inferior del tablero construido.



Figura 11 Imágenes del tablero construido.

3. Resultados

Hasta el momento se han construido 10 tableros como el que aquí se describe. El equipo ha demostrado durante cuatro trimestres lectivos, ser una herramienta que facilita y reduce el tiempo de conexiones permitiendo incrementar el número de ejercicios que se pueden realizar por sesión de laboratorio. Así mismo, la seguridad, tanto para los usuarios como para los equipos de control, se ha incrementado con el uso del tablero. Las aplicaciones para este tablero pueden ser muy diversas, a continuación, se presentan cuatro ejemplos de aplicación implementados como apoyo en distintas asignaturas de las carreras de ingeniería:

- **Circuito de enclavamiento.** El enclavamiento es una de las implementaciones más importantes que se realizan en aplicaciones de

automatización. La construcción por medio de dispositivos físicos de esta función permite el encendido y apagado de algún dispositivo mediante botones pulsadores, siendo ampliamente utilizado en operaciones de arranque/paro. La figura 12 muestra el diagrama eléctrico de un circuito de enclavamiento realizado con un relevador y dos botones, uno normalmente abierto y otro normalmente cerrado. La figura 13 muestra las conexiones a realizar en el tablero para implementar el circuito descrito.

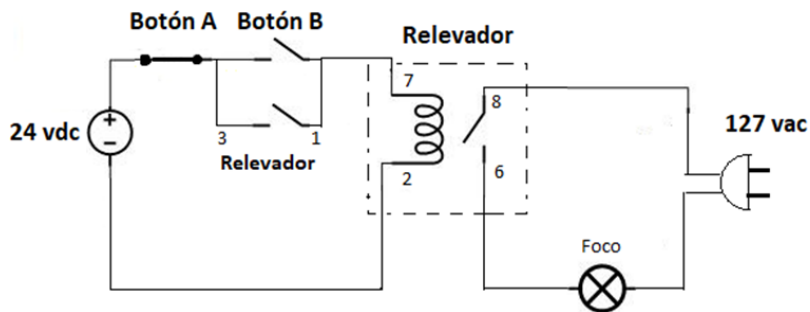


Figura 12 Diagrama eléctrico del circuito de enclavamiento.

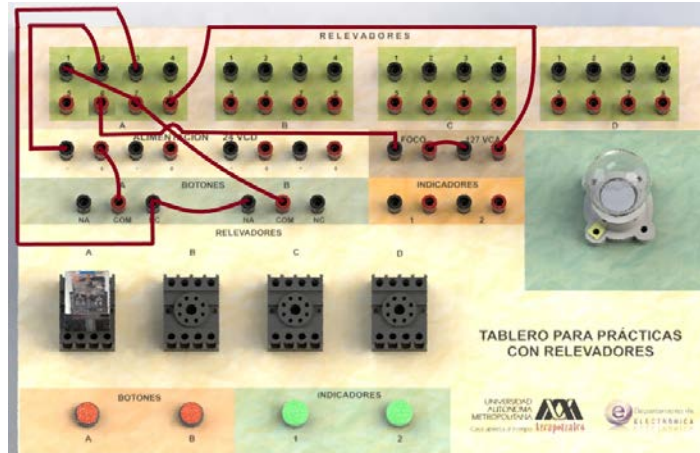


Figura 13 Implementación en el tablero de un circuito de enclavamiento.

Como puede observarse, se trata de un enclavamiento clásico: el botón B energiza la bobina del relevador (7-2) provocando que el interruptor (8-6) encienda al foco que funciona como carga. El enclavamiento de la energía se realiza con el interruptor (1-3) del relevador. El desenclave del circuito ocurre al accionar el botón A.

- **Control de lazo abierto con temporizador.** El estudio de los sistemas de control de lazo abierto forma parte de cursos de teoría de control en diversas carreras de ingeniería. Por lo anterior, es común el realizar alguna práctica de laboratorio que apoye la comprensión de los conceptos estudiados en el salón de clase. En el ejemplo que se propone, se busca que una carga se encienda durante un tiempo (t), después de accionar un botón pulsador. Para esto se emplea un temporizador modelo AT8N de la marca Autonics. Se trata de un temporizador multifuncional con 16 intervalos de tiempo, 6 modos de operación, dos contactos de salida con capacidad máxima de 5 A, alimentación de 24 vdc y terminales de tipo octal [Autonics, 2016]. Para la aplicación que se describe se utilizó el modo Power On Delay 2. La figura 14 muestra el diagrama de tiempos correspondiente a este modo de funcionamiento.

Modo de Operación: Power ON Delay 2

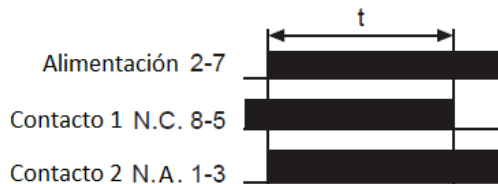


Figura 14 Diagrama de tiempos del temporizador en modo Power On Delay 2.

En el diagrama de tiempos del modo seleccionado se observa como al energizarse el dispositivo 2-7, el contacto normalmente cerrado 8-5 conserva su estado durante el intervalo de tiempo establecido (t); transcurrido el periodo se abre. Por su parte el contacto normalmente abierto 1-3 cambia de estado al energizarse el temporizador, y así se mantiene mientras no se corte la alimentación en sus terminales. El diagrama eléctrico del circuito de control de lazo abierto a implementar se muestra en la figura 15. La figura 16 muestra las conexiones a realizar en el tablero para implementar el circuito descrito. El temporizador se colocó en la base A, mientras que el relevador se encuentra en la base B, en esta aplicación se empleó el botón A.

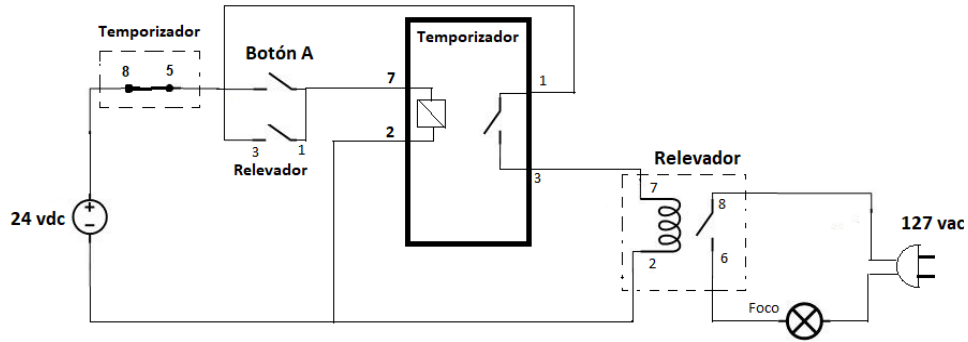


Figura 15 Diagrama eléctrico del circuito de control de lazo abierto.



Figura 16 Implementación en el tablero de un circuito de control de lazo abierto.

Considerando el funcionamiento del temporizador en el modo Power On Delay 2, se deduce del diagrama eléctrico que, al accionar el botón A, las terminales de alimentación 2-7 del temporizador se energizan lo que provoca que su interruptor normalmente abierto 1-3 se cierre. Lo anterior hace que el relevador se active encendiendo el foco que simula la carga. El interruptor 1-3 del relevador se encarga de mantener la alimentación en el temporizador aun cuando el botón A ya no esté accionado. Transcurrido el tiempo programado, el interruptor 8-5 del temporizador se abre cortando la energía a todo el circuito el cual regresa al estado inicial en el que el foco de carga se encuentra apagado.

- **Control de lazo abierto con Arduino.** En cursos de Sistemas Embebidos es común emplear tarjetas de desarrollo, siendo Arduino una de las más utilizadas. Este tipo de plataformas son muy prácticas para implementar

aplicaciones de Automatización, muchas de las cuales emplea un relevador como elemento final de control. El ejemplo que se propone es el mismo que se describió en el inciso anterior. Se trata de un circuito de control de lazo abierto, pero en este caso la función de temporización será realizada con una tarjeta Arduino. El diagrama eléctrico del circuito de control a implementar se muestra en la figura 17.

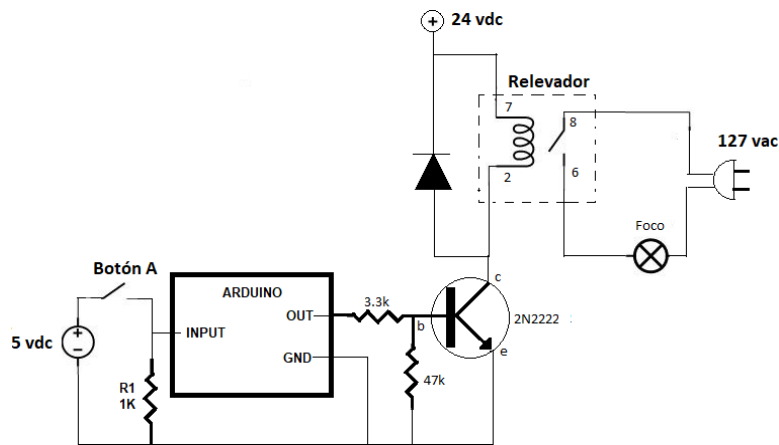


Figura 17 Diagrama eléctrico del circuito de control de lazo abierto con Arduino.

En el diagrama se observa el botón A conectado a una entrada del Arduino mediante una resistencia. La salida de la tarjeta controla el encendido del relevador a través de un transistor. El código del programa correspondiente se muestra en la figura 18. La terminal 9 del Arduino se configuró como salida, y se encarga de controlar la activación del actuador. Por su parte, la terminal 2 se programó como entrada en la cual se conecta el botón pulsador. Para el ejemplo el tiempo de encendido es de 10 segundos. La figura 19 muestra las conexiones a realizar en el tablero para implementar el circuito descrito.

- **Control de secuencias con un PLC.** Uno de los usos más comunes de los Controladores Lógicos Programables es en el control de secuencias. En el ejemplo que se muestra se encienden en forma secuencial, por medio de un PLC, tres dispositivos: dos indicadores de 24 Vdc y un foco de 127 Vac. Se tienen dos botones, uno para el arranque de la secuencia y otro para el paro. En la figura 20 se muestra el diagrama eléctrico del ejemplo descrito.

```
TIMER10s Arduino 1.8.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

TIMER10s
int PinLed=9;
int InputPin=2;
int Boton;

void setup() {
  pinMode(InputPin, INPUT);
  pinMode(PinLed, OUTPUT);
}

void loop() {
  Boton= digitalRead(InputPin);
  if (Boton==HIGH){
    digitalWrite(PinLed,HIGH);
    delay (10000);
    digitalWrite(PinLed,LOW);
  }
}
```

Figura 18 Código del programa del circuito de control de lazo abierto con Arduino.

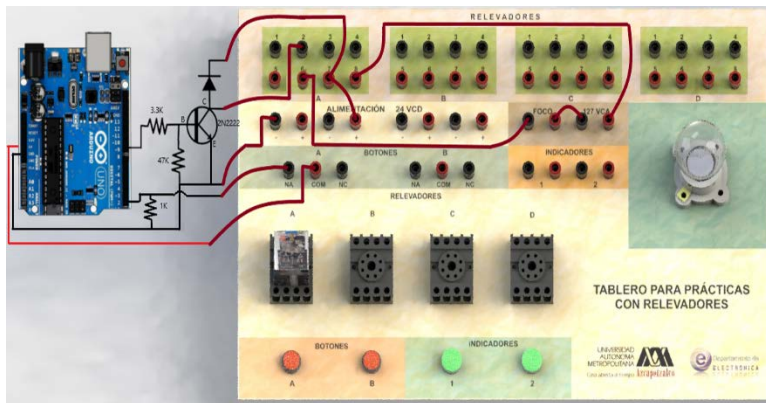


Figura 19 Implementación en tablero de un circuito de control de lazo abierto con Arduino.

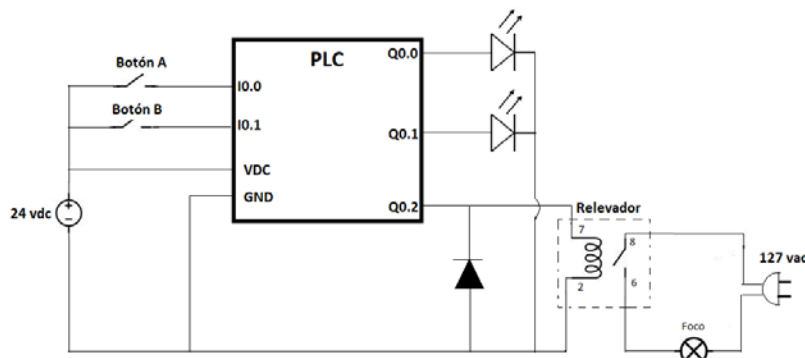


Figura 20 Diagrama eléctrico del circuito de control secuencial con PLC.

La implementación de esta aplicación se realizó empleando un tablero didáctico de PLCs basado en el modelo S7-1200 CPU 214 de Siemens. El diagrama en escalera del programa para el controlador se muestra en la figura 21.

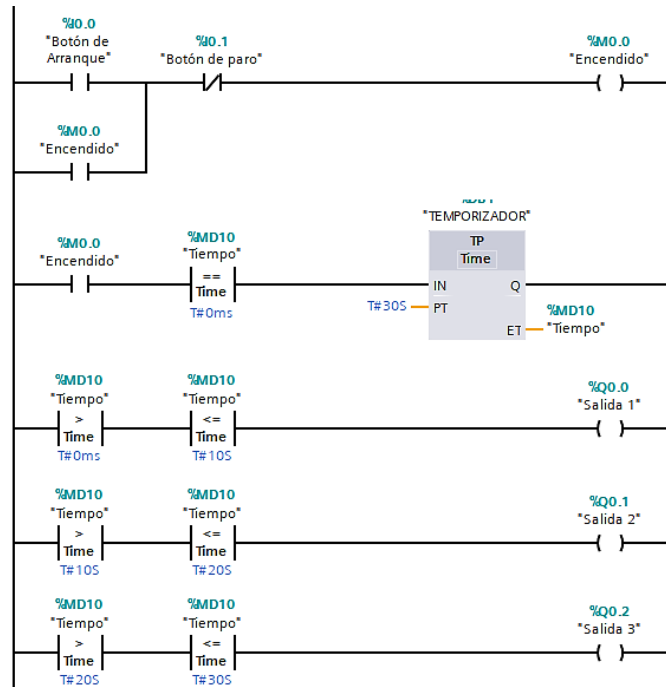


Figura 21 Programa en lenguaje de escalera del control secuencial con PLC.

Se observa en la primera línea de código la implementación de un enclavamiento. Posteriormente se tiene un temporizador configurado para funcionar 30 segundos y reiniciarse automáticamente. En las líneas finales se tienen las condiciones para encender secuencialmente tres salidas del PLC (Q0.0, Q0.1 y Q0.2) por 10 segundos cada una. La figura 22 muestra las conexiones a realizar entre el tablero de relevadores y el de PLCs para implementar el circuito descrito.

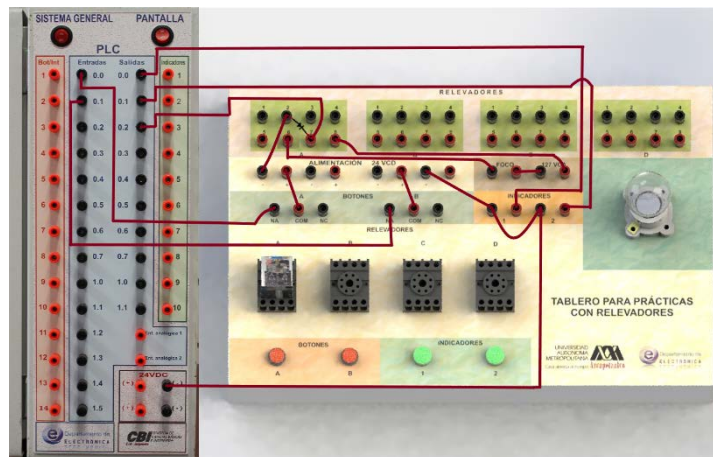


Figura 22 Conexiones del tablero de relevadores con el del PLC empleado.

4. Discusión y Conclusiones

En la actualidad los equipos de cómputo cuentan con enormes capacidades de procesamiento y funciones de video muy avanzadas, lo anterior ha permitido el desarrollo de una gran cantidad de simuladores y laboratorios virtuales. Bajo este contexto, los equipos físicos para realizar experimentación en los laboratorios de las escuelas de ingeniería empiezan a ser poco empleados. Sin embargo, el trabajo sobre equipos reales puede tener un efecto motivador en los estudiantes al verlos funcionando. Las aportaciones derivadas del prototipo descrito en este artículo son las siguientes:

- Proporcionar a los alumnos de las carreras de ingeniería una herramienta que facilite la conexión de uno de los actuadores más empleado en la industria.
- Dotar a la institución de un equipo más acorde a las necesidades específicas de docencia de las carreras de ingeniería que se imparten.
- Complementar algunos de los equipos didácticos construidos en años pasados para el Laboratorio de Control de la institución.
- Equipar a los laboratorios con un dispositivo construido con materiales de fácil adquisición en el mercado nacional lo cual facilita su reparación y/o reproducción.

El presente artículo busca difundir la experiencia obtenida en el trabajo de autoequipamiento, de forma que el prototipo reportado podría ser adaptado a las necesidades particulares de otras instituciones de educación superior.

No se contempla un trabajo a futuro para este equipo, más bien se pretende avanzar en el diseño y construcción de más sistemas modulares que, en conjunto con el aquí descrito, permitan ampliar el abanico de experimentos que puedan realizarse en los laboratorios que apoyan la enseñanza de automatización de procesos.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Arenas Méndez, M.A., Camero-Berrones, R.G., Hernández-Hernández, D., Cabriales-Muñiz, M. J., Santillán-Ramírez, J.A. Implementación de una

- planta de prácticas de instrumentación y control de procesos. *Electro*, Vol. 37, pp. 392–395. octubre 2015.
- [2] Autonics. Multi Function Timer. AT8N Series. Autonics Corporation. USA, 2016.
- [3] Bistak, P., Huba, M. Three-Tank Virtual Laboratory for Input Saturation Control Based on Matlab. *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 49, No. 6, pp. 207-212. 2016.
- [4] Flores, J.A., Magos, M., Lara, J.A., Domínguez, J.M., Godínez, J.A. Simulación y control del proceso de maceración de una cervecería artesanal, *Pistas Educativas*, Vol. 128, No. 139, pp. 487–505, febrero 2018.
- [5] Gurevich, V. *Electric Relays. Principles and applications*. Ed. Taylor & Francis Group. U.S.A. 2006.
- [6] Magos Rivera, M., Lara Chávez, J.A., Ramírez Zúñiga, R.M., Farfan-Espinoza, D.A., Gutiérrez-Flores, Z.E. Tablero didáctico para prácticas con Controladores Lógicos Programables. *Pistas Educativas*, No. 120, pp. 77-93, noviembre 2016.
- [7] Martin, P. The dawn of a new era in control. *Control*, Vol. 28, No. 4. pp. 14-16. December 2014.
- [8] Morán Solano, M.G., Moreno-Jiménez, J., Martínez-Galván, A.X. Diseño e implementación de un panel didáctico con PLC Siemens S7-1200. *Electro*, Vol. 40, pp. 237 – 242. Oct 2018.
- [9] Rhinehart, R.R. The disconnect between engineering school and the real workplace. *Control*, Vol. 28, No. 4. pp. 18-22. April 2015A.
- [10] Rhinehart, R.R. How to bridge the gap between engineering school and the working world. *Control*, Vol. 28, No. 6. pp. 14-16. June 2015B.
- [11] Ruiz, A., Jiménez, J.E., Ruz, M.L., Dormido, S., Visioli, A. Interactivity-based control education: Some experiences at the University of Córdoba. *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 48, No. 29, pp. 37-42. 2015.
- [12] Serna, M., Polo, J.A. Lógica y abstracción en la formación de ingenieros: una relación necesaria. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*. Vol. 15, No. 2, pp. 299–310. 2014.

- [13] Sharma, A., Jelemensky, M., Valo, R., Kaluz, M., Fikar, M. Process control education using a laboratory separation process. *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 49, No. 6, pp. 4-9, June 2016.
- [14] Trnka, P., Godja, S., Bauerova, D., Hofreiter, M. Virtual control laboratory - Enhanced remote control of real models using PLC foxtrot. *IEEE 11th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*. Slovakia 2013.
- [15] Trnka, P., Vrana, S., Sulc, B. Comparison of various technologies used in a virtual laboratory. *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 49, No. 6, pp. 144-149. 2016.
- [16] Vega-González, L.R. La educación en ingeniería en el contexto global: propuesta para la formación de ingenieros en el primer cuarto del Siglo XXI. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*. Vol. 14, No. 2, pp. 177–190. 2013.