



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOF 2014

Nuevos escenarios  
en la enseñanza de la ingeniería

Cartagena de Indias, 7 al 10 de octubre de 2014  
Centro de Convenciones Cartagena de Indias

## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA COMO APOYO AL PROCESO ENSEÑANZA APRENDIZAJE

Alba Soraya Aguilar Jiménez, Felipe Andrés Herrera Pérez, Edwin Córdoba Tuta, Ludym Jaimes Carrillo

Universidad Pontificia Bolivariana  
Bucaramanga, Colombia

### Resumen

Este artículo presenta la experiencia alrededor del diseño y construcción de un prototipo de Línea de Producción que incluye procesos de selección, clasificación y empaque, el cual fue desarrollado con fines académicos para el proceso de formación de ingenieros, empleando elementos de uso industrial que permitan al estudiante el desarrollo de competencias y habilidades útiles para su desempeño profesional.

El prototipo pertenece al Laboratorio de Automatización de Procesos de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, y fue concebido a partir del trabajo interdisciplinario de las facultades de Ingeniería Industrial, Mecánica y Electrónica con el objetivo de permitir la integración de tecnologías desde el nivel de piso de la pirámide de automatización hasta la cúspide de la misma.

Como resultado se muestra una interacción académica fuerte de las tres facultades involucradas alrededor del diseño, construcción y uso de laboratorios reales en un área común como lo es la automatización para el control de procesos, así como en el desarrollo de prácticas académicas en diferentes asignaturas del currículo de las tres ingenierías.

Como perspectivas futuras, el prototipo permite mejoramientos continuos para abarcar los tres niveles de la pirámide de automatización lo cual se traduce en una integración real permeada en el currículo de las tres ingenierías.

**Palabras clave:** automatización de procesos industriales; competencias transversales; línea de producción

### Abstract

This paper presents the experience about the design and construction of a prototype of Production Line including processes of selection, sorting and packing, which was developed for academic purposes for the formation of engineers, using industrial elements to allow the student the development of skills and competences useful for their professional development.

The prototype is part of the Laboratory of Process Automation of Pontificia Bolivariana University seccional Bucaramanga, and it was designed from the interdisciplinary team of the faculties of Industrial Engineering, Mechanical Engineering and Electronic Engineering in order to allow the integration of technologies from a low level to a high level of the automation pyramid.

As a result a strong interaction of the three academic faculties involved around the design, construction and use of real laboratories in a common area such as the automation process control is shown as well as the development of academic practices in different subjects three engineering curriculum.

As future prospects, the prototype allows continuous improvements to include the three levels of the automation pyramid which enable a real integration permeated into the curriculum of the three engineering.

**Keywords:** automation of industrial processes; transversal competences; production line

## 1. Introducción

La evolución de la sociedad actual ha determinado cambios asociados a las exigencias en la formación profesional, lo que ha llevado a las universidades a generar estrategias novedosas que les permitan responder de manera asertiva a las necesidades de formación que el entorno demanda. La Universidad, como elemento clave dentro del proceso formativo, está llamada a generar procesos que van desde identificar requerimientos formativos de los futuros profesionales hasta propiciar los mecanismos más adecuados para llevar a cabo su acción educativa. Esta necesidad de acercar la formación universitaria al mundo laboral y profesional implica cambios importantes en los procesos de aprendizaje, los cuales necesariamente deben tener un enfoque por competencias que garantice el desarrollo de habilidades y destrezas para realizar un trabajo; situación que ha llevado a las universidades a evolucionar, no sólo desde la perspectiva de las metodologías de clase sino en diferentes aspectos y dimensiones que acaban configurando la organización educativa del hoy, cambios que en gran medida han estado condicionados y estrechamente unidos a la tecnología.

Teniendo en cuenta que el desarrollo de competencias transversales en el estudiante, en gran medida se ve favorecido por la realización de prácticas académicas en entornos cercanos a la realidad, el propósito de este documento es presentar la experiencia de integración de laboratorios de prácticas de las facultades de Ingeniería Industrial, Mecánica y Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana - UPB - seccional Bucaramanga, la cual se materializa en el diseño y construcción de una Línea de Producción que integra elementos conceptuales de las tres facultades y favorece la realización de prácticas académicas con estudiantes de las mismas desde la perspectiva integradora de los conceptos de automatización de procesos industriales.

## 2. Marco de referencia

Tobón (2008) define las competencias como *“Procesos complejos de desempeño con idoneidad en determinados contextos, integrando diferentes saberes (saber ser, saber hacer, saber conocer y saber convivir), para realizar actividades y/o resolver problemas con sentido de reto, motivación, flexibilidad, creatividad, comprensión y emprendimiento, dentro de una perspectiva de procesamiento metacognitivo, mejoramiento continuo y compromiso ético, con la meta de contribuir al desarrollo personal, la construcción y afianzamiento del tejido social, la búsqueda continua del desarrollo económico-empresarial sostenible, y el cuidado y protección del ambiente y de las especies vivas”*.

Esta definición muestra seis aspectos esenciales en el concepto de competencias desde el enfoque complejo: procesos, complejidad, desempeño, idoneidad, metacognición y ética. En la práctica, estos aspectos deben alinearse con un perfil que responda a las necesidades del entorno y le permita al profesional desempeñarse de forma competente en el nivel requerido por el empleo. Las competencias transversales se configuran en la medida que estas competencias además de ser transferibles a distintos contextos laborales, permiten y facilitan una continua adaptación al mundo laboral que cambia sus contenidos específicos.

Una manera más extensa de definir las competencias transversales es entendiéndolas como un conjunto de habilidades de amplio alcance que afectan a distintas clases de tareas y que se desarrollan en situaciones distintas, por lo que son generalizables y transferibles, dando como resultado una ejecución profesional eficaz (Cervera et al., 2010).

Según los autores, en el campo universitario enseñar estas competencias transversales es posible en una acción conjunta que implique: a) Incorporar metodologías docentes para desarrollar las competencias desde la programación de cada asignatura o módulo. b) En las prácticas de empresa y entornos laborales. c) A través de situaciones simuladas de entornos profesionales, que faciliten la aprehensión de conocimientos y actitudes en la práctica profesional.

Teniendo en cuenta que las prácticas en empresas y entornos laborales es una de las acciones que favorece el desarrollo de competencias transversales, realizar prácticas a nivel de laboratorio a través de herramientas tecnológicas de simulación de procesos reales, permite al estudiante tomar decisiones sobre situaciones en el mismo momento que se producen. Esta estrategia aporta elementos valiosos en el proceso de construcción de conocimiento por parte del estudiante y permite generar valor agregado a la construcción de un perfil profesional con versatilidad y capacidad de adaptación a las necesidades del mundo en el que está inmerso y estar preparado para el mundo laboral y profesional.

En este orden de ideas, y con el fin de orientar las metodologías académicas hacia la formación por competencias, más específicamente por medio del acercamiento del estudiante al aprendizaje en entornos “reales”, la UPB seccional Bucaramanga ha venido apoyando estrategias didácticas orientadas a la creación de laboratorios conjuntos en los que se simulan procesos industriales reales que faciliten el desarrollo de competencias transversales en los estudiantes de los programas de pregrado en las Ingenierías Industrial, electrónica y mecánica.

Es así como en el año 2006 la Escuela de Ingenierías asume el reto de diseñar y desarrollar infraestructura con un alto componente tecnológico que se materializa con la creación de un Laboratorio de Automatización de Procesos Industriales, el cual opera desde el 2012 dentro de una red integrada de laboratorios de la Escuela de Ingenierías que busca unir esfuerzos para que desde diferentes ópticas de ingeniería se utilicen los recursos de una manera óptima. La integración de la red de laboratorios se llevó a cabo a través de 3 etapas: gestación (Ingeniería Conceptual, Ingeniería básica, Ingeniería de detalle), ejecución (Construcción de prototipos) y gestión (Operacionalización de tecnologías, implementación académica, evaluación de impacto) de procesos industriales a mini escala que posibilitan una visión global de la automatización para las tres ingenierías involucradas, fomentando el desarrollo de competencias tecnológicas requeridas para la integración de procesos productivos y de gestión que está enfrentando el sector industrial colombiano (Mantilla Saavedra, Reyes Orozco, Villamizar Rincón, & Villamizar Araque, 2010).

Uno de estos desarrollos fue el diseño y construcción de un prototipo que simula un proceso real de producción y que permite al estudiante realizar prácticas que incluyen procesos de selección, clasificación y empaque de productos. Este prototipo fue desarrollado en el laboratorio de automatización, uno de los laboratorios incluidos en la red integrada de laboratorios, con fines académicos para el proceso de formación de ingenieros, empleando elementos de uso industrial que permitan al estudiante un desarrollo de competencias y habilidades útiles para su desempeño profesional.

La concepción de esta Línea de Producción se basa el modelo de Manufactura Integrada por Computador (CIM - Computer Integrated Manufacturing), el cual enlaza los procesos de producción (diseño, ingeniería y fabricación), con los de gestión de la empresa (planeación y administración), mediante un nivel conocido como Sistema de Ejecución de Manufactura (MES - Manufacturing Execution System), que tiene como objetivo contribuir a ejecutar eficientemente el plan operativo de la empresa (Armesto Quiroga, 2008; Navarro Guarín, 2013). El modelo CIM es la estructura base de la automatización integrada. Conceptualmente es único, y su estructura piramidal jerarquizada es fácilmente identificable, aunque sus niveles varíen en nombre y número de pisos dependiendo de la organización que los propone, del grado de especificación que se le quiere dar, de la arquitectura tecnológica ofrecida comercialmente como solución integral de automatización, o simplemente por el proceso de adaptación a una estructura organizacional específica.

### **3. Desarrollo de un prototipo de manufactura flexible (Línea de producción)**

Se entiende por proceso industrial todo desarrollo sistemático que conlleva una serie de pasos ordenados, los cuales se encuentran estrechamente relacionados entre sí y cuyo propósito es llegar a un resultado preciso. Para que el ingeniero pueda interpretar, analizar y realizar control de procesos flexibles, se requiere de nuevas herramientas de capacitación y entrenamiento para reproducir en laboratorios el mismo comportamiento que el proceso industrial que se analiza. Un método de estudio y análisis adecuado es la utilización de verdaderas plantas de manufactura flexibles a escala con procesos simulados con las mismas variables, elementos y tiempos de procesos para efectuar ensayos a escala de modelos de funcionamiento en condiciones similares al proceso productivo real (Haarth, Onaine, González, & Tabone, 2012).

El prototipo de manufactura flexible diseñado busca entonces simular un proceso industrial con elementos suficientes para acercarlo a un proceso real como se presenta a continuación.

#### **3.1. Descripción del proceso**

La línea de producción está diseñada como un proceso por lotes que internamente contiene sub-procesos discretos y continuos, donde por medio de operaciones manuales y automáticas se crean diversos tipos de productos terminados. Este sistema permite la entrada de unas características del

producto (orden de producción) y durante el proceso se generan rechazos por desperfectos o errores de operación. Adicionalmente, contiene un conjunto de instrumentos que indican las razones de paradas no planeadas, permitiendo de este modo la implementación de un sistema de ejecución de la producción.

El prototipo desarrollado permite al estudiante realizar diferentes actividades, tal y como se realizarían en un proceso real y tomar decisiones a partir de los resultados previstos. En la Figura 1 se muestra el prototipo de manufactura flexible desarrollado.



Figura 1. Línea de producción.

Dentro de las actividades que se pueden desarrollar en el prototipo están:

**3.1.1. Inspección manual.** El proceso inicia con el corte en pequeñas secciones de una barra de teflón, se taladra concéntricamente para adicionar un tornillo como se muestra en la Figura 2. Posteriormente se adhieren circunferencias de aluminio o acero a algunas de las piezas según los requerimientos de producción, de forma que al final queden tres tipos de materiales (aluminio, acero y plástico) con alturas diferentes.

En la inspección se puede presentar tres tipos de rechazos determinados por un operario, el primer rechazo se efectúa cuando los cilindros son cortados transversalmente, el segundo por colocar descentrada la circunferencia metálica y el tercero por colocar descentrada la circunferencia de aluminio. Estas piezas no deben ingresar al proceso posterior debido a que pueden quedar atascadas y crear fallos inesperados, estas piezas son retiradas y por medio de un lector de código de barras se le informa al sistema el tipo de rechazo.



Figura 2. Preparación de la muestra.

**3.1.2. Clasificación por altura.** En esta etapa del proceso un operador apila las piezas en un cilindro vertical, el cual las envía una a una y se verifica los posibles rechazos debido a la ausencia del tornillo o posición incorrecta de la pieza ingresada, un esquema de esta etapa se muestra en la Figura 3. A la pieza libre de defectos se le toma la altura, aquellas que estén entre las especificaciones continuarán con el proceso y las demás serán rechazadas.

**3.1.3. Clasificación según tipo de material.** Las piezas son transportadas por una banda pasando por debajo de tres sensores que detectan el tipo de material de la pieza para su posterior clasificación (Figura 4).

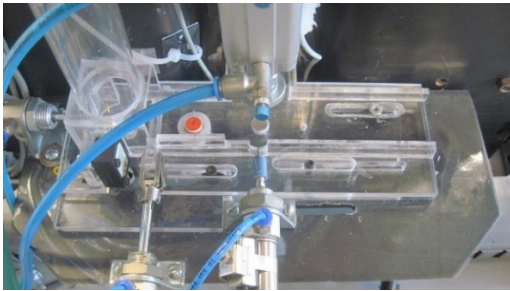


Figura 3. Clasificación por altura.

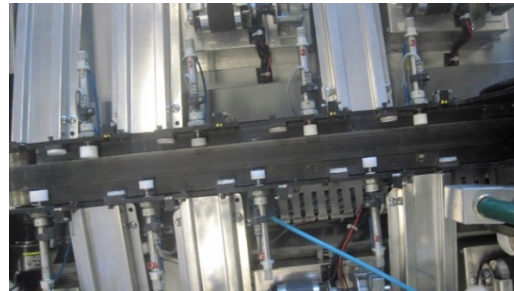


Figura 4. Transporte.

**3.1.4. Transporte de Material clasificado.** Las piezas siguen siendo transportadas por la misma banda y se clasificarán de acuerdo a su tipo de material y altura en seis depósitos diferentes por medio de cilindros neumáticos, como se puede apreciar en la Figura 4.

**3.1.5. Etiquetado por color del material.** Cuando un cilindro clasifica una pieza, se inicia una operación manual, adherir a la pieza una circunferencia de color y depositarla para ser usada en el siguiente proceso, en este momento se toma el tiempo usado por el operario.

**3.1.6. Acopiado del material.** En esta etapa las piezas son colocadas en seis resbaladeros diferentes a espera que el sistema cartesiano disponga de ella.

**3.1.7. Transporte al módulo de empaqueo.** Según la orden de producción el sistema cartesiano transportará las piezas necesarias hacia el módulo de empaqueo.

**3.1.8. Clasificación según color.** En la entrada de la etapa de empaqueo el sistema verifica que el color esté en el rango establecido del alistamiento de la máquina, teniendo rechazos por la calidad del color, la posición de la pieza o por ausencia de color. Si llegaran a existir rechazos en el módulo de empaqueo el sistema solicitará por las piezas faltantes.

**3.1.9. Empaque y sellado.** Cuando se cumple el número de piezas por paquetes se procederá a su sellado por medio de calor como se muestra en la Figura 6.



Figura 5. Clasificación según tipo de material.

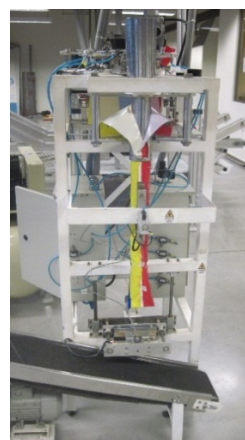


Figura 6. Empacadora.

El equipo de manufactura flexible tiene un gran número de tecnologías involucradas que ayuda al estudiante a desarrollar distintas competencias en materias como se observa en la Figura 7, además de desarrollar competencias transversales

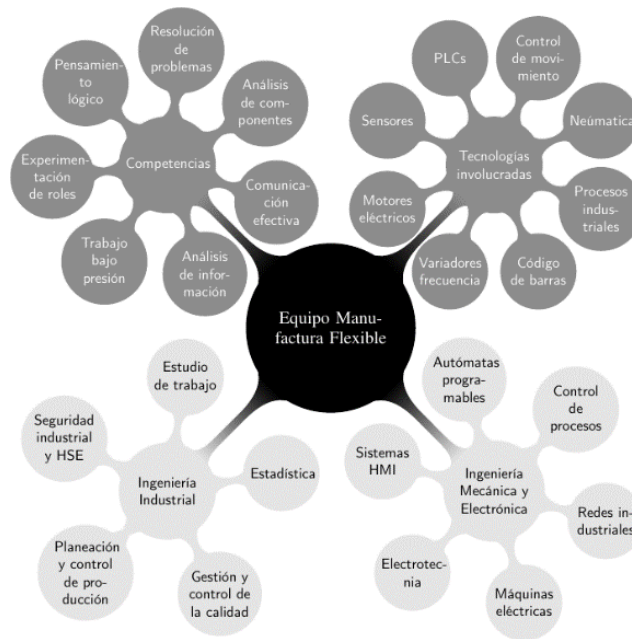


Figura 7. Aplicación en el aula de clase.

Al hacer uso de las tecnologías involucradas como son neumática, procesos industriales, variadores de frecuencia, motores eléctricos, sensores, códigos de barras, PLCs y control de movimiento, el estudiante desarrolla competencias transversales de análisis, planeación y operación entre otras, las cuales, si bien se asocian a asignaturas específicas, se desarrollan en la medida que las prácticas permiten manipular procesos de manera integrada.

En cuanto a los estudiantes de Ingeniería mecánica y electrónica, los cursos que desarrollan prácticas en el prototipo, tanto a nivel pregrado como de posgrado son: Autómatas programables, control de procesos, redes industriales, control de máquinas eléctricas, electrotecnia y sistemas HMI. En cuanto a los estudiantes de Ingeniería Industrial, se asocian asignaturas de estadísticas, Gestión y control de la calidad, Planeación y control de producción, Seguridad industrial y salud ocupacional y estudio del trabajo entre otras posibles.

En este orden de ideas, y teniendo presente que el objetivo primordial de la estrategia pedagógica diseñada es el desarrollo de competencias transversales, se encuentra que las prácticas realizadas por los estudiantes permiten desarrollar competencias genéricas y específicas tales como:

- Comunicación efectiva. Interpretación, análisis y aplicación de la información técnica.
- Análisis y evaluación de componentes, procesos organizacionales o sistemas complejos.
- Resolución de problemas mediante la aplicación de las ciencias naturales y las matemáticas, utilizando un lenguaje lógico y simbólico.
- Fortalecimiento del pensamiento lógico, involucrando memoria, planeación, atención y percepción para la toma de decisiones en la resolución de problemas de programación.
- Experimentación de roles en una planta industrial y trabajo en equipo
- Manejo de situaciones bajo presión por reacciones inesperadas de las máquinas.
- Análisis e interpretación de información técnica para el correcto desarrollo de los procesos.

En definitiva, se desarrollan competencias transversales en los estudiantes, las cuales están asociadas a diferentes áreas del saber y contribuyen a la formación integral del futuro ingeniero.

#### 4. Conclusiones

La automatización de procesos industriales plantea la integración de los diferentes campos operativos y administrativos de una organización (procesos de producción, control automático de los procesos de producción y gestión de los procesos de producción), lo que genera como consecuencia la



integración de tres ramas de la ingeniería encargadas de brindar soporte a dichos campos (Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Industrial). Desde esta perspectiva se diseñó y construyó un prototipo de manufactura flexible (Línea de producción) concebido a partir del modelo CIM (proceso e instrumentación, control, SCADA, MES y ERP), con el fin de favorecer el desarrollo de prácticas académicas necesarias para el desarrollo de competencias profesionales transversales del futuro ingeniero en entornos multidisciplinarios, que le permita tener la capacidad de satisfacer las necesidades de la cambiante, compleja y sistematizada industria moderna.

La Línea de Producción fue concebida a partir del trabajo interdisciplinario de tres facultades de ingeniería con el objetivo de permitir la integración de tecnologías desde el nivel de piso de la pirámide de automatización hasta la cúspide de la misma y con elementos de uso industrial que permiten la simulación de un proceso industrial real de selección, clasificación y empaque y que favorece procesos de aprendizaje significativo en los estudiantes.

Como perspectivas futuras se espera seguir desarrollando tecnológicamente el prototipo a fin de abarcar todos los niveles de pirámide de automatización, lo cual permitirá el desarrollo de nuevas competencias en los estudiantes.

## 5. Referencias

- Armesto Quiroga, J. I. (2008). *Memorias del Curso - Orientación Autómatas Programables. Equipos para la Automatización Industrial*. Universidad de Vigo.
- Cervera, M. G., Cela-Ranill, J. M., & Barado, S. I. (2010). Las simulaciones en entornos TIC como herramienta para la formación en competencias transversales de los estudiantes universitarios. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11(1), 352-370.
- Haarth, R., Onaine, A. E., González, M. A., & Tabone, L. B. (2012). Plataforma de modelado y simulación para entrenamiento en procesos productivos aplicados a la industria. *Iberoamerican Journal of Project Management*, 3(2).
- Mantilla Saavedra, J. C., Reyes Orozco, M. A., Villamizar Rincón, J. C., & Villamizar Araque, M. A. (2010). Laboratorio de Automatización: de su gestación hacia la integración de tres facultades de ingeniería. Presentado en ACOFI 2010.
- Navarro Guarín, C. A. (2013). Sistemas de ejecución de manufactura en la fabricación integrada por computador y prácticas de laboratorio de sistemas Scada.
- Tobón, S. (2008). La formación basada en competencias en la educación superior: el enfoque complejo. *México: Universidad Autónoma de Guadalajara*.

## Sobre los autores

- **Alba Soraya Aguilar Jiménez**. Ingeniera Industrial, Doctora por la Universidad Politécnica de Valencia. Docente de Planta y líder del grupo de investigación GeeTIC de la UPB Bucaramanga. [alba.aguilar@upb.edu.co](mailto:alba.aguilar@upb.edu.co)
- **Felipe Andrés Herrera Pérez**. Ingeniero Electrónico. Docente de Cátedra de la UPB Bucaramanga. [felipe.herrera@upb.edu.co](mailto:felipe.herrera@upb.edu.co)
- **Edwin Córdoba Tuta**. Ingeniero Mecánico, Magister en Ingeniería Mecánica Universidad Industrial de Santander, Docente de Planta de la UPB Bucaramanga. [edwin.cordoba@upb.edu.co](mailto:edwin.cordoba@upb.edu.co)
- **Ludym Jaimes Carrillo**. Ingeniera Industrial, Magister en Ingeniería Industrial. Estudiante del Doctorado en Ingeniería- Industria y Organizaciones. Docente de Planta de la UPB Bucaramanga. [ludym.jaimes@upb.edu.co](mailto:ludym.jaimes@upb.edu.co)

---

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

Copyright © 2014 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)