

2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN
DE INGENIEROS EN LA
ERA DIGITAL



METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA ACTIVA EN INGENIERÍA. CASO PRÁCTICO DE PROYECTO INTEGRADOR PARA LAS ASIGNATURAS DE ROBÓTICA INDUSTRIAL Y CONTROL DIGITAL

Sebastián Jiménez Gómez, Georffrey Acevedo González

**Universidad EIA
Envigado, Colombia**

Resumen

El ejercicio propuesto para un aprendizaje activo tiene lugar en las asignaturas de control digital y robótica industrial ofertadas en el octavo nivel del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad EIA. En el desarrollo de las competencias profesionales propias del saber de la disciplina de las asignaturas, se ha encontrado que la elección y diseño del reto es determinante para lograr la motivación y pertinencia, que faciliten el aprendizaje auto dirigido, y la construcción de una red de conceptos relacionados, en lo que se denomina una red semántica que propicie el trabajo en equipo, alrededor de una argumentación crítica que lleve a los estudiantes a evaluar su propio proceso de aprendizaje.

El proceso de selección del reto trasciende la búsqueda de herramientas para el desarrollo de competencias específicas, también debe propiciar el aprendizaje situado, poniendo en contexto problemas del mundo real, donde se enfrenten situaciones que demanden para su solución el nivel de apropiación que hace del concepto el recurso universal.

El reto asumido entre las dos asignaturas del octavo semestre de Ingeniería Mecatrónica, propone un proyecto integrador. Este trabajo presenta los avances en el desarrollo de la metodología, el alcance de los objetivos de aprendizaje, las competencias adquiridas para la solución de este tipo de problemas, y los aciertos y desaciertos en la definición del alcance y naturaleza de los retos.

Palabras clave: aprendizaje activo; proyecto integrador

Abstract

The proposed exercise for active learning takes place in subjects as digital control and industrial robotics, offered at level eight of the Mechatronic Engineering program at EIA University. In the development of professional competences based on the discipline matter, it has been found that the choice and design of the challenge is crucial to achieve motivation and relevance, to facilitate self-directed learning, and construction of a related concepts network, what is called a semantic network, that encourages teamwork, around a critical argument that leads students to evaluate their own learning process.

The selection process of the challenge, goes beyond of looking tools for the development of specific competences, it must also favor situated learning, putting real-world problems in context, where situations demand for its own solution the level of appropriation that makes of the concept the universal resource. The challenge was assumed between two subjects, of the eighth semester of Mechatronic Engineering, at the EIA University, posing a unique challenge under the figure of an integrating project. This paper presents the advances in the development of the methodology, the scope of the learning objectives, the acquired competences for the solution of this type of problems, and the successes and failures in defining the scope and nature of the challenges.

Keywords: *active learning; integrative Project*

1. Introducción

La aplicación de iniciativas como CDIO propician la reflexión pedagógica en todo el proceso de enseñanza aprendizaje; los retos propuestos por el cuerpo docente deben facilitar la apropiación de conceptos integradores entre asignaturas distintas. Paralelamente, se debe gestar un ecosistema de aprendizaje orientado en el modelo pedagógico institucional de educar en el ser, preparar en el saber y en el saber hacer para servir con pertinencia social. (PEI UEIA 2018).

El reto inicia en la conformación de equipos de trabajo por parte de los docentes, a partir del conocimiento de las motivaciones y saberes previos de sus estudiantes, de los objetivos de aprendizaje, y de las competencias profesionales y personales declaradas, como son las competencias comunicativas, de pensamiento sistémico, trabajo en equipo y creatividad.

La metodología hace necesario un mayor acompañamiento docente, transformando las prácticas tradicionales tipo secuencia de pasos ordenados en prácticas orientadas al desarrollo de un proyecto con diferentes etapas sobre las cuales los equipos hacen entregas progresivas. El reto debe cumplir con ser agente de motivación, ser común para ambas asignaturas y a su vez complementario, permitiendo definir momentos de entrega para cada asignatura.

El ejercicio propone el paso de una evaluación final con fines de promoción académica a una evaluación integrada en el proceso de aprendizaje, con opciones de realimentación para que los equipos y los actores puedan hacer ajustes en la marcha.

2. Fundamentación teórica

A la luz de la teoría constructivista del conocimiento, el diseño de la actividad de aprendizaje como reto o problema integrador de dos asignaturas, supone concebir una situación compleja, con una solución no evidente, tal que su construcción se de en el marco del desarrollo de las competencias y objetivos de formación declarados para las asignaturas a partir de información articulada y contextualizada.

La situación problema a su vez es clave para el aprendizaje significativo, en cuanto debe actuar como agente de motivación y debe permitir incorporar los nuevos saberes a las estructuras cognitivas previas, para que estos conceptos puedan ser usados en situaciones futuras.

En los procesos de identificación y definición del problema, pasando por las etapas de ideación, diseños de concepto y de detalle, y puesta a punto final; los equipos de trabajo colaborativo tuvieron la oportunidad de ejecutar las etapas iterativas de Concebir, Diseñar, Implementar y Operar (CDIO), permitiéndoles vivir el método del ingeniero.

Hasta aquí, el proyecto dispuso condiciones de significatividad lógica, en cuanto a la información articulada y contextualizada, significatividad psicológica, en cuanto a que el reto plantea un desafío que trae nuevos aprendizajes en una actividad que si bien no tiene una solución evidente, es alcanzable en el marco de tiempo, competencias disciplinares y recursos; finalmente, el reto es agente de motivación en cuanto que la robótica es comúnmente percibida por los actores, como la máxima expresión de los sistemas mecatrónicos, por lo que llegar a este tipo de solución es en sí mismo un logro de alto valor. Estas tres condiciones de significatividad lógica, psicológica y motivación; constituyen la amalgama que propicia el aprendizaje significativo.

Por la naturaleza del reto, el cual exigía la puesta en funcionamiento de un sistema complejo, y como parte de la metodología propuesta, el estudiante fue cuestionado, durante todas las etapas, en el marco de un ejercicio de mayéutica, en cuanto al nivel de apropiación de los conceptos y su propio proceso de aprendizaje.

El diseño del reto también propone una consideración de valor: en el reto tradicional, normalmente planteado como concurso, superar al otro aparece vinculado al sentido de logro personal, la victoria sobre el otro supone que ese otro es alguien al que hay que superar y derrotar; el tipo de competencia que invita al estudiante a celebrar la victoria sobre el otro crea supuestos alejados de la realidad, desdeñando del otro como necesario para estar y ser mejor en el mundo.

La realidad es diferente, en cuanto a que el otro es necesario como el par que me complementa, en el verdadero trabajo de equipo, la participación personal cobra sentido en la medida en que contribuyo a mejorar el trabajo del otro.

Con este pensamiento, el reto fue proyectado como estrategia para cumplir un objetivo común, fruto del trabajo entre equipos: tres robots anclados a un tablero debieron interactuar para desplazar un objeto, por lo tanto, la competencia entendida como colaboración entre equipos para concebir juntos la mejor solución, pasó a ser el gran mérito.

Objetivos abordados en el proyecto, de tipo técnico y de formación complementaria

Tabla 1 Objetivos de aprendizaje basado en problema de reto integrador

Objetivos	Descripción	Asignatura
Objetivo 1:	Identificar los elementos constituyentes de un sistema expresado en tiempo discreto.	Control digital
Objetivo 2:	Analizar esquemática y analíticamente los sistemas en tiempo discreto, su estabilidad, sensibilidad, respuesta transitoria de lazo abierto y las diferentes técnicas para modificarla en lazo cerrado.	Control digital
Objetivo 3:	Diseñar y validar controladores discretos clásicos y compensadores, para implementarlos utilizando técnicas de filtros digitales.	Control digital
Objetivo 4:	Diseñar, validar controladores discretos modernos utilizando filtros observadores, Implementándolos utilizando técnicas de filtros digitales.	Control digital
Objetivo 5:	Identificar los principales elementos mecánicos, electrónicos que componen un sistema robótico.	Robótica Industrial
Objetivo 6:	Modelar los sistemas robóticos mediante la matemática y la física, apoyándose en diferentes paquetes de software.	Robótica Industrial
Objetivo 4:	Generar algoritmos para producir un movimiento deseado en un robot mediante el uso de herramientas de programación.	Robótica Industrial
Competencias Personales	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicación • Pensamiento sistémico • Trabajo en equipo • Innovación 	Control digital y robótica industrial

3. Descripción del proyecto

El proyecto de aula consiste en el diseño, construcción y control de un manipulador robótico planar de tres grados de libertad. Su movimiento será generado por dos motorreductores DC con *encoder* y dos micro-servos para el actuador final, la longitud máxima del robot completamente extendido deberá ser diseñada en función al espacio de trabajo dado en el apartado 2, el robot deberá ser capaz de cargar un objeto metálico con las dimensiones suministradas en el apartado 1.

El robot tendrá una interfaz de usuario, desde la cual se le podrá indicar una posición X, Y a la cual se desee llevar el extremo del robot (se considerará el punto {0,0} la intersección del eje del robot del hombro y el plano horizontal). Dicha posición podrá estar en cualquiera de los cuatro cuadrantes. Adicionalmente el robot deberá ser capaz de realizar un recorrido continuo y su origen podrá ser posicionado en cualquiera de los puntos marcados en el apartado 2. El robot deberá ser capaz de llevar la pieza enunciada en el apartado 1 desde un punto A hacia un punto B realizando un seguimiento por dentro de los límites enmarcados en el apartado 2.

Adicionalmente el robot deberá tener una tarea de *homing*, para poder identificar una posición inicial.

Se dará una bonificación adicional para quienes logren programar dentro de la interfaz una opción para entrenar el robot con una trayectoria aleatoria, donde el robot estará en una configuración de grabado y sin ninguna restricción de movimiento, y el usuario posicione el robot dentro del espacio de trabajo.

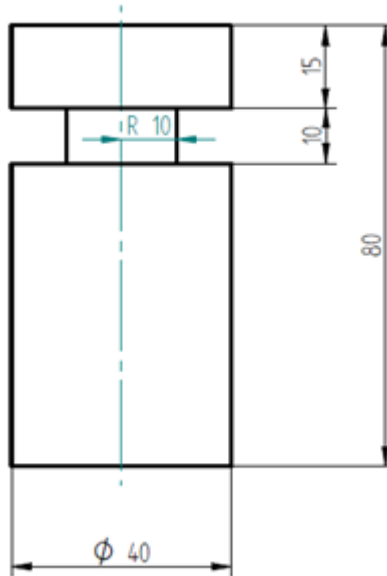


Figura 1 Dimensiones pieza a transportar

Apartado 1. Dimensionamiento de pieza a transportar

**Peso de la pieza

Material: Aluminio

*Se anexa archivo. iges

Apartado 2

Dimensionamiento pista de trabajo.

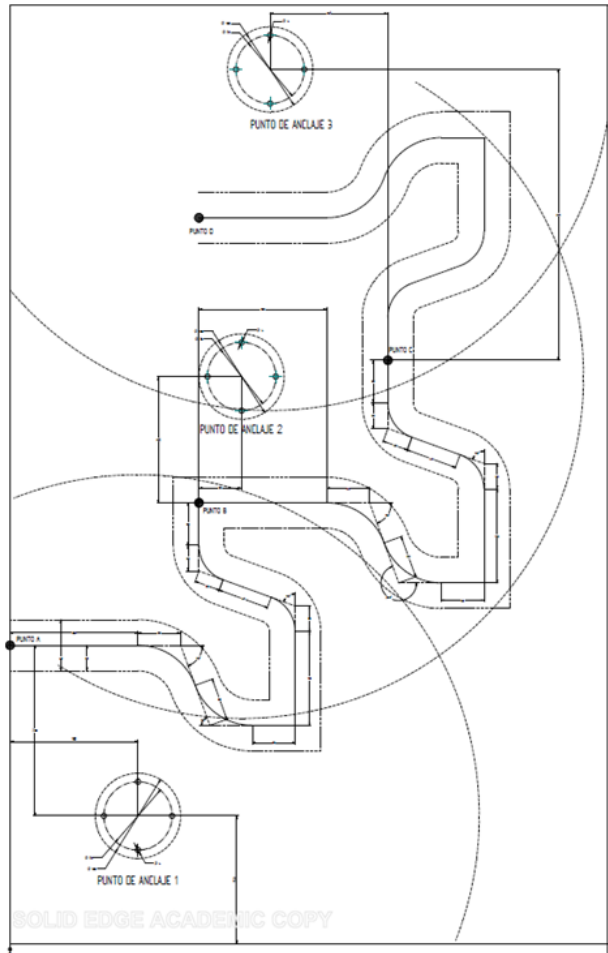


Figura 2 Trayectoria de recorrido y puntos de anclaje manipuladores

Correspondencias:

- Punto de anclaje 1: Recorrido entre punto A y B.
- Punto de anclaje 2: Recorrido entre punto B y C.
- Punto de anclaje 3: Recorrido entre punto C y D.

** Cada robot podrá ser posicionado en cualquier punto de anclaje, seleccionado aleatoriamente.

En los anclajes del robot se tendrán tornillos M6 rosca ordinaria, con una longitud expuesta de 2.54cm.

Como parte del flujo de información, se hace uso de las nuevas tecnologías de la educación. Esto con el objetivo de tener un medio donde se realice un seguimiento constante a los proyectos, donde se comparten los recursos digitales, con las orientaciones desde el inicio del semestre por parte del docente y también se recibe la participación de los estudiantes con las entregas programadas de manera periódica a lo largo del semestre, ver tabla 2:

Tabla 2 Recursos digitales

Nombre de recurso	Descripción	Tipo	Ubicación
Definición Grupo de trabajo	El proyecto de aula en la versión 2.0 fue integrado con la asignatura de robótica industrial, con el fin de desarrollar capacidades diferenciales en sistemas de control de movimiento. Es un proyecto que toma todos los contenidos de la asignatura y que debe ser iniciado el desarrollo desde el inicio del semestre, con un total de 3 entregas por parte de los estudiantes, que mostrarán una evolución en el desarrollo del mismo. A los estudiantes se les suministra una plantilla que les facilita la interacción con la plataforma y hará que la programación sea retardadora desde el punto de vista de las asignaturas vistas (Control digital y robótica industrial) con el fin de tratar de acotar el problema. Todas las entregas tienen un informe escrito que se presenta en un formato IEEE que busca fortalecer las habilidades comunicativas del estudiante, teniendo como guía una rúbrica con las que estos informes son evaluados en contenido y forma.	Página HTML	Campus Digital, Académico, Pregrado, Control digital Proyecto de Aula
Rúbrica de calificación de informes		Archivo pdf	Campus Digital, Académico, Pregrado, Control digital Proyecto de Aula
Documento referencia		Archivo pdf	Campus Digital, Académico, Pregrado, Control digital Proyecto de Aula
Arquitectura de comunicación propuesta		Archivo pdf	Campus Digital, Académico, Pregrado, Control digital Proyecto de Aula
Cálculos de parámetros motores DC		Archivo pdf	Campus Digital, Académico, Pregrado, Control digital Proyecto de Aula
Plantilla de comunicación		Proyecto Plantilla Labview	Campus Digital, Académico, Pregrado, Control digital Proyecto de Aula
Entrega 1 Proyecto de aula		Tarea	Campus Digital, Académico, Pregrado, Control digital Proyecto de Aula
Entrega 2 Proyecto de aula		Tarea	Campus Digital, Académico, Pregrado, Control digital Proyecto de Aula
Entrega 3 Proyecto de aula: FINAL		Tarea	Campus Digital, Académico, Pregrado, Control digital Proyecto de Aula

Rúbricas usadas para calificación entregas de reto

Estas se utilizan como instrumento para realizar una evaluación de los resultados alcanzados por los estudiantes, que permite dar una realimentación de los componentes alcanzados por los estudiantes mediante la calificación. En este instrumento, se consignan los resultados esperados para cada componente y los descriptores del nivel alcanzado, tal como se muestra en la tabla 3.

Las rúbricas se dividen en las siguientes partes:

- a. Ítem evaluados con descripción.
- b. Los niveles alcanzados que a su vez sirven como indicadores del desempeño grupal.
- c. Calificación por competencia, esta hace referencia al ítem 4 de la tabla 3, y se amplía con la tabla 5. En este caso se evalúan índices de desempeño en pista a nivel cartesiano y articular, que motive a los estudiantes a optimizar sus propuestas de diseño y resultados alcanzados.

Como se observa en la tabla 3, se contemplaron entre los ítems a ser evaluados la calidad estética y funcional del dispositivo desarrollado, evaluación de criterios de diseño basados en análisis crítico de situaciones probadas experimentalmente, niveles de desempeño articular y cartesiano de los manipuladores desarrollados por los estudiantes. Esta calificación fue evaluada por los docentes de las asignaturas involucradas en el proyecto, en dos sesiones, una para el cumplimiento de los ítems 1 – 3 y 5 de la tabla 3, y otro dedicado a las competencias, ver tabla 4.

Entrega final

Tabla 3 Rúbrica de calificación entrega final

Ítem	Descripción		Descriptor	Nivel alcanzado	Peso
1	Sistema completamente integrado con el brazo manipulador construido.	B a j o	Usa elementos no estándar para el acople mecánico (Amarres, pega, silicona, cinta). No tiene etiquetado el cableado eléctrico.		15%
		M e d i o	Usa algunos elementos estándar para el acople mecánico. A partir de las competencias usando herramientas de mecanizado, corte laser, impresión 3D con criterios de diseño en ingeniería. Y puede mejorar el etiquetado eléctrico		
		A l t o	Usa algunos elementos estándar para el acople mecánico. A partir de las competencias metalmecánicas hace uso de herramientas de mecanizado, corte laser, impresión 3D con criterios de diseño en ingeniería. El etiquetado eléctrico y cableado es ordenado.		
2	Implementación de control articular para seguimiento de trayectorias parametrizables. Trabaja de manera independiente cada uno de los motores y se puede evaluar el sincronismo de las trayectorias.	B a j o	Se realiza seguimiento articular a escalón unitario, con distancia variable desde interface de usuario.		15%
		M e d i o	Se realiza seguimiento articular a trayectoria fija, predefinida, sin posibilidad de reconfigurar desde interface.		
		A l t o	Se realiza seguimiento articular a trayectoria, reconfigurable desde interface (distancia y tiempo).		
3	Control de espacio de estados discreto (Teniendo en cuenta	B a j o	Se realiza solo a nivel de simulación el diseño de controles por espacio de estado o el diseño de observadores.		15%

METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA ACTIVA EN INGENIERÍA. CASO PRÁCTICO DE PROYECTO INTEGRADOR PARA LAS ASIGNATURAS DE ROBÓTICA INDUSTRIAL Y CONTROL DIGITAL

	restricciones de hardware).	M e d i o	Se implementa en la plataforma controles por espacio de estado o el diseño de observadores.		
		A l t o	Se implementa en la plataforma controles por espacio de estado o el diseño de observadores con su uso en el lazo de control.		
4	Evaluación con métricas de error basado en competencia (Simulado y real).		Todos los criterios detallados están en la tabla 4		35%
5	Implementación con hardware de controladores propuestos.	B a j o	El control implementado es coherente con el sistema simulado, pero presenta fallas en su selección o implementación.		20%
		M e d i o	El control implementado es coherente con el sistema simulado, se seleccionó sin usar criterios de desempeño basados en error, pero en la implementación se tienen en cuenta las restricciones de hardware propias de los instrumentos usados.		
		A l t o	El control implementado es coherente con el sistema simulado, se seleccionó usando criterios de desempeño basados en error y en la implementación se tienen en cuenta las restricciones de hardware propias de los instrumentos usados.		

Tabla 4 Calificación por competencia grupal

			Índices			
A nivel articular 42%	42%	Objetivo		Valores	Puesto	NOTA
Máximo sobre impulso real	10%	Minimizarlo	EA			
Máximo sobre impulso diseñado						
Esfuerzo de control de seguimiento	12%	Minimizarlo	ISE			
Tiempo de estabilización diseñado	10%		EA			
Tiempo de estabilización real		Minimizarlo				
Error en estado estable	10%	Minimizarlo	ITSE			
Subtotal						

A nivel cartesiano	58					
58%	%					
Seguridad y autoprotección (<i>Stall torque</i>)	8%		8%			
<i>Homing</i>	8%		8%			
Tiempo de recorrido	9%	Minimizarlo	9%			
Número de colisiones con obstáculos en pistas	9%	Minimizarlo	9%			
Recorre trayectoria sobre pista aleatoriamente seleccionado	14%		14%			
Estima perturbación	8%		8%			
Anula efectos de perturbación	2%		2%			
Subtotal						
Total						
**El controlador implementado debe tener componentes de espacio de estado de lo contrario se valorará con un 60% de la nota total						
*** Como parámetro de desempeño articular se evaluará la articulación del hombro de todos los robots						

4. Resultados

Los resultados relativos al nivel de focalización en la tarea, logrado por los estudiantes, se fundamentaron en el orden y claridad sobre un horizonte de entregas y requerimientos del proyecto, que permitieron a los estudiantes construir asociaciones y hacerse preguntas sobre una teoría construida para dar respuesta a retos que les plantearía el proyecto a lo largo de su desarrollo.

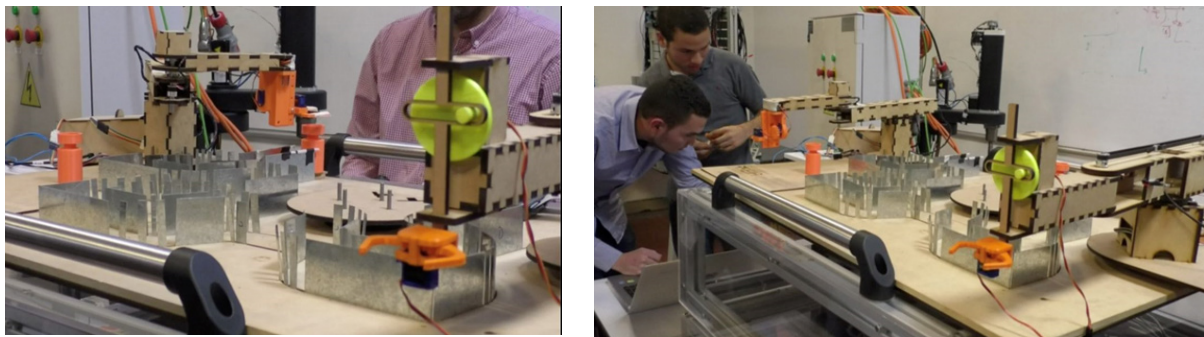


Figura 3 Entrega final proyecto integrador

La disposición de rúbricas de evaluación facilita la realimentación de los estudiantes, permitiendo dar respuesta clara a sus inquietudes sobre el nivel de logro en el desarrollo de las competencias.

La figura 4, muestra un histórico de cinco semestres. A partir de 2018-II se ha trabajado en la metodología de proyecto integrador entre las asignaturas de control digital y robótica industrial. Si bien, los grupos no son comparables por tratarse de personas diferentes, la desviación estándar si

muestra una tendencia favorable en cuanto a que se reduce la dispersión en los resultados del desempeño de los integrantes de los equipos de trabajo colaborativo.

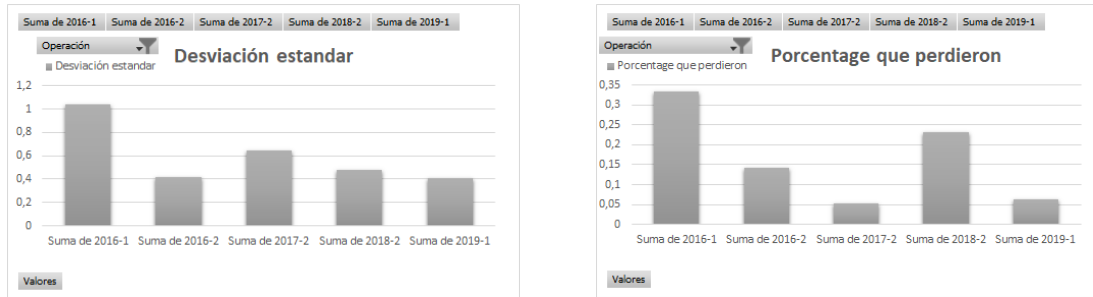


Figura 4 Resultados históricos como referente de impacto

Como resultado del proyecto de aula conjunto en las asignaturas de Control Digital y Robótica Industrial, se pudo evidenciar la necesidad de avanzar en los contenidos en función de las demandas y necesidades del proyecto; esto implicó una reorganización en el cómo se abordaban los temas en términos de dar respuesta a estas demandas.

En cuanto a la asignatura de control, se pudo profundizar más en el tema de servoposicionamiento, gracias a las competencias adquiridas por los estudiantes en el diseño de los controladores de los motores.

Por parte de los estudiantes, se tuvo una realimentación positiva entorno a la propuesta metodológica planteada por el proyecto, ya que ellos pudieron aplicar los conceptos vistos en clase en el desarrollo de un problema tangible, que implicaba el uso de conceptos teóricos para un fin específico (en este caso el correcto funcionamiento de su robot). En la figura 5, se muestra un resultado de coevaluación desarrollado por el grupo de estudiantes del semestre 2019-I.

¿Qué equipo diferente al suyo le apporto o prestó mayor colaboración en el desarrollo del trabajo?

10 responses

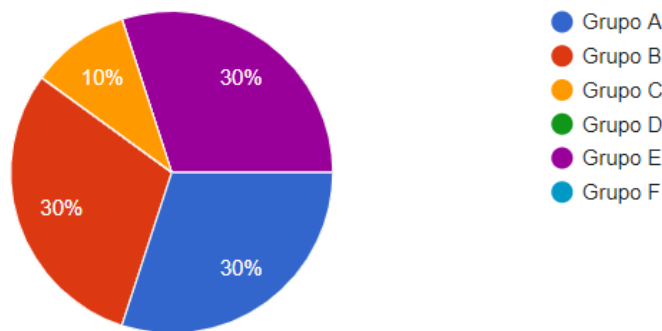


Figura 5 Resultados de co-evaluación

5. Conclusiones

PERMITIR LA EVOLUCIÓN DEL PROYECTO. Este tipo de actividad se perfecciona en la reflexión pedagógica entre los docentes, no en la redefinición desde cero de nuevo proyecto, se debe permitir al proyecto evolucionar, ser ajustado, optimizado en insumos, y recursos para el siguiente semestre, la construcción de entregables, incluso al nivel de software que, si bien crean facilidades a los estudiantes, construir sobre lo construido, permite el desarrollo de trabajo con mayor nivel de exigencia en cuanto a los resultados, evolucionando en alcance y calidad de insumos para los estudiantes, los cuales son un producto del trabajo colaborativo de estudiantes y docentes.

CONFORMACIÓN DE EQUIPOS. La conformación de equipos por parte del docente ha mostrado resultados positivos, dado que, al tener pares con el mismo nivel de desarrollo de competencias, exige a los estudiantes ponerse a nivel, los otros equipos juegan el rol a manera de zona de desarrollo próximo. Este ejercicio favorece dos cosas:

Primero, permite al docente la identificación ágil de las debilidades en los grupos, evita que los grupos se conformen siempre entre los mimos compañeros. Sacar al estudiante de la zona de confort motiva a que los estudiantes se expresen frente al proceso, con lo que se generan alertas tempranas. Segundo, forma en el estudiante la competencia del trabajo en equipo al exigir el trabajo con compañeros que antes no habían trabajado.

APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO. El componente práctico es diseñado considerando los saberes previos, y la puesta en contexto de real de los conceptos aprendidos. Los estudiantes aprenden el control al enfrentar la realidad, aprenden robótica con preguntas alrededor del hacer. En consecuencia, se tiene un estudiante inquieto en clase, en lugar de la actitud pasiva, un estudiante que tiene preguntas, un estudiante motivado.

PROYECTOS DE DESARROLLO: Los proyectos a nivel de desarrollo e investigación (proyecto SCARA UEIA, premio de la SAI a la INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ANTIOQUEÑA 2018) son elemento de motivación y referente. El ejercicio acerca a los estudiantes a la vivencia de lo que es un proyecto de ingeniería, desde los niveles de profundidad en un desarrollo de ingeniería, a nivel de usuario, entendiendo como bajo nivel, el diseño de algoritmos de control e interacción con actuadores, nivel medio la arquitectura de comunicación y un nivel alto de planeación y generación de trayectorias, hasta llegar a un nivel de interacción con el usuario final a través de un interfaz usuario máquina.

FUTUROS TRABAJOS. Para futuros trabajos se introduce la reflexión en la conciencia ecológica, motivar con soluciones semejantes en visita empresarial, involucrar la reflexión en la solución de problemáticas reales como los objetivos de desarrollo sostenible desde soluciones a partir del proyecto, por ejemplo, en consideraciones de eficiencia energética que los inviten a minimizar los esfuerzos de control. Introducir más reflexión en cuanto a consideraciones ambientales y éticas. Finalmente se propone la integración con otras asignaturas, como diseño mecatrónica y proyecto de Ingeniería IV. 2019-2 y 2020-1.

6. Referencias

Artículos

- de Graaff, E. and Kolmos, A (2003) Characteristics of Problem-Based Learning. TEMPLUS Publications. IJEE1450. Int. J.Engng Ed. Vol. 00, No.0, pp.000-000.

Libros

- Espejo, R. Sarmiento R. (Chile). (2017) Metodologías activas para el aprendizaje. Manual de apoyo al docente. Universidad Central. Santiago., pp. 48.

Memorias de congresos

- CDIO: Una Nueva Visión para la Educación en Ingeniería (2016, abril) IV Reunión Latinoamericana de CDIO, Concepción, Chile 13-15.
- ACOFI. (marzo 2019) Buenas prácticas de *assessment* en programas de ingeniería de Colombia. Universidad del Norte.

Sobre los autores

- **Sebastián Jiménez Gómez:** Ingeniero Mecatrónico, Maestría en ingeniería Mecatrónica, Universidad EIA. Profesor auxiliar. sebastian.jimenez1@eia.edu.co
- **Geoffrey Acevedo González:** Ingeniero Electrónico, Máster en educación, Instituto Tecnológico de Monterrey. Profesor auxiliar. geoffrey.acevedo@eia.edu.co

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

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)