

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS DE REDES INDUSTRIALES USANDO CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES

Alexander Quintero Ruiz, César Augusto Sánchez Pérez y Nayibe Chio Cho
Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga (Colombia)

Resumen

Este artículo describe la metodología de diseño mecatrónico estructurada con fines educativos para presentar un material de desarrollo de competencias en el área de las redes de comunicación industrial, sustentando la viabilidad en la disposición de las instalaciones y elementos del laboratorio de automatización industrial de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, UNAB (Colombia). El material de apoyo para el laboratorio de redes industriales está constituido por un manual de prácticas, un CD didáctico y un banco de pruebas abordando soluciones a problemas de perfil industrial e implementando el módulo de comunicación Profibus Dp en interacción con los controladores lógicos programables (PLC's).

Palabras clave: PLC, Profibus DP, neumática, electroneumática, Step 7, aprendizaje orientado a proyectos, aprendizaje orientado a problemas

Abstract

This article describes mechatronics design methodology structured with educational ends to present a material for the development of competitions in industrial networks communications area, sustaining the viability in the disposition of the facilities and elements of Industrial Automation laboratory of Universidad Autónoma de Bucaramanga.

The material support for industrial networks laboratory is constituted by a manual of practical, a didactic CD and a test bank approaching solutions to problems of industrial profile and implementing Profibus Dp communications module in interaction with the programmable logical controllers (PLC's).

Key words: PLC, Profibus DP, Pneumatic, Electro-pneumatic, Step 7, learning orientated to projects.

Introducción

Los Controladores Lógicos Programables (PCL) son dispositivos electrónicos robustos utilizados para “gobernar” uno o varios procesos en la industria; debido a su flexibilidad tecnológica pueden ser compatibles con los nuevos dispositivos que se van adicionando al sistema y las comunicaciones entre

procesos, como ocurre con el módulo Profibus Dp que permite el acoplamiento de dispositivos de campo como son accionamientos y estaciones periféricas descentralizadas (ET200, válvulas, PLC, etc.).

Estos dispositivos se pueden utilizar en una gran cantidad de procesos industriales, de medición, de

manufactura, de telecomunicaciones, etc. Pudiendo programarse varias veces hasta obtener los mejores resultados con el algoritmo de control.

1. Objetivos

Objetivo General

Estructurar, desarrollar, validar y documentar prácticas en un material de Redes Industriales implementando el módulo Profibus DP integrado en los Controladores Lógicos Programables (PLC's) con el fin de instruir en la capacitación a los estudiantes interesados en adquirir habilidades dentro del Laboratorio de Automatización Industrial de la UNAB.

Objetivos Específicos

- Implementar una estrategia de enseñanza-aprendizaje en las prácticas del manual y estructurarlas a través de una ficha elaborada que permita el desarrollo de competencias y cumplimiento de objetivos.
- Generar un libro con la documentación sobre las estrategias de enseñanza aprendizaje, la contextualización de las Redes de Comunicación Industrial, elementos neumáticos y electroneumáticos y la Metodología del desarrollo del Proyecto.
- Desarrollar, validar y documentar las prácticas de Redes Industriales implementando el módulo Profibus DP integrado en los Controladores Lógicos Programables (PLC's).
- Crear un CD en donde se condense el manual de prácticas, subdividiendo la temática en tres secciones: nivel básico, nivel medio y nivel avanzado, poniendo al alcance del usuario recursivos apoyos (glosario de términos, evaluación y descarga del material).
- Construir un Banco de Pruebas para facilitar el montaje de las Prácticas en el Laboratorio de Automatización Industrial.

2. Estrategias de Aprendizaje

Las estrategias de aprendizaje, son el conjunto de actividades, técnicas y medios que se planifican de

acuerdo con las necesidades de la población a la cual van dirigidas, los objetivos que persiguen y la naturaleza de las áreas y cursos, todo esto con la finalidad de hacer más efectivo el proceso de aprendizaje.

Se definen como «las estrategias metodológicas, técnicas de aprendizaje andragógico y recursos que varían de acuerdo con los objetivos y contenidos del estudio y aprendizaje de la formación previa de los participantes, posibilidades, capacidades y limitaciones personales de cada quien» (Brand, 1998).

Es relevante mencionar que las estrategias de aprendizaje son junto con los contenidos, objetivos y la evaluación de los aprendizajes, componentes fundamentales del proceso de aprendizaje.

Para que la estrategia se produzca, no basta con la simple ejecución mecánica de ciertas técnicas, se requiere una planificación de esas técnicas en una secuencia dirigida a un fin. Esto sólo es posible cuando existe metaconocimiento (pensar sobre los pensamientos), es decir, la capacidad para evaluar una tarea y, así, determinar la mejor forma de realizarla y la forma de hacer el seguimiento al trabajo.

Dentro de la clasificación de metodologías se abordarán tres estrategias muy usadas en el campo del aprendizaje, ellas son: Aprendizaje Orientado a Proyectos (POL), el estudio de casos y el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

Aprendizaje Orientado a Proyectos (POL) (Project oriented learning)

Los principios que fundamentan la estrategia tiene sus pilares en:

Jhon Dewey: (1859- 1952). Padre de la pedagogía progresista de los Estados Unidos.

1. Rechaza al maestro como única fuente de conocimiento.
2. Propone la práctica como mejor manera de desarrollarse.
3. Cree que el aula de clase es la oportunidad para educar por participación, cooperación, trabajo en equipo (búsqueda de la verdadera individualidad).

4. Pensamiento metódico: sentir una necesidad, analizar la dificultad, proponer soluciones alternativas, experimentar con varias soluciones, realizar propuestas y actuar en concordancia.

William H. Kilpatrick (1871-1965)

1. Entendió la importancia de que los estudiantes se comprometieran con las cosas que tenían sentido para ellos.
2. Propuso diseñar actividades que partieran de los intereses de los estudiantes.
3. Sentía un profundo compromiso y un respeto por sus alumnos como personas autónomas y capaces de actuar por sí mismos.
4. El proceso vital de los seres humanos está estrechamente relacionado con la interacción con el entorno físico, esto genera deseos desde los cuales se articulan las metas perseguidas.

De acuerdo con los planteamientos iniciales de estos pedagogos, el método de proyectos emerge de una visión de la educación en la cual los estudiantes toman una mayor responsabilidad de su propio aprendizaje y en donde aplican, en proyectos reales, las habilidades y conocimientos adquiridos en el salón de clase.

Definición

El método de proyectos puede definirse como “una estrategia de aprendizaje que se enfoca a los conceptos centrales y principios de una disciplina, involucra a los estudiantes en la solución de problemas y otras tareas significativas, les permite trabajar de manera autónoma para construir su propio aprendizaje y culmina en resultados reales generados por ellos mismos” (ITESM, 2006).

Características del método

De los proyectos en la técnica:

- En el proyecto se espera que el alumno aprenda a resolver problemas no resueltos utilizando conocimientos relevantes.
- El proyecto debe permitir la búsqueda de soluciones abiertas de tal manera que el alumno tenga la libertad de generar nuevo conocimiento.
- El proyecto se diseña de tal manera que implica la aplicación de varios conocimientos interdisciplinarios para que el alumno pueda apreciar la

relación existente entre las diferentes disciplinas en el desarrollo de un proyecto en particular.

- Los proyectos deben ser diseñados de tal manera que abarquen al menos un curso y pueden involucrar desde varios contenidos de una misma disciplina, hasta la interacción de varias de ellas.

De la técnica:

1. El planteamiento del problema (necesidad) se basa en un problema real y que involucra diferentes áreas.
2. Genera oportunidades para que los estudiantes realicen investigaciones que les permitan aprender nuevos conceptos, aplicarlos y representar su conocimiento de diversas formas.
3. Las investigaciones proveen a los estudiantes la oportunidad de:
 - Aprender ideas y habilidades complejas en escenarios realistas.
 - Aplicar sus habilidades a una variedad de contextos.
 - Combinar sus habilidades completando tareas “expertas”, deberes profesionales, simulaciones de trabajo, o demostraciones de la vida real.
 - Resolver problemas.
4. Permite la colaboración entre los estudiantes, maestros y otras personas involucradas con el fin de que el conocimiento sea compartido y distribuido entre los miembros de la comunidad de aprendizaje.
5. Permite el uso de herramientas cognitivas y ambientes de aprendizaje que motiven al estudiante a representar sus ideas. (hipermedios, aplicaciones gráficas, laboratorios computacionales, telecomunicaciones, etc.):
 - Se amplían las capacidades de los estudiantes para presentar y manipular la información.
 - Se incrementan los intereses y las opciones profesionales de los estudiantes.
 - Se multiplican los medios en que los estudiantes pueden, como individuos, contribuir en proyectos de trabajo.
 - El trabajo con proyectos permite al alumno desarrollar habilidades de trabajo productivo, así como habilidades de aprendizaje autónomo.

El estudio de casos

La participación en este tipo de técnica desarrolla habilidades tales como el análisis, síntesis y

evaluación de la información. Posibilita también el desarrollo del pensamiento crítico, el trabajo en equipo y la toma de decisiones, además de otras actitudes y valores como la innovación y la creatividad.

Definición

La técnica de estudio de casos, consiste precisamente en proporcionar una serie de casos que representen situaciones problemáticas diversas de la vida real para que se estudien y analicen.

El caso no proporciona soluciones sino datos concretos para reflexionar, analizar y discutir en grupo las posibles salidas que se pueden encontrar a cierto problema.

No ofrece las soluciones al estudiante, sino que le entrena para generarlas. Lleva al estudiante a pensar y a contrastar sus conclusiones con las de los otros, a aceptarlas y expresar las propias sugerencias, de esta manera le entrena en el trabajo colaborativo y en la toma de decisiones en equipo. Permitiéndole con esto desarrollar la habilidad creativa, la capacidad de innovación y representa un recurso para conectar la teoría a la práctica real.

Su objetivo es acercar una realidad concreta a un ambiente académico por medio de un caso real o diseñado.

Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

Definición

Dentro de las innumerables definiciones se referencian algunas:

Estrategia pedagógica que privilegia el descubrimiento y la construcción del conocimiento a partir de la resolución de situaciones contextualizadas y significativas del mundo real (Mayo, Donnelly; Nash y Schwartz, 1993).

Sistema instruccional que promueve de manera simultánea tanto estrategias para la resolución de problemas como habilidades y bases de conocimiento disciplinarias, poniendo a los estudiantes en un panel activo como solucionadores de problemas (Torp y Sage, 1998).

Aprendizaje enfocado y experiencial (pensado y haciendo) organizado alrededor de la investigación y resolución de problemas no estructurados del mundo real (Torp y Sage, 1998).

Es un método que privilegia el descubrimiento y la construcción de conocimiento; es una estrategia de docencia investigativa, de investigación formativa.

Finalmente, el aprendizaje basado en problemas puede definirse como:

“Es una estrategia de enseñanza-aprendizaje en la que tanto la adquisición de conocimientos como el desarrollo de habilidades y actitudes resulta importante, en el ABP un grupo pequeño de alumnos se reúne, con la facilitación de un tutor, a analizar y resolver un problema seleccionado o diseñado especialmente para el logro de ciertos objetivos de aprendizaje. Durante el proceso de interacción de los alumnos para entender y resolver el problema se logra, además del aprendizaje del conocimiento propio de la materia, que puedan elaborar un diagnóstico de sus propias necesidades de aprendizaje, que comprendan la importancia de trabajar colaborativamente, que desarrollen habilidades de análisis y síntesis de información, además de comprometerse con su proceso de aprendizaje”

Características

- Los educandos van desarrollando su poder de captación y de comprensión del mundo, en sus relaciones con él, no ya como una realidad estática sino como una realidad en transformación, en proceso. (Paulo Freire).
- La educación liberadora desmitifica constantemente la realidad.
- Considera el diálogo como lo fundamental para el aprendizaje.
- Despierta la creatividad.
- Estimula la reflexión y la acción sobre la realidad.
- Refuerza el carácter histórico de los hombres y de las mujeres y los reconoce como seres en proceso, inacabados.
- Presenta las situaciones como problemas a resolver.
- Humaniza a los hombres y a las mujeres mediante la búsqueda del ser más en la comunión y la solidaridad.

La técnica del ABP se concibe como una manera de aprender por descubrimiento e interacción, que:

- Favorece el desarrollo conceptual, pensamiento crítico y la capacidad de investigación.
- El estudiante tiene una implicación directa en su aprendizaje, generalmente mediante el contacto con situaciones del mundo real.
- El profesor se convierte en un mediador del proceso de aprendizaje.
- El descubrimiento requiere el establecimiento de situaciones problemáticas funcionales y significativas, tanto lógica como psicológicamente. Para ello es preciso partir de un análisis de la estructura lógica de la tarea, así como de las condiciones intelectuales previas de los alumnos.

El aprendizaje basado en problemas tiene dos tipos definidos de aplicación:

- **Problemas teóricos, simulados:** El profesor puede tomar la iniciativa presentando el problema o presenta el tema para que el colectivo defina el problema.
- **Problemas reales o de base empírica, social, comunitaria:** El profesor presenta un gran tema y motiva su estudio, el problema se construye colectivamente entre el profesor y los estudiantes.

De acuerdo a las características propias de cada metodología, y de los objetivos que se deseaban alcanzar con el desarrollo de este trabajo, se afrontó el aprendizaje basado en problemas y el método de proyectos como los pilares de la estrategia de enseñanza – aprendizaje.

Dentro de las competencias de la carrera para un ingeniero Mecatrónico, el ser profesional es la última competencia, y el laboratorio de redes tiene como fin integrar los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera y aplicarlos a problemas prácticos, participando en la construcción de su identidad profesional.

Se pretende con este curso formar profesionales que:

Desarrollen habilidades y destrezas en el análisis de problemas, de modo que puedan orientarse siempre en la toma de decisiones con informes veraces y

concluyentes, siendo conscientes ante el impacto (social, económico y ambiental) de los resultados con un espíritu emprendedor y capacidades para desarrollar soluciones factibles con argumentos teóricos que le permitan defender sus ideas.

La competencia de formación que se enfatiza en éste contenido son:

- Interés en la ejecución de todas las actividades a desarrollar durante el contenido de este material.
- Participación activa en las actividades definidas para el desarrollo de soluciones a cada problema propuesto.
- Utiliza métodos, tecnología e instrumentos propios del ejercicio de la profesión.
- Expresa con rigor conceptual y estético utilizando el lenguaje propio de la disciplina.
- Su actuación profesional responde a los requerimientos de la sociedad.
- Responsabilidad- Capacidad de responder y dar cuenta de sus actos y como estos pueden afectar el desarrollo de sus actividades metodológicas.
- Compromiso – Reconocimiento de las obligaciones contraídas como miembro de un equipo y ejecución de las mismas en las fechas acordadas.

Desarrollo de habilidades que le permitan enfrentarse a problemas del mundo real tales como:

- Relacionar las teorías de las disciplinas con los problemas que se presentarán en su práctica profesional.
- Capacidad de análisis, síntesis y evaluación en los problemas planteados en relación con la factibilidad de encontrar soluciones apropiadas.
- Toma de decisiones a partir de los problemas presentados dentro del desarrollo de la temática.
- Usa eficientemente la informática y las fuentes de información a las que puede acceder.

3. Metodología

El proceso que se adelantó para elaborar el proyecto se estructura en la siguiente gráfica:

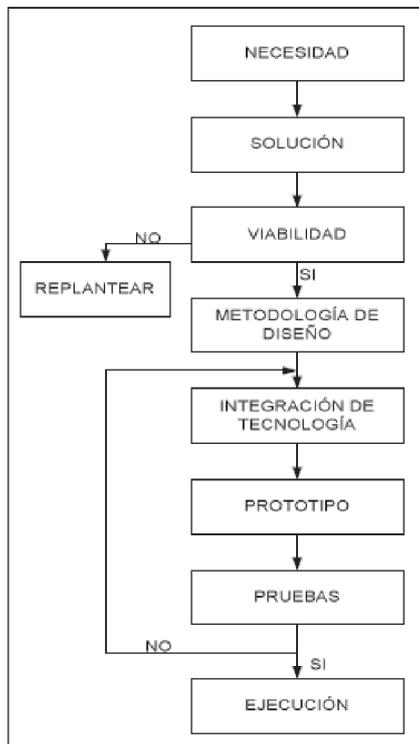


Figura 1. Plan de acción

Necesidad: el mundo industrial rápidamente está evolucionando y con ello la necesidad de las empresas de ser competitivas; esto conduce a una creciente automatización donde las posibilidades de la rentabilidad y seguridad de las tecnologías son los atractivos que brindan la neumática, las redes de comunicación; éstos tan solo por citar dos potenciales campos de desarrollo.

El proyecto surge ante la necesidad de disponer de un material que reúna aplicaciones desde un grado básico de dificultad hasta uno de mayor complejidad, implementando los elementos (PLC's, electroválvulas, actuadores, sensores, lámparas, botones, alarmas, relés, etc.) que se encuentran en las instalaciones del laboratorio de automatización industrial de la UNAB para fines correspondientes al campo de las redes industriales a través de prácticas guías de trabajo que orienten el aprendizaje aprovechando las instalaciones y sus tecnologías con la visión de encontrar solución a los problemas industriales más comunes.

Solución: diseñar y desarrollar prácticas de redes industriales usando controladores lógicos programa-

bles (PLCs) documentadas en un manual con el objeto de instruir en la capacitación a los estudiantes interesados en adquirir habilidades correspondientes al área de redes industriales dentro del laboratorio de automatización de la UNAB.

Viabilidad: el proyecto posee un alto grado de viabilidad dado que las características de acceso al espacio de trabajo por parte de los estudiantes identificadas en el laboratorio con previo cumplimiento de las normas establecidas, de uso y disponibilidad de todos los elementos y equipos que éste contiene, permiten al estudiante desarrollar habilidades y adquirir los conocimientos necesarios; así mismo, el proyecto requiere de un presupuesto relacionado con el material de impresión y un docente u experto que apoye el proceso.

Metodología de diseño: dentro de la metodología de diseño se enfatizó en una estructura de profundización, capacitación y desarrollo del proyecto, abordando cada uno de los objetivos trazados con el propósito de satisfacer la necesidad planteada.

En la profundización se hizo necesario investigar sobre el tema general del proyecto, para el desarrollo del manual de prácticas de redes industriales donde se requieren conocimientos de: programación, electrónica, neumática, sensores y actuadores. En la parte de capacitación se trabajó el proceso de enseñanza-aprendizaje, estudiando las metodologías que son estructuras desarrolladas y verificadas que permiten de una forma ordenada instruir empleando la crítica objetiva que fortalece los conocimientos aprendidos y el liderazgo a través del desarrollo de competencias. Sin perder de vista estas premisas existen métodos como: Aprendizaje Orientado a Proyectos (POL), el estudio de Casos y Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Sobre estas dos metodologías se identificaron los siguientes aspectos: definición, características, ventajas, estructura, roles de los actores y la evaluación. De esta manera, al pasar al desarrollo del proyecto ya se ha profundizado en las estrategias de enseñanza-aprendizaje y con un criterio objetivo se estructuraron los lineamientos de una estrategia particularmente apropiada para llevar el conocimiento a través del material de redes industriales, presentado mediante el manual de prácticas, el CD didáctico y el banco de pruebas.

Integración de tecnología: este aspecto forma parte de las competencias del ingeniero mecatrónico dada la necesidad de relacionarse con espacios que integren planta, controlador, actuador y sensor. Para resaltar la importancia de esta integración se hizo oportuno profundizar en áreas como: redes industriales, PLC's y en la contextualización de neumática y electroneumática.

Prototipo¹:

El material en su totalidad consta de un libro de 15 Prácticas en el área de las redes industriales con una visión orientada a los procesos de manufactura muy comunes en la producción; además dispone de un CD didáctico que recopila las prácticas y presenta opciones que facilitan el aprendizaje y por último, un banco de pruebas que permite el montaje y comprensión de cada temática.

El manual de prácticas comprende 3 módulos, que contienen los siguientes temas:

Módulo Básico:

- Creación de un proyecto y configuración del PLC Siemens utilizando el administrador Simatic Step7.
- La programación estructurada en la solución de problemas industriales.
- Configuración de la Red PROFIBUS DP utilizando 2 PLC's Siemens.
- Solución de problemas industriales utilizando la red de comunicación PROFIBUS DP.
- Proyecto final (Automatización de un proceso de corte).

Módulo Medio:

- Configuración de la red PROFIBUS DP utilizando 3 PLC's Siemens (Topología tipo Bus).
- Solución de problemas industriales utilizando la red de comunicación PROFIBUS DP (Topología tipo Bus)
- Configuración de la red PROFIBUS DP utilizando 3 PLC's Siemens (Topología tipo Estrella).
- Solución de problemas industriales utilizando la red de comunicación PROFIBUS DP (Topología tipo Estrella).

- Configuración de la red PROFIBUS DP utilizando 3 PLC's Siemens (Topología tipo Anillo).
- Solución de problemas industriales utilizando la red de comunicación PROFIBUS DP (Topología tipo Anillo).
- Proyecto final (Automatización de un proceso de verificación de tapado)

Módulo Avanzado:

- Configuración de la red PROFIBUS DP utilizando 4 PLC's Siemens (Topología Estrella).
- Solución de problemas industriales utilizando la red de comunicación PROFIBUS DP (Topología tipo Anillo).
- Proyecto final (Dispositivo alimentador para tablas apiladas en un cargador).

Se diseñó la ficha trabajando con la estrategia basada en proyectos, el cual presenta la siguiente estructura:

Objetivos

Marco Teórico

Actividad Previa

Desarrollo Experimental

Actividad Complementaria

Para complementar el apoyo a las prácticas se elaboró un CD, el cual comprendió tres etapas fundamentales:

Primero, se abordó todo el diseño de las imágenes y del formato del CD en la herramienta Macromedia Fireworks 4, acto seguido se elaboraron las plantillas para exportarlas a Dreamweaver MX 2004.

Como segunda etapa se trabajó en Dreamweaver MX 2004, tomando las plantillas se desarrolló todo el entorno htm que contiene el proyecto, los menús, botones, se colocó el texto de las prácticas y anexos, e insertaron las imágenes requeridas en cada una de las páginas y se cargaron los archivos *.pdf necesarios.

El CD no sólo contiene las prácticas también dispone de ilustrativos apoyos incluyendo funciones como búsquedas, módulos evaluativos y glosario.

¹ <http://ncchio.googlepages.com/plc>

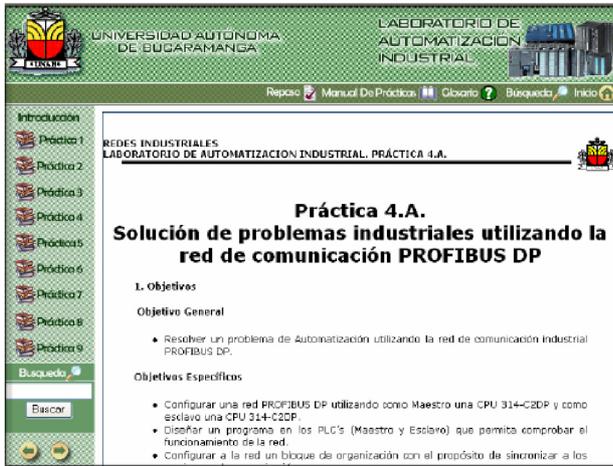


Figura 2. Página de una práctica

El banco de pruebas es una herramienta didáctica que intenta darles a los alumnos las comodidades en la interconexión llevando a centrar su análisis en la concepción de una solución crítica del algoritmo de control dejando en un segundo plano el montaje de los elementos.

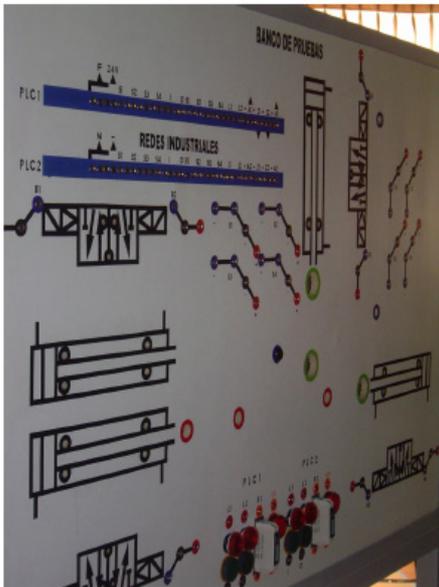


Figura 3. Banco de pruebas

Pruebas: dentro del proyecto es pertinente realizar pruebas que permitan afinar un aceptable resultado en el funcionamiento del prototipo, considerando las características del proyecto se adoptaron tres procedimientos: Prueba base, prueba preliminar y prueba de validación.

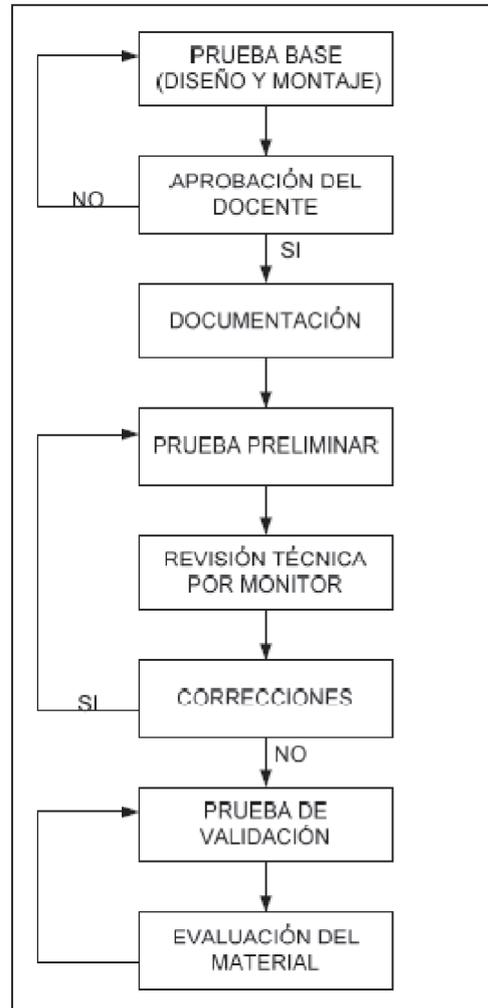


Figura 4. Plan de pruebas

Conclusiones

- Para la estructuración del manual de Prácticas se hizo pertinente elaborar una ficha de enseñanza – aprendizaje fundamentada en el análisis a partir de la investigación y capacitación mediante talleres, para la comprensión de las metodologías con el objeto de crear competencias a través del trabajo en grupo.
- La creación de un material de apoyo para el área de redes industriales permitió aprovechar las instalaciones de la Facultad y los recursos humanos y técnicos disponibles, para el desarrollo de la competencia de ser profesional en la construcción de la identidad del ingeniero mecatrónico integrando los conocimientos adquiridos durante

el transcurso de la carrera, y afrontando problemas industriales afines a su perfil.

- La estructuración del manual de Prácticas con los contenidos aprobados por el docente, evaluados por el monitor del laboratorio y validados por los estudiantes de la materia de redes industriales permitió poner al alcance de los estudiantes un material de estudio siguiendo los lineamientos de un diseño mecatrónico de calidad con fines educativos.
- La orientación de cada una de las prácticas a partir del enunciado de un problema industrial permitió desarrollar el análisis crítico desde una perspectiva de empresa, ubicando al estudiante frente a situaciones propias de su campo de acción a futuro, y señalando el alcance de estas tecnologías en la automatización
- La recopilación ilustrativa de las prácticas en el CD didáctico con los recursivos apoyos para el

estudiante (glosario de términos, evaluación y descarga del material) permitió identificar en este medio una herramienta amena y de un mayor alcance para el estudiante en el desarrollo de conocimientos.

- La elaboración del banco de pruebas para implementar cada una de las prácticas contenidas en el manual, familiariza al estudiante directamente con el desarrollo de un algoritmo de control que cumpla como solución a los lineamientos definidos en el problema, dejando en un segundo plano la interconexión de los elementos.
- El desarrollo de competencias en el campo de las redes de comunicación permite adquirir capacidades de soporte en el área industrial desde la perspectiva de los controladores lógicos programables y el modulo Dp, aportando con este material herramientas que faciliten las habilidades y destrezas para dar solución a problemas de automatización.

Referencias

- BRAND (1998) En RODRÍGUEZ, Eduardo. <http://extensiones.edu.aytolacoruna.es/educa/aprender/estrategias.htm>
- DEPERT, W. (2001). Aplicaciones de la neumática. Editorial Marcombo. México, pp. 168.
- GALINDO C., Leonor (2005). Documento «Estrategias Didácticas Universitarias – Aprendizaje basado en problemas». Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- ITESM, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, (2006). Método de proyectos, Material de estudios «Las estrategias y técnicas didácticas en el rediseño».
- LUKE Willie, SHELLY (2004). Por qué el uso de PBL <http://pblmm.k12.ca.us/PBLGuide/WhyPBL.html>
- Manual de Usuario : Mandar neumáticamente ¿pero cómo? Editorial Festo Pneumatic S.A pp 1 - 55
- MARKS, Jon (1998). Illinois Mathematics and Science Academy / The Center for Problem-Based Learning. <http://www.imsa.edu/team/cpbl/cpbl.html>
- MAYO; DONNELLY; NASH & SCHWARTZ (1993) What is PBL? San Diego State University. <http://edweb.sdsu.edu/clrit/learningresource/PBL/WhatisPBL.html>
- National Center for Improving Student Learning & Achievement in Mathematics & Science (2004). <http://www.wcer.wisc.edu/ncisla>
- ROMERO, Edwuis (2002). Redes de comunicaciones industriales. <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/RCI.html>
- San Mateo County Office of Education (2001). Steps for Planning and Implementing A Pbl+Mm Project. <http://pblmm.k12.ca.us/PBLGuide/Guide/Steps.html>
- SIEMENS (1997). Redes de Comunicaciones Industriales (Catálogo IK 10). SITRAIN
- SIEMENS (2004). Transmisión entre comunicaciones. <http://www.ad.siemens.com>
- The JASON Foundation for Education (2003). <http://www.jasonproject.org/front.html>
- The University of Kansas (2004a). POL: Project Oriented Learning. 2004. <http://www.4teachers.org/projectbased/checklist.shtml>
- The University of Kansas (2003a). Industrial Solution & Services : Entrenamiento para Automatización y Accionamientos. ITESEM TOLUCA. SITRAIN.
- The University of Kansas (2004b). Project-Based Learning With Multimedia. 2004. <http://pblmm.k12.ca.us/PBLGuide/PBL&PBL.htm>

The University of Kansas (2003b). Training for Automation and Drives, Curso especial. ITESM. SITRAIN
 TROP & SAGE (1998). Problems as Possibilities. Problem-Based Learning for K-12. Alexandria, Virginia, Association for Supervision and

Curriculum Development ASCD. http://eric.ed.gov/ERICWebPortal/Home.portal?_nfpb=true&_pageLabel=RecordDetails&ERICExtSearch_SearchValue_0=ED422609&ERICExtSearch_SearchType_0=eric_accno&objectId=0900000b80093891

Sobre los autores

Alexander Quintero Ruíz

redworkltda@gmail.com, alexq146@gmail.com
 aquintero2@unab.edu.co

Ingeniero Mecatrónico egresado de la Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías de la Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB.

Experiencia profesional Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) – Campus Estado de México, funciones realizadas: diseño, montaje e implementación de prácticas de control y redes de comunicación industriales, manejando tecnologías AS interface, Profibus DP, Profibus FMS, Ethernet.

Colaboración en la realización del libro titulado “Automatización y Control. Prácticas de Laboratorio”. Editorial Mc Graw Hill. 2004. publicado por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM-CEM), Campus Estado de México.

Socio y gerente de REDWORK LTDA empresa innovadora en Santander (Colombia) con proyección nacional e

internacional de servicios de automatización y control industrial, sistemas de adquisición de datos, visualización y monitoreo de señales industriales a través de Internet, diseño y producción de dispositivos tecnológicos enfocados a la industria.

César Sánchez Pérez

redworkltda@gmail.com,
 cesar_sanz2000@yahoo.com

Ingeniero Mecatrónico egresado de la Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, UNAB.

Participó en el desarrollo y prueba del libro titulado “Automatización y Control. Prácticas de Laboratorio”. Editorial Mc Graw Hill. 2004. publicado por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM-CEM), Campus Estado de México.

Socio de REDWORK LTDA.

Nayibe Chio Cho

nchio@unab.edu.co, ncchio@gmail.com
<http://ncchio.googlepages.com>

CVLAC: http://zulia.colciencias.gov.co:8081/ciencia.war/search/EnGrupoInvestigacion/xmlInfo.do?nro_id_grupo=0154103F55KBCX

Ingeniera Electrónica, Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga (Colombia). Especialista en Automatización Industrial, Universidad Autónoma de Bucaramanga-Corporación Universitaria de Ibagué - Universidad Católica de Lovaina (KuLeuven) y la Universidad de Gante (RUG) en Bélgica, Bucaramanga. Especialista en Docencia Universitaria, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. Posgrado en Técnicas de Gestión Empresarial, Universidad de Barcelona, España. Ha sido docente de varias universidades en Bucaramanga como la Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad Santo Tomás de Aquino, Fundación Universitaria Manuela Beltrán entre otras. Actualmente es docente en pregrado y posgrado e Investigador de la Facultad de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.