



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:
UN COMPROMISO PARA EL
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18
DE SEPTIEMBRE

20
20

www.acofi.edu.co/eiei2020

ESTRATEGIA DIDÁCTICA BASADA EN INDUSTRIA 4.0 PARA LA INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES Y ROBOTS INDUSTRIALES

Luis Fernando Rico Riveros, Juan Emilio Sanabria, Víctor Hugo Bernal Trisancho, Julián David Quintero Urrea, Rosa María Pinilla Santana, Jorge Luis Manosalva Fonseca

**Universidad ECCI
Bogotá, Colombia**

Resumen

La adaptación de las oportunidades que se articulan con el enfoque pedagógico de la Universidad, proponen la elaboración de una estrategia didáctica basada en pedagogía problémica, mediante la cual se desarrolla una metodología en la resolución de problemas, para el caso de estudio en ingeniería se presenta la aplicación tecnológica de una pick and place, que integra la utilización de un robot tipo colaborativo referencia UR10 de *UNIVERSAL ROBOTS*, un kit de cámara de visión artificial con un gripper integrado y un PLC S7-1200 de *SIEMENS*, estableciendo comunicación vía PROFINET como interfaz entre los dispositivos.

La implementación de este tipo de estrategias didácticas permiten formar, adaptar y acercar a los estudiantes a una visión más real de las necesidades y problemas del entorno orientado al contexto de inserción al sector productivo actual, donde los modelos productivos se basan en la adaptación de nuevas tecnologías y procesos de automatización que requieren de nuevas capacidades y habilidades, donde la creatividad, el dominio de tecnologías emergentes, el lenguaje digital, las dinámicas colaborativas y el teletrabajo adquieren cada vez más relevancia en la solución de las necesidades actuales.

Palabras clave: didáctica; pedagogía problémica; visión artificial; PROFINET; Robot UR10

Abstract

The adaptation of these opportunities that are articulated with the pedagogical approach of the University, propose the elaboration of a didactic strategy based on problem pedagogy, by means of which a methodology in the resolution of problems is developed, for the case of engineering study it is presented the technological application of a pick and place, which integrates the use of a collaborative type robot reference UR10 from UNIVERSAL ROBOTS, a machine vision camera kit with an integrated gripper and a S7-1200 PLC from SIEMENS, establishing communication via PROFINET as an interface between devices.

The implementation of this type of didactic strategies allow to train, adapt and bring students closer to a more real vision of the needs and problems of the environment oriented to the context of insertion into the current productive sector, where the productive models are based on the adaptation of new Automation technologies and processes that require new capacities and skills, where creativity, mastery of emerging technologies, digital language, collaborative dynamics and telework become increasingly relevant in solving current needs.

Keywords: didactics; problem pedagogy; artificial vision; PROFINET; UR10 robot

1. Introducción

La formación de recursos humanos hacia los entornos, planes y necesidades de la industria 4.0, crea la oportunidad de la reelaboración no solo de los contenidos curriculares de la educación superior, sino de los mecanismos de gestión educativa, vinculación, comunicación, sistemas e interacciones entre universidad-sociedad y empleo (Cotet, Balgiu y Zaleschi, 2017).

La industria 4.0 está definida mediante una serie de eventos que se podrían considerar evolutivos. La Figura 1 presenta una imagen de estos eventos evolutivos en la industria.

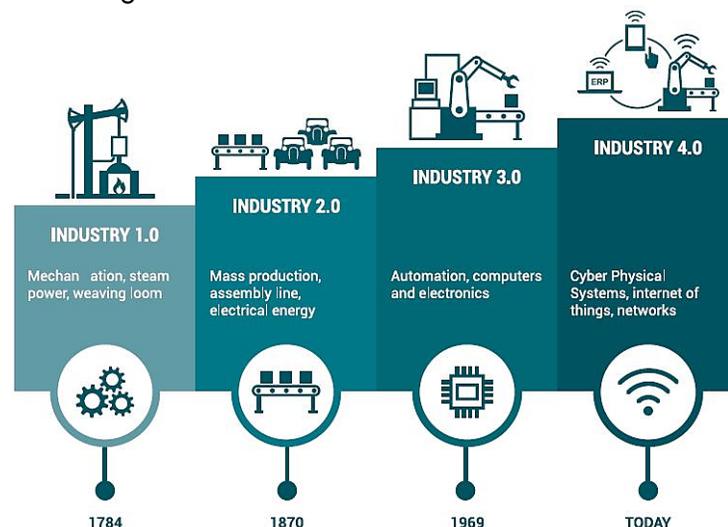


Figura 1. Evolución Industrial

Fuente: <http://www.iotsens.com/que-es-la-industria-4-0-y-que-aporta-a-mi-empresa/>

El sistema educativo no debe ser ajeno a esta evolución y debe adaptarse a estas tecnologías disruptivas. Se debe pretender en la práctica docente adaptar los modelos de aprendizaje al mismo ritmo que la tecnología se adapta a la industria.

La automatización industrial se encarga principalmente de los procesos de fabricación, control de calidad y manipulación de materiales. Este tipo de procesos requieren unas habilidades muy demandadas, que actualmente son reducidas y que deben ser referentes para las instituciones educativas de formación superior buscando una sinergia entre diferentes campos de la ingeniería y las tecnologías de la información, fomentando el desarrollo de conocimiento, habilidades, combinando herramientas, modelos y equipos de aprendizaje permitiendo el desarrollo de entornos de formación adaptados a los modelos pedagógicos y aprendizajes específicos.

2. Modelo de la estrategia didáctica

Se presenta cuestionamiento a través de la pregunta problémica: ¿Cómo implementar e innovar en soluciones que permitan satisfacer las problemáticas presentadas en sistemas automatizados de pequeño, mediano y gran alcance de las industrias manufactureras y de procesos Industriales?

Para dar alcance a la pregunta se describe la estrategia: Este modelo describe el procedimiento para realizar una aplicación didáctica de un desarrollo de una pick and place utilizando como equipos un Robot UR10 (UNIVERSAL ROBOTS), Kit de cámara de visión artificial con gripper integrado, banda transportadora, un PLC S7-1200 de SIEMENS y comunicación PROFINET para enlazar los dispositivos.

El procedimiento se desarrolla siguiendo la siguiente secuencia: a través de una banda transportadora, se movilizan piezas de diferentes colores hacia una posición establecida fija, el robot UR10 mediante el kit de cámara reconoce el color de las piezas, toma la pieza con el gripper y la lleva a su respectiva tolva dependiendo del color de la misma, seguidamente, por medio del protocolo PROFINET, el robot da la orden al PLC para activar la banda transportadora y posicionar la nueva pieza. Adicionalmente se cuenta con una interfaz gráfica HMI que cumple la función de dar inicio a la aplicación y llevar el conteo de las piezas.

2.1. Descripción general

Dentro de los recursos de laboratorio con los que dispone la Universidad ECCI se encuentran dos brazos robóticos del fabricante Universal Robots, estos modelos son UR5 y UR10 con el objetivo de complementar las herramientas didácticas para mejorar la calidad de enseñanza en materia de robótica, así mismo se cuenta con controladores lógicos programables SIEMENS S7-1200 y pantallas HMI KTP700 de la misma marca; una banda transportadora con sensor final de carrera elaborada en los laboratorios y demás accesorios completan los dispositivos a usar en esta aplicación.

A. Brazo robótico "UR10": Es un brazo robótico colaborativo, puede trabajar con personas dentro del mismo ambiente, tiene una longitud de alcance efectivo de 1300 milímetros, 6 grados

de libertad y una capacidad de carga de 10 kilogramos, la Figura 2 presenta imagen del robot, el cual cuenta con protocolos de comunicación MODBUS cliente, PROFINET y EtherNet/IP, el puerto de comunicaciones es RJ45, el robot es de fácil instalación, su software es intuitivo y cuenta con una interfaz amigable que permite una curva de aprendizaje más pronunciada, adicionalmente, está equipado con los accesorios "ROBOTIQ WRIST CAMERA" y "ROBOTIQ 2F-85".



Figura 2. Brazo robótico UR10
Fuente: Elaboración propia

B. sistema de visión "ROBOTIQ WRIST CAMERA": Es un accesorio de cámara para identificación de color, especialmente diseñado para ser compatible con la gama de robots UR, su instalación se realiza en la zona comprendida entre la muñeca y el efector final, dispone de una altura de 22.4 mm, longitud de 87.5 mm y ancho de 75 mm (ver Figura 3), incluye el módulo de programación URCam disponible para instalar en el software.

C. Gripper "ROBOTIQ 2F-85": Es un efector final de la categoría de sujetadores, la Figura 4 ilustra el gripper, su disposición de 2 dedos articulados y en paralelo con los cuales sujeta con firmeza diferentes objetos, posee un sensor de torque que permite configurar la fuerza de agarre.



Figura 3. Posición de la cámara “RobotiQ Wrist Camera” en el brazo robótico.
Fuente [de: https://www.cobots.co.za/product/wrist-](https://www.cobots.co.za/product/wrist-)



Figura 4. Gripper instalado como efector final en el brazo del laboratorio.
Fuente: Elaboración propia

D. PLC Siemens S7-1200: Es un controlador lógico programable de la familia SIMATIC S7-1200, posee alta flexibilidad al momento de realizar instalaciones y expansiones dentro de la industria, gracias a su diseño modular permite integrar en un mismo PLC diferentes tarjetas de expansión que aumentan las capacidades de comunicación y de control. El PLC cuenta con una CPU 1215DC/DC/DC, entradas y salidas digitales y analógicas embebidas, dos puertos de comunicación PROFINET y alimentación a 24 Voltios DC.

E. Cinta transportadora: Es un sistema de transporte de movimiento continuo para objetos, se compone principalmente de una banda antideslizante, tambores de giro en sus extremos y rodillos en su sección central que facilitan el movimiento, se acciona a través de un motor DC de 24 voltios y tiene una longitud de 600 mm.

F. Protocolo de comunicación PROFINET: Es un protocolo de comunicación que realiza intercambio de datos entre controladores y dispositivos. Estos controladores incluyen los PLC y los dispositivos pueden ser lectores RFID, sistemas de visión, diferentes sensores, etc., puede alcanzar velocidades de transmisión de datos entre 10 Mbit/s y 100 Mbit/s dependiendo de la distancia del medio de transmisión.

G. Software “PlyScope”: Es la interfaz de programación desarrollada por Universal Robots e integrada en el robot, la cual permite programarlo de manera sencilla.

H. Software “TIA-Portal”: Es un portal de automatización total integrada por sus siglas en inglés, desarrollado por SIEMENS, que permite simular y programar los diferentes dispositivos que maneja el fabricante dentro de entornos industriales.

I.HMI “KTP-700”: Pertenece a la segunda generación de SIMATIC HMI Basic Panels, dos de los aspectos que más se resaltan son su resolución y su intensidad de 65.500 colores. Su conectividad permite elegir una interfaz PROFINET o PROFIBUS más USB. Gracias a la sencilla programación, que se lleva a cabo con la nueva versión de software de WinCC en el TIA Portal, estos paneles se configuran y manejan con gran facilidad.

3. Desarrollo caso de estudio

La estrategia propuesta se desarrolló a través de 10 pasos los cuales se encuentran resumidos en la Figura 5, de esta misma manera se realizó el montaje y la programación. A continuación, se muestra el proceso para llevar a cabo la aplicación donde los pasos a seguir son:

1. Configuración del robot UR10.
2. Calibración de la cámara
3. Enseñanza de objetos.
4. Programación de movimientos y posiciones.
5. Descarga e instalación del paquete GSD en TIA-
6. Comunicación PROFINET entre el PLC y el robot.
7. Definición de registros de entrada y salida.
8. Verificación de la ejecución del programa.
9. Verificación de envó y recepción de datos.
10. Ejecución de la aplicación.

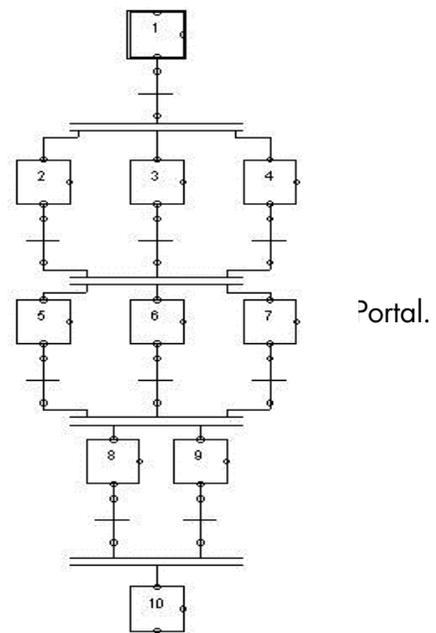


Figura 5. Pasos de aplicación lógica estrategia.
Fuente: Elaboración propia

3.1. Calibración de la cámara

Para este proceso se debe contar con el módulo "URcam" instalado en el PolyScope, así como con una matriz de calibración óptica, la Figura 6 presenta la matriz, a partir de allí, se debe posicionar la cámara del robot de tal forma que su campo de visión la cubra en su totalidad.



Figura 6. Matriz de calibración óptica. Wrist Camera, ROBOTIQ
Fuente: Elaboración propia

Se debe seleccionar la opción de calibración, de esta forma el software activa la cámara del robot y toma la posición en la que se encuentra como "posición de toma de imagen" o "Snapshot Position". A continuación, el robot procede a realizar la calibración, este proceso se ejecuta automáticamente y consta de una serie de pasos de alineación, medición de distancias y distinción de ángulos respecto a la matriz. Una vez se realiza la calibración exitosa de la cámara, el PolyScope muestra una ventana de confirmación y guarda el procedimiento como archivo de calibración. Al momento de agregar funciones y actividades en el árbol de programación se debe tener en cuenta que la "Snapshot Position" se utiliza también dentro del árbol de programación y es necesaria para iniciar el proceso de reconocimiento una vez el programa este en ejecución.

3.2. Aprendizaje de objetos

Dentro del PolyScope, en el árbol de programación se agrega un nuevo nodo desde la pestaña "URcaps" seleccionando la opción "URcam". A continuación, se acciona el botón "Teach Object" para iniciar el proceso de aprendizaje de objetos, luego el usuario debe seleccionar el archivo de calibración con el cual trabajar y a continuación accionar la opción "Método Automático". la cámara se activa en compañía de la iluminación integrada y en el software se muestra la imagen que está registrando el robot en el momento, manualmente se debe indicar en esa imagen mediante un recuadro el objeto destinado a aprender. Como parte del proceso, el PolyScope solicitará tres veces la rotación del objeto en 90°, a partir de allí mostrará la definición de la forma del objeto que se le está enseñando. Seguido, el robot realizará el escaneo automático del objeto y realizará tomas en diferentes ángulos para definir el volumen del objeto.

Una vez finalizado el escaneo del objeto, el siguiente paso es definir el color, por lo que el software muestra la silueta previamente definida con el color que detecta en ese momento, luego muestra

una ventana de confirmación. Como paso final para el aprendizaje del objeto, el software pregunta al usuario en qué posición debe ubicar las pinzas del gripper para poder sujetarlo y levantarlo. La superficie de trabajo donde van a estar ubicados los objetos debe ser de un color neutro y diferente de los objetos que se utilizan ya que pueden generar interferencia y confusión al robot en el momento del reconocimiento. Cuando se realiza la caracterización dentro proceso de aprendizaje de objetos, es necesario obtener una foto del objeto antes de cada uno de los pasos (tamaño, contorno, color y agarre), esto con el fin de efectuar el proceso correctamente.

4. Desarrollo del programa

El PolyScope realiza los comandos en forma secuencial mediante una estructura de árbol, puede subdividirse en nodos para realizar diferentes tareas, esta forma facilita la ubicación y modificación de las mismas dentro del programa, esto le da características modulares, las cuales son importantes para la detección de fallas y para la comunicación con otros dispositivos.

El desarrollo del programa sigue el diagrama mostrado en la Figura 7, en donde la banda transportadora ubica la pieza, el robot realiza el reconocimiento del color, toma la pieza y la ubica en su respectiva tolva para colores: rojo, verde y otros.

Los pasos son:

1. Snapshot position
2. Reconocimiento de color
3. Toma de la pieza
4. Envío de señal al PLC
5. Posicionar sobre la tolva
6. Envío de señal al PLC
7. Liberar pieza

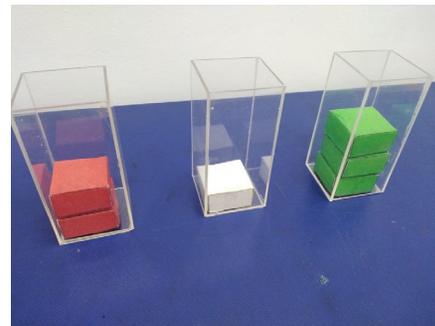
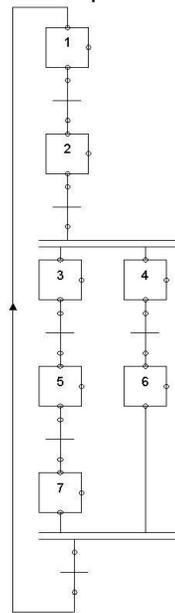


Figura 7. Diagrama de ejecución del programa – tolvas según color
Fuente: Elaboración propia

5. Comunicación

Para el presente ejercicio, la comunicación entre el brazo robótico UR10 y el PLC S7-1200 se realiza mediante protocolo PROFINET, a continuación en la Figura 8 se presenta la tipología de conexión entre el robot, el PLC y la HMI respectivamente para poder establecer la

comunicación. (ver figura 8). Para la aplicación se debe tener en cuenta las configuraciones: PolyScope y PLC S7 – 1200.



Figura 8. Topología de comunicación PROFINET.
Fuente: Elaboración propia

6. Conclusiones

Aplicando estrategias didácticas que se encuentran articuladas con el enfoque pedagógico de la Universidad, basado en pedagogía problemática, se logró plantear y desarrollar en forma práctica tecnológica un proceso de aprendizaje con alcance a un entorno industrial real. Siguiendo la pedagógica problémica se logró:

- Se estableció comunicación entre el robot UR10 y el PLC S7 - 200 mediante el protocolo PROFINET, adicionalmente se logró la configuración del kit de cámara integrado para el reconocimiento del color de piezas y la secuencia de movimientos para la clasificación de las mismas.
- Los programas utilizados para el desarrollo del proyecto, TIA portal y PolyScope, son intuitivos y de fácil interacción, además de contar con todos los equipos disponibles en el laboratorio de la universidad, lo que nos permitió cumplir con los tiempos establecidos para la ejecución del proyecto.
- La transmisión e datos entre el PLC y el Robot se realiza de manera exitosa, configurando adecuadamente los registros de entrada y salida en cada uno de los dispositivos.
- Como proceso adicional al desarrollo de la aplicación, se realizaron manuales de conexión y de configuración de los módulos del robot en TIA portal y configuración de la cámara en PolyScope, esto con el fin de facilitar la ejecución de futuros ejercicios dentro de la universidad

7. Referencias

- Cotet, B., Balgiu, B., y Zaleschi, V. (2017). Assessment procedure for the soft skills requested by Industry 4.0. *MATEC Web of Conferences*. Volume 121, 2017. doi: 10.1051/mateconf/201712107005.
- M, Mohan Prasad & Vijay, Sandip & Sutharsan, S. (2020). A conceptual approach for developing industry 4.0 learning factory for Indian SMEs. *Materials Today: Proceedings*. 10.1016/j.matpr.2020.02.894.
- AlGeddawy, T. (2017). A New Model of Modular Automation Programming in Changeable Manufacturing Systems. *Procedia Manufacturing*, 11, 198–206. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.224>.
- Tian, H., Wang, T., Liu, Y., Qiao, X., & Li, Y. (2020, March 1). Computer vision technology in agricultural automation —A review. *Information Processing in Agriculture*. China Agricultural University. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.09.006>.

Sobre los autores

- **Luis Fernando Rico Riveros:** Ingeniero Electrónico, Especialista en Telecomunicaciones Móviles, Magister en Ciencias de la Información y las Comunicaciones, Candidato a Doctor en Ingeniería. Director programa Ingeniería Electrónica Universidad ECCI. dirección.electronica@ecc.edu.co.
- **Juan Emilio Sanabria Sanabria:** Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia de Mantenimiento, Candidato a Magister en Ingeniería. Profesor titular Dirección de Ingeniería Electrónica Universidad ECCI. jsanabiras@ecc.edu.co.
- **Víctor Hugo Bernal Tristancho:** Licenciado Educación Industrial Especialización en Electricidad, Especialista en Edumática, Especialista en Mecatrónica Industrial, Magister en Didáctica de las Ciencias. Profesor titular Dirección de Ingeniería Electrónica Universidad ECCI. vbernalt@ecc.edu.co.
- **Julián David Quintero Urrea:** Egresado Ingeniería Electrónica Universidad ECCI. juliand.quinterou@ecc.edu.co.
- **Rosa María Pinilla Santana:** Egresado Ingeniería Electrónica Universidad ECCI. rosam.pinillas@ecc.edu.co.
- **Jorge Luis Manosalva Fonseca:** Egresado Ingeniería Electrónica Universidad ECCI. jorgel.manosalvaf@ecc.edu.co.

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

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)