



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO  
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

Cartagena de Indias, Colombia  
18 al 21 de septiembre de 2018



# **EL RETO DE INGENIERÍA Y CREATIVIDAD COMO PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE. CASO “FLO-TO: DISPOSITIVO DE VISIBILIDAD EN RESCATES MARÍTIMOS”**

**Darío Esteban Recalde Morillo, Lina Juliana Andrade Ospina, Sebastián Imery  
Almarío. Isabella Moreno Ocampo**

**Universidad Autónoma de Occidente  
Cali, Colombia**

## **Resumen**

El curso de Introducción a la Ingeniería 1 de la Universidad Autónoma de Occidente toma referentes académicos contemporáneos como la Iniciativa CDIO y tendencias educativas actuales como el Aprendizaje Basado en Retos (ABR) para la configuración, análisis y solución de problemas propios del ámbito de la Ingeniería. El docente autor plantea en clase el Reto de Ingeniería y Creatividad (RIC) para solucionar un problema hipotético o real de forma creativa y sistemática en un escenario Empresarial, Social y Educativo (ESE). El artículo presenta el caso de un equipo interdisciplinario de tres estudiantes que eligió el entorno Social para enfocarse en la seguridad y la salud de los viajeros y expedicionarios en situaciones de supervivencia en océanos, inspirados en los buzos profesionales desaparecidos en la Isla de Malpelo, Valle del Cauca, Colombia, el 31 de agosto de 2016. Se presenta la metodología del docente y la metodología de los estudiantes para concebir, diseñar, implementar y operar una alternativa funcional que planteó una posible solución a la problemática del escenario colombiano elegido. La propuesta se construyó con un modelo a escala real con materiales y características técnicas cercanas a la idea original tanto en forma como en funcionamiento, usando el Análisis Técnico de Objetos (ATO) con la mayor cantidad de detalles posibles. Con esta propuesta pedagógica los cursos de primer semestre se convierten en una prueba de carácter motivacional, una vivencia personal inolvidable y una práctica cercana a la realidad profesional que hace parte de la formación en los programas de Ingeniería.

**Palabras clave:** aprendizaje basado en retos; Iniciativa CDIO; rescates marinos

## Abstract

The course of Introduction to Engineering 1 of the Universidad Autónoma de Occidente in Cali, Colombia, takes into consideration contemporary academic and educational references and tendencies, such as the CDIO Initiative and the Challenge Based Learning, respectively, which contribute to the arrangement, analysis and solution of problems and challenges specific to engineering fields. In class, the professor and author addresses the Reto de Ingeniería y Creatividad (RIC) to solve, creatively and systematically, a problem in a hypothetical or real Business, Social and Educational scenario. This article presents the case of an interdisciplinary team of three students who chose the Social scenario to focus on the safety and health of travelers and expeditionaries in situations of survival in the oceans, inspired by the disappearance of a group of professional divers on the Malpelo Island, in Valle del Cauca, Colombia, on August 31, 2016. The methodology of the professor and the students is presented in order to conceive, design, implement and operate a functional model that raised a possible solution to the problem of the chosen scenario. The proposed solution was built as a real-scale model with materials and technical characteristics closely similar to the ideal ones, both in shape and in operation, using the Technical Object Analysis with as many details as possible. With this pedagogical approach the courses of first semester become a try-out for motivational character, an unforgettable personal experience and a practice close to the professional reality that's part of the engineering graduate profile.

**Keywords:** challenge based learning; CDIO Initiative; marine rescues

## 1. Introducción

El curso de Introducción a la Ingeniería 1 se imparte a estudiantes de nueve programas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente, UAO. Su objetivo es orientar a los estudiantes para que comprendan el quehacer profesional mediante el conocimiento, aplicación y articulación de conceptos, métodos, técnicas y comportamientos que les permitan dar solución metódica, creativa y colaborativa a problemas de Ingeniería en un contexto determinado. En su desarrollo, el estudiante conoce los conceptos del proceso de solución de problemas (Grech, 2013) y el diseño tradicional (Krick, 1978) en cualquier rama de la Ingeniería.

En el desarrollo del curso, el docente autor propone la actividad de aprendizaje del Reto de Ingeniería y Creatividad (RIC) y toma como referente académico el Aprendizaje Basado en Retos (ABR) como un “enfoque pedagógico que involucra activamente al estudiante en una situación problemática real, relevante y de vinculación con el entorno, la cual implica la definición de un reto y la implementación de una solución [...] Un reto es una actividad, tarea o situación que implica al estudiante un estímulo y un desafío para llevarse a cabo” (Observatorio de Innovación Educativa, 2015). Es una oportunidad académica para demostrar la creatividad y la capacidad de enfrentar situaciones problemáticas cotidianas como futuros profesionales a través de la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas, STEM, por sus siglas en inglés (U.S. Department of Education, 2015), y los roles personales de Exploradores, Jueces, Artistas y Guerreros del modelo de Pensamiento Creativo de Roger Von Oech (Von Oech, 2010).

Los equipos de trabajo multidisciplinarios deben enfocar su atención y desarrollar un proceso y un producto de solución de problemas, necesidades, oportunidades e intereses propios del ámbito de la Ingeniería. El llamado es a que los estudiantes hagan uso correcto de los conocimientos, la experiencia recursiva y el formalismo académico de una ingeniera o un ingeniero de primer semestre, como “parte de la integración curricular y el desarrollo de competencias en la multidimensionalidad de cada sujeto en formación en su carrera” (Universidad Autónoma de Occidente, 2015).

## **2. Proceso académico**

El docente autor presenta a continuación las características propias del RIC en su proceso de enseñanza (el quehacer del profesor) y de aprendizaje (el quehacer del estudiante), en un esfuerzo por distinguirlos uno del otro a sabiendas de lo indisoluble de esa relación (la experiencia educativa del profesor y del estudiante).

### **2.1. Proceso de enseñanza**

El RIC tiene un *motto*, una consigna para los estudiantes: “¡Prueba el Reto Carabás!”. La invitación es a arriesgarse a hacer algo con la Ingeniería que parece imposible de realizar, y es dar una solución técnica factible y distinta a las existentes a un problema antiguo, presente o futuro de la cotidianidad. El nombre Carabás es una referencia ficticia del docente autor al cuento de El Gato con Botas, quien por su inteligencia y tenacidad consiguió un reino para su amo.

El objetivo de aprendizaje del RIC es solucionar un problema en Ingeniería de forma creativa y sistemática de un escenario hipotético o real de trabajo colaborativo durante el semestre en curso, y se espera que los estudiantes apliquen los rasgos propios de un profesional de Ingeniería y las técnicas de creatividad con la propuesta de un nuevo dispositivo que realice una función específica a través de las tres funciones de la Ingeniería, Crear-Reproducir-Mejorar, en un entorno Educativo, Social o Empresarial (ESE).

Es importante tener presente que las soluciones propuestas no implican obligatoriamente la construcción del producto final a escala real, pero sí es necesaria la elaboración de dispositivos o aplicativos funcionales que representen lo más fiel posible la idea de solución, con elementos diferenciadores en su forma, funcionamiento o uso, empleando para ello un presupuesto de inversión moderado para el equipo.

La documentación, el modelo y la sustentación se evalúan con una rúbrica de calificación que se entrega a lo largo del semestre, acorde a la rigurosidad de la Ingeniería y las competencias que se espera que desarrollen los estudiantes en el curso, en cinco niveles de desempeño estimados en porcentajes de 100%, 75%, 50%, 25% y 0%, en los siguientes criterios:

- Correcto funcionamiento del dispositivo en el momento de la entrega.
- Precisión en la descripción de las variables y conceptos del problema de Ingeniería.
- Nivel de detalle en la descripción de las partes y del todo del objeto de solución.

- Claridad y calidad de los gráficos de las partes y del todo del objeto de solución.

## **2.2. Proceso de aprendizaje**

A partir del RIC, profesor y estudiantes desarrollan conjuntamente las actividades de trabajo para concebir, diseñar, implementar y operar (CDIO Initiative, 2001) la mejor solución posible al caso de estudio planteado. Los elementos de información y experimentación están sincronizados con los momentos de evaluación del programa del curso en una libre apropiación de conceptos y prácticas del docente autor durante el semestre.

Los estudiantes dan cuenta de la configuración y análisis del problema a partir de la búsqueda de información del tema de interés, y la definición de la transformación o acción por realizar para el cambio de estados inicial y final de la situación problemática. A partir de la definición de requerimientos y las restricciones explícitas en el caso o consideradas por el equipo, se concibe el caso de estudio en cuatro puntos claves: el problema general, la pregunta problema de Ingeniería, el objetivo de Ingeniería y el objetivo general a lograr.

Luego, cada uno de los estudiantes que integra el equipo de trabajo formula una propuesta de solución, y a partir de ellas hacen uso de la matriz de selección para la toma de decisiones según los criterios de evaluación técnica que correspondan. La alternativa ganadora, recibe la realimentación de todos a través de la malla receptora de información (Stanford d.School, 2013). Este insumo de diseño es comienzo del Análisis Técnico de Objetos (ATO) que sirve para identificar funcionalidad, forma, funcionamiento, uso y contexto de las características y propiedades internas y externas de la solución, documento que se va mejorando en la medida en que madura la idea hasta su entrega final.

La implementación de la solución inicia con la planificación de recursos materiales y temporales estimados para la construcción de un modelo funcional (físico o virtual) a escala, y se realiza en dos momentos: un modelo alfa (para realimentación) corresponde a una primera aproximación de la solución que muestre algunas de las características de la solución que haya optado el equipo; y un modelo beta (para calificación) corresponde a la representación final de la solución al caso, con unas características evidentes de forma, funcionamiento y uso. Las evidencias fotográficas, gráficas y escritas hacen parte del seguimiento que realiza el profesor a los equipos de trabajo dentro y fuera de las horas de clase.

La entrega final se realiza con la presentación del dispositivo frente a los compañeros de clase, mostrando las características del producto como solución. Su operación debe cumplir con los parámetros de funcionamiento para que el profesor o cualquier otro estudiante lo utilicen según el manual de instrucciones. Debe estar acompañado de los planos a mano o con software de diseño con la mayor cantidad de detalles (identificación de partes y medidas), y con infografías que sintetizan el proceso (cómo lo hicieron) y el producto (qué hicieron). La evaluación técnica incluye los errores y aciertos cometido, las posibles mejoras y las reflexiones colectivas e individuales sobre la actividad de aprendizaje.

### **3. Producto académico**

Se presenta a continuación el resultado del RIC a través de las generalidades y particularidades del trabajo llamado “Flo-to: dispositivo de visibilidad en rescates marítimos”.

#### **3.1. Generalidades del caso**

Durante el período 2016-03, un equipo interdisciplinario de tres estudiantes de Ingeniería Ambiental, Biomédica y Multimedia de la Universidad Autónoma de Occidente eligió libremente el entorno Social para enfocarse en la seguridad y la salud de los viajeros y expedicionarios en situaciones de supervivencia en océanos, inspirados en los buzos desaparecidos en la Isla de Malpelo, Valle del Cauca, Colombia, el pasado 31 de agosto de 2016.

Sobre ese contexto real, se concibió el problema de Ingeniería a través de una pregunta: ¿Cómo facilitar la ubicación de las personas extraviadas a mar abierto? El objetivo de Ingeniería fue, entonces, diseñar y construir un dispositivo que permitiera localizar a un náufrago en el océano al incrementar su rango de visibilidad sin usar tecnologías de comunicación, con el propósito de aumentar las probabilidades de supervivencia en el poco y valioso tiempo de búsqueda de los equipos de rescate.

Luego de buscar información relacionada con situaciones similares y analizar las variables del problema, cada integrante presentó una alternativa de solución al caso de estudio con la originalidad de un estudiante de primer semestre de Ingeniería. Las propuestas se explicaron con un ATO y un boceto con la mayor cantidad de detalles posibles, para luego elegir la que mejor cumplía los criterios técnicos de evaluación propuestos. La propuesta ganadora se construyó con un modelo a escala real con materiales y características técnicas cercanas a la idea original tanto en forma como en funcionamiento.

Este proyecto es un ejemplo de Ingeniería aplicada desde la observación, creatividad y motivación de jóvenes estudiantes de primer semestre, y se espera que el desarrollo de esta propuesta se consolide en un prototipo funcional que facilite las tareas de rescate de la guardia costera para salvar las vidas de los náufragos de embarcaciones que transiten a mar abierto o aquellos resultantes de accidentes aéreos en el mar o amarizajes en cualquier parte del mundo.

#### **3.2. Particularidades del caso**

En lugares como Estados Unidos de América, o países europeos, se utilizan implementos para situaciones de supervivencia en el mar como botes salvavidas, chalecos inflables o de espuma para la flotación, kits de supervivencia con elementos de primeros auxilios, localización (como bengalas, espejos, linternas, silbatos, barras luminosas y brújulas), alimentos no perecederos e hidratación. Cuando una persona se encuentra perdida en el mar, se enfrenta con situaciones que atentan contra su vida como la deshidratación, la insolación, la falta de comida, fuertes mareas, tormentas, animales marinos peligrosos, la exposición prolongada al agua salobre, hipotermia, desequilibrio psicológico debido a la desesperación, frustración, miedo y desesperanza de no ser encontrado, no encontrar ayuda o morir.

**EL RETO DE INGENIERÍA Y CREATIVIDAD COMO PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE.  
CASO “FLO-TO: DISPOSITIVO DE VISIBILIDAD EN RESCATES MARÍTIMOS”**

Ante las situaciones de naufragios o pérdidas de individuos en océanos por diversas razones, ya sea que provengan de viajes comerciales o expediciones, uno de los mayores retos y prioridades al momento en que ocurre un accidente es ubicar rápidamente al individuo perdido en la inmensidad del mar, situación que es difícil dado a que cuando éste está sumergido o flotando en él sin botes salvavidas, se muestra como un punto pequeño difícil de diferenciar perdido en la vastedad del entorno, complejizando su visibilidad para los organismos de búsqueda y rescate marítimo o aéreo que lo estén intentando localizar (Ver Figura 1).



Figura 1: Imágenes de un rescate marino. El náufrago se ve como un punto pequeño. Fuente: El Tiempo.

Se planteó la situación de un viajero o expedicionario que se pierde en el mar o cae en él por razones diversas, y que cuenta con el chaleco salvavidas para mantenerse a flote. Para la generación de esta alternativa de solución, se llevó a cabo un análisis de diferentes escenarios en los que se podría encontrar presente el individuo y el dispositivo, junto a las características que se tendrían que tener en cuenta para su optimización, tales como la influencia de la marea en el movimiento involuntario del individuo, las horas de vida aproximadas, la energía que puede reservar y manejar el individuo para no cansarse tan rápido (entre menos trate de moverse para intentar flotar, más energía tendrá para resistir), y los límites que tienen los organismos de rescate frente a las búsquedas diurnas y nocturnas, en los cuales están el combustible, la dificultad de visibilidad del objeto de búsqueda a diferentes distancias desde un avión o desde un barco, y la corta disponibilidad que tienen éstos para buscar a alguien por muchas horas.

Con la información anterior, se hace un análisis de las variables de estudio para comprender la situación problemática a atender desde la Ingeniería (ver Tabla 1).

Elemento a analizar	Breve descripción
Estado A	Expedicionarios y viajeros que se encuentran perdidos en océanos, donde se presentan condiciones que ponen en peligro sus vidas.
Estado B	Expedicionarios y viajeros que al perderse logran sobrellevar estas condiciones, aumentando las posibilidades de supervivencia.
Transformación	Para pasar del estado inicial (a) al estado final (b), se debe crear una herramienta que facilite la supervivencia del individuo en uno de los contextos mencionados.
Restricciones	No atentar contra la vida y seguridad de la persona; no se pueden utilizar medios que requieran redes inalámbricas (debido a que en estos lugares inhóspitos no las hay); y No desperdiciar recursos vitales.



**EL RETO DE INGENIERÍA Y CREATIVIDAD COMO PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE.  
CASO “FLO-TO: DISPOSITIVO DE VISIBILIDAD EN RESCATES MARÍTIMOS”**

	final, en tela náutica (al igual que el cuello) impermeable de color gris reflectante. Una vez se encuentra desplegado en su totalidad, adquiere una forma similar a una flor de loto con los 9 brazos distribuidos radialmente alrededor del cuello. El diámetro final del objeto inflado (de la punta de un brazo a la del opuesto) es de 2,4 m. En el lado derecho frontal del cuello se encuentra unida una manguera de 48 cm de largo y 1 cm de diámetro y en el izquierdo un pequeño sistema de boquilla plástica manual.
<b>Funcionamiento</b>	Al contar con dos sistemas diseñados para ser inflado, uno semiautomático y uno manual, se puede elegir el de mayor comodidad o mayor adaptación. En el primero, la cápsula de CO <sub>2</sub> se gira en el sentido de las manecillas del reloj para permitir el paso de aire al cuello a través de la manguera, utilizando la válvula para regularlo. Esta acción de girar la cápsula permite que se libere el CO <sub>2</sub> al interior del cuello, inflándolo junto a los 9 brazos unidos a éste que se despliegan debido a la presión del gas hasta ser inflados completamente. Para el segundo, lentamente se comienza a soplar por la boquilla para hacer que éste se extienda en su totalidad. Una vez se encuentre satisfecho con el volumen que ha alcanzado se debe cerrar la boquilla plástica presionando su tapa o en su defecto asegurar la manguera transparente.
<b>Uso</b>	En el momento en que el individuo se encuentra en una condición de emergencia, perdido y flotando en medio del océano después de un accidente o una situación que pone en riesgo su vida, puede accionar el sistema de inflado que libera el aire de manera semiautomática por medio de una cápsula, la válvula y la manguera junto al chaleco salvavidas, o manualmente soplando por la boquilla, para que de este modo se infle el cuello junto con los brazos flotantes reflectante. Estos brazos flotantes, además de aumentar la visibilidad del naufrago, mejoran la flotabilidad del individuo y lo ayudan a que no gaste su energía manteniéndose a flote.
<b>Contexto</b>	Se cuenta con un tiempo limitado de búsqueda, y es necesario reservar su energía vital para facilitar su supervivencia. En el vasto océano, cuando un individuo, viajero o expedicionario, se pierde o naufraga por diversas circunstancias y no tiene bote salvavidas, pero si hay organismos de búsqueda y rescate que lo están tratando de ubicar, la amplitud de su área visible frente a estos es fundamental para aumentar las posibilidades de ser encontrado rápidamente.

Tabla 2. Elementos principales del Análisis Técnico de Objetos (ATO) de Flo-to. Fuente: autores.

En la Tabla 3 se presentan algunos elementos de la evaluación técnica de Flo-to considerados desde el inicio hasta el fin del trabajo realizado.

Componente	Proceso	Producto
<b>Aciertos</b>	Haber hecho pruebas preliminares con diferentes materiales, nos permitió evitar errores más adelante en el proceso.	Se logró desarrollarlo a escala real, con las medidas estimadas previamente, y que funcionara muy bien al inflarlo.
<b>Errores</b>	No tener un lugar adecuado de trabajo en la universidad o fuera de ella, lo que volvió lento e incómodo el proceso de diseño.	No se logró en un dispositivo hermético a larga duración (aunque estuvo muy cerca de serlo), debido a los pliegues del material.
<b>Mejoras</b>	Optimizar el tiempo como equipo para que el trabajo sea agradable, eficiente, colaborativo y divertido.	Encontrar la tela náutica de las dimensiones necesarias para evitar tantas costuras y reducir las fugas con uniones termocortadas

Tabla 3. Síntesis de la matriz de operación de la alternativa de solución. Fuente: autores.

#### 4. Reflexiones

La Tabla 4 presenta algunos comentarios personales de los estudiantes autores sobre la actividad de aprendizaje, junto con la conclusión del docente autor sobre el caso de estudio.

**EL RETO DE INGENIERÍA Y CREATIVIDAD COMO PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE.  
CASO “FLO-TO: DISPOSITIVO DE VISIBILIDAD EN RESCATES MARÍTIMOS”**

Autores	Apropiación del aprendizaje
<b>Lina Juliana</b>	“Es bastante curioso ver que siempre nos tomábamos demasiado tiempo en terminar lo que estábamos haciendo, en un trabajo eran uno o dos días seguidos quedándonos en la universidad para poder presentarlo, y lo que más me llamaba la atención es que pese a la tardanza entregábamos buenos resultados”.
<b>Sebastián</b>	“Todos analizábamos juntos cada situación y nos esforzábamos en resolverla. Entonces, cuando el que llevaba el hilo creativo en un momento se detenía, uno de los otros rápidamente concebía una solución al pequeño obstáculo que lo detenía, y se tomaban los mejores de los caminos que cada uno consideró”.
<b>Isabella</b>	“Me llamó la atención el hecho de que dentro del gran reto de crear a Flo-to me propuse muchos retos pequeños personales para mejorar mi trabajo, y poner de mi parte para obtener los mejores resultados posibles. Aprendí muchas cosas de mis compañeros, encontrando que tenemos muchas cosas en común, que son personas geniales y que hacemos un buen equipo”.
<b>Darío Esteban</b>	“Probar el Reto Carabás es el chance de sentirse un profesional de Ingeniería creyendo que es posible lograrlo, y que tanto para los estudiantes como para el docente a cargo, el gusto, la organización, la comunicación, la disciplina y las ganas son la clave para hacerlo y hacerlo bien”.

Tabla 4. Consideraciones sobre lo que se aprendió en la experiencia del RIC. Fuente: autores.

## 5. Referencias

### Libros

- Grech, Pablo. (2013). Introducción a la Ingeniería: un enfoque a través del diseño. 2ª edición, Colombia: Pearson.
- Krick, Edward. (1978). La Ingeniería y el diseño en la Ingeniería Tradicional. Introducción a la Ingeniería y al Diseño en la Ingeniería.
- Universidad Autónoma de Occidente. (2015). Proyecto Educativo Institucional. Problematización de la Realidad. Vicerrectoría Académica. Cali, Colombia.
- Von Oech, Roger (2010). A Whack On The Side Of The Head: How You Can be More Creative.

### Fuentes electrónicas

- CDIO Initiative. (2001). The Worldwide CDIO Initiative. Disponible en: <http://www.cdio.org/>
- Observatorio de Innovación Educativa, (2015). Reportes EDU Trends. Aprendizaje Basado en Retos. Tec de Monterrey. Disponible en: <https://observatorio.itesm.mx/edutrendsabr/>
- Stanford D.School. (2013). The feedback capture grid. Disponible en: <https://dschool.stanford.edu/>
- U.S. Department of Education. (2015). Science, Technology, Engineering and Math fields: Education for Global Leadership. Disponible en: <https://www.ed.gov/stem>

### Sobre los autores

- **Darío Esteban Recalde Morillo**. Profesor del Departamento de Innovación en Ingeniería. [derecalde@uao.edu.co](mailto:derecalde@uao.edu.co).

**EL RETO DE INGENIERÍA Y CREATIVIDAD COMO PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE.  
CASO “FLO-TO: DISPOSITIVO DE VISIBILIDAD EN RESCATES MARÍTIMOS”**

- **Lina Juliana Andrade Ospina**. Estudiante de cuarto semestre de Ingeniería Biomédica.  
[lina.andrade@uao.edu.co](mailto:lina.andrade@uao.edu.co).
  - **Sebastián Imery Almario**. Estudiante de cuarto semestre de Ingeniería Ambiental.  
[sebastian.imery@uao.edu.co](mailto:sebastian.imery@uao.edu.co).
  - **Isabella Moreno Ocampo**. Estudiante de cuarto semestre de Ingeniería Multimedia.  
[isabella.moreno@uao.edu.co](mailto:isabella.moreno@uao.edu.co).
- 

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

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)