

---

# IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE WONDERWARE COMO ESTRATEGIA PEDAGÓGICA PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES

IMPLEMENTATION OF THE WONDERWARE  
SOFTWARE AS A PEDAGOGICAL STRATEGY FOR  
THE SIMULATION OF INDUSTRIAL PROCESSES

Recibido: 02 de marzo del 2011

Aprobado: 30 de abril del 2011

GUILLERMO LUNA\*  
AURA M. ROSERO A.\*\*

---

## Resumen

Las principales necesidades de aprendizaje del ingeniero industrial se relacionan con áreas de planificación y control de la producción, y su enseñanza, al igual que muchos de los conocimientos que el estudiante apropia en la actualidad, debe estar acorde con el uso de las nuevas tecnologías. Por tal razón, se propuso el montaje y puesta en marcha de un escenario de aprendizaje que permitiera el contacto del estudiante con situaciones problemáticas que podrían suceder en una planta de producción, así como también brindarle las herramientas para saber cómo actuar frente a ellas.

La investigación se denominó "Implementación del software Wonderware® para la simulación de procesos industriales", y se desarrolló en el 2006 en el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pasto. Esta se encaminó a la adaptación del software Wonderware® en la práctica académica por medio de la construcción de equipos comunes en la industria colombiana y la conexión de estos a la aplicación informática, la cual administra las señales simuladas, imitando escenarios reales de trabajo cotidiano en la industria.

**Palabras clave:** aprendizaje significativo, simulación de procesos, software Wonderware®, tecnología.

## Abstract

The main learning needs of an Industrial Engineer are related to planning and production control; teaching on these areas, as well as in many of the main areas of knowledge learnt by students, must be consistent with the use of new technologies. For this reason, the construction and implementation of a learning scenario was proposed to make the students face typical problems that may arise in a production plant, and furnish him with the tools to face them. The research was named "Implementation of the Wonderware® Software for the Simulation of Industrial Processes" and it was executed in 2006 by the Industrial Engineering Program of the Universidad Cooperativa de Colombia, Pasto. This research undertook the adaptation of the Wonderware® software in academic practice by means of the construction and implementation of common equipment from Colombian industry and of its connection to the software that manages the simulated signs, thus imitating real everyday scenarios from the industry.

**Keywords:** meaningful learning, process simulation, Wonderware® software, technology.

---

• Cómo citar este artículo: Guillermo Luna, Aura M. Rosero A. "Implementación del software Wonderware como estrategia pedagógica para la simulación de procesos industriales". *Revista Ingeniería Solidaria*, vol. 7, núms. 12-13, 2011, pp 46-52.

\* Ingeniero Mecánico de la Fundación Universidad de América. Especialista en Ingeniería de Producción de Alimentos y Biomateriales de la Universidad de Campinas-Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Especialista en Docencia Universitaria de la Universidad de Nariño. Docente de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pasto. Correos electrónicos: guillermo.luna@campusucc.edu.co; lunaguillermo89@yahoo.es

\*\* Ingeniera Agroindustrial de la Universidad del Cauca. Especialista en Gerencia de Mercadeo de la Universidad Jorge Tadeo Lozano-Universidad de Nariño. Especialista en Docencia Universitaria de la Universidad de Nariño. Docente de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pasto. Correos electrónicos: aura.rosero@campusucc.edu.co; auramar80@gmail.com

## Introducción

La actividad del ingeniero industrial en el departamento de Nariño se desarrolla en un contexto que, a pesar de hacer parte de las nuevas tendencias de la globalización, presenta una industria incipiente, un bajo desarrollo técnico de las empresas ya establecidas y un escaso manejo de políticas actuales de administración de planta. Por tanto, la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pasto, desde la Facultad de Ingeniería Industrial, manifiesta su compromiso con el desarrollo industrial de la región a través del cumplimiento de sus funciones sustantivas: docencia, investigación y proyección social. La docencia es la función mayormente relacionada con la formación de los profesionales, quienes con sus conocimientos y competencias intervendrán en dicho contexto con el fin de mejorarlo.

Desde el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pasto, se identificó que una probable causa del bajo desempeño académico de los estudiantes, especialmente en lo que respecta a las Pruebas Saber PRO (anteriormente conocidas como Ecaes), es una desproporción entre los conceptos teóricos y prácticos que los estudiantes del programa aprenden. Las estrategias de enseñanza-aprendizaje tienden hacia el uso extendido de la clase magistral, es decir, la exposición verbal de conocimientos por parte del docente, la cual se refuerza por medio de ejercicios y otras actividades. Sin embargo, la efectividad de esta estrategia se cuestiona mucho por parte de los estudiosos de la educación y por parte de los mismos docentes, puesto que en una buena parte de los estudiantes el aprendizaje se caracteriza por ser efímero y por no relacionarse con conceptos que previamente el estudiante ha construido [1].

Igualmente, gracias al contacto que el programa de Ingeniería Industrial tiene permanentemente con sus egresados, se han podido observar las dificultades que atraviesan estos profesionales durante las primeras fases de adaptación en una empresa productiva, debido a que los procesos de enseñanza-aprendizaje llevados a cabo de manera tradicional durante la formación dificultan la asociación de los conceptos teóricos con la práctica, situación que impide, en un principio, visualizar su aporte en la solución de problemas.

La falta de escenarios de práctica (como, por ejemplo, laboratorios y plantas de procesamiento a pequeña escala) y, por consiguiente, la poca utilización de estos, ha llevado a que la gran mayoría de los momentos de aprendizaje del estudiante se lleven a cabo utilizando como principal metodología de enseñanza la exposición magistral por parte del docente.

Por lo tanto, la formación académica de los ingenieros en el contexto actual “debe considerar el desarrollo de la capacidad de estos profesionales para resolver los problemas que traerán consigo los desafíos de una sociedad en la ardua competencia a la que obligará el avance y la consolidación del proceso de globalización” [2]. Hoy en día, las nuevas tecnologías expresadas en tecnología dura, como infraestructura, maquinaria y equipos, así como también las relacionadas con el conocimiento (llamadas también tecnología blanda) tienen un uso difundido dentro de distintos ámbitos y la industria no ha sido la excepción.

Es por esto que los programas de formación en ingeniería en la educación superior actualmente tienden a modificar sus currículos e incluir en ellos el uso de las nuevas tecnologías, que en el caso de los programas de ingeniería industrial se orientarían hacia los procesos, sistemas productivos, organización del trabajo y soluciones técnicas [3]. Se trata, entonces, de acercar al estudiante hacia un escenario real “donde el ingeniero asimila una cultura tecnológica y organizativa que se concentra en las características de la organización del trabajo y, más ampliamente, en las características tecnológicas de la empresa” [3].

Las experiencias de aprendizaje generadas en los espacios académicos en donde se utilizan estos escenarios son muy particulares, y aún se podría decir exclusivas [4]. Es en estos momentos en que se propicia el desarrollo de competencias del saber-hacer, con las que el estudiante adquiere las destrezas necesarias que le permitirán utilizar los conocimientos teóricos para abordar una situación problemática que pueda presentarse. Por lo tanto, los laboratorios en los procesos de enseñanza-aprendizaje constituyen un recurso indispensable que refuerza la labor que el docente realiza dentro del aula de clase, en tanto se apliquen los conceptos por medio de la práctica.

En algunas facultades de ingeniería de diversas universidades latinoamericanas en las que ya se han llevado a cabo experiencias relacionadas con la inclusión de distintos tipos de tecnologías en los procesos de enseñanza-aprendizaje, las iniciativas orientadas para este fin incluyen, desde la utilización de plataformas virtuales, hasta la instalación de laboratorios y software especializado. Sin embargo, a pesar de las ventajas que muestra la tecnología para facilitar la labor del ingeniero industrial, su implementación y utilización en su proceso de formación resulta ser complejo. Algunos de los factores que justifican esta afirmación se relacionan con la resistencia al uso de tecnologías de información y comunicación por parte de los docentes y estudiantes [5].

Una de las aplicaciones informáticas muy utilizadas en el ámbito empresarial e industrial es Wonderware®, desarrollada por la firma Invensys®, la cual ofrece diversas soluciones, además del control individual de procesos. Con base en nuevos enfoques de negocio que ven a la empresa como una “red virtual de fabricación”, es necesario que cada componente de la empresa tenga un apropiado soporte para las actividades operativas que se lleven a cabo [6]. El uso de la herramienta Wonderware® como herramienta pedagógica podría entonces facilitar la conceptualización de distintos aspectos relacionados con la administración, planificación y control de procesos, de manera que el estudiante o usuario pueda visualizarlos, manejarlos y tomar decisiones de acuerdo con las situaciones que se presenten.

Una de las experiencias significativas en la instalación de laboratorios y del software Wonderware® en programas de ingeniería industrial en el contexto latinoamericano se encuentra en la Universidad Simón Bolívar, en Venezuela, con el desarrollo de un laboratorio de sistemas y comunicaciones industriales. Consistió en la construcción de una maqueta de una planta hidráulica equipada con dispositivos inteligentes, instrumentos de medición y mecanismos de control: “la maqueta permite recrear de manera aceptable la realidad que puede encontrarse en el sector industrial” [3].

Con el fin de mejorar el proceso de aprendizaje del estudiante en este sentido, la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pasto, decidió adelantar una investigación en la cual se realice *la implementación del software en los procesos de enseñanza-aprendizaje de los espacios académicos que puedan utilizar este tipo de herramientas tecnológicas*. El resultado visible fue la implementación de un laboratorio de simulación de procesos.

## Metodología

Teniendo en cuenta que Wonderware® no es un software de simulación de procesos, fue necesario ejecutar la investigación en las siguientes etapas:

- Identificación de procesos esenciales y comunes en la industria colombiana
- Diseño de equipos de los procesos seleccionados
- Construcción de equipos
- Diseño y montaje de sensores que relacionen los procesos con el software
- Aplicación en prácticas para observar la utilidad del sistema como herramienta

Para la construcción del laboratorio, se tomaron algunas decisiones acerca de los procesos que se iban a implementar. Por tanto, en una etapa preliminar se hizo una revisión bibliográfica muy detallada de los procesos llevados a cabo en las diferentes industrias presentes en Colombia. Paralelamente a ello, también se hicieron visitas a diferentes Instituciones de Educación Superior (IES) en la ciudad de Pasto, con el propósito de hacer una visualización general de los escenarios de prácticas académicas en cuanto a su infraestructura y parámetros de diseño, especialmente en carreras de pertenecientes a distintas ramas de las ingenierías.

Con este primer acercamiento al objeto de investigación se concluyó que, dentro de los procesos industriales, las etapas más comunes que se encontraron en los distintos procesos fueron: filtración, destilación, evaporación, refrigeración, transporte, condensación, fermentación, pasteurización, envasado, homogenización y transferencia de calor.

La investigación, entonces, se orientó en el diseño y construcción de equipos que simularan las etapas de refrigeración, tratamiento de aguas industriales y generación de vapor. Además de ello, también se planeó la instalación del software y la interconexión de sensores con la unidad central de procesamiento de datos.

Por otra parte, se conoció acerca de la existencia de laboratorios y plantas piloto como escenarios de práctica relacionados con la ingeniería industrial en instituciones como la Universidad de Nariño y el SENA Regional Nariño; sin embargo, es importante aclarar que en esta rama de la ingeniería aún no se había trabajado simulación de procesos utilizando un software.

En el diseño de cada uno de los módulos de proceso se hicieron cálculos específicos, con el propósito de realizar modelos a pequeña escala de cada una de las etapas seleccionadas. De forma simultánea, también se realizaron los ajustes necesarios y, con ello, se determinaron las necesidades de materiales y sus cantidades para la construcción de estos. En la construcción de cada módulo también fue necesario realizar ajustes y pruebas, con el fin de asegurar que los equipos funcionen correctamente. Seguidamente, se hizo la adquisición del software y su interconexión con cada uno de los módulos, por medio de sensores.

Finalmente, se elaboraron los manuales de funcionamiento y mantenimiento de cada uno de los equipos construidos. El principal objetivo de realizar esta actividad es guiar al docente y a los estudiantes en el manejo de estos equipos, lo cual contribuiría significativamente a la construcción o reformulación de microcurrículos que puedan utilizar estas unidades de proceso.

## Resultados

El principal logro que se obtuvo fue la instalación de equipos y software con el fin de desarrollar una herramienta pedagógica práctica, versátil, que apoye la labor del docente y acerque al estudiante a una realidad que pueda manipular, y lo lleve a investigar e idear alternativas de solución que mejoren su entorno de trabajo.

La investigación arrojó, como uno de sus resultados, la selección y diseño de procesos universales que permitan entrelazarse entre ellos para conformar procesos industriales particulares como, por ejemplo: los procesos de generación de servicio, energía eléctrica, agua, vapor, aire comprimido, redes sanitarias, generación de agua helada, transporte de materia y almacenamiento.

### Sistema de refrigeración

En el diseño de este módulo de proceso se tomaron en cuenta, como elementos principales, el banco de hielo y el cuarto frío. Se debe tener en cuenta que el diseño y construcción de este sistema se realizó a pequeña escala, debido a la utilidad pedagógica que tendrá (ver figura 1).

El banco de hielo posee un sistema de enfriamiento que consiste en un evaporador que funciona para intercambiar el aire caliente a frío, un compresor, un condensador y las válvulas de expansión termostática. Se trata de un sistema basado en características termodinámicas de ciertos elementos, que se evaporan a bajas temperaturas, comprimiéndolo, condensándolo y evaporándolo sucesivamente; absorbiendo calor del interior del espacio refrigerado y trasladándolo al exterior donde se disipa.



Figura 1. Sistema de refrigeración  
Fuente: los autores

Por último, se utilizaron componentes de refrigeración estándar que son visibles y colocados de forma lógica sobre el sistema. Se proporciona, entonces, la instrumentación de la medida del caudal del refrigerante y del caudal de la masa, temperaturas, presión del refrigerante y potencia eléctrica consumida por el compresor. Existe a su disposición la versión de enlace al ordenador para la unidad.

Por otra parte, en la construcción del cuarto frío se tomaron las siguientes dimensiones: 32 cm de largo, 32 cm de ancho y 34 cm de altura (ver figura 2). Este fue construido con lámina galvanizada calibre 20, a la cual se le dio la forma, y también se incluyeron materiales aislantes en las puertas, como poliestireno ecológico.



Figura 2. Cuarto frío  
Fuente: los autores

### Tratamiento de aguas industriales

El proceso utilizado para la simulación, por medio del software Wonderware del módulo de tratamiento de aguas, se sustenta en el sistema de tipos de tratamiento que se utiliza en las industrias nacionales, aclarando que las cantidades y dimensiones a utilizar en los diferentes equipos se basan en criterios de diseño dado por el equipo de trabajo del módulo, como también en el caudal y el efluente a tratar y teniendo en cuenta que es un laboratorio; en este los estudiantes simularán el proceso de tratamiento de agua, por lo que el tiempo también constituyó un parámetro para el diseño del módulo (ver figura 3).

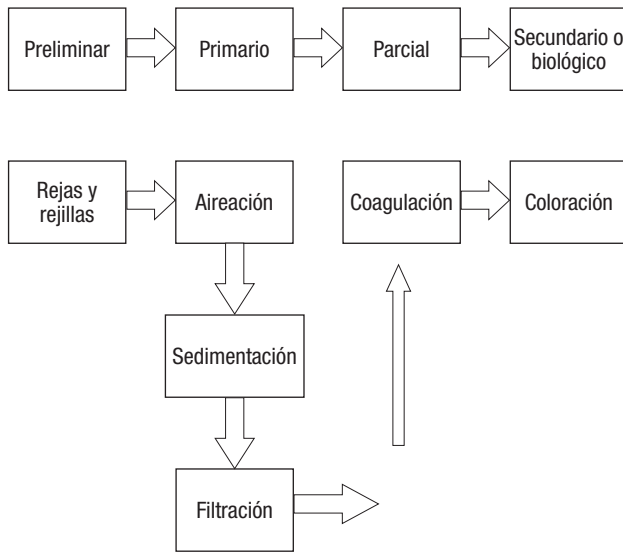


Figura 3. Esquema del módulo de tratamientos de agua

Fuente: los autores

El sistema está compuesto por ocho tanques de acrílico, descritos de la siguiente manera (ver figura 4):

- Tanque 1: almacenamiento agua a tratar
- Tanque 2: rejillas
- Tanque 3: desarenador
- Tanque 4: sedimentador
- Tanque 5: coagulación y floculación
- Tanque 6: filtro
- Tanque 7: cloración
- Tanque 8: almacenamiento final

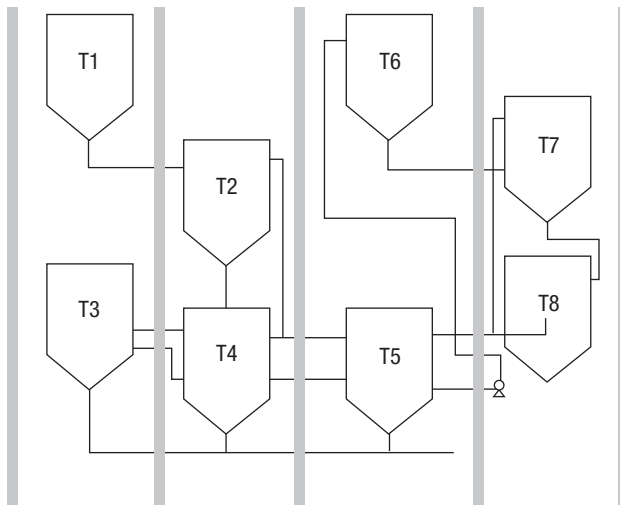


Figura 4. Sistema de tratamiento de aguas industriales

Fuente: los autores

## Generación y distribución de vapor

Teniendo en cuenta que el proceso de generación y distribución de vapor se realiza con el fin de simular los procesos industriales de manera real, las condiciones con las que se cuenta en la universidad (el espacio físico, la seguridad de los estudiantes) y las condiciones del laboratorio en el cual se construyó el módulo, es necesario que la caldera seleccionada no genere altas presiones y fuertes producciones de vapor. Por esto es viable construir e instalar una caldera de tipo piro tubular de baja presión y baja potencia, en la cual el estudiante pueda observar el funcionamiento de las calderas en general, teniendo las debidas precauciones.

En la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pasto, existía una caldera piro tubular pequeña llamada calderín, que fue construida por estudiantes de sexto semestre de Ingeniería Industrial, para la materia *Procesos de manufactura*. Con el fin de disminuir los costos de la elaboración de este módulo, y después de aplicar pruebas a la caldera, se determinó usar y rediseñar el calderín, que no contaba con los instrumentos ni las instalaciones necesarias para su normal funcionamiento. Dicha caldera fue sometida a algunas pruebas y reconstruida con el fin de asegurar su correcto funcionamiento.

El funcionamiento del sistema de generación de vapor es el siguiente: empezando en la caldera (que es el lugar en el que se generará el vapor), el vapor que se expulsa de esta llegará a un distribuidor que tiene dos de sus líneas cerradas y que serán usadas para la conexión de nuevas líneas de distribución de vapor. El vapor, después de llegar al distribuidor, llega a los puntos de consumo, donde cada consumo tiene su propia válvula de paso; parte del vapor que sea usado en los diferentes puntos de consumo se condensará debido a que es un gas. El líquido que se condense llegará por un sistema de retorno de condensados al tanque de condensados (ver figura 5).



Figura 5. Sistema de generación de vapor

Fuente: los autores

## Sistemas de transporte

Los sistemas de transporte de materiales mayormente utilizados en la industria son el de elevador de cangilones y el de tornillo sinfín, por lo tanto, se tomó la decisión de orientar el diseño y la construcción del sistema de transporte articulando estos dos modelos. Debido a que el elevador de cangilones y tornillo sinfín tiene un propósito didáctico en la metodología de simulación de procesos industriales en un contexto académico, fue pertinente elaborar un manual de funciones que brindara la información necesaria para un uso adecuado de las máquinas (ver figura 6).

Dado que el elevador de cangilones y tornillo sinfín fueron construidos con un propósito educativo para estudiantes y docentes de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pasto, se espera que dicha población haga uso de estas máquinas en pro de su formación y desarrollo profesional.



Figura 6. Sistema de transporte

Fuente: los autores

## Selección y adquisición del software

En la selección y adquisición del hardware y del software, se tenía conocimiento de la versatilidad y la aplicación del software Wonderware, por lo cual se realizó la gestión

para la adquisición del uso de la licencia como herramienta pedagógica, ante la firma representante Colcein. Adicionalmente a esto, se contrató una capacitación e instalación de este en las instalaciones de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pasto, proceso que es reforzado por la intervención de un estudiante del programa de Ingeniería Industrial en la adaptación al problema específico.

Por último, se elaboró un manual de operación de fácil asimilación por parte del docente y del estudiante para generar condiciones ideales en una óptima formación en competencias; de igual manera, se socializará la metodología para incentivar a los docentes en el diseño detallado de prácticas que fortalezcan los conceptos y las competencias de la temática en asignaturas propias de la ingeniería industrial.

## Discusión

La implementación del software Wonderware® como herramienta pedagógica en el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pasto, se caracterizó por tener cierto nivel de complejidad dados los distintos módulos de procesos trabajados, todos ellos de gran importancia en cualquier industria. El diseño y la construcción de los módulos fueron la base para la generación de señales simuladas, las cuales serán administradas por el software y sobre ellas el estudiante diseñará y administrará los distintos procesos que ayudarán a reforzar el conocimiento aprendido en el aula de clase.

La importancia del proyecto radica en que el estudiante, en su proceso de aprendizaje, se enfrentará a problemas reales, aclarando una vez más que Wonderware no es una herramienta de simulación de procesos, sino que es una aplicación utilizada en la industria. Por lo tanto, en su ejercicio profesional, el Ingeniero Industrial de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Pasto, estará familiarizado con las situaciones propias de una industria, y podrá hacer uso de sus conocimientos previos y habilidades para dar soluciones a diversas problemáticas.

El diseño y construcción de estos equipos como parte del laboratorio de procesos industriales en la Universidad fueron desarrollados con el fin de que el laboratorio pueda ser ampliado, en primer lugar, con la opción de que los módulos que lo conforman puedan ser combinados entre sí, y se espera que a futuro, después de que los estudiantes interactúen con el laboratorio y el software, tengan la destreza y la creatividad para desarrollar nuevos módulos que permitan que día a día el laboratorio sea

más completo, y su uso se aproveche de la mejor y más óptima manera.

## Conclusiones

La labor del docente en este contexto exige, además del conocimiento en el área, diferentes habilidades comunicativas que faciliten el proceso de aprendizaje al estudiante, de manera que este sea significativo para él. Dentro de los aportes del aprendizaje significativo planteado por Ausubel [7], “las propuestas didácticas del docente deben partir del reconocimiento de las estructuras previas con que cuenta el sujeto de aprendizaje y del re-conocimiento de la teoría a enseñar” [1]. Teniendo claros los conocimientos que el estudiante posee antes de comenzar, el docente puede planificar mejor las actividades y las formas de abordar el tema, de manera que este tenga impacto sobre sus necesidades y expectativas.

La motivación también desempeña un papel importante en la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. En primer lugar, es importante que el docente mencione la importancia que el tema tiene dentro de su formación, es decir, la aplicación y utilidad que tendrá ese conocimiento en su desempeño como profesional. De esta manera, el conocimiento adquirirá importancia como herramienta para la solución de problemas. Para esto, el docente deberá encontrar situaciones, ejercicios y actividades interesantes y diversas, las cuales creen una situación de desequilibrio cognitivo, y creen la necesidad en el estudiante de buscar respuestas y soluciones a esa situación [1].

Para la construcción del módulo sistema de refrigeración, se enfocó la atención en la creación de una herramienta pedagógica que forme criterios técnicos en el ingeniero industrial, permitiéndole actualizar conocimientos que lo acerquen al cuadro real de las ventajas y desventajas que se encuentran a medida que las teorías sobre refrigeración se conviertan en realidad. Con el módulo sistema de refrigeración, se construyó un sistema novedoso que no ha sido implementado en muchas universidades de Colombia; esto lo hace aún más significativo, ya que establecerá vínculos entre docente-estudiante, convirtiendo la tarea de diseño y construcción de máquinas en un espacio de discernimientos compartidos.

Con el sistema de refrigeración construido, el estudiante logra tener una visión amplia de lo que será trabajar con un banco de hielo y cuarto frío, en todo lo que tiene que ver con conservación de alimentos, refrigeración y congelamiento; para cuando sea el momento indicado él podrá aplicar sus conocimientos en la industria y no estará alejado de la realidad, por el contrario, estará fundamentado en los procesos estudiados a mayor escala.

El estudiante de Ingeniería Industrial, al tener una interacción directa con el módulo de *Generación y distribución de vapor*, tanto en funcionamiento como apagado, tendrá la oportunidad de manipular, conocer y comprobar el funcionamiento de una caldera.

El vapor generado y distribuido en el módulo de generación y distribución de vapor servirá para ser utilizado en otros módulos que necesiten de la transferencia de calor para su funcionamiento.

Los estudiantes de Ingeniería Industrial tendrán la oportunidad de tener unas prácticas dirigidas, en las cuales el profesor siempre estará presente, resolviendo las dudas que se vayan presentando a lo largo de las prácticas.

El módulo de *Sistemas de transporte* aportará en la conceptualización, los diseños y los componentes que hacen parte de un elevador de cangilones y un tornillo sinfín, facilitando su construcción.

La construcción del elevador de cangilones y el tornillo sinfín para la simulación de procesos industriales es una invitación para que en el futuro se desarrollen propuestas encaminadas al mejoramiento de las estrategias educativas, a partir de las cuales se acerque al estudiante de Ingeniería Industrial a la simulación de procesos que motiven la innovación en el ámbito investigativo como parte de su formación, con un enfoque teórico práctico netamente participativo.

## Referencias

- [1] L. Sanjurjo, M. Vera. *Aprendizaje significativo y enseñanza en los niveles medio y superior*. Primera edición. Rosario: Homo Sapiens Editores, 2006, pp.15-46.
- [2] J.Y. del Valle, H. Taborga. “Formación de los ingenieros frente a la globalización”. *Revista de la Educación Superior*, vol. xx, núm. 78, 1995, pp. 37-45.
- [3] E. Granado, W. Marín, O. Pérez. “Desarrollo de un laboratorio de sistemas y comunicaciones industriales para la mejora del proceso enseñanza-aprendizaje”, *Revista de la Facultad de Ingeniería*, vol. 25, núm. 1, 2010, pp. 33 - 42.
- [4] R. Vargas. *Reestructuración industrial, educación tecnológica y formación de ingenieros*. 1998. Primera edición. México: Anuiés.
- [5] H. Bustos, L. Pedraja, M. Muñoz. “Incorporación de tecnología móvil en la formación del ingeniero industrial de la Universidad de Tarapacá”, En: *Memorias del XXI Congreso chileno de educación en ingeniería*. 2007, pp. 159 - 169.
- [6] Invensys. *Soluciones de software para la gestión de la producción y el desempeño*. Primera edición. Barcelona: Invensys. 2006, pp. 3-6.
- [7] D. Ausubel. *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas. 1989.