

EXPERIENCIA DE ARTICULACIÓN ENTRE MATEMÁTICA A Y FÍSICA I

DEVECE, EUGENIO^(1,3,4); *DI DOMENICANTONIO, ROSSANA*^(1,2,5); *TORROBA, PATRICIA*^(1,6); *TRIPOLI, MARÍA DE LAS MERCEDES*^(2,7)

¹ IMApEC, Dpto. de Ciencias Básicas, Fac. de Ingeniería, UNLP

² ETEMI, Dpto. de Ciencias Básicas, Fac. de Ingeniería, UNLP

³ IEC-EMEIPACIBA-FRLP-UTN

⁴ eugdvc@gmail.com

⁵ rossanadido@ing.unlp.edu.ar,

⁶ patricia.torroba@gmail.com,

⁷ mercedes.tripoli@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

Se relata una experiencia de articulación que fue realizada con alumnos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). A partir del análisis de una actividad inicial, se planificaron y sistematizaron encuentros y reuniones entre docentes de dos asignaturas de ciencias básicas: Matemática A y Física I, lo que dio continuidad a la experiencia de articulación presentada en este trabajo. El objetivo de la misma es profundizar acciones de articulación entre las dos asignaturas, proponiendo actividades didácticas con problemas de aplicación a situaciones reales que permitan un acercamiento entre ambas disciplinas, donde el alumno de primer año pueda vincular conceptos y afianzar los conocimientos adquiridos en matemática que posteriormente aplicará en materias del área de física. Se trabajó en el aula de Matemática A, con problemas que involucran las funciones vectoriales. Los estudiantes cursarán en el segundo semestre del corriente año la asignatura Física I, donde se realizará un seguimiento para valorar la experiencia y mejorarla. Se espera que esta instancia de articulación sea el antecedente para una experiencia mayor.

Palabras clave: matemática, física, articulación, ingeniería.

INTRODUCCIÓN

Enseñar matemática a los futuros ingenieros debería concebirse de manera que sea una herramienta para ellos, entre otras situaciones, proponiendo problemas interesantes, de aplicación a situaciones reales, donde los alumnos puedan ver la necesidad de utilizarla. Como señala Pulido Ríos (2010), “no se puede sostener el ánimo de aprender matemáticas basándose solamente en lo intelectualmente maravilloso que pudiera parecer el edificio ya construido de la ciencia Matemática”. Creemos que es necesario fomentar la capacidad de integración de conceptos matemáticos en distintas áreas, entre ellas, la física. En este sentido, los conocimientos matemáticos contribuyen a la formación lógico-deductiva del estudiante proporcionándole al alumno un lenguaje que permite modelar los problemas físicos y el desarrollo de habilidades que permiten la resolución de problemas. Sin embargo, no es un tema sencillo ya que en el primer año de la carrera es muy difícil proponer situaciones problemáticas atrayentes que puedan resolver con los conceptos estudiados.

Es un desafío para los docentes de los primeros años de las carreras de ingeniería tratar que el alumno considere que está aprendiendo algo útil, que no está perdiendo el tiempo y que está estudiando algo que va a poder aplicar a lo largo de la carrera. Coincidimos con Brito Vallina *et al.* (2011), en la importancia de la matemática en la formación del ingeniero, cuando señalan “que constituye el lenguaje de modelación, o sea, el soporte simbólico con la ayuda del cual se expresan las leyes que rigen el objeto de trabajo del ingeniero”.

Nos proponemos, como docentes de Matemática A y Física I, buscar alternativas de integración de conceptos matemáticos y físicos de manera que el estudiante en su paso por Física I valore lo aprendido en Matemática A reconociendo la utilidad de la matemática como herramienta para poder resolver las situaciones problemáticas propias de la física y que, cuando esté transitando por Matemática A, se encuentre con situaciones reales que deban abordarse aplicando los conceptos propios de esta disciplina. Teniendo en cuenta que los alumnos de primer año tienen formaciones previas diferentes de acuerdo a la escuela media a la que hayan concurrido y a las individualidades propias de cada uno de ellos, creemos que es necesario ofrecerles instancias de integración de contenidos y de interpretación y análisis de modelos físico-matemáticos.

En el presente trabajo se enmarcan las asignaturas Matemática A y Física I desde su contexto curricular y se realiza una breve descripción de las características propias de ambas. Luego se describen diferentes experiencias iniciales de integración de contenidos y aplicaciones. Por último se detallan tareas que se proponen a futuro y conclusiones de las experiencias realizadas en dos cursos de Matemática A.

CONTEXTO CURRICULAR

Matemática A es la primer asignatura de matemática que cursan los alumnos que ingresan a la Facultad de Ingeniería y se ubica en el primer semestre de los planes de estudio de las doce carreras de ingeniería que ofrece la mencionada unidad académica, mientras que Física I es correlativa de Matemática A y pertenece al segundo semestre de los planes de estudio¹.

¹ En el Plan de estudios de Ingeniería en Computación, la materia Física I está en el tercer semestre.

El propósito general de Matemática A es familiarizar al estudiante con los conceptos y métodos básicos del cálculo diferencial en una y dos variables. Se espera que el estudiante sea capaz de resolver problemas de índole geométrica, física u otros, seleccionando el modelo diferencial adecuado y aplicando los procedimientos de cálculo correspondientes al mismo. La presentación de los temas se orienta a que el alumno adquiera la visión de la unidad conceptual presente en el estudio de la variación para las distintas clases de funciones (numéricas o vectoriales, de una o de varias variables). (Ver Tabla 1)

Física I tiene entre los objetivos generales, que el estudiante desarrolle el razonamiento formal, capacidad crítica, habilidad para la utilización de nuevas tecnologías (adquisición, análisis, modelado y comunicación de datos), capacidad para el trabajo y aprendizaje grupal. Además, que el alumno sea capaz de identificar distintos problemas mediante el análisis de situaciones concretas y la caracterización de sistemas. En relación al aspecto temático, se aborda la mecánica clásica y una introducción a la termodinámica. Se inicia el estudio del sistema físico, incorporando el concepto de modelización. Las leyes de Newton se emplean en el modelo más simple, la partícula, luego al sistema de partículas hasta llegar al modelo de cuerpo rígido (Tabla 1).

Semestre	Eje matemático		Eje físico	
		Contenidos		Contenidos
1°	Matemática A	Diferenciación en una y varias variables.		
2°	Matemática B	Integración en una y varias variables. Ecuaciones diferenciales ordinarias de 1º orden	Física I	Mecánica- Fluidos y termodinámica
3°	Matemática C	Series numéricas y funcionales, álgebra lineal, sistemas lineales de ecuaciones diferenciales ordinarias.	Física II	Electricidad y Magnetismo. Ondas mecánicas y electromagnéticas

Tabla 1. Ejes temáticos del trayecto de las asignaturas básicas de matemática y de física del primer año del plan de estudios de las carreras de ingeniería

Teniendo en cuenta los contenidos analíticos de ambas asignaturas, se puede observar que los temas que se dan en Física I² son los que, en general, se estudian en el primer curso de física de carreras de ingeniería de otras facultades; sin embargo, el contenido temático de Matemática A³ no se corresponde con la primer asignatura de matemática que se cursa en otras unidades académicas ya que en los cursos de cálculo, primero se trabaja con funciones de una variable (tanto derivación como integración) para abordar luego funciones de más variables en un segundo curso de cálculo. En el caso de esta Facultad, es en Matemática B donde el eje conceptual es la integración y se trabaja en una y varias variables (Tabla 1).

² <http://www.ing.unlp.edu.ar/academica/~asignaturas/asignatura.php?cod=F0303#analitico>

³ <http://www.ing.unlp.edu.ar/academica/~asignaturas/asignatura.php?cod=F0301#analitico>

CARACTERÍSTICAS DE LAS DOS ASIGNATURAS

Las clases de Matemática A son concebidas como espacios de actividad en la cual todos trabajan. Se utilizan diferentes recursos y medios que han sido diseñados para contribuir a un aprendizaje constructivo, cooperativo y orientado a la resolución de problemas. Se propone trabajar en forma grupal y de manera colaborativa entre los alumnos y entre éstos y sus docentes.

Debido a la gran cantidad de alumnos que cursan la asignatura (más de 1000) y para poder llevar adelante la metodología teórico-práctica propuesta, se organizan varias comisiones, cada una con un equipo docente (Adjunto, JTP y dos Ayudantes). La coordinación de la cátedra, no establece un esquema rígido, sino una planificación “general” que, sirviendo de marco al proceso, pueda adaptarse a la realidad de cada comisión particular.

Las clases se desarrollan en aulas planas y con el mobiliario adecuado para favorecer el trabajo en grupo. Cuentan con equipamiento informático adecuado a las necesidades de la asignatura y para uso de los alumnos y con una biblioteca con los libros de texto recomendados por la cátedra.

Cada equipo docente tiene la libertad de proponer en su curso las actividades complementarias que completen la formación del alumno, teniendo en cuenta que estos alumnos son futuros ingenieros concibiendo, de esta manera, la matemática como una herramienta que utilizarán en asignaturas más avanzadas y en su vida profesional. Es por ello que se considera la necesidad de incorporar actividades que involucren situaciones reales donde el alumno pueda percibir el uso de los conceptos estudiados en esta asignatura. Los docentes y estudiantes cuentan con un material, una guía teórico-práctica, diseñado para poder llevar a cabo la metodología de trabajo propuesta por la cátedra (Altamirano *et al.*, 2014) (Figura 1).



Figura 1. Alumnos y docente de Matemática A trabajando en el aula con la metodología teórico-práctica.

Las clases de Física I tienen una modalidad similar a las de matemática. Se trabaja en forma grupal realizando actividades teórico-prácticas-experimentales en el aula. Las actividades de laboratorio se desarrollan, de acuerdo al aspecto temático a tratar, en el espacio áulico o en un laboratorio acondicionado para tal fin. Se emplean elementos tradicionales y TIC's. En las clases se incluyen mostraciones motivadoras que permiten visualizar, de ser posible, el fenómeno a tratar.

El número estimado de alumnos es del orden de 800 y se distribuyen en varias comisiones. Cada comisión tiene asignado un equipo docente integrado por Profesor, un JTP y entre dos y cuatro Ayudantes.

Las clases se desarrollan en aulas planas y con el mobiliario adecuado para favorecer el trabajo en grupo. Cada equipo docente tiene la posibilidad de desarrollar los contenidos temáticos de acuerdo a su estrategia didáctica.

El número de alumnos que cursa Matemática A en las distintas comisiones es del orden de 70; en cambio, las comisiones en las que se distribuyen los alumnos de Física I son de un número mayor, superando los 100.

En las dos asignaturas los alumnos deben rendir exámenes parciales para acreditar los contenidos de las mismas. La diferencia que existe entre ambas es que, mientras que en Matemática A existe un examen común a todos los alumnos y lo rinden en forma simultánea, en Física I el profesor de cada comisión prepara un examen exclusivo para su grupo de estudiantes.

DESARROLLO DE EXPERIENCIAS DE ARTICULACIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo profundizar acciones de articulación entre las asignaturas básicas antes mencionadas y la necesidad de presentar al alumno aplicaciones donde pueda vincular conceptos y anticipar la utilización de las herramientas matemáticas que utilizará en materias del área de física, en particular en Física I, pero que también usará en materias tecnológicas básicas y tecnológicas aplicadas. Teniendo en cuenta que el alumno debe aplicar los conceptos vistos en Matemática A, se plantearon interrogantes tales como: por qué el estudiante tiene dificultad en recuperar lo aprendido en Matemática A para aplicarlo en temas de Física? Por qué al alumno le cuesta ver a la matemática como una herramienta necesaria a la hora de resolver problemas referidos a situaciones reales? Llegan realmente los alumnos a las materias sucesivas, como es Física I, sin relacionar con conceptos previos? Es así que algunos docentes de Matemática A y Física I se vieron motivados en realizar tareas en conjunto creando situaciones de enseñanza en el aula que motiven el aprendizaje, continuando otras experiencias de articulación entre docentes de matemática y física de esta misma facultad. Al igual que en Costa *et al.* (2013) asumimos la articulación como la necesaria continuidad, coherencia, secuenciación y gradualidad que debe existir en el proceso de enseñanza y de aprendizaje integral y que contemple desde las estrategias didácticas, contenidos, hasta los aspectos de organización institucional.

La primera actividad realizada

En el año 2013 se realizó una actividad inicial con el objetivo de realizar una articulación entre Física I y Matemática A con el empleo de TIC's orientada para alumnos de primer año de las carreras de ingeniería. La incorporación de tecnología en el proceso de enseñanza y aprendizaje genera en los alumnos un cambio de actitud, motivándolos a participar en este proceso de una manera activa. Es importante destacar que las TIC's promueven el trabajo grupal y colaborativo ya que la actividad experimental lo requiere. Se han realizado estudios comparativos entre grupos que integran las TIC's a sus actividades y otros que no lo hacen y han mostrado mejores resultados los primeros (Litwin, 2005; Coicaud, 2000). El empleo de estos recursos resulta motivador en los jóvenes debido al alto grado de alfabetización digital que poseen (Raviolo *et al.*, 2011; Salinas, 2004). En este tipo

de actividades, según el marco teórico de Bruner (2006) aprender es un proceso activo en el cual los participantes construyen las nuevas ideas o conceptos basados sobre su conocimiento. Para ello, el estudiante necesita adquirir ciertas habilidades: la capacidad de identificar la información relevante para un problema dado, de interpretarla, de clasificarla en forma útil, de buscar relaciones entre la información nueva y la adquirida previamente; en otras palabras, la formación de conceptos es un instrumento para el proceso cognitivo. Para llevar a cabo la actividad, docentes de física concurren a una clase de matemática, con un equipamiento de adquisición de datos a tiempo real. Los temas que se vincularon fueron el análisis de una función de una variable desde la matemática y conceptos de cinemática, asociados al movimiento rectilíneo uniforme y variable, desde la física. En la experiencia se empleó un sensor de posición (Figura 2) que permitió obtener los datos necesarios para construir la expresión de la posición en función del tiempo de un carrito que realiza un movimiento con aceleración constante. El resultado de esta toma de datos permitió obtener una función cuadrática. Esta expresión se puede analizar desde el punto de vista físico y matemático a partir del análisis de una función (Figura 2).

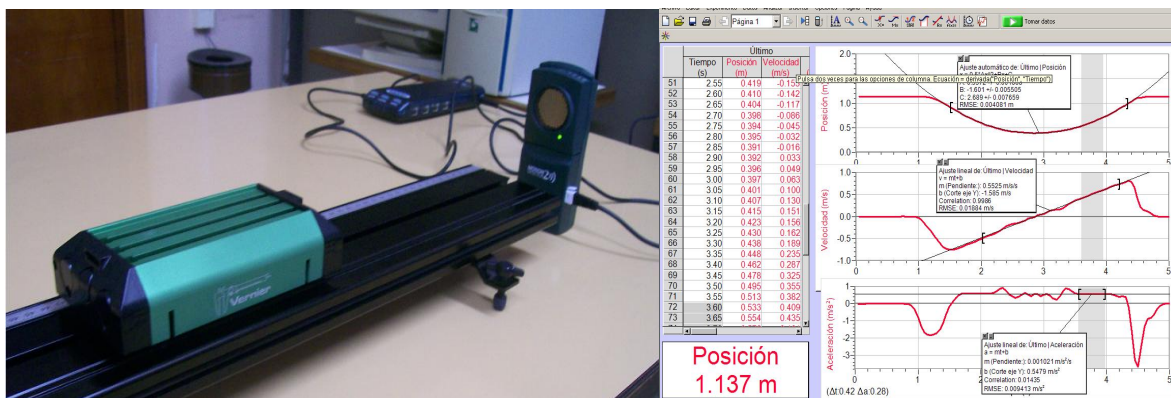


Figura 2. Sensor de posición y resultados obtenidos luego del uso del sensor de posición

A partir de este análisis surge la vinculación entre la derivada primera y segunda (desde la matemática) con la velocidad instantánea y con la aceleración instantánea (desde la física). El objetivo final de la propuesta, fue emplear el análisis de una función en una situación física experimental y contrastar los resultados del modelo teórico con los resultados experimentales.

El tema con el cual se trabajó consideramos que puede servir para iniciar al alumno en la comprensión de la interrelación entre temas matemáticos y físicos.

En referencia a la población destinataria de la actividad, es importante destacar que los estudiantes que participaron de la experiencia ya habían cursado, al menos una vez, Matemática A. En general, estos alumnos se caracterizan por ser poco participativos, con poco compromiso sobre a las actividades propuestas y cuya asistencia a clase no es regular. Como conclusión de la actividad realizada, se pudo observar que el alumno tuvo que enfrentarse con una notación y lenguaje diferentes a lo comúnmente utilizado en Matemática A, lo que le agregó una dificultad a la natural del alumno de primer año. El momento elegido para realizar la experiencia no fue el adecuado ya que los alumnos todavía no habían vuelto a repasar el análisis completo de una función. Esto provocó que haya que detenerse a realizar explicaciones no previstas o que los alumnos no

comprendieran el para qué y por qué de los resultados que se obtenían mediante la utilización del sensor.

La experiencia realizada y la constante preocupación de los docentes por la articulación de los contenidos entre ambas asignaturas, dispararon la inquietud de planificar encuentros entre un grupo de docentes de Física I y Matemática A con el propósito de diseñar estrategias que fomenten en el alumno articular notaciones, lenguaje y aplicar herramientas y conocimientos previos en problemas o situaciones problemáticas que permitan una mejor articulación entre ambas asignaturas. Es así que durante el primer semestre del año 2015 se realizaron algunas actividades que apuntaron a la aplicación e integración de conceptos.

Actividades posteriores

En cuanto a la experiencia arriba descrita (carrito), se decidió repetirla pero teniendo en cuenta las observaciones mencionadas previamente, se consideró llevarla a cabo para alumnos que cursen Matemática A por primera vez y entonces realizarla en el momento del cronograma de la cursada en que los alumnos hubieran estudiado el análisis completo de una función. Se dejó planificada para el primer semestre del próximo año teniendo en cuenta que el momento curricular donde incluir actividades extras es importante para la adecuada utilización y rendimiento de la actividad. El objetivo de la propuesta es que los alumnos, mediante actividades complementarias, analicen situaciones problemáticas que serán recuperadas en otras asignaturas y valoricen la utilidad de la matemática.

En este sentido, la teoría cognitiva de aprendizaje significativo (Ausubel *et al.*, 1976), sostiene la idea de combinar la información previa con la nueva para arribar a una comprensión más profunda. Esta idea de activar el conocimiento de estructuras existentes en el alumno que cursó Matemática A, es la que los autores esperan concretar con los estudiantes de Física I.

En esta oportunidad, se decidió hacer en Matemática A, como cierre de los temas correspondientes a la unidad 6⁴, una actividad didáctica y motivadora que incluyera resolución, por parte de los alumnos de dos cursos de Matemática A (A2 y A5)⁵, de algunas situaciones problemáticas seleccionadas con tal fin:

- Un problema fue extraído de la Guía de Trabajos Prácticos de Física I en donde se trabaja el concepto de desplazamiento. Consistió en la descripción de una caminata por la ciudad de La Plata en donde el recorrido realizado por la persona cambiada de dirección y sentido. Los interrogantes incluyeron desplazamientos, distancia recorrida, etc.
- Otro de los ejercicios seleccionados, que en Física I se utiliza como actividad adicional en el aula, es para trabajar con vectores, operaciones entre ellos y las coordenadas polares de un vector. El objetivo del ejercicio era encontrar el módulo de la resultante entre dos vectores.

⁴ Los temas de la unidad 6 de Matemática A son: vectores en el plano y en el espacio, el producto punto, ecuaciones de las rectas y los planos, funciones a valores vectoriales, curvas parametrizadas.

⁵ A2: comisión conformada por alumnos de Ingeniería Civil; A5: comisión conformada por alumnos de Ingeniería Hidráulica, Agrimensura y una minoría de Ingeniería Industrial.

- Como tercer y última propuesta, se les dio un problema de aplicación de funciones vectoriales (de tiro parabólico) con un relato de un gol y la trayectoria o posición de la pelota. Dada la función de posición de la pelota se hicieron preguntas donde se involucraron conceptos como velocidad, máximos (altura máxima), distancia recorrida u otros.

El objetivo de esta estrategia fue plantear a los alumnos un trabajo grupal, donde se manifestara la necesidad de trabajar colaborativamente, para relacionar contenidos, revisar estrategias de resolución, argumentar, debatir y luego aplicar conocimientos previos para la resolución de los problemas (incluso en contexto real). Un objetivo específico fue introducir actividades que luego volverán a revisar cuando cursen Física I en el próximo semestre y puedan relacionar, recordar y articular.

¿Cómo se trabajó en la clase de Matemática A con esta actividad? Se les repartió un ejercicio a cada mesa, habiendo más de una mesa con el mismo problema. Mientras los alumnos trabajaban en grupo con la resolución de los mismos, los docentes pasaban por las mesas para colaborar con el trabajo que estaban realizando, observar las inquietudes, y guiarlos en la resolución y búsqueda bibliográfica (Leithold, 1992; Stewart, 2002) que les de soporte teórico a los conceptos involucrados.

En una de las comisiones se hizo un cierre en el pizarrón donde cada grupo de alumnos debía pasar y explicar su propuesta de resolución, momento en el cual los demás estudiantes escuchaban el problema y se discutía sobre las distintas cuestiones que fueron surgiendo tanto en la mesa como las que surgían en la explicación oral. En la otra comisión se trabajó en cada una de las mesas y en ellas se discutió el ejercicio haciendo un cierre y conclusión del mismo. Luego los docentes hicieron una puesta en común en el pizarrón donde resumieron las diferentes estrategias utilizadas por los alumnos en la resolución de cada problema.

En ambas comisiones se decidió incorporar en la plataforma educativa Moodle⁶ los tres problemas resueltos así todos los alumnos pudieran acceder a los tres problemas y podían consultar las dudas que les surgieran luego de su lectura.

Por la experiencia en el aula se puede concluir que la propuesta de actividades resultó útil y motivadora. En general los alumnos resolvieron los problemas sin mayores inconvenientes, haciendo referencia en algunos de ellos a recuerdos que tenían de física por su paso en la escuela media. Algunos alumnos los fueron desarrollando con la ayuda que los docentes sugerían. Los obstáculos se fueron superando y se llegó a la resolución de todos los ejercicios. Se pudo observar gran interés y esfuerzo por gran parte de los estudiantes para resolver los problemas propuestos. Se manifestó el espíritu de colaboración entre los compañeros. Se observaron otras dificultades, además de las previstas, que tuvieron que ver más con problemas de matemática básica (nivel medio) que con la aplicación de la misma a situaciones problemáticas.

⁶ Cada curso de Matemática A (A2 y A5) disponía de un aula virtual en la plataforma Moodle como extensión del aula presencial

REFLEXIONES FINALES Y TAREAS A FUTURO

De las reuniones, organización y planificación entre los docentes y las experiencias realizadas en dos cursos de la asignatura Matemática A, nos preguntamos, ¿qué funcionó?, ¿qué no?, ¿qué podríamos hacer la próxima vez? Consideramos importante la reflexión sobre el propio proceso para planificar futuras experiencias.

Podemos concluir que la estrategia didáctica fue motivadora para los alumnos de ambos cursos y creemos conveniente seguir realizándola con algunos ajustes que podremos analizar y definir en base al diagnóstico que haremos al grupo de alumnos participantes de esta experiencia cuando estén cursando Física I.

Además consideramos que será más beneficioso para una próxima implementación de esta misma experiencia que se realice en dos grupos de alumnos con la misma especialidad⁷ con el fin de poder hacer un mejor seguimiento del grupo cuando estén cursando Física I.

En este trabajo se intenta realizar un aporte a la integración de los conceptos de las dos asignaturas que generalmente queda en mano de los alumnos.

Nos proponemos continuar realizando las reuniones de docentes con el fin de abordar nuevas problemáticas y avanzar en el alcance de esta experiencia. Pretendemos que estas reuniones sean uno de los mecanismos disparadores que garanticen la consecución de la articulación de ambas cátedras.

Para el próximo año se considera necesario realizar una planificación previa de la actividad áulica teniendo en cuenta la experiencia relatada y proponemos revisar los siguientes aspectos:

- Planteo de las situaciones problemáticas.
- Utilización de software.
- Interpretación matemática y física del mismo problema.
- Propuesta metodológica de la actividad.
- Presentación de un informe por parte del alumno.

Además nos proponemos realizar las siguientes tareas con el fin de continuar y mejorar la estrategia de articulación mencionada:

- Seguimiento del grupo de alumnos con los que se trabajó en Matemática A.
- Analizar indicadores que midan cualitativa y cuantitativamente la comprensión de los temas abordados en la experiencia.
- Realizar encuestas de opinión a los alumnos que participaron de la experiencia con el fin de evaluar el grado de utilidad de la misma.
- Compartir con otras comisiones de Matemática A las actividades de la articulación realizadas en futuras implementaciones y así contar con una mayor población de alumnos para realizar análisis.

⁷ Tanto en Matemática A como en Física I, las comisiones de alumnos que hacen por primera vez la materia están divididas según la especialidad de ingeniería que eligieron para su futuro. Por ello el seguimiento sobre el rendimiento de los alumnos podría hacerse con mayor facilidad si la experiencia se realiza con dos comisiones de la misma especialidad.

- Incorporar actividades que vinculen otros conceptos matemáticos y físicos y favorezcan o promuevan en el alumno la relación entre las diferentes expresiones de ambas disciplinas, la notación y el lenguaje utilizado.

A modo de cierre concluimos que haber incluido actividades de articulación entre ambas asignaturas, es el inicio de un proceso complejo e importante que planificamos mejorar, completar y difundir para que el alcance de la articulación sea mayor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altamirano, N.; Bertero, M.; Di Domenicantonio, R.; García, M.; Langoni, L.; Trípoli, M. (2014). Experiencia Colaborativa entre Docentes del Primer Curso de Matemática de la Facultad de Ingeniería de la UNLP. *XVIII EMCI Nacional y X EMCI Internacional*. Mar del Plata, Argentina.

Ausubel, D. P.; Novak, J. D.; Hanesian, H. (1976). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Vol. 3. México: Trillas.

Brito Vallina, M.; Alemán Romero, I.; Fraga Guerra, E.; Para García J.; Arias de Tapa, R. (2011). Papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros. *Ingeniería Mecánica*, vol. 14 (2): 129-139

Bruner, J. (2006). *Aprendizaje por descubrimiento*. Madrid: Iberia Ediciones.

Coicaud, S. (2000). La colaboración institucional en la educación a distancia. En: Litwin E. (2000). *La educación a Distancia. Temas para el debate para una nueva agenda*. Buenos Aires: Editorial Amorrortu.

Costa, V.; Torroba, P.; Devece, E. (2013). Articulación en la enseñanza en carreras de ingeniería: el movimiento armónico simple y las ecuaciones diferenciales de segundo orden lineal. *Latin American Journal of Physics Education*, vol. 7 (3): 350-356.

Leithold, L. (1992). *El Cálculo con Geometría Analítica*. México: ARLA.

Litwin, E. (2005). *Tecnologías educativas en tiempos de Internet* Buenos Aires: Amorrortu editores.

Pulido Ríos, R. (2010). La enseñanza de los diferenciales en las escuelas de ingeniería desde un enfoque socioepistemológico, *Revista Latinoamericana de Investigación en Educación Matemática*, vol. 13 (4): 85-97.

Raviolo, A.; Álvarez, M. y Aguilar, A. (2011). La hoja de cálculo en la enseñanza de la Física: re-creando simulaciones. *Revista de Enseñanza de la Física*, vol. 24 (1): 97-107.

Salinas, J. (2004). Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. *Revista Universidad y Sociedad del conocimiento*, vol. 1 (1).

Stewart, J. (2002). *Cálculo. Trascendentes tempranas*. México: International Thomson Editores.