

Desarrollo de la competencia de resolución de problemas ingenieriles en clases de Física

Bettina Bravo¹, María Montero², Mabel Juárez³, Franco Solari⁴

bbravo@fio.unicen.edu.ar, kumontero@gmail.com, mjuarez@fio.unicen.edu.ar,
fjsorari@fio.unicen.edu.ar

¹ CONICET-Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Prov. de Bs. As. Av. Del Valle 5737, Olavarría, Buenos Aires, Argentina

² Instituto de Formación Docente N°22 "Adolfo Alsina", Ayacucho 2418, Olavarría, Buenos Aires, Argentina

^{3,4} Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Prov. de Bs. As. Av. Del Valle 5737, Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

Resumen

Con el propósito de contribuir a desarrollar la competencia de resolución de problemas ingenieriles y, a la vez, favorecer la comprensión de los conceptos, modelos, leyes y teorías relacionadas con la Mecánica Clásica se diseñó e implementó una propuesta de enseñanza en la asignatura Física I de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. La innovación consistió en incorporar problemas con características similares a los que suelen enfrentarse los ingenieros en el campo de su profesión para que los estudiantes puedan usar los conceptos y leyes de la Física y experimentar en la resolución de las situaciones planteadas.

Para evaluar la propuesta en relación con los aprendizajes y el nivel de desarrollo de competencia de resolución de problemas logrado por los estudiantes se llevó a cabo un estudio de investigación cualitativo, descriptivo, exploratorio e interpretativo.

En este trabajo se describen los problemas ingenieriles diseñados y se analizan los datos suministrados por las producciones elaboradas por los estudiantes y los datos extraídos de los foros de comunicación del Aula Virtual de la asignatura, donde interactuaron estudiantes y docente responsable durante el proceso de resolución de los problemas ingenieriles.

Los resultados obtenidos permitieron caracterizar modelos de resolución de los problemas ingenieriles e inferir el nivel de desarrollo alcanzado por cada uno de los grupos de estudiantes.

Palabras clave: Enseñanza; Aprendizaje; Física; Competencia de Resolución de Problemas; Problemas Ingenieriles

Teaching proposal for the development of engineering problem solving competencies in Physics classes

Abstract

In order to contribute to developing the competence of solving engineering problems and, at the same time, favor the understanding of the concepts, models, laws and theories related to Traditional Mechanics, a teaching proposal was designed and implemented in the Physics I subject at Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. The innovation consisted of incorporating problems with similar characteristics to those that engineers usually face in the field of their profession, so the students will be able to use the concepts and laws of Physics and experiment in solving the situations posed.

To evaluate the proposal, in relation to learning outcomes and the level of development of problem solving skill achieved by students, a qualitative, descriptive, exploratory and interpretive research study was carried out.

In this work, the engineering problems are described and the resultant data by the students' productions and by the communication forums of the Virtual Classroom, where students and the teacher in charge interacted during the process.

The results obtained allowed characterizing models for solving engineering problems and inferring the level of development reached by each of the groups of students.

The results obtained allowed to characterize models for solving engineering problems and infer the level of development reached by each of the groups of students.

Keywords: Teaching; Learning; Physical; Problem Solving Competition; Engineering Problems

Proposition d'enseignement pour le développement des compétences en résolution de problèmes d'ingénierie dans les cours de physique

Résumé

Afin de contribuer à développer la compétence de résolution de problèmes d'ingénierie et, en même temps, favoriser la compréhension des concepts, modèles, lois et théories liés à la mécanique classique, une proposition d'enseignement a été conçue et mise en œuvre dans la matière Physique I. à la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. L'innovation a consisté à intégrer des problèmes aux caractéristiques similaires à ceux auxquels les ingénieurs sont habituellement confrontés dans le domaine de leur profession afin que les étudiants puissent utiliser les concepts et les lois de la Physique et expérimenter en résolvant les situations soulevées.

Pour évaluer la proposition par rapport à l'apprentissage et au niveau de développement des compétences en résolution de problèmes atteint par les étudiants, une étude de recherche qualitative, descriptive, exploratoire et interprétative a été réalisée.

Dans ce travail, les problèmes d'ingénierie conçus sont décrits et les données fournies par les productions produites par les étudiants et les données extraites des forums de communication de la classe virtuelle du sujet sont analysées, où les étudiants et l'enseignant responsable ont interagi pendant le processus de résoudre les problèmes d'ingénierie.

Les résultats obtenus ont permis de caractériser des modèles de résolution de problèmes d'ingénierie et d'en déduire le niveau de développement atteint par chacun des groupes d'étudiants.

Mots clés: Enseignement; Apprentissage; Physique; Concours de résolution de problèmes; Problèmes d'ingénierie

1. INTRODUCCIÓN

La ingeniería es una de las profesiones pilares del siglo XXI, siglo que se caracteriza, especialmente, por los rápidos, constantes y vertiginosos avances científicos y tecnológicos. Como expresan Pozo y Monero (2009) “el ritmo de estos cambios hace casi imposible prever qué conocimientos específicos tendrán que saber nuestros estudiantes dentro de diez o quince años para poder afrontar las demandas que el ejercicio de su profesión les reclame”. Ante esta realidad, parece inminente que los alumnos universitarios no sólo conozcan y comprendan los conocimientos específicos vinculados con su futuro quehacer profesional, sino también que sepan utilizarlos de manera estratégica y competente en contextos sociales – profesionales complejos, inciertos y en continuo cambio (Pozo y Pérez Echeverría, 2009).

En esta línea, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) en el año 2006, acordó que “el ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer” y que ese saber hacer “no surge de la mera adquisición de conocimientos, sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, etc. que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje para que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su desarrollo” (CONFEDI, 2010, 2014). Atendiendo a ello, en el año 2018 se establecieron los “Estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de Ingeniería en la República Argentina” (CONFEDI, 2018), los que se fundamentan en un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante y un enfoque basado en competencias y descriptores de conocimiento. Entre las competencias tecnológicas vinculadas a las profesionales comunes a todos los ingenieros se encuentra la de identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

La importancia que se le asigna a la enseñanza de la resolución de problemas en carreras de ingeniería ha sido enfatizada por los criterios de evaluación planteados por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) desde el año 2002 donde se destaca dicha competencia como un indicador de la calidad del título de ingeniero. Ante esta prescripción, cada equipo docente ha tenido que reflexionar no sólo sobre qué se entiende por “problema” y qué estrategias implican su resolución sino, y sobre todo, si en su asignatura se resuelven problemas y cómo las estrategias didácticas y los procesos de evaluación implementados favorecen el desarrollo de dicha competencia (Jóver, 2003).

Centrándonos en el contexto de este trabajo, **enseñanza de la Física en carreras de ingeniería**, surgen muchas preguntas al respecto, como por ejemplo: ¿qué tipo de problemas se debería incluir en las clases de Física para favorecer el desarrollo de la competencia de resolución de problemas ingenieriles?, ¿qué nivel de desarrollo de esta competencia podrían alcanzar los estudiantes del ciclo básico de carreras científico - tecnológicas?, ¿en qué medida son capaces de resolver problemas ingenieriles durante este estadio inicial de la carrera?, ¿qué obstáculos aparecen al resolverlos?, ¿cómo debería diseñarse la enseñanza de las ciencias básicas en general, y de la Física en particular, para ayudarlos a superar esos obstáculos y favorecer un desarrollo gradual, paulatino y eficiente de la competencia deseada?...

Son múltiples las preguntas pero aún incipientes los trabajos (como los de Cukierman y Kalocai, 2019; Guisasaola, Ceberio, Almudí García y Zubimendi, 2011; Sánchez Soto, Moreira y Caballero Sahelices, 2011; Montero, Braunmüller, y Bravo, 2020) que abordan problemáticas relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de competencias relacionadas

con la resolución de problemas en las asignaturas de Física de carreras universitarias científico - tecnológicas¹.

Con el fin de realizar un aporte al respecto, trabajando en el marco del Proyecto de Investigación que nuclea a los autores de este trabajo², se rediseñó la propuesta de enseñanza (PE) que habitualmente se venía desarrollando en la asignatura Física 1³, con el fin de favorecer no sólo la comprensión de los conceptos, leyes y teorías relacionados con la Mecánica Clásica sino también el desarrollo de la competencia de resolución de problemas que demanden saberes afines al perfil profesional de un ingeniero. Para ello se diseñaron Problemas Ingenieriles (PI), problemas con rasgos similares a las que suelen encontrar los ingenieros durante el desarrollo de su profesión, cuyas características se detallan en el próximo apartado.

La implementación de estos PI fue acompañada de una investigación exploratoria que tuvo como objetivo indagar acerca de las dificultades y obstáculos que los estudiantes tienen al resolverlos como así también en qué medida la innovación favoreció el desarrollo de habilidades inherentes a la resolución de este tipo de problemáticas.

En este trabajo se describen los problemas ingenieriles diseñados, junto a una posible resolución de los mismos, y se presentan los resultados obtenidos al evaluar los protocolos de resolución de los estudiantes.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sobre los problemas ingenieriles

Para desarrollar esta propuesta, se adoptan la definición competencia, propuesta por el CONFEDI, entendida como la “capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales”. Esta definición señala que las competencias aluden a capacidades complejas e integradas que se relacionan con un saber teórico, contextual y procedimental (formalizado y

empírico), que en conjunto contribuyen a que los futuros profesionales se desempeñen de manera competente y socialmente comprometida.

Entre estas competencias se focaliza aquí en la de resolución problemas. Se entiende como tal a una tarea que una persona o grupo de personas necesitan o quieren resolver, para la cual no tienen un camino directo que lleve a esa solución (Pozo y Pérez Echeverría, 2009).

Coincidiendo con García y Rentería (2012), resolver un problema no sólo implica hacer uso de conocimientos conceptuales (específicos del tema estudiado) y procedimentales (como acotar el problema, formular hipótesis, diseñar y contrastar hipótesis a través de experimentos), sino también activar y aplicar procesos cognitivos (como analizar, identificar, comparar, clasificar, resumir, representar, relacionar variables, establecer analogías, elaborar conclusiones; evaluar) y procesos metacognitivos (como planear, evaluar, retroalimentar, diseñar, controlar, regular). La actividad de solución de problemas, entonces, integra todas las habilidades de pensamiento existente (Torres Merchán, 2011); permite crear, adquirir y transferir nuevos conocimientos; desarrollar capacidades y habilidades epistémicas (Pozo y Pérez Echeverría, 2009) y hasta aprender a aprender, (Pozo y Monero, 2009), habilidad que, dados los avances científico tecnológicos a los que hacíamos mención, resulta indispensable que desarrollen los estudiantes universitarios actuales.

La tarea resolución de problemas, se constituye en una compleja actividad que recorre diversas etapas (Polya, 1987) e involucra distintas capacidades. En el documento “Competencias de Ingeniería” de CONFEDI (CONFEDI, 2014) se propone el desarrollo de competencias genéricas las cuales se expresan desagregadas en capacidades. La competencia “Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería” requiere la articulación efectiva de las capacidades que se detallan en la tabla 1. En la misma se puede observar que cada una de estas capacidades implica que el estudiante “sea capaz de...”.

COMPETENCIA DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS INGENIERILES		
Etapas	Capacidades desagregadas	
Interpretación e identificación del problema	Capacidad para identificar y formular problemas	Ser capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Identificar el objetivo de la tarea o situación problemática. - Incluir el problema en una categoría teórica. - Evaluar el contexto del problema e incluirlo en el análisis. - Extraer información del enunciado, identificando datos explícitos e incógnitas. Obtener datos necesarios no dados explícitamente. - Establecer relaciones entre los elementos/variables involucradas y representarlas. (Formulación de manera clara y precisa).

1 Una búsqueda realizada en la base de datos ERIC con los descriptores “problem solving and physics and university” arroja (2010 – 2020) un total de 124 referencia.

2 PI+D+i Competencias Ingenieriles: estudio del aporte de las ciencias básicas al desarrollo de las capacidades desagregadas para la resolución de REIEC Año 16 Nro. 2 Mes Diciembre

Recepción: 19/10/2021

problemas y comunicacionales, financiado por la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA.

3 Primer curso de Física común a todas las carreras de ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA, donde se abordan temáticas de Mecánica Clásica. Asignatura cuatrimestral con 10 hs semanales.

Planificación y ejecución de un plan para resolver el problema	Capacidad para realizar una búsqueda creativa de soluciones y seleccionar criteriosamente la alternativa más adecuada	Ser capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Generar diversas alternativas de solución del problema. - Desarrollar criterios profesionales para evaluar las alternativas y seleccionar la más adecuada en un contexto particular. - Valorar el impacto sobre el medio ambiente y la sociedad, de las diversas alternativas de solución.
	Capacidad para implementar tecnológicamente una alternativa de solución	Ser capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Diseñar la solución tecnológica, incluyendo el modelado. - Incorporar al diseño las dimensiones del problema (tecnológica, temporal, económica, financiera, medioambiental, social, etc.). - Planificar la resolución (identificar el momento oportuno para el abordaje, estimar los tiempos requeridos, prever las ayudas necesarias, etc.). - Optimizar la selección y uso de los materiales y/o dispositivos tecnológicos disponibles para la implementación. Elaborar informes, planos, especificaciones y comunicar recomendaciones; controlar el proceso de ejecución.
Evaluación de resultados y acciones	Capacidad para controlar y evaluar los propios enfoques y estrategias para abordar eficazmente la resolución de los problemas	Ser capaz de: <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar los resultados, a la luz de las predicciones y del marco teórico, también el camino seguido. - Controlar el propio desempeño y saber cómo encontrar los recursos necesarios para superar dificultades. - Establecer supuestos, usar técnicas eficaces de resolución y estimar errores. - Monitorear, evaluar y ajustar el proceso de resolución del problema. - Usar lo que ya se conoce; identificar lo que es relevante conocer, y disponer de estrategias para adquirir los conocimientos necesarios.

TABLA I. Competencia de resolución de problemas ingenieriles

Enmarcándonos en el contexto de este trabajo (Física para carreras de ingeniería) consideramos indispensable que los estudiantes, durante su formación académica, se enfrenten y aprendan a resolver Problemas Ingenieriles (PI), definiendo como tales aquellos que se caracterizan por:

- involucrar situaciones reales⁴, familiares para los estudiantes y relacionados con su futuro perfil profesional, lo que las convertiría en un material potencialmente significativo y motivador para el estudiantado, aspecto crucial si se desea favorecer un aprendizaje significativo de los conceptos/leyes asociados (Ausubel, Novak, J.D. y Hanesian, 1978; Moreira, 2000).
- demandar al estudiante a que utilice sus conocimientos, con conciencia, consistencia y coherencia argumentativa. Dado que se concibe que un sujeto habrá comprendido un concepto/ley cuando es capaz de usarlo para nuevas tareas y/o en situaciones y contextos novedosos (Pozo, 2016) resulta de gran importancia generar estas instancias didácticas donde pueda y deba hacer uso crítico y deliberado del conocimiento construido para resolver una situación concreta.
- ser problemas indefinidos (Truyol y Gangoso, 2010; Tuyol, Gangoso y López, 2012) lo que significa que carecen de información necesaria para llegar a la solución y requieren que quienes resuelven se planteen objetivos para obtener

respuestas al problema planteado, por lo que las soluciones pueden obtenerse por diferentes caminos. Se incluyen en la categoría “problemas indefinidos”, aquellos problemas en los que la especificación del mismo es incompleta, aquellos para los cuales existen múltiples soluciones posibles que no son equivalentes, pero igualmente válidas, aquellos en los que no hay solución definitiva en la que los expertos puedan acordar, etc. Los problemas a los que se enfrentan los ingenieros en su desempeño profesional son del tipo "indefinido".

- demandar al estudiante que consiga información de diversas fuentes y recursos, juegue un rol activo en el proceso de buscar alternativas, investigue, proponga soluciones y analice situaciones de manera colaborativa, sirviéndose de las ventajas que le ofrecen las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación.

Consideramos que proponer la resolución de este tipo de problema estaría en concordancia con el modelo de enseñanza universitaria que hoy se propone implementar (Maquilón Sanchez y Hernández Pina, 2011), en tanto:

- está centrado en el estudiante, fomenta una actitud positiva hacia el aprendizaje y su autonomía y responde a las necesidades del mundo del trabajo y el contexto social;
- demandar al estudiante el uso crítico y coherente de conceptos, leyes, modelos y teorías abordados en la

⁴ Con situaciones reales nos referimos a aquellas que suceden o han sucedido realmente (PI1 y PI2) o que podrían desarrollarse en un contexto físicamente existente (PI3).

asignatura (como así también otros de índole tecnológicos que exceden a ésta, pero sobre los que el estudiante se verá “obligado” a indagar) lo que conducirá a la profundización/ consolidación/ evaluación del aprendizaje del saber de la Física involucrado (Bravo, 2008).

Con esta premisa en mente, se diseñaron tres PI y se incluyeron como tareas de aprendizaje en la asignatura Física I.

2.2. Sobre la enseñanza de la Física

La enseñanza impartida en la asignatura donde se incluyeron los PI se sustenta en una postura constructivista del aprendizaje, que reconoce a los estudiantes como los principales actores en el proceso de construcción de sus conocimientos (Moreira, 2000); construcción que se produce a partir de los saberes que ya poseen (formales o intuitivos) y que frecuentemente implica un cambio radical de modo de conocer (ontológico, epistemológico y conceptual) (Pozo, 2001). Este aprendizaje requiere de la guía del docente como mediador, de la interacción colaborativa entre pares y de materiales didácticos especialmente diseñados para favorecerlo.

En este marco, la PE se organizó siguiendo la secuencia didáctica que hemos llamado IDAS, en relación con las etapas que contempla: Iniciación, Desarrollo, Aplicación y Síntesis (Bravo, 2008, Bravo, Pesa y Braunmüller, 2021)⁵. La etapa de Iniciación tiene como objetivo que los estudiantes reconozcan qué saben, cómo explican el fenómeno cuyo estudio comienza a abordarse, para luego analizar y reflexionar acerca de cómo conocen, cuáles son las características primordiales de sus modos de conocer relacionadas, por ejemplo, con su origen intuitivo⁶ y cotidiano, su pragmatismo, su poder explicativo, los contextos de uso donde las concepciones intuitivas resultarían “útiles” y aquellos en los cuales sus ideas no permitirían la predicción, explicación y/o resolución de una situación problemática. La segunda instancia, llamada Desarrollo, implica el abordaje del saber de la Física a partir del saber que los estudiantes manifestaron en la instancia anterior. El carácter distintivo de esta etapa es que son los alumnos quienes, trabajando en equipo, participan activamente en la construcción de los conceptos y leyes, a partir de una metodología coherente con la que su construcción presenta. El docente en tanto desempeña el rol de guía y moderador del aprendizaje, implementando estrategias como⁷: supervisar el trabajo de los distintos grupos, guiar a los estudiantes en las observaciones, orientarlos con preguntas y promoviendo procesos de pensamiento, reflexión, retroalimentación; estimular la participación de los alumnos en la resolución de actividades; ayudarlos a analizar los datos, identificar regularidades en el comportamiento de las variables involucradas; utilizar las conclusiones arribadas por cada grupo para ayudarlos en el reconocimiento de las variables involucradas en la producción del fenómeno y de los procesos involucrados; llevar adelante una exposición dialogada que permita a los estudiantes compartir y discutir ideas propias con las

explicitadas por ella y así arribar juntos, a los principales conceptos que se pretenden enseñar.

La instancia de Aplicación, clave en este trabajo, es el momento que busca favorecer el desarrollo de habilidades inherentes a la resolución de problemas. Para ello, se propone el desarrollo de actividades que implican la transferencia de las “nuevas” concepciones en múltiples contextos y situaciones, planteadas siempre en términos de situaciones problemáticas que involucran escenarios y/o fenómenos conocidos y potencialmente significativos para los estudiantes. En primera instancia se plantean enunciados definidos cuya resolución implica aplicar de forma directa conceptos o leyes estudiados. Gradualmente se plantean problemas más abiertos que requieren la búsqueda de datos (en la bibliografía o a través de una actividad experimental) y la decisión de una estrategia de resolución. Hacia el final se propone la resolución de problemas más abiertos que implica la integración de diversos contenidos y la búsqueda bibliográfica de datos, información relevante y hasta nuevos conocimientos relacionados con la temática, la decisión del procedimiento a seguir y el análisis crítico de resultados.

Es en esta etapa de aplicación donde se propone la resolución de problemas ingenieriles que se describen en el próximo apartado.

Finalmente, la llamada instancia de Síntesis, involucra a los estudiantes en un proceso de explicitación respecto de lo que han aprendido, de cuáles fueron los cambios en sus puntos de vista, en su manera de conocer, de cuáles son las características del saber construido. Se busca en esta instancia favorecer que los alumnos adquieran actitudes críticas sobre el propio proceso de aprendizaje, que se reconozcan como el principal partícipe en él, que adquieran la habilidad no sólo de analizar qué aprendieron sino también cómo aprendieron, en un intento de reconocer y clarificar aquellas herramientas que podrán seguir usando para continuar aprendiendo.

3. LOS PROBLEMAS INGENIERILES DISEÑADOS

Se diseñaron tres problemas ingenieriles, cuyos enunciados se presentan a continuación. El primero de ellos (PI1) relacionado con la Dinámica del Movimiento Circular de una partícula; el segundo (PI2) con la Dinámica de un Sistema de Partículas y el Teorema del Trabajo y la Energía y el tercero (PI3) con la Dinámica de un Sólido Rígido.

PI1. Dados los frecuentes accidentes que suceden en la curva Paseo Dávila de la ciudad de Mar del Plata (como se observa en el video disponible en <https://www.lacapitalmdp.com/video-asi-fue-el-choque-que-termino-con-un-auto-en-la-pendiente-del-paseo-davila/>) el Secretario de Obras Públicas de la ciudad les solicita rediseñar la curva en cuestión para evitar los siniestros.

PI2. El siguiente es un fragmento de un perito sobre un accidente de tránsito entre un auto y una moto. En base a la información aportada deberán decidir, justificadamente, si el conductor del vehículo debe ser multado por exceso de velocidad (el límite de velocidad permitida en esa zona es de 40 km/h).

Se presenta un accidente, donde el oficial de tránsito que atiende el hecho indica que es, una calle de asfalto, recta, seca, con condiciones ambientales

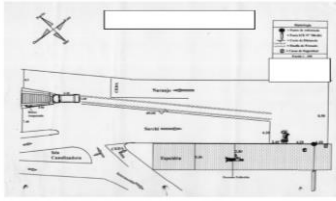
⁵ La potencialidad de esta secuencia ha sido evaluada en diversos trabajos de investigación (véase por ejemplo Bravo, Pesa y Pozo, 2012; Bravo y Pesa, 2016).

⁶ Numerosos trabajos han demostrado que el saber de los alumnos (aún en los ciclos básicos de las carreras universitarias) suele presentar REIEC Año 16 Nro. 2 Mes Diciembre 5
Recepción: 19/10/2021

características acordes con el saber intuitivo (Braunmüller, Bravo y Juárez, 2019)

⁷ En Juárez y Bravo (2015) y Braunmüller, Juárez y Bravo, (2020) puede verse un análisis de las estrategias docentes.

despejadas. Se elabora un croquis del sitio documentando los indicios de la siguiente forma:



En el informe policial se indica que el vehículo presenta daños de hundimiento en la parte central del bumper delantero, fracturado el foco delantero izquierdo, guardabarro delantero izquierdo deformado con hundimientos y desprendimiento de pintura, no tiene el espejo lateral izquierdo, ambos parabrisas y la ventanilla lateral trasera izquierda fracturados con total desprendimiento, deformado el paral delantero izquierdo del parabrisas, así como deformación en el techo sobre la ventanilla que resultara fracturada.

Por su parte indica que la motocicleta presenta daños frontales, guardabarro delantero fracturado, aro delantero doblado, suspensiones dobladas, manilla del clutch (embrague) desprendida, espejo retrovisor izquierdo e interruptor de luces desprendido, tanque del combustible abollado, tapas del costado izquierdo y derecho fracturadas, la luz direccional trasera derecha fracturada, la suspensión trasera derecha fracturada, tubo de escape torcido, la manilla derecha e izquierda quebrada.

Además, en el sitio se encontraron dos huellas de frenado marcadas por el automóvil, con una longitud de 49,00 metros. La velocidad permitida de circulación en el sitio es de cuarenta kilómetros por hora (40 kph)

La inspección del lugar permitió al perito realizar las siguientes aseveraciones:

a. Tipo de accidente. Considerando la información recopilada, se determina, que se presenta una colisión tipo frontal entre los vehículos, donde el automotor colisiona la parte central delantera, contra la parte frontal de la motocicleta.

b. Trayectoria de los vehículos antes del impacto. Los vehículos presentan las siguientes trayectorias momentos antes del impacto: el automotor circulaba en sentido contrario sobre el carril con sentido de Naranjo a Sarchi, mientras que la motocicleta circulaba sobre dicho carril en dirección hacia Sarchi.

c. Zona de conflicto. Se determina que la colisión se presenta sobre el carril con sentido de Naranjo a Sarchi, en una zona cercana al inicio de las huellas de frenado.

d. Trayectoria de los vehículos después del impacto. La trayectoria del automotor placas No. 338830 no se interrumpe, caso contrario la motocicleta, la cual, es proyectada luego de la colisión, cerca del borde de la vía y sobre el carril con sentido de Naranjo a Sarchi. Por otra parte, el automotor continúa con una dirección similar a la mostrada por las huellas de frenado, se sale de la vía y colisiona contra una estructura de concreto, que se ubica en la esquina de un edificio, adquiriendo al igual que la motocicleta, la posición final que se observa en el plano del sitio del suceso.

PI3. La Piedra Movediza de Tandil fue una roca de granito que se localizaba en dicha ciudad bonaerense y que tuvo la particularidad de mantenerse en equilibrio al borde de un cerro hasta su caída definitiva, el jueves 29 de febrero de 1912. En mayo de 2017, y luego de 105 años, el Cerro La Movediza se coronó nuevamente, ya que se colocó en él una réplica de la famosa Piedra (https://www.youtube.com/watch?v=BsoURNJ0AEw&t=14s), proyecto del cual participaron docentes – investigadores de la Facultad de Ingeniería de Olavarría. Ante la posibilidad de tener que el izado de la réplica se les solicita confeccionar la ficha técnica de una Torre Grúa que podría usarse con tal fin justificando cada una de las dimensiones propuestas.



El diseño de los PI y una posible resolución de los mismos llamada “El referencial” (presentada en el anexo) estuvo a cargo de un grupo interdisciplinario, al que pertenecen los autores de este trabajo, especializados en Física, Didáctica de la Física, Ingeniería y Ciencias de la Comunicación⁸.

En la elaboración de los PI se buscó que la situación planteada a resolver, en cada uno de ellos, fuera significativa para los estudiantes, en función de su futuro perfil profesional. A su vez se cuidó que fueran problemáticas que admitieran una solución pertinente (aunque no sea la más completa en términos de la ingeniería) a la que pudieran llegar usando los conocimientos de la Física que se abordan en el ciclo básico de las carreras de ingeniería (puntualmente referidas a Mecánica Clásica) y las capacidades (relativas a la resolución de problemas) que estos estudiantes pudieran poseer debido a su formación previa y las que desarrollen conforme resuelvan estos problemas.

Los problemas presentaron distintos niveles de complejidad, referido a los contenidos científicos y a las habilidades necesarias para resolverlos. Dado que se buscaba contribuir al desarrollo de la competencia de resolución de problemas ingenieriles, los PI fueron secuenciados de forma tal que el nivel de dificultad conceptual disminuya y aumente el grado de indefinición (intentando evitar posibles frustraciones debido a una diversidad de complicaciones).

Respecto del *componente conceptual*, el PI1 solicita calcular el ángulo de peralte de una curva aplicando las Leyes de Newton. El estudio dinámico del movimiento circular, es una temática que, la propia experiencia docente reconoce, presenta grandes inconvenientes a los estudiantes. El PI2 requiere aplicar la Ley de Conservación de Momento Lineal (en el contexto de una colisión) y el Teorema del Trabajo y la Energía Mecánica. La dificultad aquí se debería a la necesidad de integrar leyes y conceptos abordados con antelación y en distintas unidades temáticas, integración que, para los estudiantes, es compleja en pleno proceso de aprendizaje. El PI3 implica el análisis del equilibrio de un Sólido Rígido, lo que requiere el estudio de fuerzas y torques asociados a una grúa, en este caso específicamente. Si bien los conceptos relacionados con la dinámica de un sólido rígido suelen presentar dificultades, no así el estudio de su equilibrio (por eso se considera que es un problema de menor complejidad conceptual).

Respecto del *grado de indefinición* con que fueron planteados los problemas ingenieriles, como se dijo, aumenta del primero al tercero. En sus enunciados se explicita el *objetivo*

⁸ Todos integrantes del PID+i en el marco del cual se realizó el trabajo aquí comunicado.

de la tarea. En el PI1 se expresa “rediseñar una curva donde suceden frecuentes accidentes”; en el PI2, “determinar si se multa a un automovilista que participó de un choque con una moto” y finalmente en PI3, “dimensionar una grúa para elevar una gran pieza a la cima de un cerro”.

Respecto de la *referencia al contexto*, que se hace en cada enunciado, disminuye del PI1 al PI3 con el propósito de quien resuelva sea el que despliegue las estrategias necesarias para identificarlo y definirlo con precisión. Así, en el enunciado del PI1 se hace una referencia general (Paseo Dávila) pero no puntualmente a la curva en la que se producen los accidentes. En el PI2 el contexto queda indicado mediante un croquis realizado por un perito, el cual debe ser interpretado y analizado. Y en el PI3, nuevamente, en el enunciado se hace una referencia general (Cerro la Movediza) pero se deben buscar los detalles del cerro y posible ubicación de la grúa para describir el contexto con la precisión que la resolución del problema demanda.

También aumenta, del PI1 al PI3, la complejidad para planificar y ejecutar un plan. En tal sentido resulta más laboriosa la búsqueda, selección y cálculo/construcción de datos como la selección e implementación del método de resolución más adecuado.

Para identificar los datos necesarios para calcular la incógnita que soluciona al PI1 (ángulo del peralte) basta con plantear la sumatoria de fuerzas radiales. Los estudiantes se encuentran con ejercicios similares en la propia asignatura y en la bibliografía de Física utilizada en este nivel educativo. El desafío aquí es que una situación similar se encuentra planteada en términos de un problema real que se desarrolla en un contexto específico, también real. En cuanto a la obtención de los datos necesarios, la velocidad máxima de circulación correspondiente a las normativas vigentes y el coeficiente de rozamiento estático goma/asfalto se pueden hallar directamente de fuentes bibliográficas y sitios Web. El valor del radio de giro de la curva debe ser construido por los estudiantes una vez identificada la curva donde suceden los accidentes y haciendo uso de alguna herramienta como Google Maps. En la decisión sobre de qué curva se trata y en la construcción de este dato de radio, surge la principal complicación de este PI en relación con esta etapa de resolución de problemas.

De hecho, delimitar incorrectamente la curva y/o el radio de la misma puede conllevar a la obtención de un ángulo de peralte negativo⁹, hecho que carece de significado desde el punto de vista Física ya que significaría, en todo caso, que la curva no necesita peraltarse.

Una vez obtenidos estos datos basta con sustituirlos en la ecuación hallada inicialmente (en relación al ángulo de peralte) para hallar el valor de la incógnita buscada.

La identificación de los datos necesarios para resolver el PI 2 (que básicamente implica estimar la velocidad con la que circulaba el automovilista antes del choque) surge del planteo de una ecuación, en este caso de la conservación de movimiento lineal durante una colisión. Esta ecuación deja en evidencia la gran cantidad de datos necesarios (y ausentes en el enunciado) que debería conocerse (masas de los vehículos, trayectorias iniciales, velocidades iniciales,

energía transferida en el choque). Esto implica estudiar lo que sucede más allá del choque (a fin de usar datos aportados por el informe forense como las huellas de frenado del automóvil), ampliar el marco teórico de referencia (incluyendo los conceptos de trabajo y energía mecánica y sus relaciones) y realizar consideraciones que permitan disminuir el número de datos necesarios (como que el choque fue frontal y sin cambios de trayectoria para el auto, por lo que se puede considerar como uno unidimensional; que el momento lineal de la moto es despreciable respecto del auto y/o que no se atiende en el cálculo a la energía transferida en los choques dado que se carece de información al respecto). Hecho esto, resta hallar el valor coeficiente de rozamiento estático goma/asfalto (ampliamente difundido en tablas presente en libros de texto y sitios web) para poder estimar el valor de velocidad.

Finalmente, el PI3 es el que mayor número de grados de libertad presenta para decidir la fuente de datos, cuales *fijar* y/o construir/calcular para que, en función de ello, resolver la situación planteada. Así, una vez conocida las características de la carga (masa, dimensiones) y las del terreno donde colocar la grúa, se puede optar por una grúa presente en el mercado, indicando dónde y cómo ubicarla para llevar adelante el trabajo (y calcular datos como el sobrepeso, que es solicitado por el PI pero suele estar ausente en las ficha técnicas comerciales). Si no se elige una grúa comercial se deberá calcular (atendiendo al marco teórico adoptado) los parámetros que debe poseer la grúa capaz de llevar adelante dicho trabajo. Este problema es el que brinda, quizá con más claridad, la existencia de distintos caminos (y resultados) para resolver un PI.

Finalmente, la etapa de análisis de resultados también demanda distintas dificultades de un problema a otro. Así, el PI1 requiere de la evaluación del resultado, si es un valor adecuado (a la luz del marco de referencia adoptado y del contexto del problema) y si admite otras opciones de resolución. El PI2 necesita un mayor análisis de resultados, en tanto se debe indicar cómo repercute en el resultado final las consideraciones realizadas y, a partir de allí, dar y justificar la respuesta final (si se multa o no al conductor). Y aún mayor es el análisis que demanda el PI3 ya que dada la opción elegida para resolver la situación se debe analizar la relación grúa dimensionada vs grúa real/comercial y contexto.

Ahora bien, como se dijo, estos problemas admiten distintos niveles de especificidad y/o elaboración de respuestas siendo el nivel máximo esperado la respuesta que daría un ingeniero trabajando en el campo profesional.

No obstante, se espera que los estudiantes del ciclo básico de carreras de Ingeniería puedan resolver los problemas con un nivel de desarrollo como el que se muestra en el llamado “El referencial”. Allí se incluye una resolución posible y deseable por cada PI diseñado.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LOS PI

Debido al Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) decretado por el Gobierno Nacional Argentino, la asignatura Física I se llevó adelante en modalidad virtual, lo cual impactó en la forma en que se desarrolló la PE

⁹ La ecuación (1) del anexo permite observar que si para determinados valores de v , R y μ puede resultar un ángulo negativo.

innovadora, concretamente la puesta en práctica de los PI. Se generó un Aula Virtual (AV) en la plataforma institucional de la Facultad de Ingeniería de Olavarría Virtual (FIO Virtual con tecnología Moodle) para desarrollar todas las actividades sincrónicas y asincrónicas (comunicaciones a través de foros y mensajería privada, actividades de aprendizaje, explicaciones, resolución de problemas, entrega de trabajos, presentación de materiales digitales y audiovisuales, etc.). Las actividades de aprendizaje de la PE estuvieron disponibles en la plataforma desde el inicio del curso, lo que permitió que los estudiantes pudieran leer el material, investigar, preparar sus consultas, previo a los encuentros sincrónicos en los foros de comunicación.

Las actividades experimentales se realizaron en laboratorios virtuales disponibles en la Web, de acceso libre y gratuito.

Los PI, que formaron parte de las tareas de aprendizaje de la PE, fueron planteados al comienzo de cada una de las UT con el fin de motivar el estudio de los contenidos asociados y promover su resolución conforme avanzaba su desarrollo.

4.1. El rol docente

Para estimular y motivar la resolución de los PI y dar orientaciones concretas ante las dudas que a los estudiantes les pudieran surgir, se pautaron encuentros semanales sincrónicos de 2 horas en los foros de comunicación del AV.

Las intervenciones de la docente ante las consultas requeridas estuvieron, en general, orientadas en promover la participación de los estudiantes y el desarrollo de la autonomía deseada. En tal sentido, al analizar los registros en los foros del AV se observó que la docente estimuló permanentemente los cuestionamientos, la formulación de hipótesis, la conexión entre contenidos. Así, intervino con nuevos interrogantes con la intención de guiar a los estudiantes para que sean ellos quienes generen y construyan la comprensión y bosquejen algunas estrategias de resolución, recordando y destacando que los problemas abiertos admiten más de una solución y camino a seguir, que demandan la toma de decisiones que deben ser justificadas al momento de dar el resultado, entre otras.

En términos generales, la docente actuó como un verdadero orientador del trabajo de los estudiantes intentando que sean ellos quienes, de forma autónoma, decidan el marco teórico a usar, planteen las ecuaciones correspondientes (que vinculen los parámetros involucrados), busquen los datos necesarios y luego las incógnitas, justifiquen las decisiones y evalúen cómo repercuten en el resultado final. Y, en reiteradas ocasiones, hizo alusión a las características de los PI propuestos (como problemas reales, abiertos, contextualizados) y a los procedimientos implicados en su resolución (como la necesidad de buscar/construir datos, elegir el marco teórico desde el que se lo abordará, importancia de atender al contexto donde se desarrolla y de analizar los resultados obtenidos a la luz de él, etc).

Los registros en los foros también mostraron que los encuentros sincrónicos se desarrollaron siguiendo una secuencia: iniciación, desarrollo y síntesis.

En el momento de iniciación la docente y alumnos analizaron el enunciado de cada PI con el fin de reconocer y delimitar el problema a resolver. En el momento de desarrollo, se analizó/decidió/estudió el marco de referencia que se podría usar; se identificaron datos e incógnitas; se analizaron planes

de acción; se evaluaron resultados obtenidos. En la instancia de síntesis la docente resumió las principales conclusiones abordadas en la clase y dejó planteado aquellos aspectos aún abiertos sobre los que los estudiantes debían seguir profundizando a fin de dar respuesta al PI.

4.2. El accionar de los estudiantes

Dado que los estudiantes disponían de los PI desde el inicio de cada UT, sus intervenciones en los foros del AV estuvieron relacionadas con dudas surgidas de la lectura de los enunciados. Así, plantearon distintos tipos de preguntas que implicaron asesoramiento sobre el marco teórico de referencia; ayuda en la elección o validación de algún dato o decisión tomada; validación del plan diseñado; evaluación de la planificación especialmente cuando arribaron a resultados incoherentes.

Con una frecuencia mucho menor, participaron espontáneamente para compartir propuesta / razonamientos / información o confrontar ideas con pares.

La mayoría de las intervenciones realizadas por los estudiantes (antes, durante y después de los foros sincrónicos) estuvieron relacionadas, principalmente, con validación de lo realizado o de decisiones tomadas, revisión de cálculos. En tal sentido se observa, una continua y constante búsqueda de aprobación del docente y acompañamiento en la resolución de la tarea. Por ejemplo:

“...He querido encontrar el radio por Google maps pero no me doy cuenta cual es la curva...”

“...Se nos ocurre que lo que queremos averiguar, es la velocidad del auto, por lo tanto la moto circulaba a la velocidad permitida cuando se produce el choque, pero estaría bien asumirla en los cálculos?”

“...nosotros pensamos en colocar la grúa en lo que viene a ser el segundo piso del cerro, si está bien pensarlo desde ese lugar...”

“...Queremos saber si este planteamiento está bien (adjuntan una foto de la resolución) porque no se nos ocurre cómo obtener la velocidad de otra manera...”

Estas intervenciones de los estudiantes y la docente en los foros de comunicación del Aula Virtual ayudan a interpretar la información obtenida de las producciones escritas de los estudiantes.

5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para conocer el nivel de desarrollo de la competencia de resolución de problemas ingenieriles logrado por los estudiantes, se implementó una investigación cualitativa descriptiva, exploratoria e interpretativa (Hernández Sampieri et al, 2006) con la cual se pretendió recoger, clasificar y analizar información relativa a las estrategias utilizadas por los estudiantes en las resoluciones de los PI.

Este estudio, como ya se dijo, se realizó basándose en la información recogida sobre la marcha del curso regular de Física I, se emplearon los protocolos de resolución de los PI elaborados por los estudiantes para identificar las estrategias utilizadas, según la Tabla 1. Luego se compararon las estrategias identificadas con las involucradas en “El referencial”. Esta comparación permitió caracterizar modelos de resolución de los PI e inferir el nivel de desarrollo (bajo,

medio, alto) alcanzado por cada uno de los grupos de estudiantes.

5.1. Participantes

En esta experiencia participaron 60 estudiantes inscritos en la asignatura, quienes formaron 16 grupos de 3, 4 o 5 estudiantes.

La docente responsable de la asignatura (especialista en Física y su didáctica) fue la encargada de llevar adelante, acompañada por el equipo docente, la implementación de la PE mediada por la virtualidad.

5.2. Análisis de datos

Para realizar esta investigación se analizaron los 16 protocolos de resolución de los PI enviados por un recurso disponible en la plataforma FIO Virtual.

Se realizaron dos tipos de análisis. El primero se enfocó en la identificación de estrategias utilizadas por los estudiantes para resolver los problemas propuestos. Para ello, teniendo en vista “El referencial”, se analizaron minuciosamente los protocolos presentados para determinar si fueron capaces de: identificar/interpretar el problema a partir del enunciado; identificar y hallar distintos datos; elegir un marco teórico adecuado para interpretar el fenómeno (lo que en este caso implicará seleccionar criteriosamente qué conceptos y leyes asociadas a la mecánica clásica resultan de utilidad para resolver el problema); relacionar los datos del problema con el contexto y un marco teórico, entre algunas de las estrategias mencionadas en la TABLA 1.

El segundo análisis conllevó estudiar de forma comparativa los resultados del análisis anterior a fin de agrupar respuestas similares, con el número y tipo de estrategias usadas. Esto permitió definir categorías que representan el modelo de procedimiento de resolución empleado y, a partir de él, establecer un nivel de desarrollo de la competencia de resolución de problemas ingenieriles.

6. RESULTADOS

Al analizar los protocolos de resolución del PI1 elaborados por los estudiantes se encontró que la mayoría de los grupos (15/16) propone re-peraltar la curva del Paseo Dávila, dando cuenta que interpretaron la situación y, con ello, el objetivo de la tarea planteada. Sólo un grupo no habría interpretado la cuestión, dado que se detiene a demostrar la importancia de peraltar la curva para evitar derramamientos sin dar una solución a la situación analizada.

De los grupos que sí interpretaron el problema y propusieron una solución, sólo 9 justificaron su decisión atendiendo al contexto y al hecho de que la curva “de los accidentes” presenta una inclinación inversa a la necesaria (por lo que es inminente actuar sobre esa variable).

Para identificar los datos que resultan necesarios conocer a fin de calcular el ángulo de peralte que evitaría los accidentes, los 15 grupos acudieron al planteo de las leyes de la dinámica para el movimiento circular. Esto permitió apreciar que fueron capaces de incluir el problema en una categoría teórica pertinente.

Respecto de la obtención de esos datos la mayoría de los grupos explicita haber acudido a tablas para determinar el coeficiente de rozamiento estático neumáticos-asfalto, a

normativas vigentes o carteles viales para determinar la velocidad máxima a la que los automovilistas podrían circular por la zona y a Google Maps para construir el dato del radio de giro. Para ejemplificar, en la Figura 1 se muestra una de las fuentes de datos usada por una de los grupos.



Descripción de la superficie	SECA				HÚMEDA			
	Menos de 50 km/h.		Más de 50 km/h.		Menos de 50 km/h.		Más de 50 km/h.	
	De	a	De	a	De	a	De	a
Cemento								
Nuevo, liso	0.80	1.20	0.70	1.00	0.50	0.80	0.40	0.75
Usado	0.60	0.80	0.60	0.75	0.45	0.70	0.45	0.65
Pulimentado por el tráfico	0.55	0.75	0.50	0.65	0.45	0.65	0.45	0.60

Figura 1. Fuentes de datos usados por uno de los grupos

Sólo 2 grupos enuncian y usan datos sin indicar fuentes o criterios de selección.

La elección del coeficiente de rozamiento fue por lo general atinado en tanto atienden a la fricción neumáticos – asfaltos (la mayoría tuvo la precaución al elegir el “más desfavorable”: neumáticos gastados – asfalto húmedo). La velocidad elegida también fue pertinente (la mayoría eligió 40 km/h correspondiente a la velocidad máxima en calles). Respecto de la determinación del radio de giro, 11 de los 15 grupos lograron hacerlo exitosamente; en tanto las cuatro restantes no lograron identificar con exactitud la curva “de los accidentes” y tomaron otra dentro de Paseo Ávila, pero de gran radio, lo que condujo a resultados inconsistentes (ángulos de peraltes negativos)

Respecto de la planificación y ejecución del plan a seguir para llegar a dichos resultados, todos los grupos optaron por sustituir los datos hallados en la expresión del ángulo de peralte arribada al plantear la dinámica del movimiento estudiado. A partir de estos procedimientos, 8 de los 15 grupos llegaron a un resultado de ángulo de peralte que puede considerarse adecuado y pertinente. Los cinco restantes llegaron a un resultado carente de significado (negativo o mayor a 50°). De ellas, sólo una realiza un análisis de dicho resultado reflexionando:

“El resultado obtenido no es el que esperábamos, pero al analizarlo nos hemos dado cuenta que si hubiéramos tomado un valor de radio menor al valor de la velocidad máxima nos hubiera dado positivo, aunque mirando el mapa no creemos que la curva tenga un radio tan chico, es por eso que elegimos los datos que más arriba explicitamos”.

Los que hallaron resultados pertinentes, la mayoría reflexionó sobre la propuesta realizada. Dos de los grupos además sugirieron agregar reductores de velocidad o carteles viales para que los automovilistas ingresen a la curva con una velocidad “segura”:

- “Estimado Sr. Secretario de Obras Públicas, luego de haber realizado los cálculos pertinentes, llegamos a la conclusión de que para la curva del paseo Dávila sea más segura tanto para los automovilistas, como para los ciclistas/motociclistas, decidimos agregarle un peralte de 30°, lo que permitirá una circulación más fluida, ya que nos permitió elevar el límite de velocidad a unos 62 Km/h en mojado, con esto nos aseguramos que la avenida se podrá transitar a la máxima velocidad permitida (60 Km/h) con clima desfavorable. Además, va a mantener el mismo radio de giro, y no afectará la pendiente del terreno, por lo que no necesitará modificar la planta urbana del sector adyacente a ésta”.

- “Debido a los reiterados accidentes ocurridos en dicho paseo, la solución que podríamos considerar es la de colocar lomas de burro o badenes en la curva, así los conductores reducirían la velocidad y reducirían el riesgo de accidentes. La inclusión de un peralte presentaría el inconveniente de que se está teniendo en cuenta que siempre se circula a una misma velocidad constante, sin tener en cuenta mayores o menores velocidades por lo que no sería lo más óptimo”.

Otras dos grupos calcularon, además, la velocidad máxima con que se podría transitar por la curva “de los accidentes” sin peralte y con el peralte propuesto, concluyendo que con esta solución la velocidad máxima coincide con la adoptada como “máxima permitida”.

Al analizar los protocolos de los 12 grupos que resolvieron el PI2, se encontró que todos lograron estimar la velocidad que traía el auto antes del choque y, comparando con la máxima permitida, recomendaron multar al conductor (dando respuesta a la problemática planteada). Esto dio indicios de que los estudiantes interpretaron la situación y, con ello, el objetivo de la tarea y problema a resolver.

En cuanto a la planificación y ejecución para llegar a este resultado, la mayoría de los grupos (10/12) optó por aplicar el teorema del trabajo y la energía mecánica para calcular la velocidad del auto post – choque (aprovechando el dato de las huellas de frenado) y plantear la conservación de momento lineal durante el choque, para estimar la velocidad pre-choque del automóvil.

Sólo dos grupos asumieron (sin justificar) que la velocidad calculada a partir del planteo energético coincidía con la que traía el auto antes del choque, sin hacer alusión a lo que sucedía en el choque.

El plan que siguió la mayoría de los grupos da cuenta que los estudiantes pudieron relacionar el problema con un marco conceptual pertinente. Pero no tuvieron el mismo éxito en lo que se refiere a la selección y uso de datos. Al respecto, el enunciado (y con ello el informe del perito) aporta cierta información para estimar el valor de los datos necesarios.

Así, por ejemplo, el hecho que “el automóvil siga prácticamente la misma trayectoria pre – post choque” permite considerar al choque como uno unidireccional (admitiendo el planteo de conservación de momento lineal en una dirección) y, a la vez, despreciar el momento lineal de la moto respecto del auto (por lo que el momento lineal, antes y después del choque, puede considerarse constante y, por ende, su velocidad). Sólo 3 de los 12 grupos fueron capaces de interpretar y usar estos dos datos y justificar adecuadamente sus planteos. En tanto tres de los 12 grupos, lograron atender, justificadamente, a solo uno (despreciar el momento de la moto frente a la del auto).

Respecto de lo sucedido con el auto post – choque, el enunciado aporta algunos datos explícitos (como la distancia de las huellas de frenado del automóvil), otros implícitos (como las condiciones del asfalto y las condiciones climáticas) para determinar el coeficiente de rozamiento estático, y omite los relacionados con el choque automóvil –

estructura de cemento, lo que obliga a no considerar en los cálculos la transferencia de energía que allí se produce, pero sí a tenerlo en cuenta al momento de analizar el resultado.

Sólo seis grupos hicieron referencia a esta transferencia de energía en el frenado del auto. Y sólo dos grupos justificaron pertinentemente el no considerar ese hecho en los cálculos pero sí afectaría al resultado final.

Respecto del análisis de resultados, todos los grupos compararon la velocidad obtenida con la máxima permitida para dar respuesta a la problemática, pero sólo tres analizaron su influencia en el resultado final.

Al analizar las producciones de los 15 grupos de estudiantes que resolvieron el PI3 pudo observarse que todos dieron una solución al problema planteado llegando a un resultado adecuado y pertinente.

Respecto a la interpretación de la situación e identificación de datos se halló que todos los grupos de estudiantes pudieron identificar el objetivo de la tarea y establecer, de manera coherente, la relación de la situación problemática con el marco conceptual de la Física. En tal sentido, todos plantearon las condiciones de equilibrio de la grúa la cual modelaron como un cuerpo rígido que puede girar ante la presencia de fuerzas externas, considerando que dicho equilibrio requiere que las fuerzas y torques externos netos sean nulos. A partir de este planteo determinaron la masa del contrapeso.

Respecto del reconocimiento del problema, si bien todos los grupos identificaron la necesidad de conocer las características de la carga para poder dimensionar la grúa, no todos reconocieron la necesidad de conocer el lugar donde se podría montar la grúa y realizar el izado. Esto condujo a diferencias en la planificación y ejecución del plan a seguir.

En tal sentido, sólo dos grupos buscaron y construyeron los datos que, en función de “El referencial”, necesitaban conocer (peso de la réplica y distancia grúa – cima del cerro, relación Longitud de la pluma/Longitud de la contra pluma, altura de la base del cerro donde podría montarse la grúa a la cima donde debería colocarse la piedra) para luego determinar los parámetros que caractericen a la grúa. La diferencia entre estos grupos estuvo en la fuente de datos usada. Mientras un grupo utilizó los brindados por fichas técnicas y los adaptó al contexto, el otro construyó los datos necesarios, realizando mediciones en Google Maps. y vinculándolos acertadamente con el dimensionamiento de la grúa.

Por otra parte, se observó que la mayoría de los grupos (11 de 15) realizaron un análisis reduccionista del problema, lo que significa que pudieron reconocer sólo dos de las variables involucradas (peso de la réplica y altura del cerro) como condicionantes para resolver la situación. Lograron determinar correctamente las dimensiones de la carga (dato “directo” y disponible en la Web) y vincularla con el peso máximo en punta de la grúa, como también lograron decidir el dato de altura de la torre atendiendo a la altura del cerro. Respecto del dato de longitud de la pluma, la mayoría (10/11) utilizó la longitud empleada en el emplazamiento real, sin comparar las diferencias del tipo de grúa usado en dicho trabajo con la grúa torre que deben dimensionar. Otro grupo, adoptó el dato de grúas estandarizadas, sin evaluar su utilidad para realizar el trabajo en el contexto del problema.

Finalmente, el estudio permitió identificar dos grupos que sólo informaron los datos usados (Longitud de pluma y contrapluma y masa de carga) para calcular “su” incógnita (masa de contrapeso), sin comunicar criterios de selección de dichos datos, tampoco la relación - adecuación de los mismos con el contexto.

7. DISCUSIÓN

El análisis de los resultados realizado para conocer el nivel de desarrollo de la competencia de resolución de problemas ingenieriles, de cada grupo de estudiantes, llevó a identificar tres modelos de resolución de problemas ingenieriles.

El modelo 1 involucra las siguientes estrategias: identificar y delimitar adecuadamente el problema (atendiendo el contexto vinculante); ubicar el problema en una categoría teórica pertinente; reconocer múltiples variables y sus interrelaciones; identificar los datos necesarios; utilizar fuentes de información apropiadas; aplicar un método de resolución adecuado; obtener respuesta o solución coherente en función del marco teórico de referencia y contexto del problema. Este modelo se aproxima al modelo “El referencial”, y se corresponde con el nivel más alto de desarrollo de la competencia de resolución de problemas ingenieril deseado.

El modelo 2 involucra las siguientes estrategias: identificar y delimitar el problema; ubicar el problema en una categoría teórica pertinente (sin atenderse adecuadamente al contexto vinculante); identificar los datos necesarios pero al seleccionarlos se atiende sólo parcialmente al contexto; obtener una respuesta o solución no coherente en relación al contexto y marco de referencia. No se evalúan los resultados a la luz del contexto.

El modelo 3 involucra las siguientes estrategias: identificar el problema sin vincularlo con el contexto; seleccionar datos sin justificación; realizar cálculos sin justificación; dar respuestas o soluciones no relacionadas con el contexto del problema. No se evalúan los resultados a la luz del contexto.

Considerando “El referencial” como el modelo de resolución de cada PI que involucra el procedimiento más completo, los tres modelos de resolución, hallados en esta investigación, permiten definir tres niveles de desarrollo de la competencia de resolución de problemas ingenieriles que habrían logrado estos estudiantes. Así, al modelo 1 se le asignó un nivel de desarrollo Alto, al modelo 2 un nivel de desarrollo Medio y al modelo 3 un nivel de desarrollo Bajo de la competencia de resolución de problemas.

La TABLA 2 muestra la cantidad de grupos (de los que entregaron sus producciones) que lograron los distintos niveles de desarrollo de competencia para resolver cada uno de los PI.

Nivel de desarrollo	Protocolos de resoluciones de los PI		
	PI1	PI2	PI3
Alto	6	2	2
Medio	7	9	11
Bajo	3	1	2

TABLA 2. Nivel de desarrollo de la competencia de resolución de problemas ingenieriles grupal

Suponiendo que todos los estudiantes que conformaron una comisión alcanzaron el mismo nivel de desarrollo de la competencia de resolución de problemas, ya que el trabajo en equipo enriquece a todos los participantes, los resultados hallados revelarían que la mayoría de los alumnos alcanzó un desarrollo medio de la competencia mencionada.

8. CONCLUSIÓN

A partir de los resultados y discusión de los mismos presentados con antelación se puede advertir que los estudiantes fueron capaces de resolver, en forma colaborativa y con la guía del docente, los PI planteados, los cuales involucran situaciones relacionadas con su futuro perfil profesional.

Este hecho se podría considerar como un indicador positivo de la potencialidad de la innovación de la propuesta de enseñanza de incluir estas situaciones problemáticas.

Así, la metodología de enseñanza centrada en el alumno, con un docente actuando como guía y facilitador del aprendizaje, habría favorecido no sólo un nivel de desarrollo aceptable de la competencia de resolución de problemas, sino también el aprendizaje de conceptos, leyes, teorías de la Física dado que la mayoría de los estudiantes lograron aplicarlos exitosamente al resolver los PI.

Los resultados también mostraron que la principal dificultad que tuvieron los estudiantes fue atender criteriosamente al contexto donde el problema se desarrolla, tanto al momento de buscar y seleccionar los datos necesarios como al evaluar el resultado. Este último aspecto podría verse agravado por la ausencia de acciones docentes tendientes a incentivar y ayudar a los alumnos a analizar con criterio y fundamento la respuesta elaborada.

La dificultad para tomar decisiones, la necesidad de que el docente valide cada acción fue otra de las debilidades evidenciadas en los resultados. Posiblemente los estudiantes, en su corta trayectoria académica, se enfrentaron con problemas, por lo general, definidos, cerrados, acotados, con datos explícitamente enunciados. Probablemente, en esta experiencia tuvieron, por primera vez, la oportunidad de necesitar de buscar datos y realizar aproximaciones, elegir y aplicar un marco teórico que resulte pertinente, decidir ante distintos caminos posibles de resolución cuál tomar; reconocer que no hay un único resultado posible y que deberá evaluar la pertinencia distintas soluciones que encuentre. De allí la necesidad no sólo de implementar actividades de aprendizaje como los PI aquí propuestos sino también otras previas a su resolución destinadas a favorecer el aprendizaje de las habilidades involucradas como la de identificar, buscar, seleccionar datos y analizar criteriosamente los resultados hallados.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar queremos agradecer especialmente a los estudiantes de la FIO que participaron de esta experiencia, quienes se involucraron con gran compromiso en la propuesta de trabajo. También agradecer al equipo docente de la asignatura Física que acompañó con entusiasmo el desarrollo de la propuesta innovadora.

REFERENCIAS

- Bravo B. (2008). *La enseñanza y el aprendizaje de la visión y el color en educación secundaria*. Universidad Autónoma de Madrid. Tesis doctoral sin publicar.
- Bravo, B., Pesa, M. y Pozo, J.I. (2012). La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. un estudio sobre “qué, cuándo y cuánto” aprenden los alumnos acerca de la visión. *Enseñanza de las Ciencias*, 30 (3) 87-110.
- Bravo, B. y Pesa, M. (2016). El cambio conceptual en el aprendizaje de las ciencias. Un estudio de los procesos involucrados al aprender sobre la luz y la visión. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 15(2) 258-280.
- Braunmuller, M., Bravo, B. y Juárez, M. (2019). La enseñanza y el aprendizaje del fenómeno de Inducción Electromagnética (IE) en el ciclo básico de carreras de Ingeniería. *Revista de Enseñanza de la Física*. 31. Número extra: selección de trabajos presentados a REF XXI.
- Bravo, B., Pesa, M. y Braunmüller, M (2021) IDAS: una metodología de enseñanza centrada en el estudiante para favorecer el aprendizaje de la física. *Revista Brasileira de Ensino de Física* (en prensa).
- Ausubel, D.P. Novak, J.D. y Hanesian, H. (1978) *La educación y la estructura del conocimiento*. Buenos Aires: El Ateneo.
- CONFEDI (2010) La Formación del Ingeniero para el Desarrollo Sostenible 13 Aportes del CONFEDI. *Congreso Mundial Ingeniería*. Buenos Aires.
- CONFEDI (2014). *Documentos de CONFEDI competencias en ingeniería. “Declaración de Valparaíso” sobre Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano. Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino. Competencias Requeridas para el Ingreso a los Estudios Universitarios en Argentina*. Argentina: Universidad FASTA.
- CONFEDI (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina*. Argentina: Universidad FASTA Ediciones.
- García, J. y Rentería Rodríguez, E. (2012). La medición de la capacidad de resolución de problemas en las ciencias experimentales, *Ciência & Educação*, 18 (4) 755-767.
- Perales Palacios, F. Javier (1993). La resolución de problemas: una revisión estructurada. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* 11 (2) 170-8.
- Cukierman, U y Kalocai, G (comp) (2019) *El enfoque por competencias en las ciencias básicas: casos y ejemplos en educación en Ingeniería*. Argentina: edUTecNe.
- Guisasola A., Ceberio Gárate, M, Almudí García, J. y Zubimendi Herranz, J. (2011) La resolución de problemas basada en el desarrollo de investigaciones guiadas en cursos introductorios de física universitaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 29 (3) 439-52.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, L. (2006). *Metodología de la Investigación* (4ª ed.). México: Editorial McGraw-Hill.
- Jóver, M (2003) La resolución de problemas en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*. 4 (6).
- Juárez, A y Bravo, B (2015) Análisis de estrategias didácticas implementadas a fin de favorecer el aprendizaje de fenómenos ópticos. *Revista Iberoamericana de Educación Didáctica de la Ciencias y de la Matemática* 69 (1) 97 – 116.
- Maquilón Sánchez, J. y Hernández Pina, F. (2011). Influencia de la motivación en el rendimiento académico de los estudiantes de formación profesional. *Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado*. 14 (1).
- Montero, M., Braunmüller, M. y Bravo, B. (2020). La resolución de problemas en carreras de ingeniería: capacidades y obstáculos de los estudiantes. *Actas VII jornada nacional y III latinoamericana de ingreso y permanencia en carreras científico – tecnológica*.
- Moreira, M. A. (2000). *Aprendizaje Significativo: teoría y práctica*. Madrid: Ed. Visor Dts. S.A.
- Oliveira, V., Araujo, IS y Veit, EA. (2017) Resolução de problemas abertos no ensino de física: uma revisão da literatura. *Revista brasileira de ensino de física*. 39.
- Polya, G. (Ed.). (1987). *Cómo plantear y resolver problemas*. México: Trillas.
- Pozo, J.I. (2001). *Humana mente. El mundo, la conciencia y la carne*. Madrid: Morata.
- Pozo, J.I. (2016). *Aprender en tiempo revueltos. La nueva ciencia del aprendizaje*. Madrid: Alianza editorial.
- Pozo, J. y Monereo, C. (2009). Introducción: La nueva cultura del aprendizaje universitario o por qué cambian nuestras formas de enseñar y aprender. En J.Pozo y M. Pérez Echeverría (coords.) *Psicología del aprendizaje universitario: la formación de competencias*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. y Pérez Echeverría, M. (2009). Aprender a comprender y resolver problemas. En J.Pozo y M. Pérez Echeverría (coords.) *Psicología del aprendizaje universitario: la formación de competencias*. Madrid: Morata.
- Sánchez Soto, I., Moreira, MA, Caballero Sahelices; MC (2011) Implementación de una renovación metodológica para un aprendizaje significativo en Física I. *Latin-American Journal of Physics Education*. 5 (2).
- Torres Merchán, N (2011) El abordaje de situaciones contextuales para la solución de problemas y la toma de decisiones. *Zona Próxima*. 14, 126-141.
- Truyol, M., Gangoso, Z. (2010). La selección de diferentes tipos de problemas de física como herramienta para orientar procesos cognitivos. *Investigações em Ensino de Ciências*. 15(3), 463-484.
- Truyol M., Sanjosé, V. y Gangoso, Z (2014) Obstacles modelling reality: two exploratory studies on physics defined and undefined problems. *Journal of Baltic Science Education*. 13 (6).

PI1.

Informe

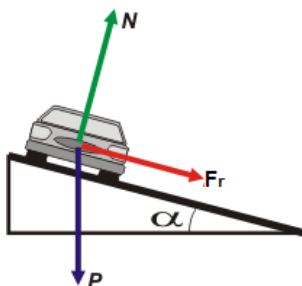
1. Identificación del problema a resolver y descripción del contexto en dónde éste se manifiesta.

1.1 *Identificación del problema:* En la Curva del Paseo Dávila de la ciudad de Mar del Plata se registran frecuentes accidentes.

1.2 *Descripción del contexto donde se presenta el problema:* Según lo informado en <https://infobrisas.com/nota/23713/galeria-vecino-del-paseo-davila-hizo-un-compilado-fotos-choques-lugar> “el peralte de la curva está al revés”, esto es, la calle presenta una inclinación hacia la playa. Esto traería como consecuencia (sumada a la alta velocidad de circulación) el “despiste de los vehículos (tal como se observan en <https://quedigital.com.ar/policiales/un-auto-cayo-por-el-barranco-del-paseo-davila-tras-un-fuerte-choque/>)”

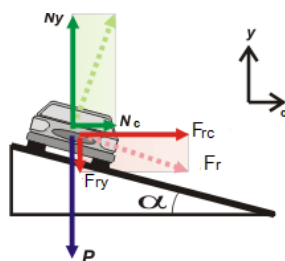


1.3 *Interpretación del problema desde un marco teórico de referencia:* Las curvas “admiten” una velocidad de circulación máxima, a partir de la cual el “despiste” es altamente probable. Un peralte apropiado contribuye a evitar que los vehículos que circulan por ella se “despisten” dado que en esas circunstancias no sólo la fuerza de rozamiento sino también la fuerza Normal presenta componente en la dirección centrípeta (en dirección radial y sentido hacia el centro de la curvatura). La fuerza centrípeta es la que provoca una aceleración centrípeta y con ello un cambio en la dirección de la velocidad, lo que conduce a que el auto (en este caso) pueda tomar la curva (evitando que siga moviéndose en línea recta, tangente a la curva y “despiste”).



2. Propuesta de resolución: Ante la situación analizada se propone calcular el (ángulo de) peralte que debería tener la calle donde suceden los accidentes a fin de que los automóviles puedan circular por ella con seguridad al desplazarse con la velocidad máxima permitida para la zona.

2.1 *Identificación y búsqueda/construcción/cálculo de datos e incógnitas:* Para calcular el ángulo se opta por aplicar la 2da ley de Newton en la dirección centrípeta (indicada con eje X en el dibujo) y vertical (eje Y):



$$\sum F_c = N \operatorname{sen} \alpha + F_r \operatorname{cos} \alpha = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$\sum F_y = N \operatorname{cos} \alpha - mg - F_r \operatorname{sen} \alpha = 0$$

Dado que el derrapamiento (o deslizamiento lateral) se produce cuando se supera el máximo rozamiento estático entre los neumáticos y el asfalto, utilizamos para calcular esta situación límite, el valor de la fuerza de rozamiento estática máxima posible:

$$F_{r_{\max}} = \mu_e N$$

Combinando las ecuaciones surge:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(v^2 - \mu_e R g)}{(R g + \mu_e v^2)} \quad (1)$$

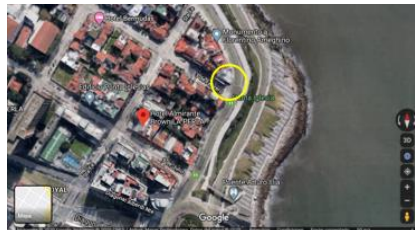
Para calcular el ángulo de peralte (α) es entonces necesario analizar la zona donde se producen los siniestros y estimar el radio de la curva en cuestión y el coeficiente de rozamiento. Además, se debe conocer la velocidad de circulación máxima permitida para esta zona.

2.1.1 Coeficiente de rozamiento. Se elige (entre los que aparecen en la tabla) el μ_e correspondiente al asfalto húmedo/neumático para atender a las condiciones atmosféricas más desfavorables. En estas condiciones será la fuerza Normal (asociada al peralte) la que cumplirá el rol principal en la provocación de la aceleración centrípeta necesaria para asegurar una circulación segura. Y el peralte que se calcule bajo estas condiciones garantizará esto.

Superficie de rodamiento	Valor máximo de μ	Valor de deslizamiento de μ
Asfalto seco	0.8-0.9	0.75
Hormigón seco	0.8-0.9	0.76
Asfalto húmedo	0.5-0.7	0.45-0.6
Hormigón húmedo	0.8	0.7
Grava	0.6	0.55
Nieve	0.2	0.15
Hielo	0.1	0.07

2.1.2 Velocidad de circulación: Se considera la velocidad máxima permitida en calles de zonas urbanas: 40 km/h (dato extraído de <https://noticias.amv.com.ar/consejos-amv/seguridad-vial-velocidad-maxima/>)

2.1.3 Radio de curvatura: Se identifica la curva del accidente (la curva más cerrada del paseo) y se estima su radio de curvatura haciendo uso del Google Maps el cual (según escala: 50m/1cm) resulta de 20 m



2.1.4 Angulo de peralte: Se calcula el ángulo de peralte a partir de los datos anteriores y la ecuación (1), el cual resulta de 6°.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(11,1 \text{ m/s})^2 - (0,5 \cdot 20 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2)}{(20 \text{ m} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 + 0,5 \cdot (11,1 \text{ m/s})^2)}$$

3. Conclusión final

En el análisis de contexto realizado se advirtió que la curva donde se llevan a cabo tantos indeseados accidentes tiene una inclinación contraria a la que debería tener a fin de que los automovilistas circulen por ella sin inconvenientes. Por ello se recomienda repavimentar esa zona calle. Al hacerlo se sugiere darle una inclinación mínima de 6° (con inclinación hacia la ciudad) lo que garantizaría que los automóviles que viajen a la máxima velocidad permitida (40 km/h) y aún en situaciones climáticas desfavorables (esto es que provoquen baja fricción neumáticos – asfalto) transiten sin dificultad.

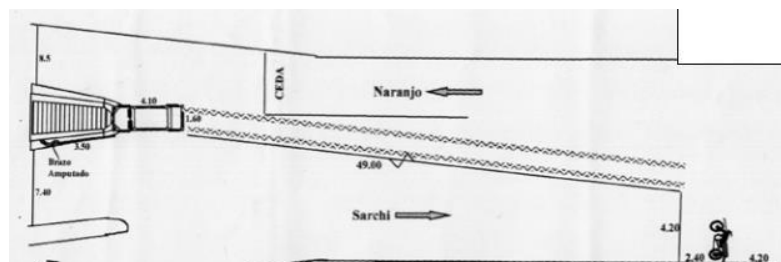
A su vez se recomienda la incorporación de carteles de señalización que indiquen la presencia de la curva y la máxima velocidad con la que se la debe transitar como así también reductores de velocidad previo a ella.

PI2.

1. Identificación del problema a resolver y descripción del contexto en dónde éste se manifiesta.

1.1 *Identificación del problema real:* Se ha producido una colisión entre un auto y una moto que condujo a la muerte del motociclista y se debe determinar si el automovilista viajaba con exceso de velocidad.

1.2 *Descripción del contexto donde se presenta el problema:* La colisión frontal entre el auto y la moto sucedió en una calle de asfalto, recta, seca, con condiciones ambientales despejadas.



1.3 *Interpretación del problema desde un marco teórico de referencia:* El choque es un proceso de interacción de muy corta duración que ocurre cuando dos o más cuerpos intersectan sus trayectorias, y se produce un contacto físico entre ellos. Cuando los cuerpos que conforman el sistema de estudio interaccionan lo hacen a partir de fuerzas internas por lo que el momento lineal del sistema permanece constante. En un choque como el analizado, la energía cinética del sistema disminuye y parte de ésta se transfiere a los vehículos (lo que se traduce en las abolladuras, roturas, variación de la energía cinética, por ejemplo). Las fuerzas de fricción también producen disminución de la energía cinética en tanto son fuerzas no conservativas.

2. Propuesta de resolución: Estimación de la velocidad del automóvil previo al choque.

2.1. *Identificación y búsqueda/construcción/cálculo de datos e incógnitas a determinar:*

La energía disipada por fricción en la frenada, evidenciada con el dato de la huella de frenado (de longitud L), permite estimar la velocidad del automóvil después del choque (v_{a2}) ya que:

$$\Delta E_M = \left(\frac{1}{2} m_a v_{a3}^2 + E_{pa3} \right) - \left(\frac{1}{2} m_a v_{a2}^2 + E_{pa2} \right) = W_{fnc}$$

Dado que $E_{pa3} = E_{pa2}$ (ya que no hay cambio de posición en el sentido vertical) resulta:

$$\left(\frac{1}{2}m_a v_{a3}^2 - \frac{1}{2}m_a v_{a2}^2\right) = -\mu_e \cdot m_a \cdot g \cdot L$$

$$v_{a2} = \sqrt{\left(\frac{1}{2}m_a v_{a3}^2 + \mu_e \cdot m_a \cdot g \cdot L\right) \frac{2}{m_a}}$$

$$v_{a2} = \sqrt{(v_{a3}^2 + 2 \mu_e \cdot g \cdot L)}$$

La v_{a3} será la velocidad con la que el auto choca el automóvil con la estructura de cemento hasta finalmente detenerse. Dado que no se cuenta con datos para calcular/estimar dicha velocidad, sólo se puede calcular una cota inferior para la velocidad v_{a2} resultando que:

$$v_{a2} < \sqrt{2 \mu_e \cdot g \cdot L}$$

Dado el informe del perito sobre las condiciones del asfalto y del clima y atendiendo a la información aportada por la siguiente tabla, se adopta un valor de $\mu_e = 0,5$ por lo que $v_{a2} < 26,8 \frac{m}{s} = 96,6 \text{ km/h}$.

Tabla 2.5.1 Valores promedio del coeficiente de fricción longitudinal

Superficie de rodamiento	Valor máximo de μ	Valor de deslizamiento de μ
Asfalto seco	0.8-0.9	0.75
Hormigón seco	0.8-0.9	0.76
Asfalto húmedo	0.5-0.7	0.45-0.6
Hormigón húmedo	0.8	0.7
Grava	0.6	0.55
Nieve	0.2	0.15
Hielo	0.1	0.07

El resultado hallado permite concluir que la velocidad del auto, luego del choque, es mayor a 96 km/h.

La velocidad del auto, antes del choque, por ende, será mayor (o como mínimo, igual) a este valor, dado que durante el choque moto - auto, parte de la energía que inicialmente tenía el sistema se disipa en abolladuras y rotura. Esta conjetura queda respaldada con el hecho de que durante la colisión el momento lineal del sistema se conserva por lo que: $\overline{P_{1a}} + \overline{P_{1m}} = \overline{P_{2a}} + \overline{P_{2m}}$. Respecto de la situación inicial no se cuentan con datos que permitan calcular los momentos lineales de los móviles (auto - moto) ya que se carece de información sobre sus velocidades y masas. Respecto de las masas se pueden considerar datos "estándar": $m_a = 1200 \text{ kg}$ y $m_m = 120 \text{ kg}$. Esto significa que, si las velocidades iniciales del auto y la moto fueran similares $P_m = 0,1 P_a$, lo que haría a P_a despreciable frente a P_m ($P_m \ll P_a$). Dicho de otro modo, para que P_m resulte comparable con P_a la moto debería viajar a una velocidad 10 veces mayor que el auto (lo que resulta, al menos, una situación dudosa dado el escenario del siniestro).

Lo dicho permite y conlleva despreciar el P_m frente a P_a por lo que $\overline{P_{1a}} = \overline{P_{2a}}$. Y dado que no cambió su trayectoria antes - después del choque resulta que $v_{a2} = v_{a1}$.

3. Conclusión final

Las consideraciones hechas y cálculos realizados permitieron estimar que la velocidad del automóvil antes del choque con la moto resultó ser al menos de 96 km/h, lo que resulta ser mucho mayor a la velocidad máxima permitida (es de 40 km/h) por lo que, entendemos, se debería multar al conductor.

PI3

1. Identificación del problema a resolver y descripción del contexto en dónde éste se manifiesta.

1.1 *Identificación del problema real:* Dimensionar una grúa capaz de elevar la réplica de la piedra movедiza a la cima del cerro "La Movediza".

1.2 *Descripción del contexto donde se presenta el problema:* se debe elevar la réplica de la piedra movедiza, de 9 toneladas de masa y 7 metros de altura (https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/1517/11746_1517.pdf?sequence=1&isAllowed=y) hasta la cima de un cerro que se encuentra a 249 metros sobre el nivel del mar. La grúa deberá emplazarse en un terreno irregular y rocoso.



1.3 *Interpretación del problema desde un marco teórico de referencia:* Una grúa es un mecanismo de elevación de cargas, que se emplea para elevar y distribuir las cargas situadas en la parte del gancho o elemento de sujeción, a distintas alturas y posiciones de manera tal que permite manipular elementos de construcción fácilmente y con poco esfuerzo. La grúa torre es una herramienta de construcción, utilizada para elevar cargas y distribuir las en un radio de efecto definido por la pluma, las cargas van en un gancho montado en un carro que a su vez se desplaza a lo largo de la pluma. El principio físico básico que guía la fabricación (y en gran medida funcionamiento) de la grúa torre es el equilibrio de sólido rígido el cual requiere que la fuerza y torque neto que actúan sobre él sean nulos.

2. Propuesta de resolución

2.1 *Identificación y búsqueda/construcción/cálculo de datos e incógnitas a determinar:*

2.1.1 Carga máxima en punta: se corresponde con la masa del objeto a elevar, que en este caso es de 9 tn

(https://digital.cic.gba.gov.ar/bitstream/handle/11746/1517/11746_1517.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

2.1.2 Altura de la torre: Es conocido el dato de la altura del cerro snm no así su altura medida desde su base, lugar donde se podrá colocar la grúa.

Para estimar dicha altura se atiende a la información disponible en https://www.tripadvisor.com.ar/ShowUserReviews-g312761-d2367047-r670295836-Piedra_Movediza-Tandil_Province_of_Buenos_Aires_Central_Argentina.html donde se especifica que para ascender al cerro se debe transitar una escalera de 268 escalones. Considerando que cada uno es de 15 cm, la altura de la cima (por sobre la base donde podrá colarse la grúa) es de 40 m aprox.

La altura de la torre, entonces, deberá tener como mínimo 50 m (considerando la altura del cerro y de la piedra).



2.1.3 Longitud de la pluma. Las características del terreno (rocoso) obliga a elegir estratégicamente la zona donde colocar la grúa (esto es, una zona plana). Haciendo uso de Google Maps, se puede localizar un sitio posible para colocarla (se lo indica en la figura) y estimar la distancia horizontal al punto de emplazamiento de la piedra. Esto da un valor aproximado de 150 m que se corresponde con la longitud de pluma que debería presentar la grúa.

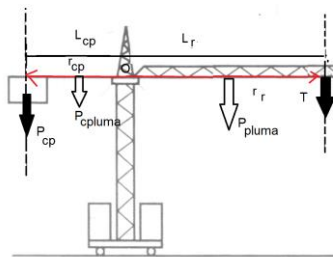


2.1.4 Longitud de la contrapluma: para calcularlo se considerará la relación estandarizada que $L_{cp} = 0.35 L_p$, por lo que la longitud de la contrapluma resulta de 52,5 m

(<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21410/2/TESES%20DE%20GRADO->

[DISEÑO%20Y%20MODELADO%20VIRTUAL%20DE%20UNA%20GRUA%20TORRE%20CON%20PLUMA%20HORIZONTAL%20GIRATORIA-HECTOR%20P%20JARAMILLO.ps](#))

2.1.5 Contrapeso: Para calcular este valor planteamos se debe estudiar la condición de equilibrio de la grúa hasta aquí dimensionada, la cual puede modelarse como un cuerpo rígido que puede girar ante la presencia de fuerzas externas.



$$\sum \tau_0 = 0$$

$$L_p \cdot d_p = L_{cp} \cdot d_{cp}$$

$$L_p \cdot m_p g = 0.35 L_c \cdot m_{cp} \cdot g$$

$$\frac{m_p}{0,35} = m_{cp}$$

$$25,8 \text{ tn} = m_{cp}$$

No se toma en cuenta en el cálculo el peso de los brazos porque sus torques se compensan entre sí (ayudados con el mecanismo de la torre) y eso no varía cuando muevo el contrapeso y subo la piedra.

3. Conclusión final

Analizado el terreno donde se colocará la grúa, las dimensiones del objeto a elevar y la altura a la que habrá que elevarlo se concluye que una grúa torre capaz de realizar el trabajo debería cumplir con las siguientes dimensiones:



Como puede apreciarse se requiere para realizar el trabajo una grúa torre de grandes dimensiones pero factibles de ser halladas en el mercado (sus dimensiones resultan comparables con, por ejemplo, la Grúa Móvil Telescópica sobre orugas Liebherr LTR 11200 cuyas especificaciones están disponibles en <https://gruasytransportes.wordpress.com/2014/12/06/las-5-gruas-mas-grandes-del-mundo-video/>).

Bettina Bravo.

Prof de Física y Química (egresada en 1998) y Especialista en Enseñanza de las Ciencias Experimentales (egresada en 2002) por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires y Dra. por la Universidad Autónoma de Madrid del programa “Educación Científica y Educación Secundaria” (egresada en 2008). Investigadora adjunta del CONICET (desde el 2010) y docente investigadora en el área de Física de la Facultad de Ingeniería de la Unicen (desde el año 2001). Línea de trabajo: estudio de la enseñanza y el aprendizaje de la Física en distintos niveles y contextos educativos. Actualmente dirige un PICT financiado por la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación denominado "Desarrollo Iterativo de propuestas didácticas para la enseñanza y el aprendizaje de la física" y un proyecto de extensión universitaria denominado “Innovación para la Alfabetización Científico – Tecnológica”. De la labor realizada han surgido numerosos trabajos de investigación y divulgación que han sido publicados en libros, congresos y revistas científicas.