

## **INTRODUCCIÓN DE MÓDULOS INTEGRADORES STEM EN UN CURSO DE INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA.**

Arie Aizman, Universidad Técnica Federico Santa María (USM), [arie.aizman@usm.cl](mailto:arie.aizman@usm.cl)

Hugo Alarcón, Universidad Técnica Federico Santa María, [hugo.alarcon@usm.cl](mailto:hugo.alarcon@usm.cl)

Leonhard Bernold, Universidad Técnica Federico Santa María, [leonhard.bernold@usm.cl](mailto:leonhard.bernold@usm.cl)

Brayan Díaz, Universidad Técnica Federico Santa María, [brayan.diaz@usm.cl](mailto:brayan.diaz@usm.cl)

Angela Olivares, Universidad Técnica Federico Santa María, [angela.olivares@alumnos.usm.cl](mailto:angela.olivares@alumnos.usm.cl)

### **RESUMEN**

Se diseñaron e implementaron dos módulos STEM en la asignatura de Introducción a la Ingeniería del primer año común en la USM. Los módulos fueron planteados en forma de proyectos integradores, en los que los estudiantes requerían utilizar contenidos de las asignaturas que cursaban en paralelo durante el primer semestre de su carrera. Adicionalmente, la metodología usada para el trabajo en los proyectos promovía el desarrollo incipiente de las habilidades transversales importantes para la profesión. En este artículo, se presentan los desafíos institucionales y docentes que implica generar este tipo de experiencia, las acciones realizadas para implementarla y los instrumentos utilizados para evaluar los logros alcanzados.

**PALABRAS CLAVES:** Aprendizaje orientado a proyectos, Aprendizaje basado en problemas, STEM, Habilidades interpersonales, Habilidades intrapersonales, Habilidades de aprendizaje, Satisfacción estudiantil, Rendimiento Académico.

### **INTRODUCCIÓN**

Cada año ingresan aproximadamente 1200 estudiantes a las distintas carreras de Ingeniería de la Casa Central de la USM. En el currículo de primer año común estos estudiantes deben cursar asignaturas básicas de Química, Física, Matemática y Programación. Durante el primer semestre, además cursan la asignatura de Introducción a la Ingeniería, que tradicionalmente ha tenido como objetivo general introducir a los estudiantes a la ingeniería y sus distintas especialidades de una manera descriptiva.

El Modelo Educativo de la USM declara la integración en ciencia, tecnología, ingeniería y matemática (STEM), por lo que durante el año 2015 se diseñó un curso de Introducción a la Ingeniería que cumpliera con este objetivo, El primer semestre del 2016, en el marco del Proyecto MECESUP 1408, se ha implementado el programa piloto con una metodología STEM para esta asignatura. Este programa se dictó a todos los estudiantes del plan común, es decir, estudiantes que no han elegido alguna de las especialidades que la Universidad ofrece. La estrategia adoptada consistió en utilizar proyectos basados en problemas reales de ingeniería, diseñados para que se constituyeran en un puente que permitiera integrar contenidos de las asignaturas tradicionales del primer año. Adicionalmente, la metodología empleada buscaba desarrollar tempranamente competencias profesionales en los estudiantes, de acuerdo al compromiso contraído con MECESUP.

Los proyectos desarrollados incluían el monitoreo de la planta de uno de los reactores nucleares de Fukushima utilizando un robot, y la formulación por los estudiantes de un proyecto que debía utilizar plataformas de desarrollo, como Arduino y Raspberry-pi, con sensores para el monitoreo ambiental.

El módulo se implementó en un contexto de investigación educativa, lo que permitió evaluar los logros de aprendizaje obtenidos y la evolución de las competencias profesionales consideradas a través de distintos instrumentos, recopilados en un portafolio que cada estudiante iba completando durante el semestre.

La complejidad de implementar un proyecto de este tipo requiere un esfuerzo institucional importante, pues exige reunir equipos de académicos de distintas disciplinas y una planificación muy cuidadosa. Este artículo se concentrará en describir esta implementación, buscando resaltar las dificultades encontradas en la aplicación de la metodología antes mencionada y la posibilidad de escalar y transferir la experiencia.

**MARCO TEORICO**

A principios del siglo 20, fue John Dewey filósofo y educador norteamericano, que de manera sucinta escribió uno de los pilares fundamentales para la construcción del marco de este curso: "Todo proceso educativo debe comenzar con hacer algo; y la formación necesaria de la percepción sensorial, la memoria, la imaginación y el juicio debe crecer a partir de las condiciones y necesidades de lo que se está haciendo "(Dewey, MW 4, 185). Dewey estaba realmente hablando acerca de lo que hoy llamamos aprendizaje basado en problemas (PBL), en que el aprendizaje debe comenzar con un problema auténtico interesante, seguido de una serie de pasos guiados que requiere la participación activa del estudiante explorando soluciones.

Existe abundante evidencia reportada estos últimos años, que demuestra que una docencia activa centrada en el estudiante es la modalidad más adecuada para mejorar el aprendizaje en asignaturas del área de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemática (STEM) (Bradforth et. al., 2015). La implementación de una metodología activa depende de una serie de factores que incluyen la construcción de ambientes de aprendizaje apropiados, la naturaleza de la disciplina que se enseña, la actitud de los estudiantes frente a la disciplina y las habilidades que estos estudiantes poseen para trabajar activamente en clases. Se exploraron una serie de preguntas de investigación durante algunos semestres para conocer cuán sensible es la implementación de una metodología activa a los factores antes señalados. Los resultados permitieron establecer un modelo integrado para la introducción en primer año de metodologías activas. El modelo desarrollado está representado en la Figura 1. (Aizman y Alarcón, 2013)

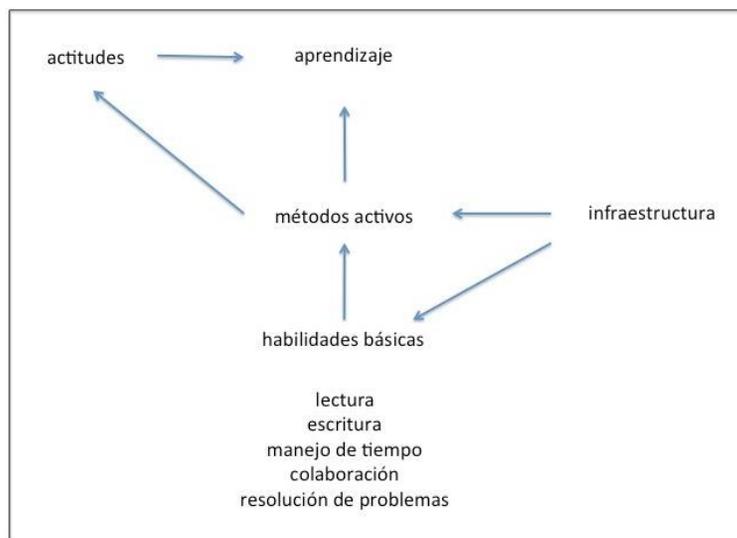


Figura 1. Elementos que están presentes en una docencia que promueve el aprendizaje activo

La idea de aprendizaje basado en proyectos tiene larga historia. Recientemente, se ha argumentado que la integración de proyectos en educación STEM es particularmente valiosa pues tiene la ventaja de reconocer que el aprendizaje y éxitos en el trabajo son interdependientes

y que la experticia se construye transversalmente con distintos contenidos, aun cuando se tenga un foco particular en uno más que en otros. (Capraro et. al. 2013).

Por supuesto, el aprendizaje activo basado en proyectos requiere diferentes habilidades que el estilo pasivo al que los estudiantes están acostumbrados al ingresar a la USM. Bernold et al.,(2005, 2007) mostraron que la mayoría de los estudiantes de ingeniería en los EE.UU. tienen habilidades de estudio muy precarias, con problemas en cuanto a la gestión del tiempo, la lectura crítica, la metacognición o pensamiento reflexivo. Estos resultados se confirmaron para estudiantes chilenos a través de encuestas realizadas al inicio del semestre, por lo que en estos módulos se le dio particular importancia a que los estudiantes fueran desarrollando técnicas de estudio eficaces a través de distintas prácticas.

**IMPLEMENTACION**

Para la implementación de una metodología como la planteada los salones de clases tipo auditorio no eran adecuados. Por ello se utilizó espacios de aprendizaje para la colaboración, como es el caso de las Aulas Centradas en el Estudiante (ACE) (Zavala et. al.,2010), llamadas originalmente SCALE-UP. La Figura 2 muestra algunos grupos de estudiantes trabajando en un salón ACE.



Figura 2. Estudiantes en clases activas trabajan colaborativamente armando el robot

La implementación de módulos de las características planteadas requiere de una planificación cuidadosa. Para asegurar que los proyectos elegidos fueran un aporte integrador del currículo de primer año, se incorporó al diseño un listado explícito de las actividades en los proyectos y su vínculo con los contenidos de las asignaturas de primer año. La siguiente Tabla muestra vínculos seleccionados en la implementación del primer módulo, en el cual se debía generar una trayectoria para que un robot con un brazo articulado, que los estudiantes debían armar, hiciera una serie de mediciones en un espacio predefinido en el tiempo de duración de la batería.

| Asignatura | Logros de Aprendizaje Esperados                   | Actividades   |
|------------|---|---|
| Calculo    | Utilizar funciones trigonométricas correctamente. | Calcular los ángulos del brazo robot de dos enlaces para alcanzar la altura requerida.<br>Calcular el ángulo de inclinación y la longitud de las escaleras. |

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
|                     | Representar gráficamente el movimiento restringido en coordenadas cartesianas y polares. | Graficar el movimiento de rotación del brazo de robot con tres secciones.  |
|                     | Transformar coordenadas cartesianas a coordenadas polares.                               | Traducir alturas requeridas para llegar al sensor y medir el nivel de radiación a las coordenadas polares del brazo de robot.  |
|                     | Determinar la dirección de un vector en 2-D.   | Calcular el ángulo de la cámara al final del brazo para una inspección en detalle de un objeto a larga distancia.  |
|                     | Interpretar una vista de una planta a escala.  | Usar la escala de medición de la vista de planta de los dos pisos del reactor para establecer el camino para el robot.   |
| <b>Física</b>       | Crear un perfil de velocidades.  | Velocidad del robot tiene que ser cambiada basada en los obstáculos en el camino.  |
|                     | Establecer una carta Gantt de tiempo de actividades en paralelo.                         | Los tres elementos del brazo pueden moverse al mismo tiempo para acortar la duración de u movimiento. Uno de ellos controla la máxima duración para llegar a un nuevo punto. |
|                     | Hacer mediciones espaciales.   | Las mediciones de longitudes de trayectoria y reconocimiento de errores, medidas de ángulos. Verificar si el robot puede subir las escaleras con limitaciones espaciales.    |
| <b>Programación</b> | Construir macros en planillas Excel.   | Programar trayectorias óptimas   |
| <b>Química</b>      | Conocer diversas formas de contaminación atmosférica.                                    | Describir una estrategia para medir la radiación con el robot.   |

Tabla 1: vínculo de las actividades en el módulo con el contenido de asignaturas tradicionales

Por otra parte, una planificación similar se hizo vinculando actividades con el desarrollo de habilidades necesarias para la profesión. A continuación se incluye un ejemplo de una de las clases del semestre.

| Actividades   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>Clase 2</b>  |   |   |   |   |   |   |   |
| • Actividades: "Leer para Aprender" (Guía).   | X |   | X |   |   |   |   |
| • Explicación de los diarios Semanales (importancia de manejar una bitácora personal)                                   | X | X |   |   |   |   | X |
| • Presentación del concepto y ejemplo de tiempo semanal y mensual/estudiar planes para un alumno profesional            | X |   |   |   | X |   |   |
| • Resultados de la encuestas (Feedback). ( Habilidades de estudio, Preferencias de aprendizaje)                         |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Trabajo Activo Individual o en Equipo</b>  |   |   |   |   |   |   |   |
| • "¿Cuanto tiempo tengo en mi día?" formulario para rellenar (Formulario-Confecionar)                                   | X | X |   |   |   |   | X |
| • Confeccionar un plan de gestión de tiempo semanal.  |   | X |   |   |   |   |   |
| • Actividad creativa relacionada con gestión de tiempo, Matemática, dibujar un robot.... (Definir y confeccionar acto). |   |   |   | X |   | X |   |
| Inventar una actividad usando Sketching simpático   |   |   |   |   |   |   |   |

1.- Gestión de Tiempo/Planificación 2.- Metacognición 3.- Lectura Efectiva 4.- Proceso Creativo  
5.- Comunicación Creativa 6.- Modelación de la realidad 7.- Pensamiento Reflexivo

Tabla 2: vínculo de las actividades en el módulo con el desarrollo de competencias profesionales

La mayor dificultad encontrada en la implementación de estos módulos fue la coordinación del equipo de profesores y ayudantes que participaron durante el semestre. Participaron en distintos momentos del semestre cinco profesores de especialidades diferentes de manera permanente y un equipo de cuatro ayudantes más un coordinador general de implementación para cada módulo. Este tipo de coordinación y planificación apunta a generar condiciones que permitan luego escalar la experiencia a un número mayor de secciones del curso.

## RESULTADOS

Al momento de escribir este artículo todavía el semestre no está completamente terminado y parte de los resultados aún están siendo procesados. No obstante lo anterior, incluiremos algunos resultados preliminares en esta nota, dejando para la exposición otros de interés.

Uno de los instrumentos utilizados para monitorear la evolución de actitudes y habilidades de los estudiantes y además desarrollar la habilidad de comunicarlas por escrito fue la confección de un diario semanal que debían subir al sistema Moodle de administración del curso. En el diario se les pedía a los estudiantes que comentaran distintos aspectos que se desarrollaban en clases a través de preguntas específicas. Como ejemplo, terminado el módulo inicial se le pidió a los estudiantes responder sobre su percepción de cómo el proyecto impactó sobre su aprendizaje, habilidades y sobre el valor de la Ingeniería para la Sociedad. Algunas respuestas muestran que los estudiantes reconocieron haber adquirido parte de los logros que este proyecto pretendía alcanzar. Por ejemplo un estudiante escribía *“Este proyecto me pudo mostrar que un ingeniero tiene que ser capaz de adaptarse a todas las situaciones posibles y saber relacionarse y dar sus ideas con los demás de manera adecuada para así poder ser un grupo eficiente. Que trabajar en equipo (estudiar) en grupo es mucho mejor que solo ; que preparar las clases sirve de verdad Que hay que ser perseverante y aunque sea difícil la U si es lo que uno quiere de verdad no es tan tedioso porque uno esta cumpliendo su meta “.*

Sobre habilidades adquiridas otro estudiante opinó que *“He aprendido a buscar más insistentemente las soluciones a algún tipo de problema ya sea cotidiano o de carácter estudiantil. Ser más ordenado y tratar de buscar un tiempo más cómodo de trabajo también han sido gran parte del aprendizaje que he obtenido durante lo que llevo de semestre.”* En cuanto a vinculación con contenidos en otras asignaturas, un ejemplo es el de un estudiante que indicaba *“Lo que me impactó mas fue el tema de aplicar la materia de matemáticas y física en un proyecto de un robot, como lo fue sacar el recorrido y el tiempo empleado en completar su objetivo.”* y otro *“Dentro de todo el proyecto la mayoría de las cosas ha tenido un impacto positivo, ya que en lo que fue trazar la ruta me sirvió mucho las escalas aprendidas en física, la trigonometría en todo los giros del robot y del brazo, el diseño en la creación de la válvula, además todo esto debía ser unido de manera coherente sin afectar el funcionamiento del robot y quizás eso era una de las cosas más difíciles. Por último, sobre el rol de la ingeniería en la sociedad, respuestas típicas fueron “Si me ha ayudado a reconocer ya que antes de entrar a la u pensé que la ingeniería seria solo matemáticas lo cual no es correcto ya que un ingeniero va más allá ayudando no solo en este proyecto si no también en problemas como lo son la escasez del agua y muchos otros problemas sociales” y “Si, contribuyó aún más a mi perspectiva social de la ingeniería, ya que dentro de nuestra ignorancia, tendemos a pensar que la ingeniería es algo individualista y garantiza solo trabajo personal, cuando el impacto que este puede tener en la sociedad es muy grande, tanto para bien como para mal. Esto referido a que la ingeniería puede presentar cambios relevantes tanto en la salud de las personas, como en la industria armamentista.”*

Un segundo tipo de instrumento utilizado fue la realización de test de contenidos en formato pre-post en distintos momentos del semestre, comparando los resultados con grupos de control que no estaban tomando el módulo. El caso de trigonometría es sugerente. Se tomó un test inicial antes de que trabajaran en el robot y antes de cursar esa materia en la asignatura de matemáticas. Una vez finalizado el módulo y vista la materia de trigonometría en la asignatura respectiva se volvió a tomar el test y se comparó los resultados con un grupo que sólo había trabajado trigonometría en la asignatura. Los resultados mostraron que estudiantes que trabajaron con el robot no sólo tenían significativamente mejor desempeño que los estudiantes del grupo de control (>50%), sino que, además, consultados sobre la confianza que tenían en sus resultados, mostraban mayor seguridad en sus desarrollo que el grupo de control (3,4 vs 2,2 en una escala de 1 a 5). Estos resultados sugieren un claro efecto positivo que debe ser confirmado con intervenciones usando instrumentos estandarizados. Otros resultados se discutirán en la presentación.

### **CONCLUSIONES**

Se diseñaron e implementaron dos módulos STEM en la asignatura de Introducción a la Ingeniería del primer año común en la USM en una modalidad de proyectos integradores. La implementación requiere de una planificación rigurosa que implica un trabajo de coordinación relevante. Una forma razonable de iniciar una experiencia de este tipo es la de pilotos bastante acotados. Resultados preliminares mostraron que estos proyectos integradores contribuyen a contextualizar contenidos vistos en asignaturas tradicionales y favorecen la adquisición habilidades importantes para el mercado laboral de la ingeniería. Por otro lado, la presente experiencia, que consideró el trabajo colaborativo de una comunidad de profesores y asistentes, contribuye a cumplir los estándares CDIO.

### **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece a todos los miembros de la Comunidad de Investigación en Docencia STEM por su colaboración y participación en este proyecto <http://www.stem.usm.cl/personas.html>, y al Centro Integrado de Aprendizaje en Ciencias Básicas que apoyó el proyecto.

Se agradecen fondos provenientes del PMI MECESUP USM-1408 y el programa Ingeniería 2030, que contribuyeron a la realización de este proyecto.

### **REFERENCIAS**

Aizman, A. & Alarcón, H. (2013) Modelo integrador para una docencia que promueve el aprendizaje activo en primer año de ingeniería en la UTFSM. XXVI Congreso Chileno de Educación en Ingeniería.

Bernold, L.E. (2005) Preparedness of Engineering Freshman to Inquiry Based Learning, J. Prof. Issues in Eng. Education and Practice, ASCE, 133(2), Abril, pp. 99-106.

Bernold, L.E., Spurlin J. and Anson Ch. M. (2007) Understanding our Students: A Longitudinal Study of Success and Failure in Engineering, J. of Engineering Education, ASEE, Vol. 96(3), Julio, pp. 263-274.

Bradforth, S. E., Miller, E. R., Dichtel, W. R., Leibovich, A. K., Feig, A. L., Martin, J. D., Bjorkman, K. S., Schultz, Z. D., Smith, T. L. (2015) Improve undergraduate science education. Nature 523, pp. 282-284.

Capraro R.M., Capraro M.M. and Morgan, J. (eds) (2013) STEM Project-Based Learning: An Integrated Approach, Sense Publishers.

MW (The Middle Works) (1969-1991). The Collected Works of John Dewey, Editor Boydston, J. A., Carbondale and Edwardsville, Southern Illinois University Press.

Zavala, G., Alarcón, H., Domínguez, A. & Rodríguez, R. (2010) Sala ACE: Tecnología al servicio de la educación, CONOCIMIENTO, Noviembre 2010, 36-40.