

# Primeros resultados en el análisis de las evaluaciones finales en el área de Física y su impacto en la planificación, en el primer año de Ingeniería, en el marco de la taxonomía SOLO

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

First results in the analysis of final evaluations in the area of Physics and its impact on planning, in the first year of Engineering, within the framework of the SOLO

Fabián Venier<sup>1</sup>, Adriana Fernández<sup>1</sup>, Claudio Ceballos<sup>1</sup>, y Santiago Esquenazi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta 36 km 601, CP 5800, Córdoba. Argentina.

E-mail: fvenier@ing.unrc.edu.ar

## Resumen

En el primer semestre del primer año de las carreras de ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto se tratan temas relacionados con la Mecánica Clásica en la asignatura Introducción a la Física. En este trabajo se muestran resultados y el análisis de un examen final escrito y la relación entre la respuesta del estudiante, y la respuesta esperada por el docente. El trabajo se enmarca dentro de la taxonomía “estructura del resultado observado del aprendizaje” (*structure of the observed learning outcome*, SOLO), que permitió obtener primeros resultados sobre el proceso de evaluación pensando en la respuesta de los estudiantes y la planificación de las actividades de enseñanza-aprendizaje.

**Palabras clave:** Evaluación; Competencias; SOLO.

## Abstract

In the first semester of the first year of engineering careers at the National University of Río Cuarto, topics related to Classical Mechanics are dealt with in the subject Introduction to Physics. This paper shows results and the analysis of a written final exam and the relationship between the student's response and the response expected by the teacher. The work is framed within the structure of the observed learning outcome taxonomy, SOLO, which allowed obtaining first results about the evaluation process thinking about the students' answer and the planning of the teaching-learning activities.

**Keywords:** Evaluation; Competencies; SOLO.

## I. INTRODUCCIÓN

Desde el año 2005 en que presentara el *Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de las Ingenierías*, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI, 2005; 2006; 2014; 2018) ha venido trabajando con el propósito de introducir un conjunto de cambios en la formación de grado de los ingenieros. Tales cambios se han orientado, entre otros objetivos, a lograr un modelo curricular comparable internacionalmente, a favorecer la movilidad académica, a fortalecer una modalidad de enseñanza centrada en el estudiante y a consolidar un modelo de aprendizaje basado en competencias. En esa dirección, en el año 2018 el mencionado organismo logró la aprobación del Libro Rojo de propuestas de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en el que se establece que los planes de estudio cumplan, entre otras condiciones, con las competencias genéricas y específicas.

Cabe señalar que CONFEDI distingue dos tipos de competencias genéricas: a) las competencias tecnológicas y b) las competencias sociales, políticas y actitudinales. Dentro de las tecnológicas se encuentra en primer lugar, la competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería mientras que

dentro de las sociales, políticas y actitudinales, está la de desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo y comunicarse con efectividad.

La resolución de problemas ha estado desde siempre vinculada al saber y saber hacer de un ingeniero; de modo que, aún con poca información sobre la carrera, los ingresantes suelen responder “resolver problemas”, cuando en el contexto de los talleres en el cursillo de ingreso se les pregunta sobre el saber y el saber hacer de los ingenieros. Esta representación es tan fuerte que luego se traslada a las prácticas de estudio de las materias; tal es el caso de lo que se observa en Introducción a la Física, materia básica y común a las cuatro carreras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto (FI-UNRC): Ingeniería Electricista, Mecánica, Química y en Telecomunicaciones. Esta materia se dicta en el primer cuatrimestre del primer año de las carreras de Ingeniería. Entre las prácticas de estudio vinculadas a la resolución de problemas, que ha motivado investigaciones por parte de docentes de la cátedra desde hace varios años (Vicario y otros, 1993; Fernández y otros, 2004; Amieva y otros, 2005) se observa: el estudio de la teoría desvinculado de la práctica de resolución de problemas, el desarrollo de una considerable cantidad de ejercicios y problemas que sobrepasa al número de los que figuran en la guía de práctica ya que suman los de los parciales y finales de años anteriores, el abordaje de la resolución de problemas teniendo en cuenta analogías, muchas veces sin tener en cuenta la particularidad de la situación problemática planteada, etc.

Desde un enfoque centrado en el estudiante y basado en la formación de competencias que los estudiantes pueden desarrollar dentro y fuera de la universidad en el área de física (Vergnaud, 2009), se trata de establecer una conexión entre la forma operativa del conocimiento que da el mundo social y cultural, con el lenguaje simbólico y predictivo de la física. Esta situación amerita un examen con vistas a ser modificado; pero, ¿cómo?, ¿desde qué perspectiva teórica?, ¿de qué manera las prácticas de enseñanza y de evaluación desplegadas en la materia tienen que ver con la forma en que los estudiantes abordan por sí mismos la resolución de problemas? (Morchio y otros, 2015), más allá de los propósitos perseguidos en la materia, ¿qué niveles de aprendizajes y de conocimientos efectivamente se promueven a través de las evaluaciones?

En la situación descrita, hay implicados por lo menos tres aspectos: 1) la forma en que los estudiantes abordan el aprendizaje; 2) la forma en que los docentes asumen la enseñanza; y 3) la relación entre los objetivos de aprendizaje a los que la cátedra aspira, la modalidad de enseñanza desarrollada para que los estudiantes logren esos objetivos, el sistema de evaluación implementado para valorar lo aprendido y las actividades formativas de enseñanza y aprendizaje. Precisamente, éstos son aspectos considerados de modo sistemático por Biggs (2006) al referirse a la calidad del aprendizaje universitario.

La taxonomía SOLO se basa en el estudio de varias áreas académicas de contenido, la que facilita una forma sistemática de describir como aumenta la complejidad de la actuación de un aprendiz cuando domina muchas tareas. A medida que los estudiantes aprenden muestran fases similares de creciente complejidad estructural, apareciendo dos cambios principales, uno cuantitativo relacionado con la cantidad de detalles que aparecen en las respuestas de los estudiantes y otro cambio es cualitativo con relación a cómo los detalles se integran a un modelo estructural más amplio. La taxonomía puede utilizarse, tanto, para definir objetivos curriculares, que describan dónde deben estar operando los estudiantes, como para evaluar los resultados del aprendizaje, de manera que se pueda saber en qué nivel concreto se están desarrollando (Biggs y Collis, 1982).

Según el marco teórico de Biggs se entiende que el conocimiento es el objeto de la comprensión, habiendo distintos tipos de conocimientos. El conocimiento *declarativo* o *proposicional* está referido al saber sobre las cosas o “saber qué”, es saber a qué se refieren los términos de una ecuación, este conocimiento aumenta a medida que el estudiante investiga sobre el contenido, se trata de un saber público, sometido a reglas de comprobación verificable, replicable y lógicamente consistente. El conocimiento *funcional* basado en la idea de actuaciones que están fundamentadas en la comprensión. Estos conocimientos se encuentran en la experiencia que posee el aprendiz y que puede poner a trabajar el conocimiento declarativo, ya sea resolviendo problemas o planificando su enseñanza. Se encuentra que el conocimiento *procedimental* está fundado en destrezas y no posee fundamentos declarativos de nivel superior; de modo que lo que implica es seguir las secuencias y acciones, saber qué hacer ante una situación dada y poseer las competencias necesarias. Por último, el conocimiento *condicional* contiene tanto al procedimental como al declarativo, de orden superior en un nivel teórico, de modo que el sujeto pueda saber cuándo y por qué hacer una determinada cuestión y no otra.

En el marco teórico de Biggs existen distintos niveles de aprendizaje a partir de la respuesta para analizar, a saber:

- *Preestructural*: las respuestas están erradas o, utilizan la tautología para de ese modo, encubrir la falta de comprensión respecto al tema.

- *Uniestructural*: solo cumplen con una parte de la tarea de manera superficial, pasando por alto contextos importantes.
- *Multiestructural*: existen dos tipos de aprendizaje multiestructural, el superficial y el profundo. El *superficial*, es aquel cuya característica principal es el aprendizaje memorístico en el que los alumnos pueden contar conocimientos, con muchos datos, pero, sin estructurarlos como se debiera. Mientras que, en el *profundo*, los estudiantes tratan de alcanzar el significado que subyace en su tarea de aprendizaje.
- *Relacional*: en este nivel los datos y detalles son usados por los estudiantes para mostrar la contribución del tema en su conjunto.
- *Abstracto ampliado*: la respuesta abstracta trasciende el todo dado, y es posible aplicarlo y ampliarlo a nuevos campos.

Varios son los autores que sostienen que la forma en que los estudiantes abordan el aprendizaje es crucial en la explicación de sus logros académicos, comportándose como un sistema autopoiético, permitiendo al sujeto cambiar y transformarse continuamente, reflexionando sobre este proceso (Maturana, 2001), también es transcendental partir de lo que el estudiante sabe (Moreira, 2017); (Ausubel 1963) para que a través de la evaluación se puedan encontrar evidencias en el trayecto del aprendizaje.

En este trabajo se comparten algunas respuestas encontradas a estos interrogantes como resultado de la actividad de análisis de una muestra de una evaluación hecha a un pequeño grupo de estudiantes y una reflexión realizada por un grupo de docentes de la cátedra, con relación a las respuestas de esos estudiantes y la oportunidad que surgió a partir de ello, para la planificación de actividades de enseñanza-aprendizaje de la asignatura y que pudieron ser aplicadas a manera de experiencia piloto, en la materia Física, que se impartiría en el cuatrimestre siguiente.

## II. METODOLOGÍA

La asignatura Introducción a la Física se impartía hasta el año 2014 a través de clases magistrales y resolución de problemas, así como de experiencias de laboratorio. Se advirtió que esta metodología presentaba carencias en lo que respecta al proceso de construcción del conocimiento en el área.

Una de las particularidades era el desfasaje temporal existente entre teóricos y prácticos, lo que no permitía que los estudiantes lograran relacionar adecuadamente los conceptos con los procedimientos y las estrategias propias de la asignatura. Dicho desfasaje se puso en evidencia a través del hecho en que las clases teóricas avanzaban a ritmos distintos con las actividades planificadas para la resolución de situaciones problemáticas, quedando esta última desfasada hasta dos semanas con respecto al teórico. Las experiencias de laboratorio se hacían en simultáneo con la resolución de problemas.

Como la evaluación estaba enfocada en la resolución de problemas, los estudiantes ponían el énfasis en esta actividad, reforzada también por la propuesta metodológica de separar el teórico del práctico, restándole importancia al conocimiento conceptual y a la reflexión a partir del mismo.

Cabe señalar que la teoría era y es evaluada, ya sea, mediante coloquios para el caso de aquellos estudiantes que promocionen la materia con nota superior a 7 y una evaluación oral para alumnos regulares y libres en el examen final, que complementa el examen escrito en el que se presenta la resolución de problemas semejantes a los resueltos en clase.

Se ha detectado que los estudiantes tienden a resolver problemas remitiéndose a la experiencia previa de casos similares, confirmando la tipología que establecieron Miller y Parlett (1974), con estudiantes que actuaban en función de los indicios por los que eran recompensados por el sistema de evaluación. Por lo tanto, su acción se limitaba a coleccionar una cantidad suficiente de problemas de parciales y finales, buscando que algún docente les diera las claves para su resolución. Este proceder se transmitió verbalmente año tras año entre los alumnos de las distintas carreras de Ingeniería, formando parte del currículo oculto de la asignatura (Snyder, 1971).

Los estudiantes tienden a resolver problemas invocando a la memoria y no al razonamiento sobre una situación en particular, aunque la mayoría de las veces esto juegue en contra, ya que las analogías, pueden no ser tales, en determinadas situaciones de física.

Durante el cursado de la materia, la evaluación no es solo mediante la resolución de problemas, sino también de manera continua en el aula, en donde se fomentan otras competencias, como la del trabajo en equipo y la argumentación a través de textos cortos, de informes de laboratorios, esta última también es evaluada en los exámenes parciales a través de explicaciones algunos fenómenos por parte de los estudiantes. La competencia de argumentación en Física es compleja de adquirir y más aún en el corto tiempo disponible del primer cuatrimestre del primer año, más aún, considerando que los estudiantes ingresan a la universidad con falencias en cuanto a la redacción de textos. Debido a estos, los docentes de la cátedra

de Física de la Facultad de Ingeniería presentaron en el año 2015 el proyecto “Enseñanza de la lectura y la escritura en Física para Ingeniería”, momento en que la Secretaría Académica de la UNRC (2016) hizo una convocatoria para la presentación de Proyectos sobre Escritura y Lectura en Primer Año (PELPA), que brindó la oportunidad de abordar proyectos de lecto-escritura en la Universidad. Estas actividades se han venido desarrollando con los estudiantes todos estos años.

Dos fueron los objetos de análisis con relación a la evaluación de los aprendizajes en Introducción a la Física que se tienen en cuenta en el presente trabajo: el protocolo de examen final correspondiente al llamado especial de abril de 2014 y las respuestas expresadas a uno de los problemas del mencionado examen por parte de los estudiantes que se presentaron a rendir.

El análisis de ambos objetos se realizó teniendo como referencia la taxonomía SOLO de Biggs (2006). En el primer caso, el propósito fue identificar tanto el tipo de contenidos implicados en el examen como el nivel de aprendizaje esperado por parte de los estudiantes; también, se buscó determinar la alineación constructiva (Carrascal Torres, 2011) entre los objetivos del examen con relación a los contenidos implicados, las actividades desarrolladas por los docentes a efectos de su enseñanza, las actividades realizadas por los alumnos a efectos de aprenderlos, y las tareas de evaluación propuestas en el examen. En el segundo caso, el propósito fue identificar el tipo de conocimiento y el nivel de aprendizaje que los estudiantes habían desarrollado según sus respuestas a uno de los problemas planteados en el examen final citado, se trata del problema N° 5 que se muestra en el anexo 1. Es importante señalar que este tipo de situaciones son problemas típicos de evaluación en donde se incluyen varios conceptos relacionados con las Leyes de Newton, los que son trabajados con los estudiantes en el aula, tanto en los teóricos, a modo de ejemplos, como en las clases de prácticas, donde también se resuelven estos problemas integradores, similares a los que se evalúan en los exámenes parciales, y también son discutidos en clases de repaso y de consulta, durante el cursado de la asignatura.

### III. RESULTADOS

El análisis del protocolo del examen final se sintetiza en la tabla I en el que se tuvieron en cuenta los objetivos direccionales que figuran en el programa de la asignatura Introducción a la Física. Para poder enfocar los criterios de evaluación al momento de diseñar el examen final, los mismos tenían que ver con los contenidos, tipo de conocimiento y el nivel de aprendizaje deseado por la cátedra.

**TABLA I.** Análisis del protocolo del examen final teniendo en cuenta los objetivos direccionales.

CONTENIDO	NIVEL DE APRENDIZAJE QUE SE DESEA				
	Pre-estructural	Uni-estructural	Multi-estructural	Relacional	Abstracto ampliado
Declarativo	X	X	Reconozca el/los tema/s específico/s que corresponden a dicha situación e individualice leyes y principios que pueden aplicarse a la misma	Justifique teóricamente la validez de las leyes o principios que va a utilizar	
Procedimental	X	X	Realice esquemas, gráficos, que aclaren dicha situación		
Condicional	X	X		Analice algebraica y vectorialmente las magnitudes que intervienen	
Funcional	X	X		Plantee y explique las ecuaciones que relacionen dichas magnitudes y pueda arribar a resultados que le permita obtener las incógnitas que existieran	Formule hipótesis. Reconozca si la situación planteada puede o no ser resuelta con los conocimientos brindados en el curso. Analice y compare resultados

En general, el estudiante tiene un aprendizaje Preestructural y Uniestructural al comenzar los primeros cursos y es deseo del profesor que el alumno adquiera un nivel de aprendizaje al menos Multiestructural y relacional que le permita poder analizar vectorialmente, graficar, interpretar, explicar y justificar situaciones problemáticas, para de esta manera sentar las bases para avanzar hacia la formulación de hipótesis, la cual es parte del aprendizaje Abstracto ampliado, que es bastante difícil de adquirir en los alumnos de los primeros años.

La situación problemática N° 5 analizada en esta investigación es referida a Dinámica de las partículas y los objetivos en particular para este tema. Se reflexionó sobre las formas de enseñar, de aprender y de evaluar, puestas en práctica en relación con estos contenidos y objetivos teniendo en cuenta no solo el contenido a evaluar sino también, el rol del profesor y el del estudiante y en que consiste la tarea de evaluación de ese contenido específico. Estas consignas son las que se pueden observar en la tabla II y que son las que se ponen en práctica en el aula.

**TABLA II.** Análisis de alineamiento constructivo para el tema Dinámica de las partículas

Contenidos/Objetivos	¿Qué hace el profesor?	¿Qué hace el estudiante?	Tarea de evaluación
Dinámica de las partículas  Comprensión de la importancia y alcance del trabajo con modelos, identificando sus límites, así como sus posibilidades de ampliación a través de la introducción de mayores niveles de complejidad.  Conocimiento del método científico y las bases teóricas para el trabajo en el laboratorio.	Dicta clases magistrales.  Enseña técnicas para el abordaje de situaciones problemáticas.  Elabora propuestas de laboratorio.  Selecciona problemas y ejercicios para su resolución.  Monitorea las actividades de resolución de problemas.	Toma apuntes.  Aplica conceptos teóricos.  Aplica técnicas de resolución de problemas.  Realiza diagramas y esquemas. Resuelve situaciones planteadas.  Realiza mediciones de magnitudes.  Comunica mediante informes.	Resolución de problemas.  Elaboración de informes de laboratorio.  Participa en clases de consulta.

La tabla III sintetiza el nivel de aprendizaje que se espera haber conseguido en esta situación problemática en particular, relacionando los objetivos del programa que son considerados y que se evalúan en un caso típico como el problema N° 5 del examen analizado, desde la perspectiva de los tipos de conocimientos y el nivel de aprendizaje esperado y ya descripto en la tabla I.

**TABLA III.** Nivel de aprendizaje esperado en el tema Dinámica de las Partículas.

CONTENIDO	NIVEL DE APRENDIZAJE QUE SE DESEA				
	Pre-estructural	Uni-estructural	Multi-estructural	Relacional	Abstracto ampliado
Declarativo	X	Identificar el/los cuerpo/s cuyo movimiento se desea estudiar	Identificar interacciones con el sistema a estudiar.  Describir el tipo de movimiento que tendrá el cuerpo.	Aplicar las Leyes de Newton (Causa/Consecuencia)	
Procedimental	X	Verificar las unidades de medida  Escoger un sistema de ejes cartesianos ortogonales adecuado.	Dibujar Diagramas de Cuerpo Libre (D.C.L.)	Aplicar las Leyes de Newton (Causa/Consecuencia)	
Condicional	X	X		Aplicar las Leyes de Newton (Causa/Consecuencia)	

**TABLA III.** (Continuación).

CONTENIDO	NIVEL DE APRENDIZAJE QUE SE DESEA				
	Pre-estructural	Uni-estructural	Multi-estructural	Relacional	Abstracto ampliado
Funcional	X	X		Platear las ecuaciones correspondientes y obtener un resultado numérico. Analizar que dichos resultados sean compatibles con lo esperado	Resolver utilizando un Sistema de Referencia No Inercial.(S.R.N.I)

#### IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este análisis tiene en cuenta los objetivos direccionales (tabla I) y la respuesta de cada alumno (tabla IV), de acuerdo al nivel de conocimiento y al nivel de aprendizaje que el cuerpo docente espera hubieran conseguido los estudiantes.

Luego del análisis de las respuestas de los cuatro estudiantes al problema presentado en el examen final, se puede concluir en que: dos de ellos no dibujaron todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo en estudio y uno dibujó fuerzas que no existen, error bastante frecuente ya que no se detienen a hacer un análisis de los cuerpos que interaccionan con aquél cuyo movimiento se está estudiando. Cabe consignar, que por más tedioso que pueda resultarles, esta actividad es algo que el docente remarca tanto en las clases teóricas, como en las prácticas en cada ocasión en que se resuelve un problema de este tipo, de esa manera, se podrá construir el Diagrama de Cuerpo Libre (DCL) pertinente. Dos alumnos omitieron dibujar la fuerza de rozamiento sobre el hombre, lo que constituye un error conceptual grave, puesto que la persona no podría moverse si no existiera tal fuerza; esto es una de las cuestiones que también permiten identificar el nivel de aprendizaje que el estudiante posee. Según esto, el estudiante no podría pasar a la etapa de la formulación, es decir, escribir correctamente de la 2° Ley de Newton. Al decir de Biggs, el estudiante no alcanzó todavía el nivel relacional que le permitiría analizar los resultados y compararlo con lo esperado.

En la resolución de problemas de Dinámica, la confección del DCL es fundamental y constituye una dificultad importante, ya que se observa en lo cotidiano tanto en las clases de práctico y de consulta la reticencia por parte del estudiante a dibujar un DCL.

Otra cuestión a tener en cuenta es que dos de los estudiantes siguen evidenciando deficiencias con el uso de las funciones trigonométricas, a pesar de haber cursado Cálculo I e Introducción a la Física.

En la tabla IV y de acuerdo a los criterios utilizados en el análisis de esta muestra se observa que dos estudiantes lograron el nivel de aprendizaje Multiestructural y el tipo de conocimiento Condicional, de los cuales solo uno de ellos consiguió el nivel de aprendizaje Relacional y el tipo de conocimiento Funcional. Esto está indicando la dificultad que existe en el planteo de los sistemas de ecuaciones relacionados con los DCL del sistema en estudio, así también, aparece como un problema adicional, el analizar que los resultados obtenidos sean compatibles con lo esperado, indicando que este tipo de aprendizaje todavía no se ha alcanzado en su totalidad. Ninguno de los estudiantes alcanzó el nivel de aprendizaje Abstracto ampliado, es decir, no pudieron observar la situación desde un marco de referencia no inercial.

**TABLA IV.** Las respuestas de los estudiantes teniendo en cuenta el nivel de conocimiento y el nivel de aprendizaje

	Pre-estructural				Uni-estructural				Multi-estructural				Relacional				Abstracto ampliado			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Estudiantes																				
Nivel de aprendizaje logrado	X	X	X	X	X	X		X		X		X		X						
	<i>Declarativo</i>				<i>Procedimental</i>				<i>Condicional</i>				<i>Funcional</i>							
Nivel de conocimiento logrado	X	X	X	X	X	X		X		X		X		X						

## V. CONCLUSIONES

En función de lo expuesto y en particular a la situación problemática citada se puede observar, que los docentes esperan que los alumnos alcancen al menos un nivel de aprendizaje Relacional, el cual logra solo uno de los estudiantes. En este punto, se encuentran dos alumnos con un nivel de aprendizaje Multi-estructural, en el cual si bien, tienen la suma de todos los contenidos tratados en la disciplina, aún no logran llegar al cómo, cuándo, dónde y para qué aplicarlos. Surgen entonces algunas conclusiones sobre el nivel de aprendizaje logrado por los estudiantes y si bien, ésta es una pequeña muestra de una situación en particular, los resultados de la tabla IV, se han observado en las distintas fases de evaluación (parciales y finales) de la asignatura a lo largo de los años. A los estudiantes les implica un gran esfuerzo superar el nivel Uniestructural.

Uno de los principales problemas hallados y que persiste más allá de las instancias de preparación y evaluativas usadas, está vinculado con la importancia y utilidad que los estudiantes asignan a los DCL. Ellos no ven la utilidad de un buen DCL al momento de enfrentarse a la resolución del problema y que les permita: controlar e identificar interacciones, elegir un sistema de coordenadas cartesiano ortogonal adecuado a la situación del movimiento del sistema o de las partes del sistema en estudio, y menos aún, en el impacto resolutivo que ello tiene, en la resolución final de un sistema de ecuaciones.

Este análisis es útil para la cátedra en cuanto a la revisión de las prácticas docentes en el aula, acompañado de la necesidad de un incremento en los procedimientos de indagación sobre las propias respuestas dadas por parte de los estudiantes. Una indagación que permita repreguntarles y efectuar consideraciones a los fines de favorecer la propia escucha y resignificación de sus respuestas en base a los contenidos y argumentaciones que son capaces de enunciar, para de ese modo favorecer la construcción significativa de conocimientos y lograr mejorar la correlación con los aprendizajes esperados.

A partir del segundo cuatrimestre del año 2014 y después de una experiencia piloto en la asignatura Física, se planteó la posibilidad de generar un cambio y el que se terminó implementando a partir de ese momento, tanto en las asignaturas de Introducción a la Física como de Física. Tal cambio fue el dictado de clases teórico-prácticas en las que pueden desarrollarse tanto el conocimiento conceptual, como el procedimental. En estas mismas clases, en algunos casos y como disparadores para introducir el tema teórico se hacen experiencias sencillas, dejando las mediciones y simulaciones para desarrollar en el laboratorio. Se incorporaron guías de problemas por nivel de complejidad y se muestran videos relacionados con los temas a tratar. Hasta la fecha se siguen diseñando las evaluaciones siguiendo la taxonomía SOLO que permitieron a la cátedra hacer las modificaciones antes mencionadas en el dictado de la asignatura y que sirven de realimentación y posibilitan cumplir con el método de enseñanza-aprendizaje basado en competencias para las carreras de Ingeniería planteado por CONFEDI.

## REFERENCIAS

Amieva, R., Vicario, J., Fernández, A., Tarasconi, C., Ceballos, C., Esquenazi, S., Garnica, J., Lucchini, M., Sanmartino, A. y Delfino, L. (2005). Resolución de problemas en Física: ¿dificultades de aprendizaje o de enseñanza? *XIV Reunión Nacional de Educación en Física*, 10-14 octubre, San Carlos de Bariloche, Río Negro.

Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune&Stratton.

Biggs, J.B. (2006). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.

Biggs, J.B. y Collis, K.F. (1982). *Evaluating the Quality of Learning. The SOLO Taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. New York: Academic Press.

Carrascal Torres, S. (2011). *Desarrollo de competencias mediante el alineamiento constructivo e interactivo*. Montería (Colombia): Fondo editorial Universidad de Córdoba.

Consejo Federal de Decanos de Ingeniería. (2006). *Competencias genéricas de egreso*.

Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (2005). *Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de las Ingenierías 2005-2007. Documento Preliminar*. Daniel Morano, Osvaldo Micheloud, Cristóbal Lozeco. XXXVII Reunión Plenaria. Santa Fe. 4 al 6 de mayo.

Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (2014). *Competencias en Ingeniería*. Mar del Plata: Universidad FASTA Ediciones.

Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina “Libro Rojo de CONFEDI”*. Mar del Plata: Universidad FASTA Ediciones, 1ª edición.

Fernández, A., Vicario, J., Lucchini, M., Tarasconi, C. y Amieva, R. (2004). Estrategias de resolución de problemas en el aprendizaje de la Física: su percepción y empleo en estudiantes de Ingeniería. Presentado en *IV Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería*, 1-3 septiembre, Buenos Aires.

Maturana, H. (2001). *Cognição, Ciência e vida cotidiana*. Belo Horizonte: Editora da UFMG.

Miller, C.M.I. y Parlett, M. (1974). *Up to the Mark: a study of the examination game*. Guildford: Society for research into Higher Education.

Morchio I. L., Difabio de Anglat H., Berlanga L. (2015). *Factores que condicionan la puesta en práctica del aprender. Aprender a aprender. Como meta de la educación superior*. Buenos Aires: Editorial Teseco.

Moreira M. A. (2017). Aprendizaje significativo como un referente para la organización de la enseñanza. *Archivos de Ciencias de la Educación*, 11(12).

Secretaría Académica de la UNRC (2016). Convocatoria 2016-2017. *Proyectos sobre escritura y lectura en las disciplinas para primer año de las carreras (PELPA)*.

Snyder, B.R. (1971). *The Hidden Curriculum*. Cambridge, MA: MIT Press.

Vergnaud Gérard (2009). *The Theory of Conceptual Fields*. Human Development; 52,83–94.

Vicario, J., Amieva, R., Scoppa, A., Cerutti, M. y Fernández, A. (1993). Presentado en *VIII Reunión Nacional de Educación en Física*, 18-22 octubre, Rosario, Santa Fe.

## ANEXO 1

## Examen de Introducción a la Física

- 1) Sean los vectores  $\vec{A} = (1; -1; 2)$  y  $\vec{B} = (-1; 3; 4)$ .  
 Determinar: a) el ángulo entre  $\vec{A}$  y  $\vec{B}$ , b) el vector resultante de  $\vec{A} - \vec{B}$  y c) el producto  $\vec{A} \times \vec{B}$ .
- 2) Una pelota resbala por un tejado que forma un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal y al llegar a su extremo queda en libertad con una rapidez de  $10\text{m/s}$ . La altura del edificio es  $60\text{m}$  y el ancho de la calle a la que vierte el tejado es  $30\text{m}$ .  
 a) La pelota, ¿llegará directamente al suelo o chocará antes a la pared opuesta? Justificar.  
 Calcular: b) el tiempo que está en el aire y la velocidad en el impacto; c) la posición en la que se encuentra cuando su velocidad forma un ángulo de  $45^\circ$  con la horizontal.
- 3) Una partícula A describe una trayectoria circular de  $3,00\text{m}$  de radio. El arco que recorre en cualquier instante viene dado por la función  $l = 0,78t^2 + 1,6t + 1,0$  (medida en metros). A los  $2,0\text{s}$  de iniciado el movimiento, calcular: a) el arco, el ángulo descrito (en grados), el módulo de las velocidades lineal y angular. b) El valor de la aceleración angular y lineal en el mismo instante.
- 4) En el problema anterior y en ese mismo instante, y en igual sentido sale una partícula B desde el mismo punto en que había salido A, con  $w = 0,25\text{rev/s}$  (constante).  
 a) Determinar tiempo y desplazamiento angular momento del encuentro. b) Trazar en un mismo par de ejes coordenados, las gráficas de desplazamiento, velocidad y aceleración angulares en función del tiempo para ambas partículas. c) ¿Cuál de las magnitudes sacadas en el ítem a) se calculó con más precisión?
- 5) Un hombre de masa  $m = 70\text{kg}$ , ubicado sobre una balanza rígidamente unida a una cuña A, desliza bajando por un plano inclinado (B) de ángulo  $\theta = 60^\circ$ . Si se sabe que el coeficiente de rozamiento dinámico entre la cuña A y el plano B es  $0,3$ . a) Dibujar el diagrama de cuerpo libre de la cuña A + balanza y del hombre por separado; b) Calcular la aceleración con que baja el conjunto; c) ¿Cuánto peso indica la balanza?; d) Determinar el mínimo coeficiente de rozamiento entre los pies del hombre y la balanza para que aquél no resbale; e) Repetir los ítems anteriores usando un marco de referencia no inercial.

