



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

RETOS EN LA FORMACIÓN
DE INGENIEROS EN LA
ERA DIGITAL



LOS CONCURSOS DE INGENIERÍA COMO ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN LA FACULTAD DE MINAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Diana Maria López Ochoa, Pablo Andrés Pantoja González, Manuela Posso Baena

**Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Colombia**

Resumen

La mayoría de los planes de estudios universitarios son aun fuertemente lineales, estructurados, con saberes clasificados y normalmente desconectados de la realidad de los estudiantes. Este panorama se acompaña con el predominio de las clases magistrales en las que se privilegian contenidos teóricos y el rol del profesor que debe saberlo todo y que es el centro de atención. En el papel, los laboratorios están llamados a equilibrar esta tendencia, aunque la mayoría están diseñados para “dar el resultado esperado”, para que los datos se ajusten a modelo pre-establecidos y en general no son lugares privilegiados para la pregunta y el error. Con este panorama, podemos imaginarnos que los procesos de evaluación no están muy distantes de un manual de preguntas que comprueban qué tanta información memorizó el estudiante y están cada vez más lejos de comprobar el proceso formativo y a la manera en la que se transforma el alumno en su paso por la universidad.

En las últimas décadas, las instituciones universitarias se vienen interesando cada vez más por las metodologías activas de enseñanza/aprendizaje, caracterizadas por otorgar el protagonismo al estudiante y en promover formación integral y el desarrollo de capacidades técnicas y transversales. Es cada vez más clara la necesidad de espacios que oxigenen la formación de los ingenieros, capacitándolos para la formulación y el desarrollo de proyectos novedosos que involucre diversas tecnologías y que puedan tener impacto importante en la solución de los problemas que vivimos en la escala local y global en la generación de empleo.

La participación en concursos de ingeniería es una estrategia relevante para el desarrollo de capacidades técnicas y transversales en los estudiantes, pues posibilitan el desarrollo de un proyecto completo de ingeniería, la utilización de las herramientas desarrolladas en las clases

teóricas, acercan a los estudiantes a la resolución de problemas complejos, a la definición de estrategias para el trabajo en grupo y permiten una articulación fluida con procesos de investigación y de generación de soluciones novedosas. Adicionalmente, y el punto de que marca un valor agregado respecto a otras metodologías activas, es que hay una fuerte vinculación emocional de los participantes, las ganas de ganar son una motivación muy fuerte y el estudiante se compromete de forma significativa con su aprendizaje.

En este artículo se presenta la experiencia vivida por el grupo de Hidrómetra de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y su participación en el concurso Internacional Hydrocontest®. Hidrómetra ha participado durante cinco años consecutivos en esta competencia, lo que permite tener elementos de evaluación de la experiencia y presentar elementos base para la consolidación de la estrategia de concurso al interior de la Facultad de Minas.

Palabras clave: concursos de ingeniería; aprendizaje significativo; embarcaciones

Abstract

Most university curricula are still strongly linear, structured, with classified knowledge and usually disconnected from the reality of the students. This panorama is accompanied by the predominance of master classes in which theoretical contents are privileged and the role of the teacher who must know everything and who is the center of attention. On paper, laboratories are called upon to balance this trend, although most are designed to "give the expected result," so that the data conform to a pre-established model and in general are not privileged places for question and error. With this panorama, we can imagine that the evaluation processes are not very distant from a manual of questions that check how much information the student memorized and are increasingly far from checking the formative process and the way in which the student transforms in his passage through the university.

In recent decades, university institutions have become increasingly interested in active teaching/learning methodologies, characterized by giving prominence to the student and promoting comprehensive training and the development of technical and transversal skills. It is becoming increasingly clear the need for spaces that oxygenate the training of engineers, training them for the formulation and development of innovative projects involving various technologies and that can have a significant impact on solving the problems we live on a local and global scale in the generation of employment.

The participation in engineering contests is a relevant strategy for the development of technical and transversal capacities in the students, because they make possible the development of a complete engineering project, the use of the tools developed in the theoretical classes, bring the students closer to the resolution of complex problems, to the definition of strategies for the work in group and allow a fluid articulation with processes of investigation and generation of novel solutions. Additionally, and the point that marks an added value with respect to other active methodologies, is that there is a strong emotional bond of the participants, the desire to win is a very strong motivation and the student is significantly committed to their learning.

This article presents the experience lived by the Hydrometer group of the Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín and its participation in the International Hydrocontest® competition. Hydrometer has participated for five consecutive years in this competition, which allows to have elements of evaluation of the experience and present basic elements for the consolidation of the contest strategy within the Faculty of Mines.

Keywords: *engineering competitions; significant learning; boats*

1. Introducción

El sistema de enseñanza clásico que usamos mayoritariamente en las facultades de ingeniería de nuestro país se queda corto para lograr que los estudiantes tengan herramientas para responder al ritmo del cambio tecnológico y organizativo en el que nos movemos actualmente. Es necesario generar estrategias formativas intencionales para que el estudiante mejore sus capacidades para leer y entender el ámbito de aplicación de su quehacer, el contexto en el que vive y cómo relacionarse de mejor manera con él. Así, la participación en concursos de ingeniería se presenta como una estrategia relevante para el desarrollo de capacidades técnicas y transversales en los estudiantes, la cual está siendo explorada desde hace años por diversas instituciones de ingeniería (Gadola et Chindano, 2019, Hamida et al, 2013).

La estrategia tiene ventajas claras, dentro de las que hemos identificado:

1. Permite el desarrollo de un proyecto completo de ingeniería, cosa que es difícil de lograr en un curso de un semestre o en el ejercicio profesional, pues normalmente se hace parte del grupo de trabajo asignado a una sola de las etapas del proyecto.
2. Facilita la utilización de las herramientas desarrolladas en las clases teóricas, pues los estudiantes las requieren para optimizar los diseños, afianzando así lo aprendido en clase y haciéndolo parte de su experiencia de vida.
3. Acerca a los estudiantes a la resolución de problemas complejos, dado que necesitan integrar varias líneas de conocimiento pues son grupos multidisciplinarios, considerar aspectos económicos, de planeación, gestión y ejecución.
4. Desarrolla habilidades emocionales, capacidad de ponerse en el lugar del otro, manejar el estrés y mantener la motivación. Induce a los estudiantes a mejorar sus capacidades de trabajar en equipo, de escuchar y valorar las fortalezas que tienen sus compañeros.
5. Permite el desarrollo de un diseño con limitaciones económicas y técnicas reales, pues cada línea de trabajo aporta restricciones de diseño a las demás áreas.
6. Genera una articulación fluida con procesos académicos, de investigación y de innovación al interior de las instituciones. Muchas de las ideas y prototipos desarrollados en los concursos pueden convertirse en empresas, pueden originar patentes y líneas nuevas de investigación.
7. Permite que estudiantes que no se acoplan al sistema de enseñanza tradicional y que en consecuencia son catalogados de “malos estudiantes” desarrollen sus talentos y logren reconocimiento.

Adicionalmente, los participantes logran mantener una fuerte vinculación emocional con el proyecto, el marco competitivo impulsa al estudiante a no conformarse y querer aprender y contribuir al desarrollo del proyecto. Es notable el compromiso y la pasión al interior del equipo. Incluso, en el caso particular de Hydrómetra, varios egresados que fueron parte del proyecto antes de graduarse mantienen interés en él y se vinculan con frecuencia a las actividades de sus compañeros con asesorías técnicas, participando de las reuniones, y en espacios sociales.

Asociado al avance de las actividades para la participación en el concurso se observa que los participantes desarrollan habilidades que pueden enmarcarse en los dominios de aprendizaje descritos por Benjamin Bloom y David Krathwohl en 1956 en la Taxonomía de Bloom (aspectos cognitivos, afectivos y psicomotores). Esta clasificación ofrece una plataforma de observación para la estrategia. Los concursos muestran oportunidades claras para mejorar algunas de las habilidades mentales cognitivas descritas por Bloom y sus colaboradores como asociadas al análisis, la evaluación y la creación, las cuales son más difíciles de promover bajo los métodos tradicionales (Dooley et al., 2005). Igualmente, promueven el desarrollo de habilidades del dominio afectivo y sicomotriz. El dominio cognitivo contiene habilidades de aprendizaje predominantemente relacionadas con capacidades mentales, involucran el procesamiento de información, la comprensión, la aplicación del conocimiento, la resolución de problemas, y la realización de investigaciones (Krathwohl, 2002). En el dominio afectivo se incluyen las habilidades para aprender actitudes, comportamientos y valores, e involucra los sentimientos, emociones y actitudes frente a los sucesos de la vida. Finalmente, en el dominio sicomotriz se encuentran las habilidades asociadas a funciones físicas discretas, las habilidades manuales, la activación de los reflejos y movimientos interpretativos.

En este trabajo se describen algunos aspectos de la participación de Hydrómetra en el concurso internacional Hydrocontest® y de la forma en la que esta experiencia les ha permitido fortalecer el perfil a los estudiantes que han participado en el proceso.

2. Caso de estudio: Hydrómetra en la competencia internacional Hydrocontest®

2.1. Hydrocontest

Hydrocontest® es una competencia internacional de barcos eléctricos no tripulados que se ha desarrollado desde el 2014. La competencia busca generar soluciones que vuelvan más eficiente el transporte marítimo y fluvial, bajo el lema: *“Carry more, faster, using less energy”*. La competencia consta de 3 categorías (velocidad, carga y eficiencia energética) y además otorga diferentes premios como espíritu Hydrocontest, mejor diseño, mejor charla técnica, y mejor estrategia de comunicaciones. La categoría de velocidad consiste transportar 20Kg y competir mediante clasificatorias contra los otros equipos. La categoría de carga consiste en transportar 200 kg y funciona también por pruebas clasificatorias. La categoría de eficiencia energética o de larga distancia es diferente, pues consiste en que todos compiten al mismo tiempo en una carrera de una hora, y gana quien dé más vueltas a un circuito con la misma carga de batería.

Los organizadores proveen a todos los equipos con el mismo variador de velocidad, mismo motor, y mismas baterías. Las dimensiones máximas de la embarcación están restringidas a un cubo de máximo 2.5 x 2.5 x 2m.

2.2. Equipo de trabajo

El grupo Hydrómetra surge en el 2014 para participar en la primera versión de Hydrocontest®, con la particularidad que en toda la universidad nadie tenía conocimiento de diseño de embarcaciones. Hydrómetra ha participado en las cinco versiones del concurso alcanzando logros significativos como ser campeón de la categoría de eficiencia energética en el 2017. El grupo está compuesto por equipos multidisciplinarios con estudiantes de siete ingenierías (ingeniería mecánica, eléctrica, control, civil, industrial, administrativa) y en la actualidad ya suma estudiantes de ingeniería física y de economía. Un factor diferenciador consiste en que al haber adquirido conocimientos alrededor de la ingeniería naval de manera autónoma, la toma de decisiones a nivel de diseño, manufactura y logística se lleva a cabo por los estudiantes, sin la necesidad de tener un docente tomando dichas responsabilidades. Hydrómetra está dividido en 4 áreas de trabajo y su estructura organizacional se muestra en la Figura 1.

- Diseño mecánico y Manufactura, encargado de sistemas funcionales y estructurales de las embarcaciones, y de la planeación de la manufactura.
- Arquitectura Naval: Desarrolla las formas aerodinámicas de las embarcaciones, como casco, propelas y hydrofoils.
- Eléctrica y control: diseño de circuitos eléctricos y electrónicos, telemetría y control de la embarcación
- Gestión mercadeo y finanzas: gestión del proyecto, comunicaciones, consecución de patrocinios y manejo de recursos.

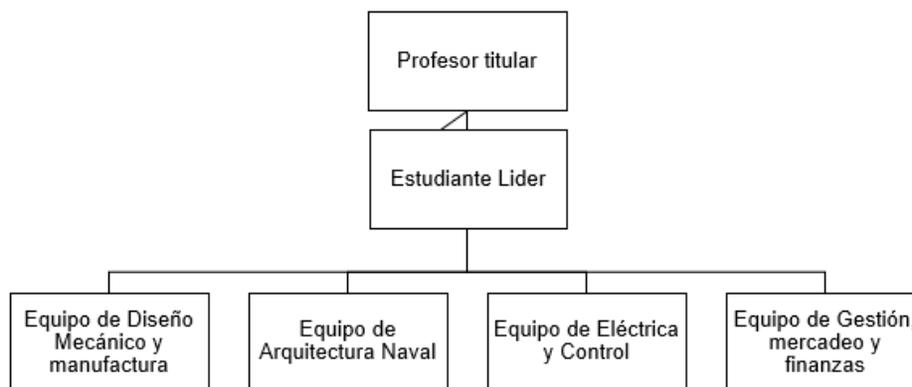


Figura 1: Estructura organizacional de Hydrómetra hasta 2018

2.3. Resultados técnicos

La figura 2 muestra los prototipos desarrollados en las cinco versiones del Hydrocontest; conjuntamente con la tabla 1 permite observar la evolución de cada año. En los gráficos se observa el peso de cada embarcación sea para la categoría de carga o de velocidad, siendo iguales en las dos categorías durante los dos primeros años dado que solo se compitió con una embarcación.



Figura 2. Prototipos desarrollados durante las diferentes versiones del Hydrocontest

Peso Velocidad	
Año	Peso[kg]
2014	90
2015	70
2016	47
2017	22

Peso Carga	
Año	Peso[kg]
2014	90
2015	80
2016	77
2017	35

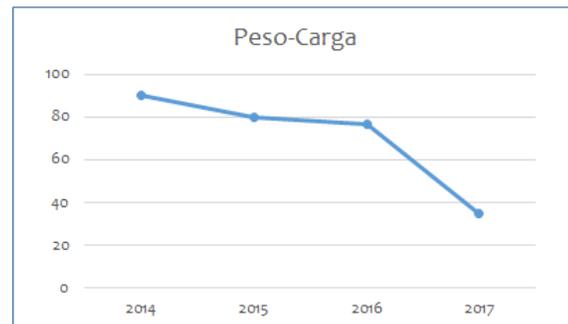


Tabla 1. Disminución en peso de las embarcaciones 2014-2017

2.4 Resultados y Lecciones Aprendidas

En la tabla 1 se describen los reconocimientos obtenidos en la competencia que destacan el desarrollo no solo técnico, sino también el trabajo en equipo y la capacidad del grupo para resolver conflictos. Desde el 2014 a 2018 Hidrómetra obtuvo siete premios y reconocimientos durante la competencia, lo que permitió que, desde el inicio de la competencia, Hidrómetra se trazara objetivos nuevos que permitieran mayores resultados en cada participación y que se aumentara el aprendizaje del equipo y de sus integrantes.

Nombre Premio o reconocimiento	Año
Espíritu HydroContest	2014
Diseño más innovador	2015
Trabajo durante la competencia	2016
Primer lugar en la carrera de Eficiencia energética	2017
Mejor diseño en la categoría embarcación de velocidad	2017
Mejor charla técnica	2017
Diseño más innovador en la categoría embarcación de velocidad	2018

Tabla 2: Premios obtenidos durante la participación en el Hydrocontest®.

Todos estos resultados y reconocimientos otorgados por el Hydrocontest® son resultado de un trabajo proveniente del equipo y que se puede ver reflejado en su estructura organizacional, que surgió desde el inicio de Hydrómetra siendo una propuesta, realizada y acogida por los participantes y que ha permitido que los objetivos que se han planteado cada año se cumplan. Adicionalmente, la estructura organizacional, observada en la figura 2 permite que dentro de Hydrómetra se facilite el trabajo interdisciplinar entre las diferentes áreas de la ingeniería, lo que ha permitido que el aprendizaje de los participantes aumentara debido a la retroalimentación continua que genera la interacción con otros puntos de vista y discusión, además de la experiencia y aprendizaje de otros sirve para incrementar el propio.

La figura 3 muestra una escala de valoración de la experiencia por parte de los integrantes de Hydrómetra, obtenida a través de una encuesta realizada a los participantes vigentes y los que han culminado ya su ciclo dentro del equipo. En ella describen la experiencia de pertenecer a Hydrómetra a través de diferentes definiciones. Se logra identificar que para los integrantes del equipo participar en el mismo ha sido enriquecedor para su formación y que entre las definiciones más representativas encuentran que Hydrómetra es aprendizaje, formación e instrucción; trabajo en equipo y colaboración; desarrollo, investigación y novedad; pasión, emoción y motivación y oportunidad de crecimiento. Paralelamente, la Tabla 3 muestra el dominio de aprendizaje observado por los profesores orientadores logrado a través de la participación de los estudiantes en la competencia

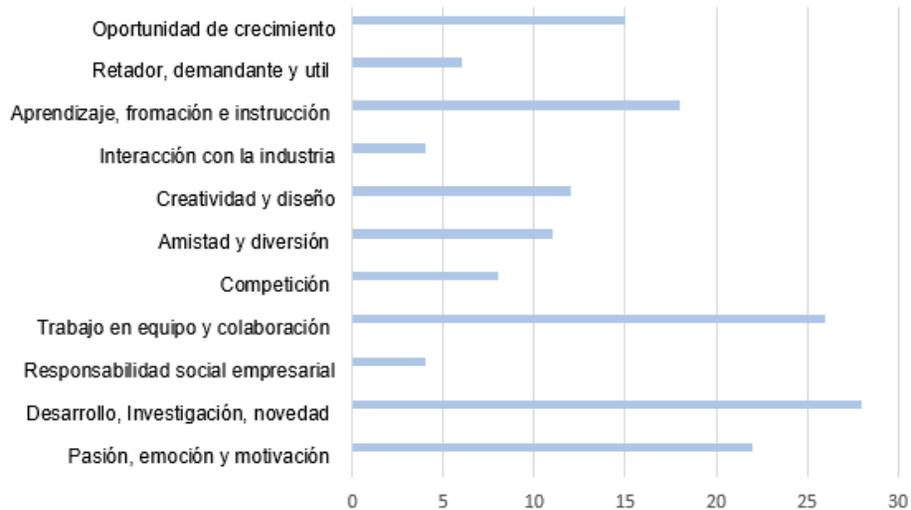


Figura 3: Descripciones significativas usadas por los integrantes del equipo para describir la relevancia del mismo.

3. Conclusiones

La participación en concursos de ingeniería es una estrategia relevante para el desarrollo de capacidades técnicas y transversales en los estudiantes. Posibilitan el desarrollo de un proyecto completo de ingeniería, la utilización de las herramientas desarrolladas en las clases teóricas, acercan a los estudiantes a la resolución de problemas complejos, a la definición de estrategias para el trabajo en grupo y permiten una articulación fluida con procesos de investigación y de innovación.

Respecto a otras metodologías activas, los estudiantes se vinculan emocionalmente de manera más fuerte y demuestran gran compromiso con el equipo de trabajo, con el proyecto y por tanto con su aprendizaje.

La interdisciplinariedad se convierte en un elemento clave en el momento en el que los estudiantes generan aprendizaje, pues las diferentes perspectivas y competencias de cada área en específico generan una globalidad que le permiten a cada estudiante obtener los aspectos más valiosos para su crecimiento.

El no tener un docente a cargo de las decisiones de ingeniería permite que el estudiante adquiera responsabilidades que fortalecen y potencian su aprendizaje.

4. Referencias

- Dooley, K. E., Lindner, J. R., Dooley, L. McCoy. Advanced methods in distance education: applications and practices for educators, trainers and learners. Information Science publishing Hershey, 2005.

- Gadola, M. Chindamo, D. Experiential learning in engineering education: the role of student design competitions and a case study. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, Vol 47 (1) 3-22, 2019.
- Krathwohl, D.R. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview . *Theory into practice*, Volume 41, Number 4, Autumn 2002 Copyright © 2002 College of Education, The Ohio State University.
- Hamida, R., Baharomb, S., Tahab, M., Kadaruddin, L. Competition as an Innovative Student-Centered Learning Method for Open-Ended Laboratory Work. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 102, 148 – 152 (2013).

Dominio cognitivo	Dominio afectivo	Dominio Psicomotriz
<ul style="list-style-type: none"> · Capacidad de aplicar conceptos de ingeniería en el diseño de las embarcaciones. · Capacidad para ofrecer varias alternativas de solución a los problemas que surgen en cada línea de acción del proyecto: eléctrica, control, diseño naval, diseño mecánico, y comunicaciones, · Capacidad para evaluar la solución más apropiada y satisfacer los requisitos de la competencia en cada una de las líneas de acción. · Capacidad para explicar por qué la solución usada funciona. · Capacidad para gestionar el presupuesto y el cronograma. · Capacidad para combinar soluciones aprendidas en clase y en los textos con propuestas novedosas propias. 	<ul style="list-style-type: none"> · Habilidad para ser creativo y gestionar el aprendizaje autónomo. · Habilidad para trabajar en equipo. · Habilidad para comunicarse efectivamente con los miembros del equipo, los demás competidores y los jueces. · Tienen un alto nivel de compromiso y motivación con el proyecto y con el equipo de trabajo. · Son capaces de poner atención y concentrarse. · Desarrollan capacidades de liderazgo. · Cumplen procedimientos y siguen instrucciones. · Son capaces de hacer planeación y plantear estrategias. · Son capaces de valorar objetos, fenómenos, comportamientos y piezas de información. · Generan ideas para mejorar las capacidades del equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> · Logran experticia en el manejo de software, equipos y procedimientos de manufactura. · Logran aprender procedimientos técnicos por imitación de los estudiantes que tienen más experiencia. · Desarrollan operaciones de gran precisión, Habilidades manuales y de motricidad fina al construir cada sistema, en particular las asociadas al desarrollo de circuitos y manufactura de los elementos funcionales. · Capacidad para fabricar los prototipos · Habilidad para maniobrar con precisiones los controles durante la competencia, mantenerse en la trayectoria en curvas cerradas. · Asocian información sensorial a la motora durante todo el proceso de fabricación, puesta a punto y competencia. · Desarrollan capacidades para leer el lenguaje corporal de sus compañeros.

Tabla 3. Los dominios de aprendizaje alcanzados por los participantes.

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