

# Física: de lo conceptual a lo real en proyectos de Ingeniería Mecánica

Physics: from the conceptual to the real in mechanical engineering projects

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Mariana Valor<sup>1</sup> y Adrián Mauricio Masetro<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario, Zeballos 1341, S2000BQA Rosario, Santa Fe. Argentina.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Básicas - Física, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario. Rosario, CP 2000, Santa Fe. Argentina.

E-mail: marianavalor@hotmail.com

## Resumen

En este trabajo se presenta, mediante el relato ilustrativo de cuatro años de experiencias áulicas, un modelo de aprendizaje basado en proyectos, en el que los estudiantes se enfrentan al desafío del diseño en ingeniería a través del proyecto integrador de la asignatura Ingeniería Mecánica I del primer año de la carrera Ingeniería Mecánica. Este proyecto pretende evaluar el desempeño de los estudiantes en el abordaje del problema de diseñar, construir y probar un prototipo; aplicando el proceso de diseño en ingeniería, generando soluciones utilizando la lluvia de ideas, estimando tiempos y costos, diseñando la solución óptima aplicando los conocimientos obtenidos en este curso y en las asignaturas horizontales. Los cuatro proyectos que se explicitan en este trabajo evidencian la aplicación de la física en el ejercicio de la ingeniería, por lo que se concluye la relevancia de dichos proyectos en afianzar, a través de la articulación con las tecnologías, el aprendizaje y aplicación de las ciencias básicas desde el primer año de la carrera.

**Palabras clave:** Aprendizaje basado en proyectos; Ingeniería mecánica; Ciencias básicas.

## Abstract

This work presents, through the illustrative story of four years of classroom's experiences, a model of project-based learning, in which students face the challenge of engineering design through the integrating project of the subject Mechanical Engineering I of the first year of the career of Mechanical Engineering. This project aims to evaluate the performance of students in addressing the problem of designing, building and testing a prototype; applying the design process in engineering, generating solutions using brainstorming, estimating times and costs, designing the optimal solution applying the knowledge obtained in this course and in the horizontal subjects. The four projects that are explained in this paper demonstrate the application of physics in the engineering practice, so that the relevance of these projects in strengthening, through articulation with technologies, learning and application of the basic sciences from the first year of the career.

**Keywords:** Project-based learning; Mechanical Engineering; Basic sciences.

## I. INTRODUCCIÓN

La asignatura Ingeniería Mecánica I es la materia integradora correspondiente al primer año de cursado de la carrera Ingeniería Mecánica de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), según Plan 1994 adecuado. Y como tal, tiene entre sus funciones el integrar los conocimientos que se van adquiriendo, con la práctica profesional futura. Partiendo del hacer del trabajo ingenieril, integrar el saber con el hacer; relacionar los conceptos, procedimientos y actitudes profesionales a partir de situaciones problemáticas relacionadas con las actividades profesionales; provocar la necesidad de abordar nuevos saberes a partir de las limitaciones al confrontar el análisis de problemas profesionales; introducir interrogantes que incentiven al estudiante a buscar y encontrar soluciones para lo cual deba plantearse la necesidad de nuevos conocimientos; otorgar significado a los saberes que conforman los planes de estudio de la carrera.

Ingeniería Mecánica I es la primera materia del bloque de las integradoras y tiene la función de afianzar las competencias desarrolladas por el estudiante en el nivel medio: creatividad, interés por aprender, pensamiento crítico (capacidad de pensar con juicio propio) habilidad comunicacional, capacidad para resolver situaciones problemáticas, tomar decisiones, adaptarse a los cambios y trabajar en equipo, poseer pensamiento lógico y formal (CONFEDI, 2014). De modo de establecer una base sólida para la integración del estudiante a la etapa universitaria.

Diseñar estrategias que motivasen a los estudiantes en el seguimiento y desarrollo de esta asignatura, resultó en el desafío de plantear un *proyecto final integrador*. En el cual los estudiantes, organizados en grupos de trabajo (preferentemente de tres) y en forma simultánea con las demás tareas, deben diseñar la solución óptima para un problema planteado, definido por la cátedra, realizando actividades fuera de clase.

El proyecto integrador pretende evaluar el desempeño de los equipos respecto de las premisas fijadas por la cátedra, por lo que es único e implica una sana competencia por resolver, de la manera más eficiente, lo solicitado. Se desarrolla a partir del segundo cuatrimestre del cursado, cuando poseen las herramientas necesarias para la identificación de los fenómenos presentes en estructuras simples que pueden interpretarse desde la física, la matemática o la química.

## II. ANTECEDENTES

La cátedra de Ingeniería Mecánica I de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario (UTN-FRRO) planteaba, desde hacía mucho tiempo, la implementación de un proyecto integrador al finalizar el curso. Los proyectos eran a elección de cada estudiante, por lo que no revestían el mismo grado de complejidad, ni todos contemplaban conceptos fundamentales de las ciencias básicas, para el desarrollo y la evolución de los futuros profesionales de la Ingeniería. En consecuencia, tampoco podían tratarse adecuadamente aquellos conceptos que involucraban.

Desde el año 2015, al cambiar el equipo de docentes responsables de la cátedra, se planteó un único proyecto, integrado a una competencia, con la finalidad de mostrar y justificar la solución adoptada. En esta nueva propuesta se encontró mayor motivación de los estudiantes y la posibilidad de trabajar en concreto, conceptualizando desde la física y la matemática, en un aprendizaje basado en proyectos.

## III. METODOLOGÍA

Si bien el Aprendizaje Basado en Proyectos tiene un enfoque *constructivista* (Maldonado Pérez, 2008), ya que los estudiantes aprenden construyendo nuevas ideas o conceptos, en base a conocimientos actuales y previos, el modelo educativo elegido es el *endógeno*, que se centra en el estudiante y pone énfasis en el proceso permanente de la educación. El estudiante recibe la información, observa los ejemplos prácticos de la actividad real, y va descubriendo, elaborando la información y lo observado, recreando soluciones, adquiriendo experiencia y en esencia haciendo suyo el conocimiento. El objetivo de este modelo es que el sujeto piense, y que desarrolle autónomamente criterio propio. Modelo pedagógico que Paulo Freire, su principal inspirador, llama "Educación transformadora" y menciona que la educación verdadera es praxis, reflexión y acción del hombre sobre el mundo para transformarlo (PáezMartínez y otros, 2018). La concepción del modelo es formar, no solo informar, y desde el punto de vista pedagógico concibe al estudiante como el Sujeto de la Educación.

## IV. PROYECTOS INTEGRADORES

Elegir "el proyecto" implica, para quienes integran la cátedra de Ingeniería Mecánica I, un reto que conlleva definir un número importante de variables.

El proyecto debe ser sencillo a simple vista, pero con una complejidad intrínseca que estimule a los estudiantes a desplegar todas sus habilidades, desarrollar capacidades y trabajar en sus actitudes y valores; debe integrar conceptos relacionados con los saberes adquiridos y en proceso, de manera que los estudiantes den significación a esos conceptos mediante la modelización de la solución óptima; debe tener instrucciones, objetivos, premisas y restricciones claras y precisas para lograr enfrentar a los estudiantes a las demandas del mundo real; debe entretener, ser interesante, incentivar la creatividad, promover la responsabilidad, la autocrítica y el ejercicio del saber ser con la comunidad universitaria y su entorno.

Los estudiantes se organizan en grupos, de no más de tres integrantes, y trabajan en pos de cumplir con los objetivos fijados para cada proyecto, con el acompañamiento de sus docentes.

El proyecto se evalúa tanto durante el desarrollo, con la participación en clase, la entrega de la documentación y la defensa de la solución adoptada; como en la exhibición del prototipo en el evento final. Las características del modelo que serán evaluadas se establecen desde el principio de la presentación del proyecto, junto con los objetivos, plazos, premisas y restricciones.

**A. Primer proyecto: proyecto barrilete**

Los barriletes son un vehículo magnífico para el aprendizaje de una variedad de temas. Los tópicos pueden ir desde el uso creativo de los gráficos y colores, hasta la historia, física, aerodinámica y análisis matemático, desde artesanías a artes plásticas, así como también explorar los pensamientos más inspirados asociados al vuelo de los barriletes. Benjamín Franklin, Jacques de Romas, Johann Albert Euler, entre otros, dieron al barrilete el carácter de objeto científico (Suay Bellenguer, 2008).

**A.1. Modelización de un barrilete plano y preguntas guía vinculadas a física**

Un barrilete se define como una superficie rígida rectangular plana de área (S), que se expone al viento inclinada por medio de una brida, estructura funicular, que sirve para unir el barrilete con el hilo que sostiene el piloto situado en el suelo (Suay Bellenguer, 2012).

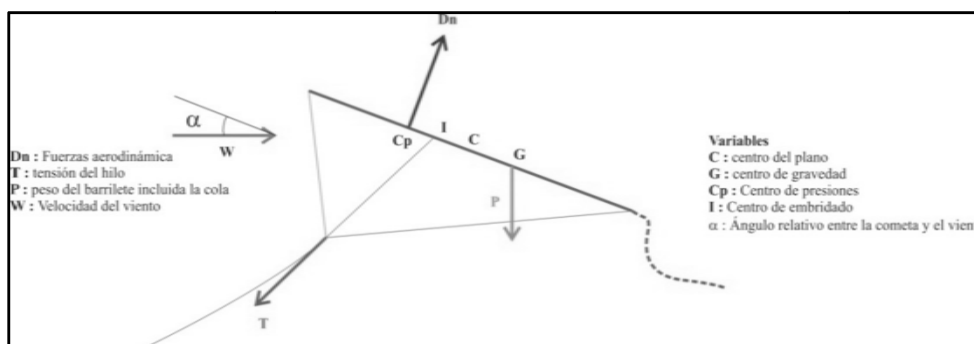


FIGURA 1. Fuerzas y dimensiones en una cometa plana ideal.

- ¿Cómo consigo controlar un barrilete?
- ¿Por qué vuela un barrilete?
- ¿Qué sucede con la velocidad del viento?
- ¿Por qué aparece la fuerza normal al plano del barrilete  $D_n$ ?
- ¿Cómo se genera la sustentación?
- ¿Qué es el ángulo de ataque crítico?
- ¿Qué variables puedo modificar? ¿Cómo?
- ¿Cómo podemos medir la altura máxima a la que llega un barrilete?

**A.2. Reglas del proyecto**

Cada grupo deberá diseñar, construir y remontar un barrilete, siguiendo las premisas fijadas por la cátedra. Todo el proceso deberá estar documentado y presentado, según cronograma establecido.

Premisas y restricciones:

- Se podrán construir solo dos estilos de barriletes con sus respectivas variantes: planos o curvos, de un solo hilo.
- La gráfica del barrilete deberá ser alusiva a la UTN-FRRo, dejando a libre criterio de los alumnos los colores y agregado de logotipos o imágenes.
- La superficie proyectada de la vela menor o igual a  $0.50 \text{ m}^2$ , no será penalizada. Para superficies mayores, el porcentaje de excedencia se descontará de la altura alcanzada por el barrilete en la exhibición.

**A.3. Evaluación del proyecto durante la exhibición**

Las características a evaluar en el barrilete, durante su vuelo en el parque, serán la estética y diseño, la altura de elevación, el peso, el costo, estabilidad de vuelo y asimetría.

Durante la exhibición, dos de los estudiantes que conforman cada grupo se ocuparán de remontar el barrilete construido, mientras que el tercer estudiante integrará el jurado de evaluación y desempeño de los equipos, colaborando en tareas de medición y control.



FIGURA 2. De izquierda a derecha: predio con alumnos; profesores evaluando; foto grupal con barriletes.

## B. Segundo proyecto: móvil impulsado por proyectil.

Galileo pudo resolver el problema del tiro de proyectiles en un medio no resistente de manera estrictamente geométrica. Se basó en experimentos simples, que solo precisan planos bien pulidos, bolas casi esféricas y reglas para medir (lo que podía fabricarse en albores del siglo XVII). Reconoció la importancia del análisis matemático en la comprensión física de uno de los fenómenos más complicados, el movimiento de los cuerpos (Álvarez y Posadas, 2003).

### B.1. Modelización del recorrido de un proyectil que alcanza un móvil y preguntas guía vinculadas a física

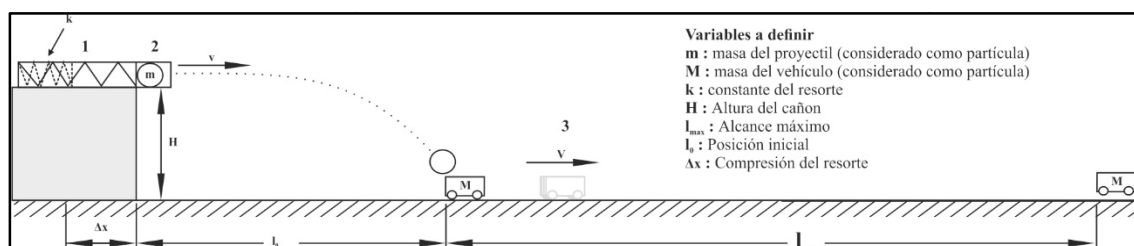


FIGURA 3. Proyectil que alcanza a un vehículo modelizado como partícula.

- ¿Qué trayectoria describe el proyectil?
- ¿Cómo relaciono el ángulo de incidencia del disparo del proyectil y el punto de impacto con el móvil?
- ¿Puedo modificar la velocidad del proyectil? ¿Cómo la mido?
- En el contacto proyectil - móvil, ¿qué tipo de choque se produce?
- ¿Qué porcentaje de energía cinética se transfiere del proyectil al móvil, o al conjunto proyectil-móvil?
- ¿El tipo de choque es una variable que puede modificarse?
- Estabilidad, ¿cómo consigo controlar un móvil?
- Fuerza de rozamiento, ¿dónde está presente?
- ¿Qué es el rozamiento por rodadura?

### B.2. Reglas del proyecto

Cada grupo deberá diseñar, construir y accionar un móvil que será impulsado por un proyectil, siguiendo las premisas fijadas por la cátedra. Todo el proceso deberá estar documentado y presentado, según cronograma acordado.

Premisas y restricciones:

- El proyectil será disparado por un cañón ubicado en una posición fija en cuanto a altura y coordenadas de su base, pero ajustable a voluntad en cuanto al ángulo inicial de disparo.
- El móvil debe partir del reposo y estar apoyado en el suelo.
- El proyectil será el único elemento que impulsará al móvil.
- El diseño del móvil debe responder a una única unidad indivisible.
- La gráfica del móvil deberá ser alusiva a la UTN-FRRo. Quedan a criterio de los alumnos: colores, tamaño y forma del móvil, así como el agregado de logotipos o imágenes.

### B.3. Evaluación del proyecto durante la exhibición.

En la exhibición se evaluarán y puntuarán 3 aspectos: a) *distancia recorrida*: la prueba consiste en medir la distancia recta, colineal con el eje del cañón, recorrida por el móvil, medida desde el punto material más próximo al cañón; b) *costo*: a menor costo del proyecto mayor puntaje; y, c) *diseño*: se apreciarán creatividad, originalidad y estética del prototipo. Se harán 3 comprobaciones y se elegirá la mejor.



FIGURA 4. De izquierda a derecha: alumnos con el disparador; exposición de móviles; foto grupal.

### C. Tercer proyecto: vehículo anfibio impulsado por un péndulo

Construir y estudiar un vehículo impulsado por la energía de un péndulo con la capacidad de sortear ciertos obstáculos y quedar flotando en un fluido, tiene por objetivo el aprendizaje de una amplia variedad de temas. Por ejemplo, los péndulos son un móvil magnífico para el estudio de la conservación de energía (Bedford y Fowler, 2008).

#### C.1. Modelización del recorrido de un vehículo que es impulsado por un péndulo por un plano inclinado y preguntas guía vinculadas a física

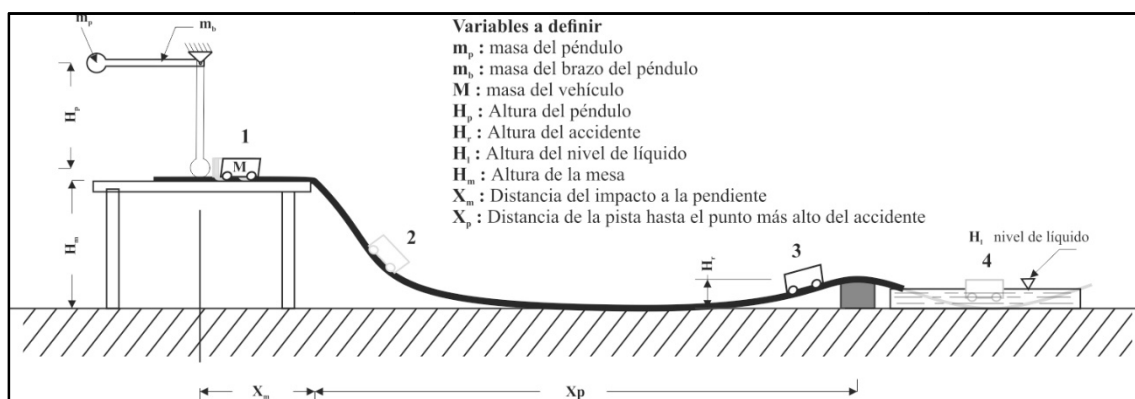


FIGURA 5. Recorrido realizado por el vehículo modelizado como partícula.

- ¿Qué es un péndulo?
- ¿El ángulo desde donde se suelta la masa del péndulo interviene en la velocidad adquirida? ¿Cómo?
- ¿Cómo puedo medir la energía del sistema péndulo un instante antes del choque con el móvil?
- En el contacto masa péndulo-vehículo, ¿qué tipo de choque se produce?
- ¿Qué sucede con la energía en el choque?
- ¿El tipo de choque es una variable que puede modificarse?
- Estabilidad, ¿cómo consigo controlar la trayectoria de un vehículo?
- Fuerza de rozamiento, ¿dónde está presente? y ¿Qué es el rozamiento por rodadura?
- Flotación, ¿cuáles son las variables que pueden ajustarse para que un objeto flote?

#### C.2. Reglas del proyecto

Cada grupo deberá diseñar, construir y accionar un móvil (con opción a 2 modelos como máximo), siguiendo las premisas fijadas por la cátedra. Todo el proceso deberá estar documentado y presentado, según cronograma acordado.

Premisas y restricciones

- El péndulo estará ubicado en una posición fija en cuanto a altura y coordenadas de su base, pero ajustable a voluntad en cuanto al ángulo inicial de movimiento entre 0 y 90°.
- El vehículo debe partir del reposo y estar apoyado en la chapa.
- El péndulo será el único elemento que impulsará al vehículo, el mismo no debe tener energía almacenada.
- El diseño del vehículo debe responder a una única unidad indivisible.
- La gráfica del vehículo deberá ser alusiva a la UTN–FRRO, dejando a libre criterio de los alumnos colores, tamaño y forma del vehículo, como también el agregado de logotipos o imágenes.

C.3. Evaluación del proyecto durante la exhibición

Para considerar valido el proyecto y establecer el puntaje final, el vehículo anfibia impulsado por el péndulo deberá realizar el recorrido previsto y demostrar su condición de flotabilidad durante 1 minuto como mínimo. Se considerará un tiempo de 20 segundos, desde la entrada a la batea, antes de cronometrar el minuto de flotación. El vehículo no debe volcarse durante el recorrido ni en el minuto de flotación. En este aspecto, cada equipo podrá realizar hasta 3 lanzamientos, lo que les permitirá descartar los que no clasifican o, en caso de tener más de un lanzamiento positivo, elegir el que consideren mejor para la puntuación.

En la exhibición se evaluarán y puntuarán 3 aspectos: a) *tiempo* en cumplir el recorrido, que consiste en medir el tiempo entre que se acciona el péndulo y el vehículo llega al recipiente con agua; b) *costo*: a menor costo del proyecto mayor puntaje; y, c) *diseño*, se apreciarán creatividad, originalidad y estética del prototipo. Se efectuarán 3 comprobaciones y se elegirá la mejor de las 3.



FIGURA 6. De izquierda a derecha: alumnos operando el péndulo; exposición de móviles; foto grupal.

D. Cuarto proyecto: móvil a través de un bucle

El diseño y la construcción de dispositivos de uso cotidiano hacen necesario un conocimiento profundo de la física subyacente al diseño de tales dispositivos y de modelos matemáticos para predecir su comportamiento. Construir y estudiar un móvil impulsado por la energía de un resorte con la capacidad de atravesar un bucle y despegar desde una rampa al final del mismo, alcanzando la máxima distancia posible, tiene por objetivo que los estudiantes de ingeniería comiencen a aprender cómo analizar y predecir los comportamientos de los sistemas físicos.

D.1. Modelización del recorrido de un vehículo y preguntas guía vinculadas a física

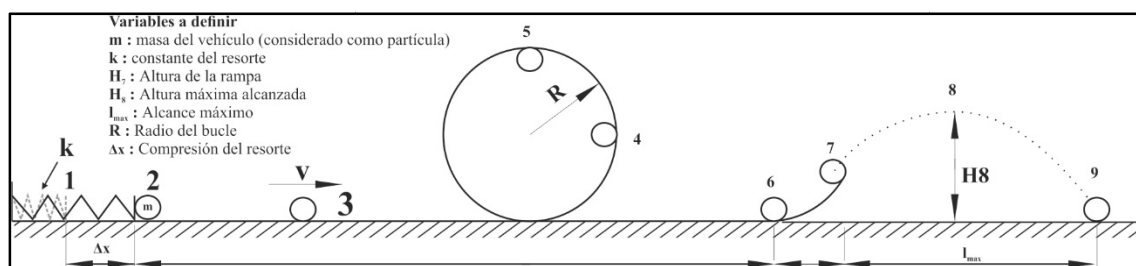


FIGURA 7. Recorrido realizado por el vehículo modelizado como partícula.

- ¿Cómo puedo calcular la constante del resorte?
- ¿Qué velocidad mínima  $v$  tiene que adquirir el vehículo para pasar por 5?
- ¿Qué sucede con el rozamiento?
- ¿La distancia máxima en 9 depende de la masa del vehículo?
- ¿Todos los cálculos teóricos se verifican con la realidad?

## D.2. Reglas del proyecto.

Cada grupo deberá diseñar, construir y accionar un móvil (con opción a 2 modelos como máximo), siguiendo las premisas fijadas por la cátedra. Todo el proceso deberá estar documentado y presentado, según cronograma establecido.

Premisas y restricciones:

- La pista estará ubicada en una posición fija en cuanto a altura y coordenadas de su base.
- El resorte estará ubicado en una posición fija en cuanto a altura y coordenadas de su base, se comprime una longitud fija establecida y se dispara con un disparador manual único.
- El móvil debe partir del reposo y estar apoyado en la pista.
- El resorte será el único elemento que impulsará al móvil, este último no debe tener energía almacenada.
- El diseño del móvil debe responder a una única unidad indivisible.
- La gráfica del móvil deberá ser alusiva a la UTN-FRRo, dejando a libre criterio de los alumnos colores, tamaño y forma del móvil, como también el agregado de logotipos o imágenes.

## D.3. Evaluación del proyecto durante la exhibición

En la exhibición se evaluarán y puntuarán 3 aspectos: a) *cumplimiento del recorrido*: la prueba consiste en verificar el correcto cumplimiento del recorrido de la pista (incluido el bucle y la rampa final de salida) debiendo el móvil permanecer en contacto con la misma durante todo su trayecto hasta despegar de la rampa, una vez cumplido el recorrido y posterior salto desde la rampa, se medirá la distancia alcanzada desde que abandona la pista hasta que se detiene finalmente; b) *costo*: a menor costo del proyecto mayor puntaje; y, c) *diseño*, se apreciarán creatividad, originalidad y estética del prototipo. Se realizarán 3 comprobaciones y se tomará la mejor de las 3.



FIGURA 8. De izquierda a derecha: vehículo saltando rampa; móvil en posición de disparo; foto grupal.

## V. CONCLUSIONES

Ingeniería Mecánica I, como materia integradora, articula con las demás asignaturas del primer año y es parte del troco principal del diseño curricular de la carrera. En consecuencia, demanda de dichas materias saberes fundamentales para incentivar en los estudiantes una participación actitudinal dentro de la carrera. En el contexto de REF XXI, solo se hará hincapié respecto de la interacción con la asignatura Física I.

Los estudiantes aplican las capacidades adquiridas en las asignaturas horizontales, en los planteos matemáticos, físicos, o de diseño, que conforman los aspectos de análisis, metodologías básicas de resolución de problemas y toma de decisiones en ingeniería (Grech, 2013). Como ejemplo, en la resolución de problemas de Física I, realizan los cálculos de determinadas experiencias, que pueden luego ser representados por modelos icónicos o de simulación, con posterioridad los optimizan y verifican, y logran, así, encontrar las variables de entrada y salida, las restricciones reales y ficticias, y todas las demás variables que conforman un problema ingenieril (Krick, 1994).

En definitiva, el proceso que involucra al aprendizaje basado en proyectos va más allá de la resolución de problemas, ya que desafía a encontrar la mejor solución para una necesidad planteada, incentivando a los estudiantes al trabajo grupal, como modo de apoyarse en los saberes del otro, cooperar y colaborar para lograr el objetivo común, evolucionando continuamente y planteándose nuevos desafíos que conducen al desarrollo de las habilidades evidenciadas en el saber cognitivo (conceptualización y cálculos), saber hacer (elaboración de prototipo, exposición y competencia) y saber ser (trabajo en equipo, respeto por el otro).

En el desarrollo de estos proyectos se logró establecer un *patrón de trabajo* basado en una secuencia de preguntas que interpele a los estudiantes a aplicar los contenidos de Física I, así como de las demás materias horizontales.

Este panorama hace necesario establecer un compromiso para las asignaturas del mismo nivel y por ende de los niveles superiores, donde los estudiantes deberán utilizar en forma profunda y sistemática todos los conocimientos, competencias y habilidades adquiridas en el primer año de la carrera. En este contexto se cree imprescindible que la materia participe en las reuniones periódicas que convoca la coordinadora de Ciencias Básicas.

## REFERENCIAS

- ÁlvarezG. y Posadas V. (2003). La obra de Galileo y la conformación del experimento en la física. *Revista mexicana de la física*, 49(1),61-73.
- Bedford, A.y Fowler, W.(2008). *Mecánica para ingeniería. Dinámica*. Méjico: Pearson Educación.
- CONFEDI. (2014). *Competencias en ingeniería*. Documentos de CONFEDI. Argentina: Universidad Fasta.
- Grech, P. (2013). *Introducción a la ingeniería. Un enfoque a través del diseño*. Colombia: Pearson.
- Krick, E. (1994). *Introducción a la ingeniería y al diseño en ingeniería*. Méjico: Limusa.
- Maldonado Pérez, M. (2008). Aprendizaje basado en proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior. *Laurus*, 14(28),158-180.
- Páez Martínez, R. M., Rondón Herrera, R. M. y Trejo Catalán, J. H. (Ed.)(2018).*Formación docente y pensamiento crítico en Paulo Freire*. Buenos Aires: CLACSO.
- Suay Belenguer, J.M.(2008). Los Molinos y las Cometas de Mr. Euler Le fils. Modelos matemáticos para las máquinas hidráulicas en el siglo XVIII. *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, 9, 117-144.
- Suay Bellenguer, J. M. (2012). Estudio de la mecánica del vuelo de una cometa plana ideal de un solo hilo. *Latin American Journal of Physics Education*,6(3),423-438.