

# Estrategias pedagógicas para el Aprendizaje de la Automatización.

Jairo Montoya\*, José Rubiano\*\*

\*Universidad de La Salle, [jamontoya@unisalle.edu.co](mailto:jamontoya@unisalle.edu.co) \*\* Universidad de La Salle  
[jorubiano@unisalle.edu.co](mailto:jorubiano@unisalle.edu.co)

**Resumen** — Para obtener la solución adecuada a problemas de automatización, es necesaria una estrategia de diseño que permita la selección de componentes y su adecuada integración para lograr el objetivo propuesto. Al estudiante de ingeniería en automatización de la universidad de La Salle, se le entregan los conocimientos de forma metódica, secuencial y estructurada con el fin de que este pueda manejar dichos conocimientos y pueda resolver problemas propios del sector productivo. En el presente artículo, se hace una descripción de una de las estrategias seguidas en el programa de ingeniería en Automatización, para que los estudiantes puedan aprender las diferentes áreas de conocimiento involucradas en la automatización, con el fin de obtener sistemas automáticos que puedan aportar una solución adecuada y eficiente a las demandas de la sociedad.

**Palabras clave** — Automatización, sistemas automáticos, pedagogía.

**Abstract** — In order to obtain the right solution to automation problems, it is necessary to design a strategy that allows for selection of appropriate components and their integration to achieve the proposed objective. The knowledge taught to the automation engineering student at the La Salle University is given in a methodical, sequential and structured manner in such a way they can handle that knowledge and can solve problems of the productive sector. In this article, one of the strategies used in the program is described. With this strategy the students can learn about the different areas of knowledge involved in automation, in order to obtain automatic systems that are capable of providing adequate and efficient solutions to the demands of society.

**Keywords** — Automation, automatic systems, pedagogy.

## I. INTRODUCCIÓN

La actual complejidad del diseño en ingeniería en el mundo moderno, hace necesario involucrar nuevas tecnologías, con el fin de ser competitivo en el mercado mundial globalizado. Para la formación de los actuales ingenieros, es necesario estar revisando y replanteando las metodologías de diseño y aprendizaje, con el fin de actualizar permanentemente los conocimientos que emplearán los nuevos ingenieros, para enfrentarse a los retos que impone su profesión. Según [1], la actualización permanente involucra revisión continua de los contenidos de los diferentes espacios académicos, generación de estrategias para integración coherente de estos conocimientos y desarrollo de estrategias de enseñanza y aprendizaje de estos nuevos conocimientos, para la optimización en el uso de tiempos y recursos, con el fin de obtener resultados adecuados a las problemáticas planteadas en el aula y en la práctica profesional.

Las instituciones de educación superior, están en una continua búsqueda de estrategias para acercar el antiguo y nuevo conocimiento al futuro profesional, de forma tal que este lo pueda asimilar con facilidad, apropiar y aplicar a las

diversas situaciones de su entorno en su práctica profesional. En el primer simposio de experiencias docentes realizado en la universidad de la Salle en julio de 2010, se presentaron una serie de experiencias educativas desde los diferentes campos del conocimiento, donde se evidenció el interés, tanto de la institución como sus docentes, por hacer más accesible y de fácil comprensión las diferentes temáticas, de tal forma que dentro de los resultados mostrados, se hizo evidente la forma clara y precisa como se maneja el conocimiento en el aula, para resolver los problemas propuestos y lograr los resultados deseados. Por ejemplo, en la ponencia relacionada con la experiencia docente en el espacio académico robótica industrial, se hace evidente el afán por aplicar estrategias, a lo largo del curso, que permitan generar interés por la temática, desarrollar adecuadamente los contenidos de la materia y aplicar todos estos conocimientos en un proyecto que implique la construcción de un prototipo basado en todos los conocimientos adquiridos.

El objetivo principal en este trabajo, es mostrar la estrategia empleada para el aprendizaje de la automatización en el programa de ingeniería en automatización de la Universidad de La Salle, de tal forma que el estudiante esté en capacidad de mejorar la productividad y calidad de una empresa o mejorar las condiciones de trabajo y seguridad de las personas.

## II. ESTRATEGIAS EN LA AUTOMATIZACIÓN

Con el fin de interesar al estudiante en como diseñar sistemas automáticos, se emplea como estrategia el plantearle un problema de automatización al inicio del curso, de tal forma que al final de este con las diferentes herramientas teóricas y de laboratorio vistas a lo largo del curso, este en la capacidad de presentar una solución integral y funcional, donde se pueda evidenciar la forma como se aprendió y se integraron los diferentes conocimientos para presentar la solución dada.

Antes de proceder a diseñar un sistema automático, es importante determinar la situación problemática que origina la necesidad del diseño. En esta etapa, es necesario establecer específicamente los antecedentes del problema, para posteriormente definir la pregunta problema que permitirá definir los objetivos del proyecto en cuestión. Por ejemplo, se plantea a los estudiantes una situación propia de procesos industriales, como puede ser el posicionamiento, por medio de un robot, de un producto (botellas), con un peso, geometría y formas específicas, en una línea de producción, en cajas de 4x3 botellas, de tal forma, que se toma la botella siempre desde una misma posición y se ubica está en una posición cambiante (espacio vacío en una caja). A continuación, se procede a la búsqueda de información desde diferentes fuentes: libros, videos, internet, revistas, libros, consultas con expertos e información de empresas comerciales. La información obtenida involucra configuraciones de los robots, con sus ventajas y desventajas, carga a ser manipulada, dimensiones, geometría y velocidad de

operación. Conseguida esta información, basados en unos criterios de selección definidos, los estudiantes proceden a elaborar una tabla de evaluación con cuantificación de los criterios, ver tabla I.

Es de notar en la tabla 1, que un criterio con baja calificación corresponde a no cumplimiento de las expectativas, mientras que una alta calificación corresponde a una máxima satisfacción de estas. Por lo tanto, se elegirá aquella alternativa que obtenga el más alto puntaje. Adicionalmente, no se incluyeron más criterios, para no hacer demasiado complejo el proceso de selección; solamente se incluyeron aquellos criterios que se consideraron eran los más relevantes.

Con base en la tabla 1 y teniendo las diferentes alternativas de solución, se procede a aplicar la tabla I, para seleccionar aquella o aquellas alternativas que serán el tema de diseño. Ver tabla II.

TABLA I  
CUANTIFICACIÓN DE CRITERIOS

CRITERIO	CALIFICACIÓN	CUANTIFICACIÓN (Puntos)
Velocidad	Baja	1
	Media	3
	Alta	5
Consumo de energía	Baja	5
	Media	3
	Alta	1
Precisión	Baja	1
	Media	3
	Alta	5
Carga a manejar	Baja	1
	Media	3
	Alta	5
Mantenimiento	Baja	5
	Media	3
	Alta	1

TABLA II  
EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Robot	V	Ene.	Prec	Carga	Mantto	TOTAL
cartesiano	1	5	3	5	1	15
cilíndrico	3	1	3	3	3	15
esférico	3	3	5	3	3	17
articulado	3	3	3	3	3	15
Scara	5	3	3	5	3	19

Los valores indicados en la tabla II, corresponden a una calificación basados en la tabla I, que dan los estudiantes a las diferentes alternativas, en función de la información que tengan de cada clase de robot y la experiencia. En la tabla II, por ejemplo la opción a seleccionar es un robot SCARA, por haber obtenido el puntaje mas alto; sin embargo, como la calificación dada tiene un grado de subjetividad, es posible que cada grupo de estudiantes obtenga resultados diferentes.

Una vez seleccionada esta alternativa, se procede a definir los subsistemas componentes, que integrados adecuadamente, permiten la adecuada solución al problema. En este caso, se establecen los siguientes objetivos originados a partir de la definición de los subsistemas, para un adecuado manejo del proyecto:

1. Diseñar la estructura mecánica del robot SCARA: dimensiones de los eslabones, material de la estructura, posicionamiento de motores, transmisiones, sensores y sistema de control.
2. Analizar la estructura mecánica en un software de CAD/CAE.

3. Diseñar el sistema de transmisión de cada uno de los eslabones del robot: tipo de transmisión, dimensiones del sistema y análisis de las velocidades esperadas a la salida.
4. Calcular la potencia de los actuadores a utilizar en cada uno de los eslabones.
5. Diseñar la pinza o elemento terminal a implementar en el robot y con el cual se va a realizar la aplicación dada.
6. Seleccionar los sensores a utilizar en el robot.
7. Programar la secuencia de empaque, en la cual se pueda repetir el procedimiento por los menos 3 veces.

Con base en los anteriores objetivos, los estudiantes deben realizar:

1. El cálculo de las posiciones del extremo final del robot diseñado para la aplicación dada.
2. El cálculo de velocidad de cada eslabón del robot.
3. La construcción del prototipo final.
4. Entrega del informe final.
5. Presentar y realizar las pruebas de funcionamiento.

Con un alto nivel de abstracción, asesoría por parte del docente y apoyo en los compañeros del grupo, se definen los subsistemas componentes del robot seleccionado, los cuales son: sistema mecánico, sistema de potencia eléctrico, sistemas de transmisión de potencia, sistema de control y sensórica, y sistema manipulador. A pesar que cada uno de estos sistemas hace parte del robot, se pueden ver como una identidad, de tal forma que se pueden diseñar por separado, pero teniendo presente que hay una interrelación entre ellos, ya sea en relación de espacio, peso, señales o corrientes suministradas.

Según [2], el diseño de cada sistema puede implicar el uso de conceptos de: a) Física y mecánica para el diseño de estructuras mecánicas tales como sistemas de transmisión por poleas, piñones y engranajes; sistemas mecánicos de variación de velocidad tales como piñones – tornillo sinfin y palancas entre otras; b) lógica y matemáticas, que suministran las herramientas para la generación de modelos que combinan movimiento en el espacio; c) electrónica, para controlar los movimiento de cada uno de los elementos del sistema y para obtener información de variables como posición, velocidad y fuerza entre otras, utilizando sensores; finalmente, d) programación de secuencias de movimiento para cada uno de los elementos del sistema automatizado.

De acuerdo con [3], la integración de estos conceptos teóricos con lo práctico, se realiza en el laboratorio, donde se puede hacer una comparación entre los resultados de una simulación y los resultados de las observaciones al manipular el prototipo del dispositivo automatizado. Esta integración implica que el estudiante ahora debe estar en la capacidad de tomar los diferentes sistemas y ubicarlos de forma equilibrada, de tal manera que interactúen adecuadamente, sin interferirse los unos con los otros, cumpliendo el objetivo previsto. Según [4], esto implica, que se debe tener una visión integradora desde diferentes campos, donde se sea capaz de acoplar la mecánica, la electrónica y la programación, habilidad que se hace patente en el prototipo construido y funcionando según las expectativas. En la figura 2, se puede observar el prototipo construido del robot SCARA.

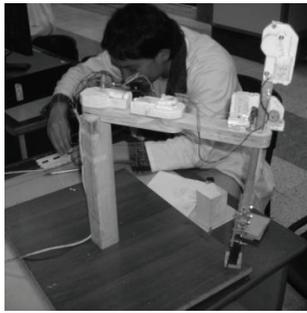


Fig. 2: Prototipo construido de robot SCARA

Para reforzar el proceso de aprendizaje durante el diseño y construcción del prototipo, se recurre a la ayuda de la evaluación escrita, para determinar el grado de apropiación de los diferentes conceptos vistos en clase y del manejo que da a estos según el nivel de abstracción que logre.

### III. RESULTADOS

La estrategia descrita, permitió el desarrollo y construcción de un prototipo de brazo robótico, ejemplo de sistema automatizado, pero sin embargo, no se circunscribe únicamente a este tipo de sistemas. Este procedimiento, se puede aplicar también a cualquier otro tipo de sistema que se desee automatizar: una fresadora, un invernadero automatizado, un galpón para pollos experimental, un robot de inspección de tuberías, entre otros.

Adicionalmente, es lo bastante flexible como para permitir diferentes tipos de soluciones a una misma problemática, simplemente teniendo en cuenta la ponderación que se da a los diferentes criterios, tal como lo realizado para llenar la tabla II. Por ejemplo, otros grupos de estudiantes, para la solución del problema de posicionamiento de las botellas, dieron otros tipos de soluciones, tal como se puede observar en las figuras 2, 3, 4, 5 y 6. Para cada una de estas soluciones, los estudiantes pudieron aplicar su ingenio, creatividad y experiencia, de tal forma que para cada alternativa la ponderación dada es distinta, obteniéndose cada solución particular. Aún, si se hubiera tomado una sola alternativa de solución, cada grupo de estudiantes hubiera tenido la posibilidad de seleccionar diferentes tipos de materiales, geometrías de los elementos, tamaños y en consecuencia diferentes potencias, torques y velocidad de operación del mismo mecanismo.



Fig. 2: Robot articulado.

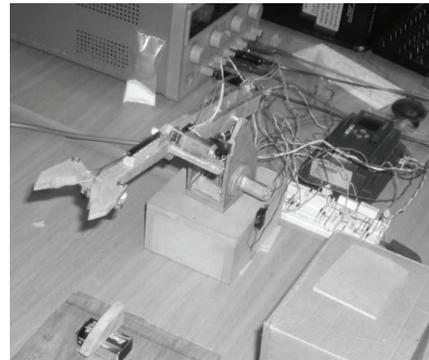


Fig. 3: Robot esférico.

Adicional a las características antes mencionadas, el estudiante tiene la posibilidad de desarrollar la habilidad de integración de subsistemas, por cuanto, por ejemplo, la selección de los motores empleados para mover las diferentes barras está determinada por el espacio disponible, su ubicación y la potencia requerida para la manipulación del objeto especificado. La ubicación de los elementos deber ser tal, que cada uno cumpla su función adecuadamente, pero sin que interfiera con la función de los otros subsistemas, de tal forma que se logre una adecuada integración para cumplir con el objetivo propuesto.

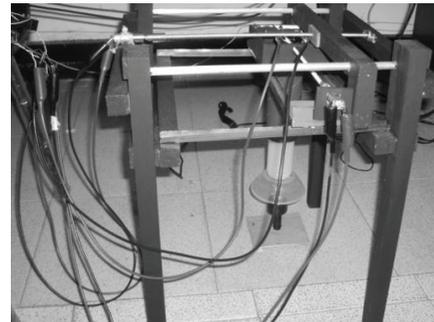


Fig. 4: Robot cartesiano.

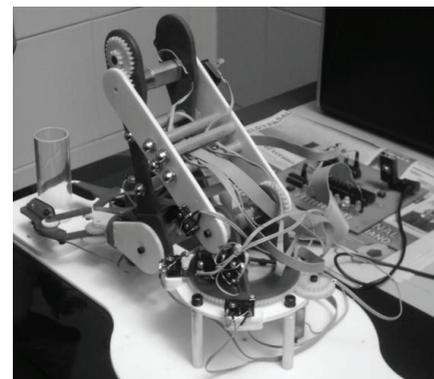


Fig. 5: Control del robot con microcontrolador.

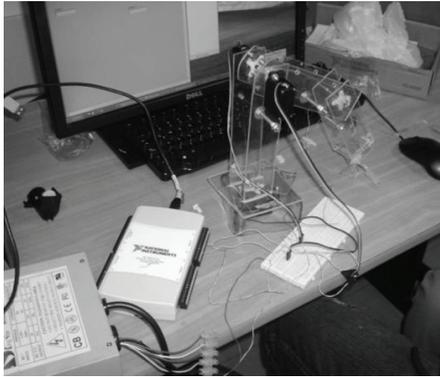


Fig. 6: Control del robot con tarjeta comercial.

#### IV. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

De acuerdo con [5], la estrategia planteada permitió, de acuerdo con la información obtenida, experiencia y apoyo durante el proceso de diseño, el desarrollo de distintos sistemas automatizados, que permiten dar solución a la problemática planteada, pero cada una de ellas cumpliendo con los criterios y restricciones previstos. Para el caso del brazo robótico, como se pudo observar en las figuras 2 a 6, se obtuvieron diferentes estructuras de brazos robóticos. En la figura 2, se obtuvo un brazo robótico articulado, controlado a través del computador por medio de una tarjeta de interfase diseñada y construida por los mismos estudiantes. En la figura 3, se observa el prototipo correspondiente a un robot esférico (polar), controlado y programado por medio de un PLC. En la figura 4 se observa un robot cartesiano, controlado directamente por un tablero con botones de accionamiento eléctrico para la operación de los diferentes motores. En la figura 5, se observa un robot articulado, controlado y programado a través de un microcontrolador.

Finalmente en la figura 6, se tiene otro robot articulado, pero controlado por medio de una tarjeta de potencia de uso comercial y programado a través de un programa comercial.

Debido a la alta complejidad de los sistemas automáticos diseñados, un solo estudiante no está en la capacidad de resolver todos los problemas de tipo mecánico, eléctrico, electrónico, de control y programación, por lo que surge de forma natural el trabajo en grupo, integrándose las habilidades particulares de cada uno de los estudiantes del grupo, para obtener un diseño coherente y funcional. Es de aclarar que no solo se integran conocimientos, sino que también se desarrollan habilidades que les permiten ubicar adecuadamente los diversos subsistemas para una adecuada operación del automatismo desarrollado.

#### V. CONCLUSIONES

El estudio del fundamento teórico, fortalece en el estudiante la capacidad de abstracción de fenómenos naturales, para generar modelos matemáticos, que los representan en su comportamiento físico, los cuales finalmente se convierten en prototipos físicos funcionales.

La integración de lo teórico con lo práctico permite al estudiante comprender el significado de lo abstracto, plasmando dicho conocimiento en objetos físicos reales que siguen un comportamiento esperado.

La forma de trabajo utilizada, promueve el aprendizaje autogestionado; en el sentido que el mismo estudiante una vez se vea enfrentado a una problemática relacionada con

automatización, debe generar las estrategias que le permitan dar solución a dicha situación, empleando para tal fin las herramientas conceptuales que previamente ha visto a lo largo de la carrera. Adicionalmente, el aprendizaje es colaborativo, en el sentido que la mayoría de problemas planteados no se pueden resolver individualmente, sino que requieren el concurso de otras personas como son: compañeros de grupo, profesores y aun personas ajenas a la universidad que inicialmente le faciliten la consecución, organización, selección de información, manejo de datos técnicos para el diseño, la construcción de prototipos y su ajuste.

Se evidencia el proceso científico. Se debe aplicar esta metodología desde la identificación de un problema hasta que se llega a un resultado coherente que puede ser replicado por otros estudiantes.

El espíritu de indagación, encuentra libre expresión en el proyecto de automatización, donde los estudiantes construyen un sistema automático, aplicando su creatividad en cuanto se refiere a la manera como puede construir el sistema, utilizando criterios de selección en materiales empleados, circuitos electrónicos diseñados, costos, geometrías y pesos, de tal forma, que pueda competir sanamente contra sus compañeros, aprendiendo durante el proceso de construcción, y aprendiendo de sus compañeros al comparar los resultados con los demás. Esto le permite desarrollar al estudiante un sentido crítico acerca de sus diseños y los de sus compañeros, construyéndose un intercambio de experiencias que enriquecen el aprendizaje a través del análisis y la crítica constructiva.

#### REFERENCIAS

- [1] O. Cabrera Jiménez, *La robótica pedagógica – Un vasto campo para la investigación y un nuevo enfoque para la académica*. Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl. México, 1996.
- [2] W. Bolton, *Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica*. México, Alfaomega Grupo Editor, 2010.
- [3] J. Montoya Gómez, J. Rubiano Fernández. *Modelling and simulation of trajectories for hydraulic robot applied to assembly functions in a flexible manufacturing system*. Universidad de La Salle, *Revista Épsilon* pp. 105-113. 2009.
- [4] A. Barrientos, L. Peñín, C. Balaguer, R. Aracil *Fundamentos de robótica*. Madrid. Editorial Mc Graw Hill 2007.
- [5] J. Montoya Gómez, G. Londoño Orozco. *Prácticas docentes en el ámbito universitario*. Universidad de La Salle. 2010.