



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness

*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

INCIDENCIA DEL USO DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN – HAS 200 COMO HERRAMIENTA EN LA ENSEÑANZA – APRENDIZAJE EN LA FUNDACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICO COMFENALCO CARTAGENA

Humberto Quintero Arango, Prudencia Medina Monterrosa, Elvira Gómez Verjel

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco
Cartagena. Colombia

Resumen

Cartagena se enfrenta a la necesidad de establecer capacidades tecnológicas e innovadoras para mantenerse en la dinámica competitiva que se impone en el mercado globalizado. La estructura empresarial de la ciudad la lideran las microempresas (90 %), seguida de las pequeña (7%) las medianas (2%) y las grandes empresas con un (1%), esta situación no posibilita suficientes escenarios de prácticas para un estudiante en cuanto a procesos productivos automatizados, gestión de la innovación empresarial y aplicación de nuevas tecnologías.

El Tecnológico Comfenalco consiente de su función en el vínculo universidad empresa, decide como estrategia de formación adquirir un laboratorio integral automatizado para la práctica de sus estudiantes tanto en la investigación formativa como aplicada, El objetivo del presente trabajo es analizar la incidencia del **uso del laboratorio de automatización – HAS 200 como herramienta de enseñanza – aprendizaje en el Tecnológico Comfenalco** a partir del modelo pedagógico Institucional; inicialmente se realizó un estudio para el montaje del sistema HAS 200 donde se definió la compra, ubicación e implementación del mismo, después se establecieron las capacitaciones a docentes, personal administrativo y jóvenes investigadores sobre la funcionalidad del sistema de formación en el laboratorio, a partir de su aplicación en el entorno, luego con un grupo interdisciplinario se elaboraron las guías de prácticas enfocadas a solucionar las problemáticas que se presenten en un proceso productivo teniendo en cuenta el enfoque de las asignaturas específicas de las carreras y los modelos, técnicas y herramientas que estas exigen, por último se realizó el seguimiento de las prácticas tanto a docentes como a estudiantes a través de los diferentes indicadores que se establecieron para definir la incidencia del uso del laboratorio- HAS 200.

Los resultados de la investigación están orientados a validar la necesidad de integrar la ciencia, la tecnología y la innovación a través de la práctica del estudiante en el sistema HAS 200, generando estrategias

innovadoras de aprendizaje, mediante la simulación de escenarios reales de las diferentes áreas que integran una empresa en un sector productivo.

Palabras clave: innovación; automatización; formación; estrategias de aprendizaje

Abstract

Cartagena faces the need to establish cutting edge technological capacity to keep up with the competitive dynamic imposed by the globalized market. The business structure of the city is led by microenterprises (90%), followed by the small (7%), medium (2%), and large enterprises (1%). This situation doesn't generate enough opportunities for students to practice in the real world regarding automotive and productive processes, management of business innovation, and implementation of new technologies.

*El Tecnológico Comfenalco is aware of its importance in the bond between the university and the enterprises, and for that reason decided, as a learning strategy, to acquire a cutting-edge laboratory for the students to practice applied research. The objective of this paper is to analyze the incidence of the use of the automation laboratory **HAS 200** as a teaching tool Tecnológico Comfenalco according to the teaching model of the institution. Initially conducted a study to HAS system assembly 200 which defined the purchase and implementation of the same location, then set the training for faculty, staff and young researchers on the functionality of the training system in the laboratory, from its application in the environment, then with an interdisciplinary group were developed practice guidelines focused on solving the problems that are presented in a production process considering the approach to specific subjects and racing models, techniques and tools they require, finally followed up practices to both teachers and students through the different indicators that were established for define the incidence of laboratory-HAS using 200.*

The research results are intended to validate the need to integrate science, technology and innovation through student practice in the system HAS 200, generating innovative learning strategies, by simulating real scenarios from different areas that make up a company in a productive sector.

Keywords: innovation; automation; training; learning strategies

1. Introducción

El proceso de internacionalización de la economía Colombiana ha avanzado en los últimos años, en la medida en que se ponen en marcha los diferentes tratados y acuerdos bilaterales de comercio con otras naciones, este contexto propone nuevos retos para el desarrollo empresarial en las diferentes ciudades del país. La consolidación de las actividades productivas de una región se propicia a través de la relación empresa - universidad - estado, en la cual las universidades deben estar en contexto con la realidad actual del país, es por tal motivo que el Tecnológico Comfenalco presenta una metodología de enseñanza-aprendizaje la cual es el Has 200, ésta busca el desarrollo práctico cognoscitivo del estudiante, una metodología innovadora que gracias a la aplicación de la teoría de algunas asignaturas por medio del sistema Has 200, el cual permite que se evidencien los procesos similares al entorno real. Este tipo de estrategias permite que el estudiante se apropie del conocimiento y se forme de manera integral con el desarrollo de competencias específicas necesarias para su desarrollo laboral, profesional e investigativo.

2. Automatización

2.1 Sistemas HAS 200: ¹El sistema HAS-200 ha sido concebido a partir de las necesidades de capacitación en las industrias con alto nivel de automatización. Su versatilidad y atractivo diseño permiten reproducir/emular el funcionamiento de una fábrica real, permitiendo el estudio de las diferentes casuísticas. Las tecnologías más avanzadas presentes en los procesos productivos se integran en este sistema didáctico, que da respuesta a las necesidades de los más diversos sectores (automoción, semiconductores, alimentación, farmacéutico, etc.). HAS-200 cubre el cuarto nivel en la pirámide de automatización, adentrándose en el nivel ERP para la introducción de los pedidos de fabricación.

2.2 Descripción del proceso

El sistema HAS-200 simula una fábrica en la cual se pueden producir hasta 19 productos diferentes en función de la petición establecida. La materia prima consta de un recipiente con cuatro tipos de etiqueta (roja, azul, amarillo y multicolor). Cada etiqueta incorpora un código de barras que permite identificar al producto a lo largo del proceso.

Dentro de estos recipientes se irán vertiendo “perlas” en cantidades de 15, 30 o 45 gramos, siendo esta última medida la que limita la capacidad máxima del recipiente. Por lo tanto, el producto terminado podrá tratarse de uno producido con un único y exclusivo tipo de “perlas” o uno producido conjuntamente con dos o tres tipos de “perlas” diferentes al cual se le denominará multicolor.

Una vez llenados los recipientes con la cantidad correspondiente, se les coloca a los mismos una tapa y una etiqueta donde se incluye el número de lote, la fecha de fabricación, etc. Posterior a la colocación de la tapa, el producto es enviado a la estación de expediciones o a los almacenes en espera de ser despachados. Dentro del proceso, se mide tanto el peso del material como la altura del mismo. Ambas variables son analizadas por el Control Estadístico del Proceso (SPC) para la toma de decisiones, generación de históricos, etc.

2.3 Funcionamiento del sistema Has 200

El sistema HAS-200 permite trabajar en modo autónomo o integrado, en función de la selección realizada en el selector I/II del panel de control situado en el frontal de la estación.

Modo autónomo: Este modo de funcionamiento es consecuencia de situar el selector en la posición I. Permite al usuario trabajar con la estación de manera autónoma, es decir, independientemente del resto de las estaciones que conforman el sistema.

Modo Integrado: Por el contrario, si el selector se encuentra en la posición II el modo de funcionamiento seleccionado es el integrado. Este modo permite al usuario trabajar como una fábrica integrada mediante un sistema de ejecución de la producción o también denominado M.E.S.

¹ SMS International Training

2.4 Estaciones que integran el sistema

Figura 1: Estructura del sistema Has 200



Fuente: SMS International Training

TABLA 1: Estaciones del sistema

ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN
HAS-201: Alimentación de botes multicolor	La función de la estación es alimentar al sistema con recipientes multicolor vacíos que deben llenarse en las estaciones productoras.
HAS-202: Producción-azul	La función de la estación es alimentar de recipientes azules y rellenar con bolitas azules de acuerdo con el valor requerido de peso.
HAS-203: Producción-amarillo	La función de la estación es alimentar de recipientes amarillos y rellenar con bolitas amarillas de acuerdo con el valor requerido de peso.
HAS-204: Producción-rojo	La función de la estación es alimentar de recipientes rojos y rellenar con bolitas rojas de acuerdo con el valor requerido de peso.
HAS-205: Medición analógica	La función de la estación es medir la altura del material en los recipientes y comprobarlo.
HAS-206: Colocación de la tapa	La función de la estación es imprimir la etiqueta, colocar la tapa en el recipiente y ajustar la etiqueta sobre la tapa.
HAS-207: Almacén horizontal	La función de la estación es almacenar los productos en curso en las 56 posiciones disponibles. 1 eje servo-controlado + 1 eje motor paso-paso + 1 eje neumático.
HAS-208: Paletizado	La función de la estación es expedir los productos una vez finalizado su proceso de fabricación.
HAS-209: Reciclaje de materia prima	La función de la estación es clasificar y reciclar las perlas mezcladas que han sido utilizadas en el sistema HAS-200.

Fuente: SMS International Training

2.5 aplicaciones del sistema Has 200

Tabla 2: Aplicaciones del sistema

APLICACIÓN	DESCRIPCIÓN
3Dsupra: Supervisor 3D	La función de la aplicación es monitorizar cada estación y controlarlas de forma remota.
EdMES: Manufacturing Execution System	La función de la aplicación es recopilar todos los datos del sistema y gestionar la producción, incluyendo: Pedidos y expedición, control estadístico de procesos (SPC), movimiento de materiales, gestión de mantenimiento, trabajo en curso (WIP), eficiencia general de equipos (OEE), resumen de

	alarmas, base de datos, agentes.
EdMES: Pedidos y expedición	La función de la aplicación es programar y expedir todos los pedidos grabados en el sistema HAS-200.
EdMES: Control estadístico de procesos (SPC)	La función SPC se centra en el control de la calidad de ambos, del proceso y del producto.
EdMES: Movimiento de materiales	La función de la aplicación es avisar al sistema sobre el layout físico del sistema.
EdMES: Gestión de mantenimiento	La función de la aplicación es gestionar y crear los planes de mantenimiento del sistema HAS-200. Tipos: correctivo, preventivo y predictivo.
EdMES: Trabajo en curso (WIP)	La función de la aplicación es proporcionar información sobre el trabajo en curso y los inventarios.
EdMES: Eficiencia general de equipos (OEE)	La función de la aplicación es estimar el valor de la OEE para cada estación.
EdMES: Agentes	La función de la aplicación es permitir al instructor perturbar el sistema. Tres agentes: las materias primas, el mantenimiento y el buffer.

Fuente: SMS International Training

3. Adquisición del sistema Has 200

La adquisición del sistema Has 200 surge de la necesidad de escenario de práctica reales que le permitan al estudiante contextualizar la teoría abordada en las aulas de clase y la oportunidad de dirigirse a empresas altamente automatizadas donde puedan evidenciar sus proceso, es por tal motivo que nace la propuesta de compra de un laboratorio automatizado, el cual conlleva a mejorar los proceso académicos con la integración de equipos, instrumentos, dispositivos y en general todo un sistema integrado automatizado, siendo esto una combinación del aprendizaje presencial con equipamiento didáctico que hace más efectiva la formación del estudiante, a su vez este sistema permite que desde el modelo pedagógico Institucional cuyo objetivo es formar de integral con aprendizaje teórico-práctico al estudiante utilizando estrategias de generación de conocimiento como lo es el desarrollo de proyectos de aula aplicados a problemáticas simuladas en el sistema Has 200.

Este trabajo es uno de los resultados del proyecto de **Tecnificación e innovación en el proceso de enseñanza - aprendizaje de los estudiantes del Tecnológico Comfenalco** para su aplicación inicial en los programas de Ingeniería Industrial, Ingeniería de procesos, producción Industrial, operación de planta y procesos industriales, instrumentación y control de procesos industriales, y Operación de Procesos, atendiendo al perfil profesional y a las líneas de investigación de cada una de estas carreras, donde se requiere una práctica en un entorno real para las siguientes asignaturas:

Tecnologías básicas: Identificación, medición y verificación de componentes eléctricos, determinación y desarrollo de la secuencia lógica y sistémica de los procesos, física eléctrica, ciencia y tecnología, introducción a la Ingeniería Industrial.

Tecnologías medias: Las asignaturas de Computadores I, Computadores II, procesos de Manufactura, taller de procesos de manufactura, valoración de las condiciones fisicoquímicas y termodinámicas asociadas a los procesos, determinación y desarrollo de la secuencia lógica y sistémica de los procesos, operación básica de equipos y procesos industriales, operación básica de equipos y procesos.

Tecnologías avanzadas: Investigación de operaciones I, investigación de operaciones II, gerencia de operaciones, logística, diseño de planta, simulación, gerencia de mantenimiento, métodos y tiempos, procesos de manufactura, seguridad industrial, planeación y gestión de las operaciones de mantenimiento, determinación de las tecnologías en los procesos industriales según plan de producción, diagnostico a

problemas del sistema de control, apoyo al desarrollo de proyectos de optimización, monitoreo de la calidad y cantidad de materia prima, insumos, productos terminados y en proceso.

4. Instalación del equipo

El equipo Has 200 fue comprado a la empresa SMS International Training, quienes hicieron el proceso de instalación del laboratorio de automatización en el 4to piso de la sede Cedesarrollo en la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco. Teniendo en cuenta que éste es un sistema modular el espacio dependió del número de estaciones, de tal manera que hicieran posible la libre circulación de los usuarios a lo largo el sistema; las condiciones de temperatura, humedad y las exigencias eléctricas y neumáticas requeridas para el óptimo funcionamiento de todo el sistema.

5. Desarrollo del proceso de capacitaciones

La adquisición del sistema Has 200 exigió la capacitación al personal docente, administrativo y operativo en el uso y mantenimiento del equipo, para estas capacitaciones se contrataron los servicios de un Ingeniero Español experto en el uso del equipo; Iñaki Fagoaga, quien orientó el proceso de formación como etapa final en la implementación del sistema. El personal se capacitó en los módulos de conocimiento del sistema has 200, comprendiendo software Manufacturing Execution System, fabricación de alto volumen, identificación Work In Progress y Tracking, modularidad: permitiendo diferentes configuraciones de layouts y posibilidad de crecimiento en el futuro, diseño con componentes industriales, comunicación entre estaciones a través de red Ethernet, opciones de marcas de PLC: Siemens, Allen Bradley y Omron, dispone de un supervisor 3D y manual de ejercicios orientado a desarrollar las capacidades relacionadas y modos de operación.

6. Desarrollo de Guías de prácticas aplicadas al sistema Has 200

Las guías de prácticas en el laboratorio fueron elaboradas por el equipo que recibió la capacitación a partir de las necesidad de llevar a la práctica el proyecto de aula, de los resultados obtenidos en el plan de mejora de la facultad de Ingeniería y el proyecto de seguimiento a egresados el cual arrojó la necesidad de implementar para el I semestre del año 2013 las primeras guías de prácticas enfocadas a las asignaturas de métodos y tiempos, control estadístico de procesos, producción I y computadores I.

Estas guías se llevan a cabo de la siguiente manera:

Guía 1: Reconocimiento del equipo: esta guía integra las asignaturas de computadores I y producción I, manejando las temáticas de procesos, líneas de producción, flujograma. En esta actividad los estudiantes en compañía del docente realizan la práctica la cual les permite contextualizar las temáticas que se estén desarrollando en el aula y partir de ello tener conocimientos generales del sistema Has 200, del proceso que se lleva a cabo y del tipo de producción.

Guía 2: Análisis y construcción del cursograma sinóptico y analítico: abarca la asignatura de métodos y tiempos. En esta actividad los estudiantes desarrollan destreza de observación y análisis para posteriormente construir el cursograma sinóptico y cursograma analítico de cada una de las estaciones y del sistema en general.

Guía 3: Gráficos de control: Esta actividad ofrece la posibilidad de poder estudiar y analizar los conceptos referentes al Control de Calidad y su influencia dentro de la producción. Esta función permite operar con distintas herramientas de análisis y gráficas de control estadístico de procesos, dónde el usuario va a poder controlar las principales variables de producción., por tal motivo las asignaturas que se pretenden fortalecer son control estadístico de procesos, estadística.

Para efectos de validar los conocimientos adquiridos dentro de la práctica los estudiantes con el acompañamiento del docente de cada una de las asignatura, realizan un informe en el cual deben incluir: Introducción, objetivo, marco teórico, aplicación (Contextualización de la práctica), procedimiento, lista de materiales, instrumentos y Equipos, descripción de las estaciones de trabajo de la Línea como los productos que se pueden elaborar, bibliografía, conclusión, una vez realizada cada una.

7. Indicadores para determinar la Incidencia

Dentro de los Indicadores que se establecieron para definir la incidencia del uso del laboratorio- HAS 200 se tienen:

- 1.** Fuente de innovación: La compra de este sistema surge a partir de necesidades que existe en las pymes de innovar en los procesos de formación, con el fin de dar respuesta a lo propuesto en el modelo pedagógico Institucional y a las necesidades del entorno, lo cual conlleva al aprendizaje práctico y contextualizado.
- 2.** Proceso de gestión de la innovación en la empresa: Una vez adquirido el sistema comenzó la etapa de organizar y dirigir los recursos disponibles (humanos, técnicos y económicos), que permitieran la elaboración de las guías del procesos de prácticas a partir de la articulación que se genera entre las líneas de investigación, los proyectos y cada una de las asignaturas que responden a la práctica con el sistema Has 200 y que generen impacto en el entorno. Ésta dinámica que surgió a partir con la implementación del laboratorio ha propiciado una sinergia entre los gestores del proyecto, evidenciada en los resultados obtenidos hasta el momento. Como es lógico en todo proceso cabe anotar que en este se han presentado algunos inconvenientes técnicos de mantenimiento del sistema los cuales se han solucionado con el proveedor de este equipo.
- 3.** Modelos de gestión de la innovación en la organización: El modelo pedagógico del de la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, responde a un proceso de gestión de alto impacto en la academia, la industrial y el entorno local; de ahí la necesidad de seguir generando proyectos institucionales que permitan darle solución a las exigencias del mercado. La incidencia de la adquisición del sistema HAS 200 fue la primera fase del desarrollo de cuatro proyectos que se están ejecutando en el programa de Ingeniería industrial y cuyo impacto se evidenciará en la etapa final del macroproyecto titulado “Perfil de entrenamiento asociado a la tecnificación de mipymes en los procesos productivos y actividades de servicios relacionadas con la fabricación de metal en Cartagena de indias” para propiciar en estas empresas su participación en convocatorias locales, regional y nacionales, que le permitan sostenerse en el mercado al incrementar su productividad y competitividad y a implementar un sistema de gestión de la innovación.
- 4.** Herramientas de gestión de la innovación: como herramientas de innovación surgidas con el montaje del sistema, en primera instancia estuvo el reto de elaborar practicas contextualizadas que generaran cambios en la metodología de enseñanza aprendizaje de las asignaturas específicas que se seleccionaron de cada uno de los programas que hacen parte del proyecto; luego para el seguimiento de indicadores se estableció el informe técnico de cada práctica aplicada que evidencia la mejora en la

apropiación del conocimiento dado los nuevos escenarios de aprendizaje, por último el indicador más evidente de la puesta en marcha de este sistema es el número de asistentes que se registran en cada una de las prácticas, los proyectos que se han generado y la articulación de un equipo de trabajo interdisciplinario.

8. Conclusiones

- La adquisición del Has 200 por parte de la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, se proyecta como una herramienta de solución a las necesidades generadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje plasmadas en el modelo pedagógico.
- La utilización del Has 200 exigió organizar y articular un grupo interdisciplinario que una vez capacitado se responsabilizara de la administración del laboratorio, elaboración de las guías de prácticas, desarrollo de proyectos aplicados en el entorno y plan de mantenimiento del mismo.
- El sistema Has 200 propicio escenarios automatizados de formación que confrontaron al estudiante y que generaron cambios innovadores en las metodologías de apropiación del conocimiento que anteriormente se llevaban a cabo, puesto que contribuyó a la contextualización de la teoría a través de la práctica.
- Dentro de algunos cambios que se han evidenciado en la metodologías de enseñanza-aprendizaje con la implementación de este sistema, ha sido la oportunidad que han tenido tanto docentes como estudiantes de simular situaciones dentro de un escenario bastante práctico y similar al del entorno industrial con algunas asignaturas que cuentan con prácticas (métodos y tiempos, simulación, control estadístico de procesos, producción). En este orden de ideas los cambios se han reflejado en la medida en que anteriormente los docentes de estas asignaturas no tenían la oportunidad de contextualizar al estudiante con casos tan prácticos y evidentes dado el poco acceso que se tienen a las empresa en las cuales se puedan desarrollar este tipo de actividades que son propias de cada asignatura.

9. Referencias

- Bolívar, C. d. (2012). Cartagena en Cifras. Cartagena.
- Arraut, C. J., & Correa, C. z. (2012). La innovación en Cartagena y Bolívar. Cartagena: Universidad Tecnológica de Bolívar.
- HAS-200. HighlyAutomatedSystem- Sistema Altamente Automatizado, documento tomado el 25 de febrero de 2013 desde : http://www.smctraining.com/pdf/IT-201_has-200_es.pdf.

Sobre los autores

- **Humberto Quintero Arango:** Ingeniero Industrial, especialista en Gerencia de Producción y Calidad, candidato de maestría en Ingeniería de Producción, Director de Programa de Ingeniería Industrial y producción Industrial de la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco.
- **Prudencia Medina Monterrosa:** Ingeniera Industrial, Magister Desarrollo Empresarial, Doctorante en Ciencias Económicas Universidad de Zulia Venezuela. Coordinadora de Investigaciones programa de Ingeniería Industrial de la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco Cartagena.

- **Elvira Gómez Verjel:** Ingeniera Industrial, Docente Investigadora del Programa de Ingeniería Industrial de la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco Cartagena.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)