

CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE AGITACIÓN: DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA

D. A. Mena Romero¹
T. de J. Espinosa Atoche²
C. M. Rubio Atoche³

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados del proceso de construcción del conocimiento, de un grupo de estudiantes de Ingeniería Química del 6 semestre, haciendo uso de un equipo didáctico desarrollado en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán vs la enseñanza tradicional. La finalidad de dicho equipo es contribuir al aprendizaje de la Agitación como parte del contenido temático de la materia Separaciones Mecánicas. Se busca que el alumno se involucre de manera activa en la construcción de su conocimiento a través del aprendizaje colaborativo logrando y, de esta manera, establezca la relación entre las diferentes variables que intervienen en un proceso dentro de un tanque agitado. El equipo construido está diseñado considerando el ambiente industrial real y permitiendo el trabajo en grupo, donde cada uno de los participantes cumple diferentes roles. Se definieron los grupos de trabajo buscando una homogeneidad relativa en función de la diversidad de los estilos de aprendizaje de los integrantes de cada grupo. Se muestra que el uso de este equipo en aprendizaje activo mejora los resultados de aprendizaje con un mayor dominio del tema y un incremento en el número de estudiantes que logran los objetivos del curso comparado con aquellos que utilizaron un sistema donde el alumno es un receptor pasivo, en la enseñanza de la Ingeniería.

ANTECEDENTES

En la Facultad de Ingeniería Química (FIQ) de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), se enseñaban los fenómenos que ocurren dentro de un tanque agitado a partir de las ecuaciones que los describen y sus representaciones gráficas, obligando al alumno a adquirir el conocimiento de manera abstracta. Tomando en consideración el modelo educativo que se está trabajando en la universidad, con esta herramienta, se busca que el alumno sea capaz de adquirir competencias en esta área, siendo el actor principal de su proceso de aprendizaje y enfocado a la resolución de problemas en escenarios reales. Con esto se persigue desarrollar capacidades y formar, de esta manera, al alumno para el autoaprendizaje durante todo su ejercicio profesional. Esto presupone un cambio en la planeación didáctica.

A través de este proyecto se busca contar con un sistema de agitación que permita al alumno construir su conocimiento en el tema de agitación y mezclado y establecer un nexo con los fenómenos que ocurren en el seno de estos sistemas.

De acuerdo a García, F. (2000) el modelo didáctico tradicional pretende formar a los alumnos dándoles a conocer las informaciones fundamentales de la cultura vigente, de manera enciclopédica y acumulativa. Esta tiende a la fragmentación y tiene por referencia única la disciplina. El modelo no toma en cuenta las concepciones o ideas de los alumnos, dando por supuesto que no es preciso tener en cuenta sus intereses. Para la enseñanza se parte de la convicción de que basta un buen dominio, por parte del profesor, de los

¹ Responsable de Educación en Línea de la Facultad de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Yucatán. mromero@uady.mx.

² Profesor de Carrera. Universidad Autónoma de Yucatán. teresa.espinosa@uady.mx.

³ Responsable del Laboratorio de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Yucatán. carlosm.rubio@uady.mx.

conocimientos disciplinares; entonces, el método se limita a una exposición ordenada y clara de lo que hay que enseñar. Se termina pidiendo al alumno que escuche atentamente las explicaciones, complete los ejercicios, “estudie” por no decir memorice y concluya reproduciendo, lo más fielmente posible, el discurso transmitido en el proceso de enseñanza.

Por otro lado existe, entre otras metodologías, el aprendizaje colaborativo que promueve la confrontación de opiniones, compartir conocimientos y un liderazgo múltiple (Carrió, 2007). Es una propuesta basada en conceptos de cooperación, trabajo en equipo, comunicación y responsabilidad. Se tiene conclusiones que provienen de la aportación de cada individuo, donde cada individuo es libre de la tarea que se le asigna. De esta manera cada participante aporta lo mejor de sí y el grupo consigue un beneficio, estableciéndose relaciones de interdependencia que favorecen la autoestima de los miembros del grupo y las relaciones interpersonales dentro del mismo (Calzadilla, 2002).

Fleming y Mills en 1992 encontraron que muchos estudiantes atribuyen sus dificultades de aprendizaje a la forma en la cual el material del curso les es presentado. Este entendimiento nos llevo a fijarnos en la dimensión en la que un estilo de aprendizaje tiene preeminencia sobre otros.

Partiendo de que unas personas tienden a fijarse más en la información que reciben visualmente, otras personas en la información que reciben auditivamente y las otras en la que reciben a través de los demás sentidos, Fleming y Mills (1992, 1995) sugirieron cuatro modalidades sensoriales a través de las cuales aprenden las personas. El que las personas se fijen más en un tipo de información que en otra, parece estar directamente relacionado con la forma en la que recuerdan después esa información y la representan mentalmente.

Las personas tienen cuatro grandes sistemas para representar mentalmente la información, el sistema de representación visual, el auditivo, lecto-escritura y el kinestésico. Aplicado al aula esto quiere decir que después de recibir la misma explicación no todos los alumnos recordarán lo mismo, ya que los factores que más influyen en los estilos de aprendizaje son los relacionados a la forma en la que se selecciona y representa mentalmente la información (Flemming y Mills, 1995).

Como consecuencia de todo lo expuesto anteriormente y de acuerdo con Gross (1997), la función del profesor debe ser apoyar las decisiones del alumno, siendo ellos quienes orientan la definición de sus estrategias de aprendizaje señalando sus objetivos y metas. En este sentido Martín (2009) utiliza un equipo que fue diseñado para que el alumno aprenda en un escenario que reproduce la actividad industrial y que combinado con la metodología de aprendizaje colaborativo facilitó al alumno tanto el aprendizaje y conocimientos específicos de la materia, como otra serie de actitudes y valores que lo preparan para el aprendizaje continuo.

Según Martín (2009) se puede afirmar que cuando el alumno percibe que los conocimientos que aprende y las actividades que realiza tienen aplicación directa en su futuro profesional aumentan su participación en las actividades de la asignatura mejorando de este modo sus resultados de aprendizaje.

METODOLOGÍA

Para la realización del trabajo se planteó la siguiente hipótesis: Los estudiantes logran un aprendizaje significativo del tema de agitación y mezclado utilizando un equipo didáctico.

Para esta investigación se trabajó con 48 estudiantes divididos en dos grupos al azar y de igual tamaño: el grupo de estudio (enseñanza con escenario real) y el grupo control (enseñanza tradicional). Los sujetos de estudio son los alumnos de la asignatura Separaciones Mecánicas que se imparte en el 6° nivel de la Licenciatura en Ingeniería Química Industrial de la FIQ-UADY durante el semestre enero-mayo 2014. Con ambos grupos se trabajó el tema de agitación y mezclado.

Para establecer que el estudiante logra un aprendizaje significativo con la utilización del modelo didáctico, objeto de este estudio, se diseñó una prueba de desempeño (el equivalente a una evaluación en el esquema tradicional) que se aplicó a ambos grupos. La prueba de desempeño utilizada se presenta a continuación.

Prueba de desempeño

Subraya el o los enunciados que corresponden a la respuesta correcta

- El agitador que genera un movimiento global cuasi uniforme en el interior del tanque
 - Rushton
 - Schmidt
 - Mixell
 - CD6
- A igualdad de potencia volumétrica, el coeficiente de transferencia es :
 - Dependiente de la velocidad de agitación
 - Dependiente del flujo generado por el agitador
 - Función del flujo gaseoso
 - Dependiente del tiempo de mezclado
- La tasa de retención está determinada por
 - La viscosidad del fluido
 - La forma de las paletas del agitador
 - La potencia disipada
 - El gas introducido al tanque
- El coeficiente global de transferencia, en un tanque agitado, se ve modificado por
 - La viscosidad del fluido
 - La forma de las paletas del agitador
 - La potencia volumétrica disipada
 - El tipo de agitador
- El tiempo de mezclado es un parámetro estudiado en un sistema de tanque agitado porque:
 - Determina el tiempo de residencia
 - Afecta a la velocidad de mezclado
 - Establece el tiempo para que el sistema quede homogéneo
 - La velocidad de agitación está determinada por él
- La tasa de retención determina
 - El coeficiente de transferencia

- La potencia disipada por el agitador
- El flujo de gas suministrado
- El volumen de gas retenido
- La viscosidad del fluido
- Menciona las 3 principales características del flujo inducido por un agitador como la turbina Schmidt
 - Flujo fuertemente radial; Alta disipación de energía en la descarga del agitador;
 - Mejor disipación gaseosa con relación a la turbina Rushton.
- Explica por qué mejora el coeficiente global de transferencia cuando un agitador descarga hacia arriba :
 - Al haber una corriente del fluido en la superficie, las burbujas tienen dificultad para escapar, aumentando la retención y el tiempo de residencia.
- Explica la relación entre las variables que determinan la tasa de retención en un sistema de tanque agitado
 - La potencia establece la cantidad de gas retenido en función al tipo de agitador y su geometría.
- Describe las características de una turbina que la hacen más adecuada para la dispersión gaseosa
 - Alta tasa de disipación viscosa en la descarga de la turbina. Concentración importante de esfuerzo en esta zona.
- Explica la relación que existe entre el tiempo de mezclado y el tipo de agitador para una misma velocidad de agitación
 - Implica la cantidad de vueltas que debe dar el agitador para que todo el fluido contenido en el tanque circule una vez por él.
- Dibuja el perfil de la paleta de cada agitador que se indica:
 - Rushton
 - Scaba
 - Propela
 - CD6
 - Mixel TT

Para la calificación de la prueba se consideraron los siguientes criterios. Para las preguntas en las que el alumno puede subrayar más de una opción como respuesta, se le asignó un punto por cada opción subrayada. Esto da como resultado 10 puntos en esta primera sección. Para las preguntas abiertas donde existe más de una respuesta, se asignó un punto por cada respuesta correcta, lo que da un total de 7 puntos y en la tercera etapa donde debe dibujar el perfil de las paletas para cada agitador mencionado, por cada asociación correcta se le otorgará un punto. El máximo puntaje que pudiera obtener cada uno de los alumnos es 22.

Tomando en cuenta la importancia de la homogeneidad en relación a los estilos de aprendizaje entre los dos grupos, se aplicó una prueba para equilibrarlos con respecto a este factor. La prueba utilizada es la propuesta por Fleming y Mills (1992) y que se encuentra en línea en <http://www.vark-learn.com/english/page.asp?p=questionnaire>. Se solicitó a los alumnos participantes acceder al sitio y contestar el cuestionario. Considerando el resultado

del cuestionario, se dividió a los alumnos en dos grupos, equilibrando la presencia de los diferentes estilos de aprendizaje.

Una vez formados los grupos se aplicó, a cada uno de ellos, la prueba de desempeño diseñada para este estudio, con la finalidad de determinar los conocimientos previos relacionados con el tema de agitación y mezclado. El puntaje promedio obtenido por el grupo control y por el grupo de estudio se presenta en la Tabla 1. Para establecer que no existía diferencia estadística en los conocimientos previos de ambos grupos se aplicó una prueba de t de Student para un grado de confianza del 95% y se obtuvo un valor estadístico de t de 0.2908 quedando de manifiesto con esto que no existe diferencia, en los conocimientos previos del tema, entre ambos grupos.

Tabla 1. Valores estadísticos de los resultados obtenidos de la prueba de desempeño diagnóstica

	Promedio	Desviación Estándar
Grupo Control	3.6	1.6
Grupo de Estudio	3.5	1.9

Se establecieron equipos de trabajo en ambos grupos. Cada equipo está formado por cuatro estudiantes. Los equipos se formaron buscando un equilibrio en función del estilo de aprendizaje de sus integrantes.

A los estudiantes del grupo control se les presentó la información con la metodología de enseñanza tradicional, es decir, donde el profesor utiliza estrategias expositivas dentro del aula para la transmisión del conocimiento. Se le presentó el tema de manera expositiva a través de ecuaciones y sus representaciones gráficas, como generalmente se hacía. Tanto las exposiciones como la resolución de ejercicios se realizaron dentro del aula, eliminando temporalmente las prácticas de laboratorio.

A cada equipo del grupo de estudio se le entregó una guía con una serie de actividades a desarrollar utilizando el sistema de agitación construido como herramienta de aprendizaje. Recibida la guía los estudiantes analizaron las indicaciones presentadas y la confrontaron con el profesor. Una vez que el profesor aclaró todas las dudas y dio respuesta a las preguntas planteadas por cada uno de los equipos, adoptó la postura de un simple observador frente a los alumnos. En consecuencia, cada equipo de trabajo, de forma autónoma, realizó las actividades propuestas en la guía de trabajo. Al concluir el trabajo práctico los estudiantes deben realizar un reporte escrito de los resultados obtenidos del trabajo del laboratorio y hacer una presentación al resto del grupo.

Para evaluar la eficacia de la herramienta didáctica en la adquisición de competencias se aplicó nuevamente la prueba de desempeño a ambos grupos, con la finalidad de evaluar y detectar el avance logrado en el proceso enseñanza aprendizaje de la agitación y el mezclado.

Para la construcción del modelo didáctico se definieron previamente las variables de agitación con las que se quería confrontar al alumno en el laboratorio. Estas son: tipo de flujo inducido en función del tipo de agitador, potencia de agitación, tiempo de mezclado, coeficiente global de transferencia y tasa de retención. A través de estas variables se busca que el alumno desarrolle las competencias objetivo relativas a este tema de la asignatura. Las competencias objetivo son:

- Diferencia el flujo inducido dentro del tanque en función del tipo de agitador.
- Define la relación del coeficiente global de transferencia como función de la potencia disipada y su independencia del tipo de agitador.
- Define la relación entre el tiempo de mezclado y el tipo de agitador involucrado en un proceso, como función de la potencia disipada.
- Define la relación entre la tasa de retención como función de la potencia disipada y del flujo de aire introducido al tanque.
- Explica el comportamiento de la tasa de retención y el coeficiente global de transferencia en función de la descarga de la hélice.
- Genera un modelo en base a los resultados de las variables estudiadas.
- Compara los resultados obtenidos por los otros equipos de trabajo.

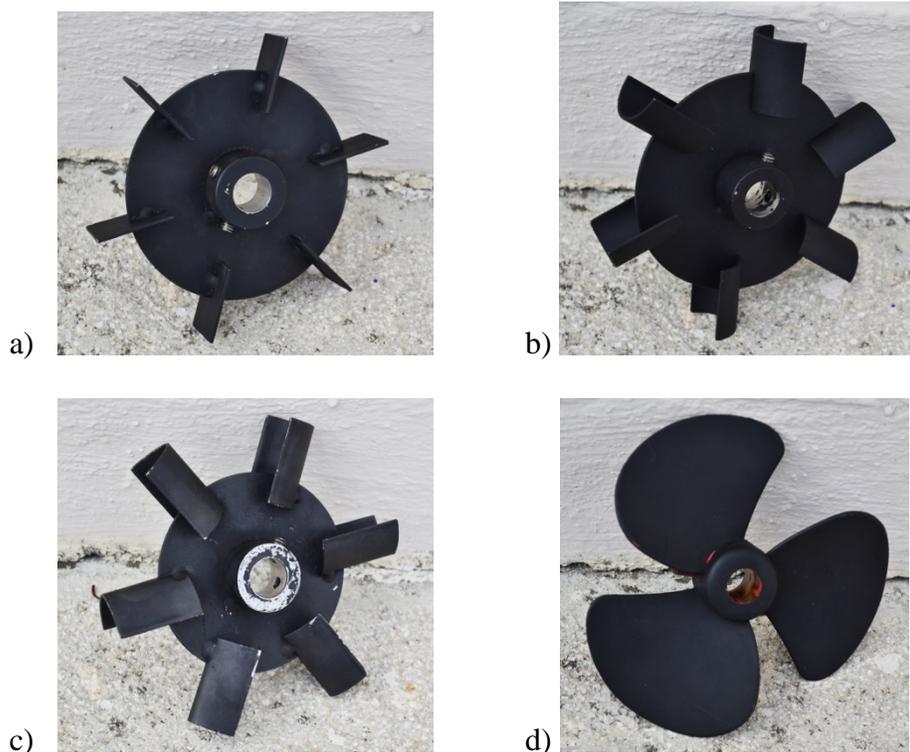
El sistema construido consta de un tanque cilíndrico de acrílico transparente de 0.4 m de diámetro, 1.5 m de alto, con fondo plano. El sistema cuenta con un motor de 1.5 HP bifásico con un variador de velocidad. Un difusor de aire situado junto al eje de agitación. El flujo de aire se regula con la ayuda de un flujómetro. El eje de agitación tiene un diámetro de $\frac{5}{8}$ de pulgada.

Las líneas de flujo generadas por los agitadores se visualizaron con la ayuda de un laser verde de longitud de onda de 532 nm y una lente para generar un plano con el laser. Al sistema se sembraron partículas de silicio con diámetro medio de 50 nm. El torque generado en el eje se mide con la ayuda de un torquímetro FUTEK modelo TRS605. Para determinar el coeficiente global de transferencia y el tiempo de mezclado, se midió la concentración de oxígeno disuelto y la conductividad respectivamente, utilizando un sistema multiparámetro HACH modelo HQ440D. La tasa de retención se determinó midiendo la elevación de la superficie libre del líquido con la ayuda de una regla fijada en la superficie exterior del tanque. Este sistema se puede observar en la Figura 1.

Los agitadores utilizados en el estudio fueron: una turbina de Rushton estándar, una turbina Scaba 6SRGT, una turbina Schmidt CD6, todas con diámetro igual a $\frac{1}{3}$ del diámetro del tanque, una turbina de Rushton modificada con disco igual al de la 6SRGT, y una hélice con diámetro igual a $\frac{1}{2}$ del diámetro del tanque. Los agitadores pueden observarse en la Figura 2. Los agitadores se ubicaron a una distancia del fondo igual a $\frac{1}{2}$ del diámetro del tanque para facilitar la observación de las líneas de flujo. Un ejemplo de estas líneas puede observarse en la Figura 3.



**Figura 1. Sistema construido. a)Acoplamiento motor – Torquímetro
b) Sistema de tanque agitado**



**Figura 2. Agitadores empleados.
a) Rushton, b) Schmidt, c) Scaba 6SRGT, d) Hélice**

El tanque se llenó con agua suave. La altura de la superficie del líquido fue igual al diámetro del tanque, considerando que solo un agitador se estudiaría a la vez.

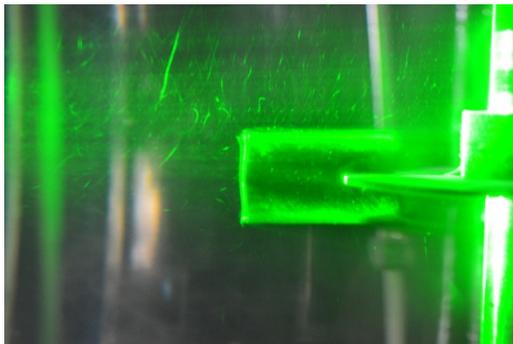


Figura 3. Ejemplo de visualización del flujo con la turbina Scaba 6SRGT

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Tabla 2 se muestran los resultados estadísticos de la prueba de desempeño aplicada después de trabajar con los grupos de estudio las diferentes estrategias de enseñanza aprendizaje de acuerdo a la metodología antes mencionada.

Tabla 2. Valores estadísticos de los resultados obtenidos, por cada grupo, de la prueba de desempeño aplicada posterior a las actividades de enseñanza-aprendizaje

	Promedio	Desviación Estándar
Grupo Control	10.1	2.1
Grupo de Estudio	14.9	2.0

Del análisis de la tabla 2 se desprende que el grupo de estudio, obtuvo mejores resultados que el grupo control, en la adquisición de conocimientos, a través de la realización de las actividades diseñadas para el uso de la herramienta. Se aplicó una prueba de t de Student para un grado de confianza del 95% y se obtuvo un valor estadístico de t de 7.01 quedando de manifiesto con esto que existe una diferencia, entre ambos grupos, del grado de conocimientos adquiridos.

Para establecer que existe una diferencia estadística significativa con relación al conocimiento adquirido por cada grupo, respecto al conocimiento previo, se aplicó una prueba de t de Student a los puntajes obtenidos en las pruebas de desempeño, previas y posteriores, para un grado de confianza del 95%. Se obtuvo un valor estadístico de t de 17.54 y de 10.23, para el grupo de estudio y control respectivamente. Con esto quedó de manifiesto que en ambos grupos se logró un grado de aprendizaje significativo.

Se observó que los sujetos del grupo de estudio intervinieron con iniciativa y espíritu emprendedor en la realización de sus actividades, desarrollando sus estructuras de pensamiento y expresándose de manera crítica, reflexiva y creativa. El uso del sistema de

agitación en el proceso de aprendizaje permitió al alumno la construcción del conocimiento.

CONCLUSIONES

El hecho de utilizar un equipo didáctico como parte del proceso de enseñanza aprendizaje del tema de agitación responde a una auténtica necesidad, aquella que nace de la visión declarada acerca del proceso de enseñanza aprendizaje, la cual reposa sobre un modelo en el cual cada alumno ha de construir personalmente sus propios significados. Con esto podemos concluir que el equipo diseñado contribuye a la construcción del conocimiento, logrando de este modo, un aprendizaje verdaderamente significativo. Es muy importante que el equipo sea concebido como una herramienta de aprendizaje, donde el alumno participa activamente, y no de enseñanza, es decir un apoyo para la explicación del profesor.

Si bien se observó un incremento en el nivel de conocimientos en los alumnos pertenecientes al grupo de estudio, éste no cubrió la totalidad de los objetivos establecidos en la asignatura para este tema. Lo que sugiere, considerando que ellos trabajaron de manera totalmente autónoma, que la guía del profesor durante el desarrollo de las actividades propuestas pudiera favorecer el proceso de apropiación del conocimiento.

En concordancia con Albizzati (2008) pudimos observar que el trabajo en grupo es muy importante para el futuro ingeniero, ya que favorece su formación en el campo de las relaciones interpersonales y el desarrollo de capacidades de liderazgo. El trabajo práctico favorece un conocimiento más a fondo del alumno, permitiendo una mejor evaluación de su desempeño. De igual modo es ocasión de ejercitar sus habilidades de comunicación, práctica muy necesaria debido a la dificultad real que los estudiantes de ingeniería tienen para la expresión oral y escrita.

BIBLIOGRAFÍA

Albizzati, E. D., Arese, A.N., Estenoz, D.A. y Rosseti, G. H. (2008). *Equipamiento para el aprendizaje de los fundamentos de transferencia de cantidad de movimiento, de energía y de materia*. Formación Universitaria. 1 (3) 27-34. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062008000300005>

Calzadilla, M. (2002). *Aprendizaje Colaborativo y Tecnologías de la Información y la Comunicación*. Revista iberoamericana de Educación. 1 10 páginas. Consultado el 10 de Enero de 2014 en www.rieoei.org

Carrió, M.L. (2007). *Ventajas del uso de la Tecnología en el Aprendizaje Colaborativo*. Revista iberoamericana de Educación. 41 (4) 1-10. Consultado el 15 de Enero de 2014 www.rieoei.org

Fleming, N. D. & Mills, C. (1992). *Helping students understand how to learn*. The Teaching Professor. 7 (4).

Fleming, N. D. & Mills, C. (1992). *VARK questionnaire*. Obtenida el 01 de Febrero 2014, de <http://www.vark-learn.com/english/page.asp?p=questionnaire>

Fleming, N. D. & Mills, C. (1995). *I'm different; not dumb. Modes of presentation (VARK) in the tertiary classroom*, in Zelmer, A., (ed.) Research and Development in Higher Education, Proceedings of the 1995 Annual Conference of the Higher Education and Research Development Society of Australasia (HERDSA), HERDSA, 18 308-303.

García-Pérez, F. (2000). Los modelos didácticos como instrumento de análisis y de intervención en la realidad educativa. *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona ISSN 1138-9796, No. 207, 18 febrero 2000. www.ub.edu/geocrit/b3w-207.htm

Gross, B. (1997). *Diseño y Programas Educativos. Pautas Pedagógicas para la Elaboración de Software*. Editorial Ariel

Martín, J.V., Tadeo, F., Álvarez, T. y Peláez, J. (2009). *Equipo Didáctico para Aprendizaje Colaborativo en Automatización e Informática Industrial*. Formación Universitaria. 2 (5) 31-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062009000500005>