



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1291>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de investigación

Diseño y evaluación de un laboratorio remoto para la enseñanza de diseño de circuitos electrohidráulicos

Design and evaluation of a remote laboratory for teaching design of electrohydraulic circuits

Projeto e avaliação de um laboratório remoto para ensino de projeto de circuitos eletro-hidráulicos

Santiago Alejandro López-Ortiz ^I
sa_lopez@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6314-6299>

Telmo de Jesús Moreno-Romero ^{II}
telmo.moreno@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9354-5995>

Otto Fernando Balseca-Sampedro ^{III}
otto.balseca@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6713-0991>

Estefanía Berenice Bravo-López ^{IV}
stefania.berenice.bl@live.com
<https://orcid.org/0000-0002-5200-9715>

Pamela Estefanía Pino-Pilco ^V
pamepino01@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4601-5956>

***Recibido:** 22 de mayo de 2020 ***Aceptado:** 19 de junio de 2020 ***Publicado:** 18 de julio de 2020

- I. Magíster en Diseño Mecánico, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Especialista en Computación Aplicada al Ejercicio Docente, Máster en Ciencias, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III. Magíster en Sistemas de Transporte de Petróleo y Derivados, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- IV. Ingeniera Mecánica, Investigador Independiente, Riobamba, Ecuador.
- V. Ingeniera Mecánica, Investigador Independiente, Riobamba, Ecuador.

Resumen

En el presente trabajo se ha implementado un laboratorio remoto para la enseñanza del diseño de circuitos electro-hidráulicos, tema importante dentro de la asignatura y vital para la posterior aplicación industrial como profesionales, para ello se describe el procedimiento seguido en la etapa de diseño y puesta a punto de la herramienta, también se explica cómo es el proceso de conexión a una red local y posterior acceso mediante una plataforma virtual que permite asignar citas en diferentes horarios disponibles. El estudiante cuenta con una guía de laboratorio que le ayuda a realizar con éxito la práctica de laboratorio y alcanzar los objetivos propuestos, una vez finalizada la práctica se realiza una encuesta a 34 estudiantes con el fin de determinar aspectos claves como: el grado de satisfacción, la facilidad de acceso, los conocimientos adquiridos, la importancia del conocimiento puesto en práctica y finalmente recomendaciones para su uso en bancos de prueba de características similares. Al analizar los resultados se concluye que el laboratorio remoto es una herramienta poderosa para la enseñanza y el desarrollo de prácticas de laboratorio, los estudiantes tienen gran afinidad por la facilidad de uso que muestra una preferencia de acceso mediante sus teléfonos inteligentes.

Palabras claves: Laboratorio remoto; enseñanza; circuito; electro-hidráulica.

Abstract

In this work, a remote laboratory has been implemented to teach the design of electro-hydraulic circuits, an important topic within the subject and vital for the subsequent industrial application as professionals, for which the procedure followed in the design stage is described and development of the tool, it also explains how the process of connecting to a local network and subsequent access through a virtual platform that allows assigning appointments at different available times. The student has a laboratory guide that helps him to successfully carry out the laboratory practice and achieve the proposed objectives. Once the practice is completed, a survey is carried out with 34 students in order to determine key aspects such as: the degree of satisfaction, the ease of access, the knowledge acquired, the importance of the knowledge put into practice and finally recommendations for use in test benches with similar characteristics. Analyzing the results, it is concluded that the remote laboratory is a powerful tool for teaching and developing laboratory

practices. Students have a great affinity for the ease of use that shows a preference of access through their smartphones.

Keywords: Remote laboratory; teaching; circuit; electro-hydraulic.

Resumo

Neste trabalho, um laboratório remoto foi implementado para ensinar o projeto de circuitos eletro-hidráulicos, um tópico importante no assunto e vital para a aplicação industrial subsequente como profissional, para a qual o procedimento seguido na fase de projeto é descrito e No desenvolvimento da ferramenta, ele também explica como o processo de conexão com uma rede local e o acesso subsequente através de uma plataforma virtual que permite atribuir compromissos em diferentes horários disponíveis. O aluno possui um guia de laboratório que o ajuda a realizar com êxito a prática de laboratório e alcançar os objetivos propostos. Uma vez concluída a prática, é realizada uma pesquisa com 34 alunos, a fim de determinar aspectos-chave como: o grau de satisfação, a facilidade de acesso, o conhecimento adquirido, a importância do conhecimento colocado em prática e, finalmente, recomendações para uso em bancos de ensaio com características semelhantes. Analisando os resultados, conclui-se que o laboratório remoto é uma ferramenta poderosa para o ensino e o desenvolvimento de práticas laboratoriais. Os alunos têm uma grande afinidade pela facilidade de uso que mostra uma preferência de acesso através de seus smartphones.

Palavras-Chave: Laboratório remoto; ensino; o circuito; eletro-hidráulico.

Introducción

La educación con el pasar de los años ha sufrido grandes cambios según los aspectos políticos, socio-económicos y tecnológicos. Enfocándose en el desarrollo y bienestar de los seres humanos se ha estudiado técnicas de aprendizaje que ayudan al estudiante a mejorar sus conocimientos y destrezas (Aguirre, 2011). Estudios realizados de psicología cognitiva e investigaciones en aulas de clases demostraron que las personas adquieren habilidades haciendo actividades y reflexionando sobre el resultado, no observando y escuchando a un individuo que les digan que deben saber (Dormido, 2002).

Diseño y evaluación de un laboratorio remoto para la enseñanza de diseño de circuitos electrohidráulicos

Para la formación de profesionales en disciplinas como ciencia, tecnología, ingeniería o matemáticas y en asignaturas como automática, Mecatrónica y robótica es necesario que el aprendizaje se lo realice de forma práctica con el fin de aplicar y demostrar los conceptos teóricos adquiridos durante la formación académica, lo que generalmente se usa es la experimentación en laboratorios equipados con bancos de prueba, dispuesto de todos los accesorios e instrumentos para recrear los fenómenos físicos que se pretende aplicar, esto representa altos costos para las instituciones de enseñanza.(Galán, 2018; Candelas 2003). La experiencia que brindan los laboratorios en sitio reflejan una gran ventaja, puesto que, los alumnos se encuentran en contacto directo con los elementos y equipos para el desarrollo de prácticas, no obstante como sistema de apoyo para enriquecer los procesos de auto-aprendizaje, y dar solución a problemáticas de falta de infraestructura, problemas presupuestarios; las instituciones educativas optan por implementar herramientas virtuales de estructuración de la información por medio del internet y avances tecnológicos como laboratorios remotos y virtuales (Medina, 2011; Candelas, 2004; Jara, 2007). Otros factores a considerar son la falta de espacio físico en los laboratorios que generalmente deben albergar a una gran cantidad de estudiantes de educación superior pública, finalmente sucesos no previstos en la planificación de las clases como lo suscitado en el año 2020 por la pandemia mundial a causa de un virus, ha empujado a las instituciones de enseñanza a hacer uso de plataformas virtuales y clases en línea para tratar de que el proceso de aprendizaje no se perjudicado en la medida de lo posible.

Para complementar el inter-aprendizaje primero se han desarrollado los laboratorios virtuales (LV) que son sistemas computacionales con acceso mediante internet a una plataforma donde se simulan procesos reales, siguiendo el procedimiento de un laboratorio convencional (LC) para efectuar la práctica, ellos ofrecen la oportunidad de observar instrumentos y simulaciones de fenómenos por medio de objetos dinámicos programados en applets de Java, cgis, javascripts, PHP, etc. (Medina, 2011). La tecnología de información y comunicación (TICs) y la computación han permitido que los LV evolucionen y se transformen en laboratorios remotos (LR). En estos últimos el objetivo es tener un acceso lejano para acceder en tiempo real al banco de pruebas y ejecutar la práctica como si el estudiante estuviera dentro del aula, además, son considerados como herramientas valiosas para que el usuario interactúe directamente con el sistema para desarrollar actividades de manera remota mediante una red local o una red de internet (Rosado y Herreros, 2002).

Diseño y evaluación de un laboratorio remoto para la enseñanza de diseño de circuitos electrohidráulicos

En el Ecuador tecnología de control virtual remoto son pocos los proyectos realizados, oficialmente la Universidad Técnica Particular de Loja UTPL es la primera que posee un proyecto de laboratorios remotos con el objetivo de que los estudiantes de los distintos centros universitarios de modalidad abierta y a distancia tenga acceso a prácticas experimentales en un entorno real (Cabrera,2017). Existen otros proyectos de titulación que mencionan la terminología de laboratorios remotos, pero es importante mencionar que si bien es cierto son remotos, pero no virtuales y la desventaja es que su acceso es limitado a una zona de cobertura de la red ethernet o extensión de IP estática que solo se accede a la misma red, pero el control desde la internet de un proceso físico. En la Universidad del Azuay el control es mediante web pero por medio de puertos de la dirección IP que se dejan abiertos, que si bien es cierto se puede manipular el proceso, pero lo que realmente hace es que se vuelve un control remoto de larga distancia, requiere permisos de protocolos y puestos, el problema de este tipo de control es que la red de la Universidad al quedar puertos de comunicación remota y gráficas abiertos se está propensos a los ciberdelincuentes y afectar los servidores de la institución y comprometer la base de datos (Torres, 2011).

En la Facultad De Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se está desarrollando proyectos para innovar los procedimientos de aprendizaje y compartir el mismo objetivo de la UTPL, se pretende iniciar con un proyecto base de laboratorios remotos, que mejoren el aprendizaje de los futuros profesionales. La problemática es la misma que en otras universidades, poco presupuesto, limitados espacios y alta demanda de estudiantes, se ven orientados a realizar la implementación de un laboratorio virtual remoto. Por eso es prescindible es presente trabajo, ya que permitirá disponer de una guía para futuros trabajos y se pondrán en práctica las recomendaciones obtenidas.

Objetivos

- Diseñar e implementar un laboratorio remoto para el desarrollo de prácticas de manera remota estableciendo los tiempos de uso diario y de cada práctica.
- Complementar el proceso de aprendizaje en el campo de la electro-hidráulica mediante el uso de un laboratorio de mando remoto, enseñando temas puntuales que son necesarios para el dominio de la asignatura de oleo-hidráulica.
- Evaluar el impacto y grado de aprendizaje que tiene los estudiantes al efectuar prácticas de circuitos en un banco de pruebas oleo-hidráulicas mediante mando remoto virtual.

Diseño y evaluación de un laboratorio remoto para la enseñanza de diseño de circuitos electrohidráulicos

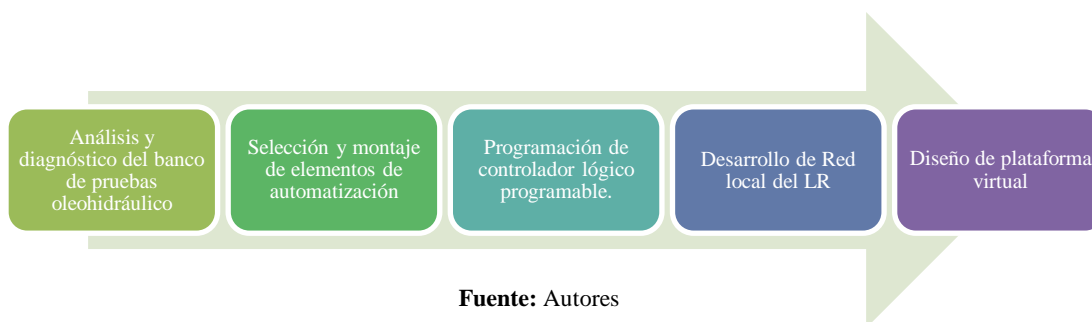
- Determinar la importancia de implementar esta tecnología para el control virtual en los diferentes bancos de laboratorio o en laboratorios de similares características.
- Conocer el grado de aceptación que tienen las herramientas tecnológicas de aprendizajes para la formación de profesionales analíticos y con sólidos conocimientos prácticos.

Desarrollo de un laboratorio remoto de un banco de pruebas electro-hidráulico

En la Facultad de Mecánica existen muchos laboratorios convencionales de las diferentes asignaturas impartidas en las cuatro carreras que la componen. El banco de pruebas oleo-hidráulico que se encontró en el Laboratorio De Sistemas Neumáticos Y Oleo-hidráulico de la Facultad de Mecánica, mismo que fue sometido a reestructuración e implementación de tecnología para el control remoto y virtual.

Un laboratorio remoto, se basa en una estructura Usuario-Servidor donde existe una planta de trabajo o banco de laboratorio que son conectados a un servidor Web para que los usuarios puedan intercambiar información mediante una cámara IP y el autómatas programable.

Fig. 1 Diagrama de procesos para el desarrollo del LR



Análisis y diagnóstico del banco oleo-hidráulico

El banco de pruebas oleo-hidráulico es un banco diseñado para la ejecución de circuitos hidráulicos con cilindros doble efecto. Inicialmente se encontró desmontado, pero con los elementos del circuito oleo-hidráulico en perfectas condiciones a excepción de los controles de la unidad hidráulica de poder (HPU) y ausencia de acoples rápidos, como se puede observar en la Fig. 2.

Fig. 2 Banco de pruebas Oleo-hidráulico. FM. ESPOCH



Fuente: Autores

El tablero de control eléctrico que se encontró tenía sus componentes obsoletos y cortocircuitados, además en el desarrollo del LRV se re-diseñará el circuito eléctrico para automatizar completamente el proceso. Continuando con el proceso de diagnóstico se analizó cada componente del banco con el fin de obtener los parámetros y automatizar correctamente el proceso. Se re-adequaron las instalaciones y se dio mantenimiento a todos los elementos para que el circuito funcione manualmente, puesto que las válvulas direccionales que posee el banco son de mando manual y bobina electromagnética.

El circuito electro-hidráulico cuenta con tres actuadores lineales de diferentes diámetros y carreras, un depósito de capacidad 7 gal con aceite ISO 68, filtro, válvula limitadora de presión seteada a una presión de 500 psi, válvulas direccionales pilotadas por solenoide 4/3 con centro abierto, bomba de engranajes internos con un caudal máx. 2,3 GPM y presión máx. 3300 psi, motor monofásico de 2 HP de potencia y mangueras de 3/8" y 1/4" para alimentación y retorno respectivamente.

Fig. 3 Elementos del circuito oleo-hidráulico



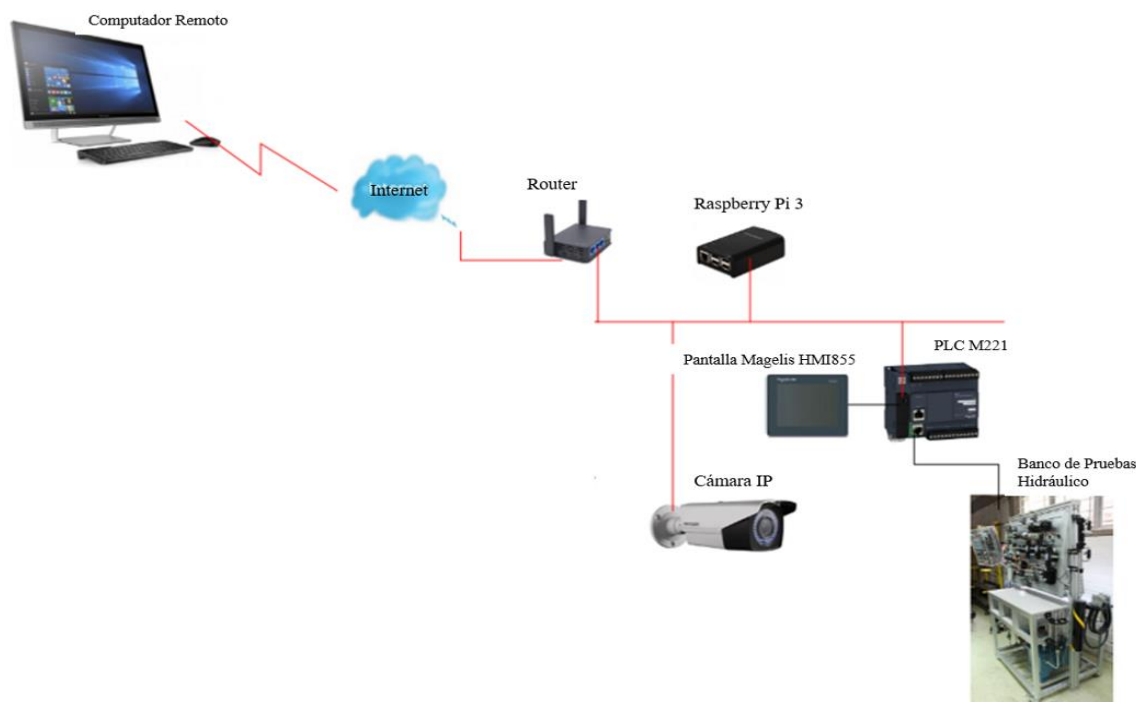
Fuente: Autores

Selección y montaje de los elementos de automatización

Para el desarrollo del LRV se realizó una arquitectura de comunicación que abarque todo el proceso y que permita al estudiante interactuar con el banco de pruebas, es decir, ver y controlar desde cualquier punto geográficamente hablando. La estructura parte de las funciones que debe cumplir el circuito hidráulico, estas son: encender la HPU y ejecutar las secuencias con los actuadores mientras el usuario observa y vive una experiencia similar a la que tuviera si se encontrara en un LC.

Al analizar la necesidad propuesta, se personalizó la estructura de comunicación, desglosando los componentes principales que debe poseer para cubrir dichos requerimientos. Se plantea la instalación de un autómatas programable para un control ON/OFF del encendido del banco y control de posiciones de los actuadores lineales, una cámara IP que permita la visualización del proceso en tiempo real, un dispositivo Raspberry Pi que cumpla la función de servidor donde será instalado el servidor Web, un router para crear una red interna con doble propósito; protección de datos y control de dispositivos de red. Adicionalmente el banco podrá ser controlado local y remotamente, pues se decidió colocar un switch con estas dos posiciones, instalando una pantalla de HMI para la manipulación del banco en modo local como se muestra en la Fig. 5

Fig. 4 Arquitectura del LRV del banco de pruebas oleo-hidráulico



Fuente: Autores

Al implementar el tablero de control se colocaron finales de carrera que envíen señales de las posiciones en las que se encuentran los actuadores para la correcta ejecución de las secuencias de cilindros, conectados al PLC M221 de la marca Schneider Electric, mismo que, se programará para automatizar el proceso de manera requerida. Para la debida alimentación energética se colocó un transformador de 220/240 V de alimentación y salida de 110 V AC.

En el circuito eléctrico ciertos elementos requieren de corriente directa por lo que se incorporó una fuente de alimentación en carril Din de 24 V DC donde será conectado la pantalla HMI para el uso en control local. El motor de la HPU debe ser protegido, garantizando la integridad del elemento con un guardamotor, contactor y breakers trifásicos de 3 polos que satisfacen los requerimientos del equipo.

Para el control del accionamiento de los solenoides de las válvulas direccionales se instaló tres relés electromagnéticos en lugar de 6 para cada posición el fin de ahorro de costos, adicionalmente se colocó un relé para el control de encendido de estos solenoides, ya que, el control es inverso, una bobina se encuentra activa y al cambiar de posición esta se desactiva.

Diseño y evaluación de un laboratorio remoto para la enseñanza de diseño de circuitos electrohidráulicos

El instalar servidor web o software de comunicación se seleccionó una placa computadora Raspberry Pi 3 dispositivo que albergará los datos de la plataforma virtual, su sistema operativo es gratuito y de código libre, fácil manipulación y físicamente de estructura compacta, es decir, es relativamente pequeño con respecto a los demás elementos y al espacio físico disponible.

Como elemento para complementar el LR se instaló una cámara IP para ver en tiempo real la ejecución de la práctica de laboratorio y un router para la conexión de los demás dispositivos y generar la red interna o local.

Fig. 5 Elementos eléctricos y electrónicos del LR

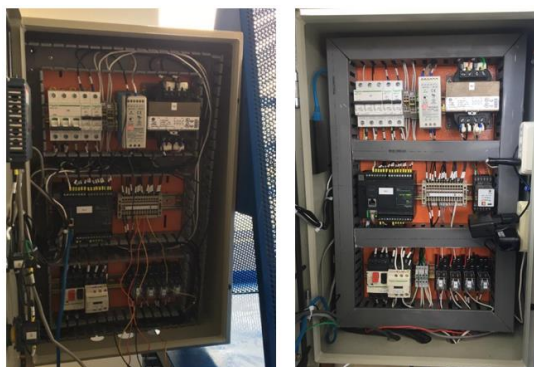


Fuente: Autores

Cada elemento se encuentra debidamente etiquetado, de esta manera estudiantes y docente técnico puede realizar el cambio de un elemento si llegara a presentar averías en el circuito, guiándose en los manuales de mantenimiento y las especificaciones descritas de cada componente (Bravo y Pino, 2019).

Se colocó la caja térmica a un costado del banco y se introdujo el tablero de control eléctrico; además se instaló componentes de la red local del LR como: la cámara IP, Raspberry Pi y el router.

Fig. 6 Tablero de control del LR



Programación del controlador lógico programable

El banco de pruebas oleo-hidráulico se automatizó, para dicho propósito se instaló un PLC, mismo que recibe señales de entrada y salida del encendido de la HPU y de los sensores de posición TODO o NADA ubicados al inicio y final de las carreras de cada actuador.

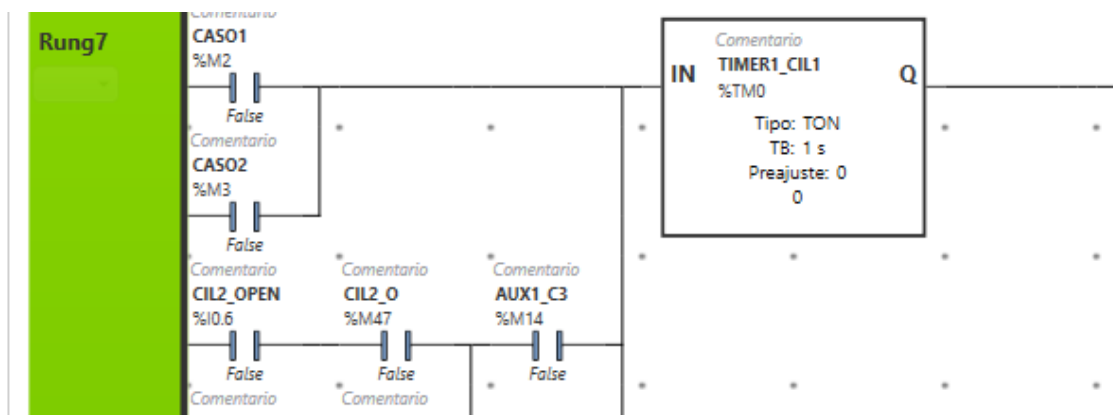
Al ser un PLC de la marca Schneider Electric, sus fabricantes han desarrollado el Software So Machine, el cual permite realizar un programa estructurado para controlar un proceso en cualquiera de sus cuatro lenguajes disponibles. Otra ventaja es que detecta los controladores disponibles dentro de la misma red Ethernet, es decir, el PLC y la pantalla HMI.

En la programación se usó el lenguaje de diagramas de contactos (Ladder), al ser el más utilizado para aplicaciones de electro-hidráulica. El programa está diseñado de modo que cuando el PLC reciba la señal de entrada del selector del modo en que se encuentra el banco, es decir, si se encuentra en control “local” se dará paso a realizar la práctica mediante la pantalla HMI encendiendo el banco y realizando las secuencias de cilindros mediante la interfaz hombre/máquina, si por el contrario fuera la posición del selector en “remoto” la práctica solo se podrá realizar desde la plataforma virtual. Las secuencias de los actuadores se programaron de tal forma que se pueda realizar todas las secuencias con cuatro grupos y con la condición de que la primera secuencia que se ejecute sea con los vástagos en posición inicial retraídos.

El programa de control tiene bloques de funciones, como Timers para que el usuario pueda simular secuencias con tiempos de espera por cada acción de los actuadores de 0 a 10 seg como ocurre en

varios procesos industriales. Además, se incorporó mensajes de alerta, en caso de existir la manipulación errónea del banco y la instrucción de secuencias equívoca.

Fig. 7 Programación Ladder: Bloque de función Timer del cilindro A

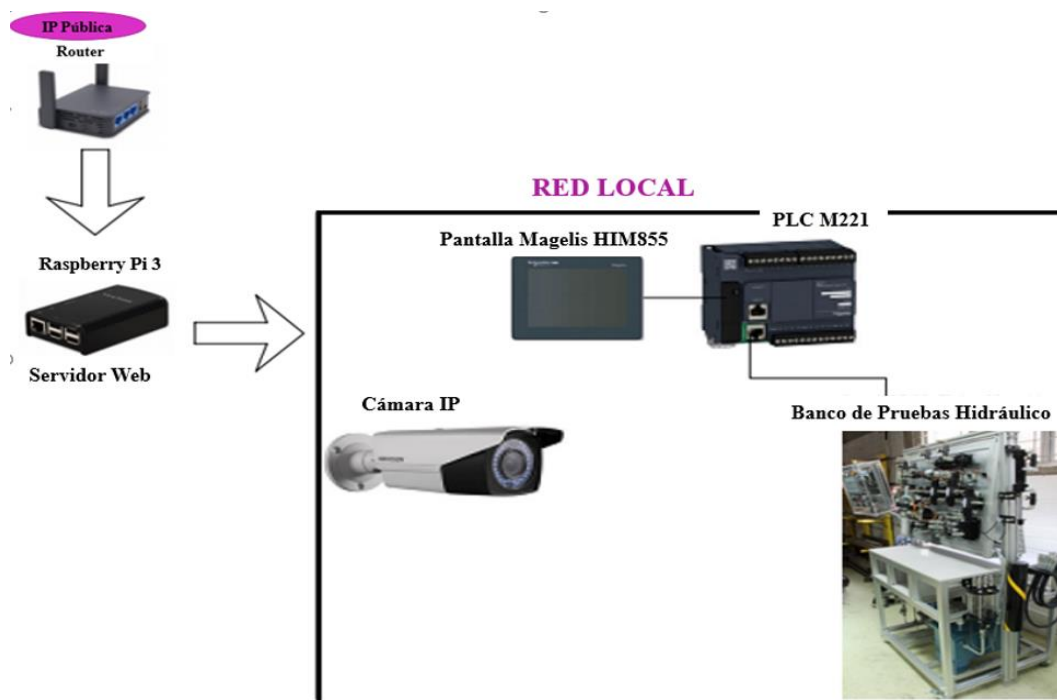


La pantalla HMI es un controlador del mismo fabricante que el PLC, fue programada con el software Vijeo-Disigner que controla el circuito electro-hidráulico, basado en lenguaje de programación Java. Se diseño una interfaz didáctica para que los usuarios interactúen sin dificultad en el LC.

Desarrollo de la red local del LR

Para la intercomunicación entre la interfaz gráfica, el control del sistema y la visualización de la práctica en tiempo real del circuito electro-hidráulico, se creó una red local cuyo centro de conectividad es el router que posee cinco puertos, los cuales serán asignados a los dispositivos de control y a la conexión de la red de la universidad.

Fig. 8 Diagrama de red local



Fuente: Autores

En la Fig. 9 se muestra los elementos de la red local conectados a un router, al cual se le asignó una IP estática que se traduce a una IP pública dando un DNS (Sistema de nombre de dominio) para facilitar el acceso a la página virtual. Para la protección del tránsito de información se tomó las medidas necesarias para evitar problemas de vulneración del servidor y poner en riesgo la información de la institución con firewall y una red local denominada zona desmilitarizada que permite mostrar solo la información administrada por la Raspberry Pi que se requiera mostrar.

Diseño de plataforma virtual

La plataforma virtual es un sitio web diseñado para la gestión de datos y actividades referente a la ejecución de prácticas de laboratorio de un circuito electro-hidráulico comandados remotamente y sin necesidad de estar conectado a la misma red del controlador lógico, es decir, el usuario solo debe tener conexión a internet sin importar la ubicación geográfica.

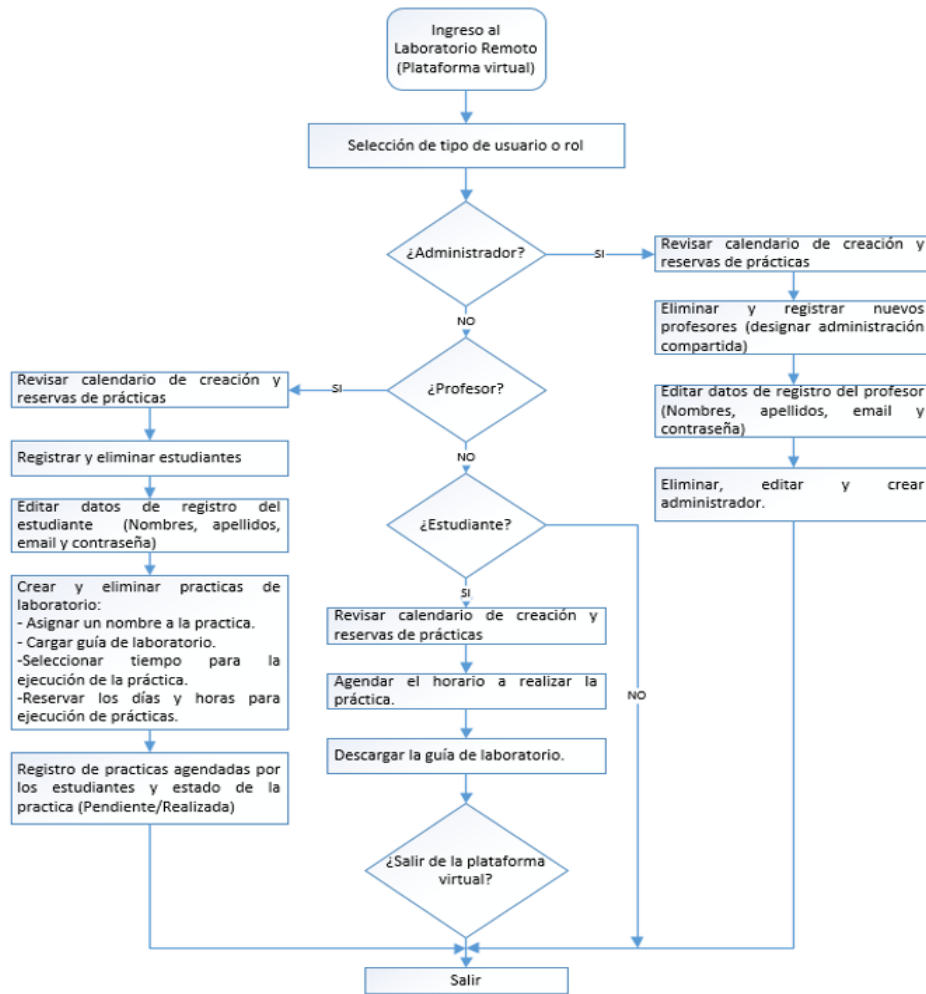
Se diseñó toda la plataforma virtual del LR con JavaScript, es interpretado por todo tipo de navegador y se manipula mediante scripts permitiendo crear entornos mucho más dinámicos. Esta

Diseño y evaluación de un laboratorio remoto para la enseñanza de diseño de circuitos electrohidráulicos

programación es descifrada por el servidor creado por la Raspberry pi mediante PHP cuya función es traducir ordenes de JavaScript.

Se planteo una estructura de manejo de datos, puesto que se creó tres tipos de usuarios que gestionan diferentes tareas y cumplen roles importantes, estos son: administrador, profesor y estudiantes cuyas funciones están descritas en el diagrama de la fig. 10.

Fig. 9 Flujograma de plataforma virtual del LR



Fuente: Autores

Se ocuparon librerías de JavaScript como: Material Design, jquery, bootstrap, fullcalendar material-dashboard; disponibles como herramientas para facilitar la programación de la página web y brindar una interfaz dinámica con la ventaja de ser de código libre. Se utilizó Python para la

Diseño y evaluación de un laboratorio remoto para la enseñanza de diseño de circuitos electrohidráulicos

programación de los controles remotos virtuales, los botones de control del banco como accionamiento de secuencia, encendido y apagado del circuito electro-hidráulico fueron programados con la librería Cherry Pi, la cual está orientada a objetos; simulando la interfaz mostrada en la pantalla HMI. La librería Modbus TCP/IP fue empleada para realizar la conexión del sitio web con el controlador siguiendo el protocolo solicitud-respuesta asegurando así una transferencia de datos adecuada, a través de, una capa serial de tipo TCP/IP.

El acceso a la plataforma virtual es con nombre de usuario y contraseña asignado por el administrador o profesor, cuyos datos será notificados automáticamente en un mensaje de correo electrónico a cada uno de los usuarios según sean registrados.

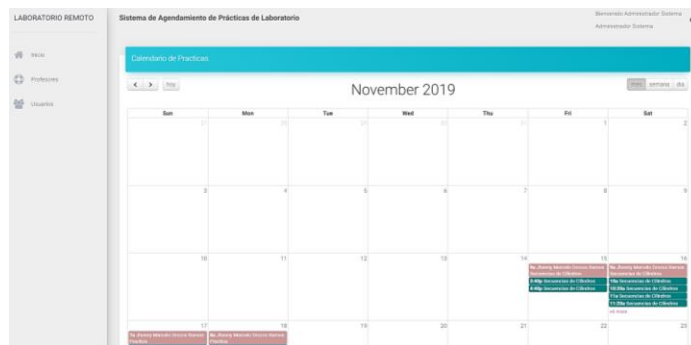
Fig. 10 Página principal para acceder al LR



Fuente: Autores

La página contiene un calendario agenda con el fin de brindar información de prácticas pendientes, agendamientos de profesores y estudiantes, que refleja la misma información a todos los usuarios.

Fig. 11 Pantalla de Inicio del administrador, calendario de agendamiento



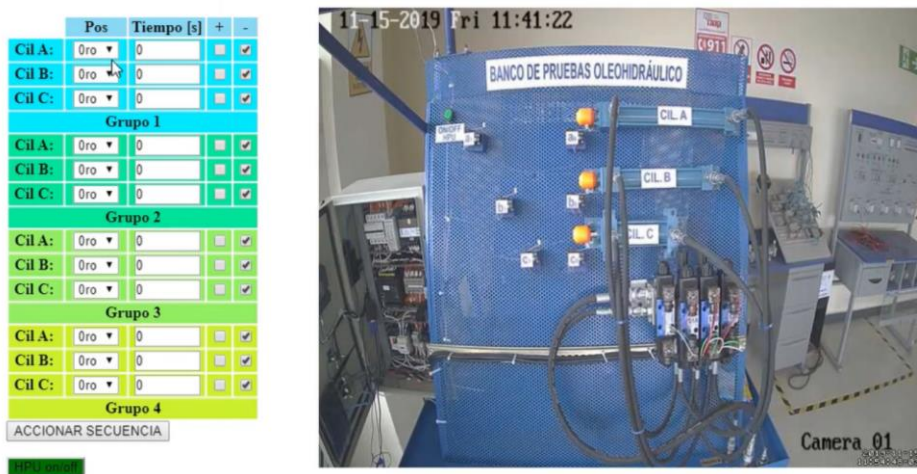
Fuente: Autores

Para ejecutar las prácticas en el LR, el profesor previamente deberá registrar a sus estudiantes y establecer fechas y horarios de prácticas para que los estudiantes accedan al sitio web y puedan

Diseño y evaluación de un laboratorio remoto para la enseñanza de diseño de circuitos electrohidráulicos

agendan según la disponibilidad de tiempo. En el sitio el docente puede cargar un documento guía de laboratorio donde se encuentran las actividades a realizar y las indicaciones y a su vez el alumno deberá descargar previo a la realización de la práctica remota virtual. Cuando se cumpla el horario agendado el sistema va a mostrar una pestaña para iniciar con la práctica.

Fig. 12 Ventana de ejecución de la práctica en el LR



Fuente: Autores

Resultados

Instalado todos los equipos de la automatización en el banco se realizó pruebas para comprobar el buen funcionamiento del banco y determinar si hay fallas en la programación después de programar diferentes secuencias con los cilindros. Las pruebas en modo local se realizaron con el fin de monitorear la temperatura del aceite y de las válvulas direccionales para evitar daños a estos elementos. El banco estuvo durante seis horas consecutivas en constante funcionamiento, mientras se realizaban varias combinaciones de secuencias para encontrar fallas de programación en PLC.

Tabla 1. Datos de Temperaturas del aceite y solenoides

HORA	RESERVORIO	SOLENIODE 1	SOLENOIDE 2	SOLENOIDE 3
CON ACCION DE LOS CILINDROS				
9:16:00 AM	24	23	23.7	24
9:26:00 AM	25	49	48.8	44
9:36:00 AM	23	53	50	48
9:46:00 AM	25	59	57	52
9:56:00 AM	29	58	63	55

Diseño y evaluación de un laboratorio remoto para la enseñanza de diseño de circuitos electrohidráulicos

10:06:00 AM	30	62	66	58
10:16:00 AM	42	67	58	63
10:26:00 AM	45	60	56	66
10:56:00 AM	44	59	58	55
11:06:00 AM	42	61	65	59
11:16:00 AM	45	64	63	60
11:26:00 AM	47	72	70	64
11:36:00 AM	48	70	70	63
11:46:00 AM	50	63	68	60
11:56:00 AM	52	67	71	63
12:06:00 PM	55	71	74	68

Fuente: (Bravo y Pino, 2019)

Los resultados obtenidos de las pruebas en modo local fueron importantes en el momento de establecer parámetros para el control remoto virtual, como el tiempo máximo de 6 horas por día que el banco puede permanecer encendido y la duración sugerida para la práctica. Se estableció un tiempo de duración de 20 minutos para que el estudiante realice cuatro secuencias con diferentes combinaciones.

En la Facultad de Mecánica existen cuatro carreras, mismas que dentro de cada pensum de estudio se encuentra la asignatura de sistemas neumáticos y oleo-hidráulicos como parte de su formación académica, es decir, un aproximado de 160 personas reciben conocimientos teóricos y prácticos acerca de la materia. La carrera de ingeniería mecánica tiene un promedio de 45 alumnos que reciben esta asignatura por semestre, según datos de las unidades académicas de las carreras el número de estudiantes que hacen uso del laboratorio de sistemas neumáticos y oleo-hidráulicos suman 70 estudiantes en total, este valor se usó como población en el proceso de cálculo estadístico determinando una muestra de 34 personas para encuestar sobre criterios de aceptabilidad y aprendizaje mediante el uso del LRV del circuito electro-hidráulico.

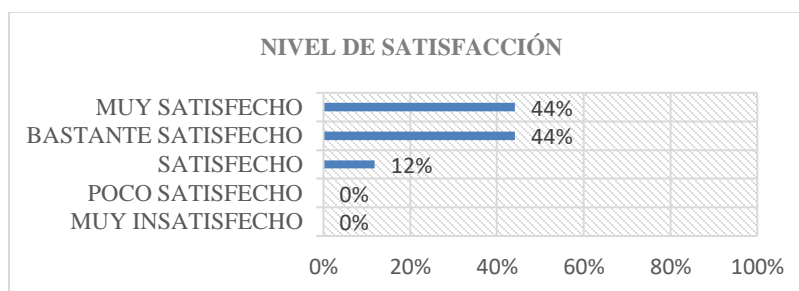
La encuesta constó de tres secciones, una que mide la satisfacción de uso y accesibilidad al laboratorio remoto, en la siguiente se evalúa los conocimientos adquiridos y puestos en práctica y finalmente se mide la recomendación para aplicación de laboratorios remotos en otros bancos de prueba. La encuesta se hizo a un total de 34 estudiantes con quienes se socializó el proyecto, dando indicaciones de cómo sería el proceso de prueba en control remoto, explicando en que consiste y como obtendrían sus datos de acceso, además que en la página web en su inicio están dos videos tutoriales de cómo debe utilizar la plataforma cada usuario según el rol que este desempeñe.

Satisfacción del estudiante y accesibilidad

Es importante saber que tan a gusto se siente el estudiante con el entorno en que se desarrolla la práctica, ya que la mayoría de las características son configurables y se podría pensar en mejoras continuas dependiendo de las necesidades de los usuarios. Además, es importante saber el tipo de acceso que el estudiante prefiere para ello se realizaron las siguientes preguntas de aceptabilidad y satisfacción:

1. ¿Cuál es su nivel de satisfacción respecto a los datos de agendamiento y lista de prácticas mostrados en la plataforma virtual de la página web?

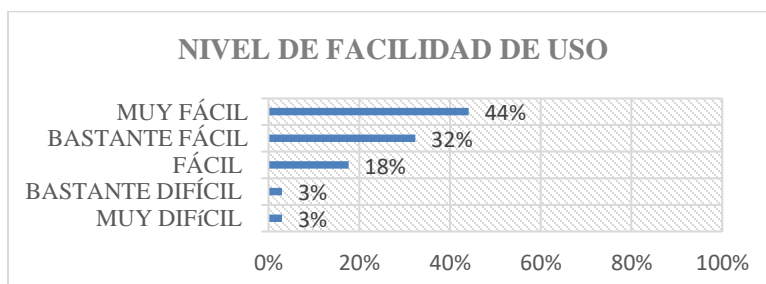
Gráfico 1 Datos de agenda y lista de prácticas mostradas en la plataforma virtual



Según los datos reflejados en la encuesta existe un alto grado de satisfacción con el sistema de agendamiento e información de prácticas, siendo un aspecto relevante que no exista insatisfacción acerca de estos aspectos evaluados.

2. Indique el nivel de facilidad de uso de los controles y botones utilizados para la ejecución de las secuencias de cilindros doble efecto

Gráfico 2 Uso de controles y botones para la ejecución de las secuencias de cilindros

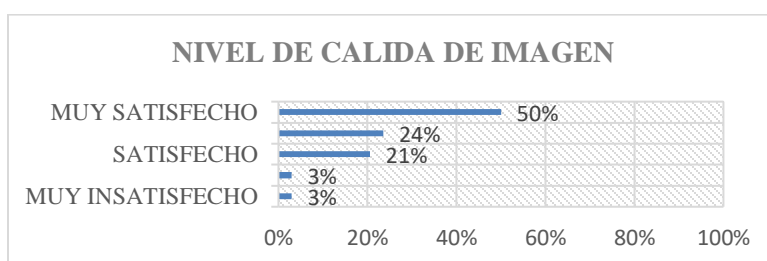


Diseño y evaluación de un laboratorio remoto para la enseñanza de diseño de circuitos electrohidráulicos

Los porcentajes obtenidos en grado de facilidad de manipulación de los controles son alentadores con una excepción del 6% que es la suma de los que supieron manifestar que tuvieron dificultad para el control del banco en los controles, las razones de estos casos es que no revisaron previamente la guía de la práctica, por lo tanto, no tenían claras las instrucciones de uso.

3. ¿Qué grado de satisfacción obtuvo con la calidad de imagen durante la ejecución de la practica en tiempo real?

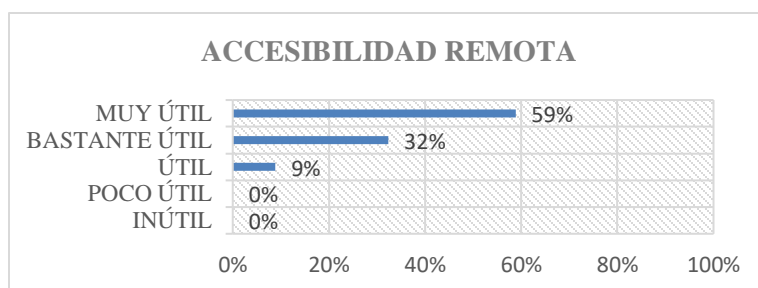
Gráfico 3 Calidad de video en tiempo real durante la práctica de laboratorio



Los resultados reflejan que un 50% de los alumnos gozaron de muy buena calidad de video en tiempo real, un porcentaje menor manifiestan descontento, el cual puede ser atribuido a la velocidad de la conexión de internet que tuvieron en el momento de la ejecución de la práctica.

4. ¿En qué medida cree usted que resulta útil el acceso y control remoto desde cualquier punto geográfico para la ejecución de la práctica?

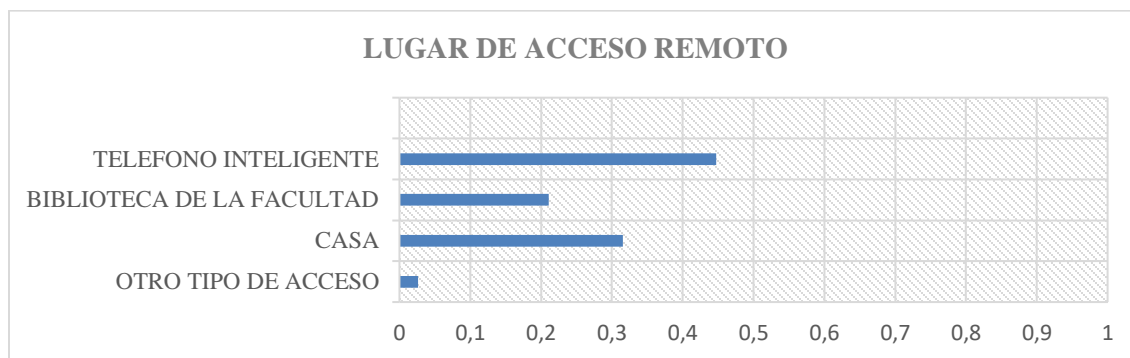
Gráfico 4 Accesibilidad al LR



Se muestra que la mayoría considera útil acceder a la práctica desde un lugar remoto, ya que ellos mismo planificaron la hora y el lugar, resultando muy práctico el desarrollo de la práctica

5. Indique el tipo de acceso que utilizó para realizar la práctica

Gráfico 5 Lugar de acceso al LR



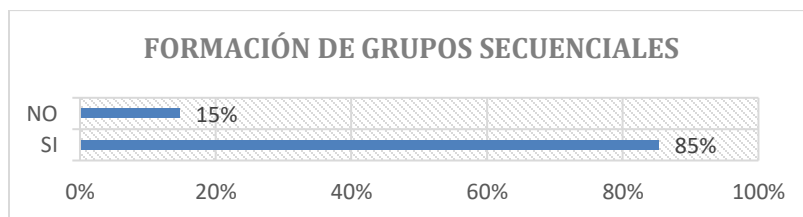
Los datos arrojan que el 44% de estudiantes accedieron desde el teléfono móvil inteligente, el 31% realizaron la práctica desde casa, el 21% lo hicieron desde la biblioteca de la Facultad ya que dispone de computadoras e internet y solo el 2% realizó la práctica desde otro lugar de acceso.

Evaluación del conocimiento

Para evaluar el conocimiento y el aprendizaje del tema de Diseño de Circuitos Electro-hidráulicos que está contemplado como un capítulo de la asignatura de Oleo-hidráulica, se realizaron preguntas puntuales que permiten conocer rápidamente que cantidad de conocimientos fueron adquiridos y puestos en práctica, para ello se evalúan los temas de: formación de grupos secuenciales, elaboración de diagramas de fase, planteamiento de ecuaciones secuenciales, uso de lenguajes de programación y contribución del aprendizaje práctico. Los resultados se muestran a continuación:

6. ¿Fue entendido el procedimiento y las restricciones que tienen la formación de grupos para el diseño de la secuencia?

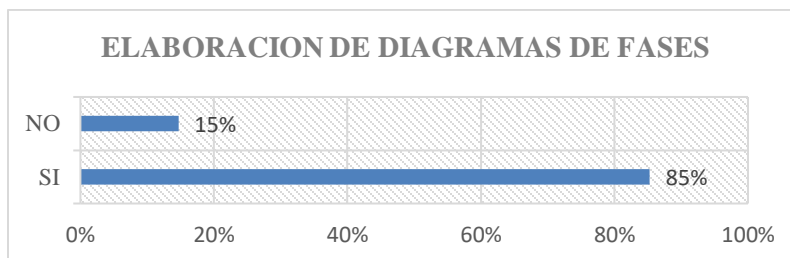
Gráfico 6 Conocimientos en aplicación y formación de grupos secuenciales



La encuesta muestra que el porcentaje de entendimiento fue 85% en cuanto a la realización de secuencias y formación de grupos secuenciales, esto concuerda con los informes entregados una semana luego de la práctica.

7. ¿Se comprendió cómo elaborar los diagramas de fases que muestran el comportamiento de los actuadores?

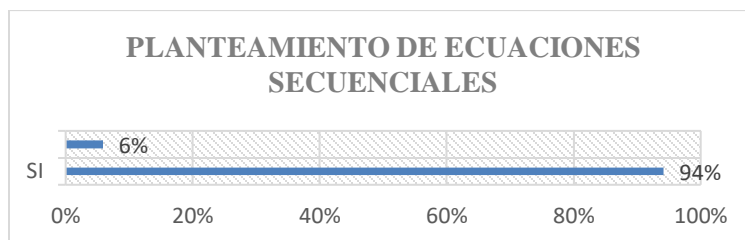
Gráfico 7 Elaboración de diagramas de Fases de actuadores lineales



Un 85% de los estudiantes encuestados comprendieron los diagramas de fases de los actuadores, puesto que, al realizar la práctica pudieron observar el funcionamiento de los cilindros. Se evidenció en los informes que pocos estudiantes no realizaron los diagramas de fases, esto sería el justificativo de la negativa con respecto a esta pregunta.

8. ¿Los pasos para el planteamiento de ecuaciones secuenciales o secuencia literal fueron entendido y puede usarse para cualquier caso de aplicación real?

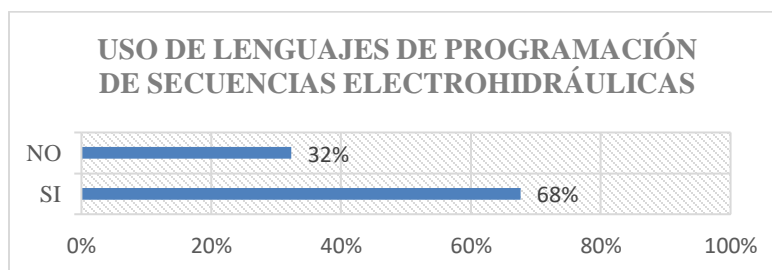
Gráfico 8 Planteamiento de ecuaciones secuenciales



Los datos reflejan un 94% que entendió la transformación del lenguaje Grafcet a Ladder mediante las ecuaciones secuenciales o secuencias literales, un fuerte indicativo que los estudiantes poseen conocimientos bien estructurados e implantados de la asignatura. Estos conocimientos son claves para poder diseñar cualquier tipo de secuencias en máquinas de mayor complejidad y con un mayor número de actuadores.

9. ¿El uso de los lenguajes GRAFCET y LADDER para la programación de secuencias fueron entendidos?

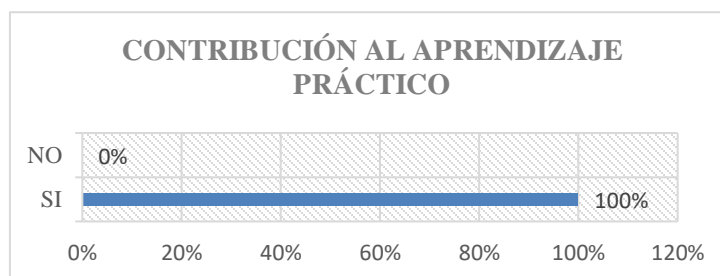
Gráfico 9 Lenguajes de programación



En la guía de laboratorio se solicitó que se realizará la simulación del circuito electro-hidráulico en el software FluidSim, después realizar el proceso real controlando remotamente el circuito, algunos estudiantes presentaron informes que solo tenían un lenguaje de programación, y con los datos reflejados en esta pregunta se entiende que no simularon con los dos lenguajes por desconocimiento que no supera un 32% del total de la muestra.

10. ¿Cree usted que el Laboratorio Remoto Virtual contribuyó a su enriquecimiento del aprendizaje práctico de manera didáctica?

Gráfico 10 Contribución al aprendizaje



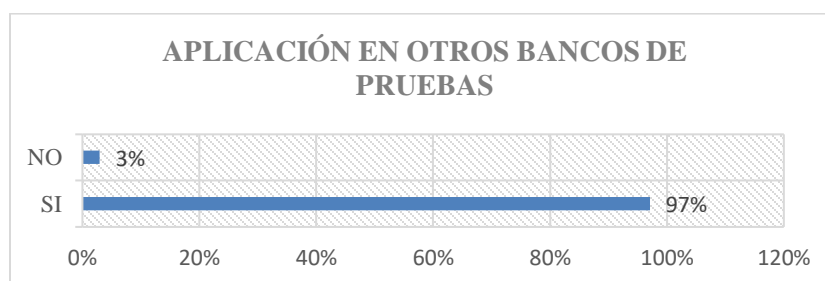
Quizás el resultado más importante se centra en esta pregunta, 100% de los estudiantes manifestaron que el laboratorio remoto virtual contribuyó al desarrollo del aprendizaje práctico y la aplicación de los conocimientos teóricos de circuitos electro-hidráulicos.

Recomendación de uso de laboratorio remoto

Es importante conocer la recomendación de los estudiantes para desarrollar futuras aplicaciones de laboratorio remoto en bancos de prueba similar y en diferentes laboratorios de la Facultad de Mecánica.

11. ¿Recomienda el uso de esta herramienta tecnológica para aplicarla en otros bancos de pruebas o equipos de la facultad?

Gráfico 11 Aplicación en otros bancos de pruebas



En esta pregunta un 97% están de acuerdo en que este tipo de implementación se lo realice en otros bancos de pruebas que se encuentran en la facultad.

Conclusiones

Con el desarrollo de este trabajo se ha podido llegar a las siguientes conclusiones:

- Para la puesta en práctica de un laboratorio remoto virtual es necesario disponer de varios recursos físicos y virtuales para proporcionar un entorno accesible al estudiante, esto supone una inversión económica inicial y muchas horas de dedicación para dejar funcionando óptimamente el laboratorio. Son necesarias varias pruebas de operación donde se extrae la información necesaria para establecer un tiempo de máximo de trabajo de 6 horas por día y 20 minutos para cada práctica, no es necesario establecer tiempos de espera entre prácticas.
- El uso de un controlador PLC de tipo industrial muestra un funcionamiento confiable por sus características robustas, este elemento es crítico, ya que en trabajos similares donde se usan controladores como Arduino se han presentado varios problemas de conexión y adquisición de datos.
- Al momento de analizar la importancia de la aplicación de laboratorios remotos en otros bancos de prueba u otros laboratorios de la universidad, se nota claramente que es una buena solución para las asignaturas que se repiten en diferentes carreras y que en muchos casos los laboratorios disponibles no abastecen para tantos estudiantes, además el acceso por la página web está diseñada para seguir implementando más aplicaciones de este tipo.
- En los alumnos se comprobó el interés de utilizar alternativas de enseñanza como la desarrollada en este trabajo, en otras prácticas o talleres que se dictan a lo largo de la carrera, ya que pueden organizar la práctica de acuerdo con su disposición de tiempo y recursos y el efecto del aprendizaje basado en aplicaciones reales causó un buen impacto, ya que lo consideran muy didáctico.
- Los temas puntuales necesarios para el aprendizaje de la temática de esta práctica fueron comprendidos y aplicados en el desarrollo de esta, se evidenció la contestación afirmativa y mayoritaria de las preguntas 6,7,8,9 y 10 para corroborar. Esto permite tener la certeza de que el Laboratorio Remoto es una herramienta de enseñanza muy útil al abarcar varios temas de estudio en una sola práctica
- Finalmente, los recursos disponibles para agendar citas y visualizar el banco de prueba son satisfactorias según se indica en las preguntas 1,2 y 3. Mientras que en la pregunta 4 se indica que el teléfono inteligente es la opción de acceso más utilizada con un 44% de usuarios, se

podría pensar para trabajos futuros en crear una aplicación para móviles que disponga de un entorno virtual adaptado para el desarrollo de la práctica ya que la disposición de botones y herramientas de visualización fueron pensadas para su uso en un computador.

Referencias

1. AGUIRRE, C. A., VITERI, C. A., CABRERA, H. E., QUINTANA, G. V., FERREIRA, J. C. V., SILVA, P. T., & BASTIDAS, S. E. C. (2011). "Incorporación de laboratorios remotos y virtuales como tecnología aplicada en la formación del ingeniero" en ACOFI 2011, At Cartagena Colombia.
2. BRAVO, E. y PINO, P. (2019). Desarrollo de laboratorio remoto virtual para secuencias de cilindros hidráulicos de un banco de pruebas en el laboratorio de neumática y oleo-hidráulica de la Facultad de Mecánica.
3. CANDELAS, F., TORRES, F., GIL, P., ORTIZ, F., PUENTE, S Y POMARES, J. (2003). A Virtual LaboratTeaching Robotics. International Journal of Engineerin Education, vol 19(2), pp 363-370
4. CANDELAS, F., TORRES, F., GIL, P., ORTIZ, F., PUENTE, S Y POMARES, J. (2004). Laboratorio Virtual Remoto para Robótica y Evaluación de su Impacto en la Docencia.Revista Iberoamericana de Autoática e Informática Industrial, vol 1(2), pp 49-57
5. CARRERA, V. (2017). "Una nueva herramienta al alcance de los estudiantes de la MAD" en UTPL, 11 de abril. <<https://noticias.utpl.edu.ec/una-nueva-herramienta-al-alcance-de-los-estudiantes-de-la-mad>> [Consulta : 15 de febrero de 2020]
6. GALAN, D., TORRE, L. D. L., CHAOS, D., ARANDA, E., SANCHEZ, J., & DORMIDO, S. (2018). "Entorno de experimentación para laboratorios en línea: el caso del péndulo de Furuta". Actas de las XXXIX Jornadas de Automática, Badajoz, 5-7 de Septiembre de 2018. Madrid : 114-120.
7. DORMIDO, S. (2002). Control learning: Present and future". IFAC Proceedings Volumes, 35(1), p.71-93.

Diseño y evaluación de un laboratorio remoto para la enseñanza de diseño de circuitos electrohidráulicos

8. JARA, C. A.; CANDELAS, F. A.; TORRES, F. (2007). Herramientas interactivas para la enseñanza de robótica. Jornadas de Enseñanza a través de Internet/Web de la Ingeniería de Sistemas y Automática (EIWISA-2007). Zaragoza, España.
9. MEDINA, A. P., SABA, G. H., SILVA, J. H., & DE GUEVARA DURAN, E. L. (2011). “Los laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería”. Rev. Educación en Ing, 4, p. 24-31.
10. TORRES, H., ALVARADO, D., SANCHEZ, J. (2011). Laboratorio remoto para prácticas virtuales de automatización con el PLC Simatic S7-1200. Trabajo final de pregrado. Cuenca: Universidad del Azuay.
11. ROSADO L Y HERREROS J.R. (2002). Laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física y materias afines. Madrid, UNED, pp. 415-603.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).