

# Propuesta metodológica para evaluar distintos niveles de aprendizajes de un contenido específico de Física: un estudio de caso

## Methodological proposal to evaluate different levels of learning of a specific Physics content: a case study

Claudio Enrique<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>UDB Física, Grupo de Estudio en Ciencias Básicas Aplicadas (GECIBA), Departamento de Materias Básicas, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe, Lavaisse 610, CP 3000, Santa Fe, Argentina.

\*E-mail: [cenrique@frsf.utn.edu.ar](mailto:cenrique@frsf.utn.edu.ar)

### Resumen

Se presenta una propuesta didáctica para evaluar distintos niveles de aprendizaje sobre un contenido específico de Física -el período de oscilación de un péndulo simple-, a partir de las expresiones escritas en un examen. La propuesta consistió en indagar los desempeños logrados por estudiantes de primer año de tres ingenierías y evaluar si sus desempeños fueron resultados de la disponibilidad de competencias cognitivas y metacognitivas propias de un sujeto experto o competente; si han sido significativos por haberlos retenido en su estructura cognitiva y transferirlos correctamente en dos preguntas sobre un mismo contenido; y si resultaron ser exitosos al aprobar dicho examen parcial. A través de la categorización correspondiente a estos tres enfoques y seguido por un análisis estadístico descriptivo e inferencial mediante tablas de contingencia y la prueba Chi-cuadrado de Pearson, los distintos resultados permitieron evaluar, desde otra perspectiva, distintos niveles de aprendizajes sobre el período de oscilación de un péndulo simple. Estos primeros resultados fueron muy prometedores al detectar y diferenciar cómo los aprendices respondieron las consignas en función de los distintos niveles de aprendizaje logrados en Física I para ingenierías.

**Palabras clave:** Propuesta didáctica; Niveles de aprendizaje; Análisis estadístico de correlaciones; Física Universitaria; Período de oscilación de un péndulo simple.

### Abstract

A didactic proposal is presented to evaluate different levels of learning on a specific content of Physics -the period of oscillation of a simple pendulum-, based on the expressions written in an exam. The proposal consisted of investigating the performances achieved by first-year students of three engineering courses and evaluating whether their performances were results of the availability of cognitive and metacognitive competencies typical of an expert or competent subject; if they have been significant because they have been retained in their cognitive structure and transferred correctly in two questions about the same content; and if they turned out to be successful in passing said partial exam. Through the categorization corresponding to these three approaches and followed by a descriptive and inferential statistical analysis using contingency tables and the Pearson Chi-square test, the different results allowed us to evaluate, from another perspective, different levels of learning about the period of

oscillation of a simple pendulum. These first results were very promising in detecting and differentiating how the learners responded to the instructions based on the different levels of learning achieved in Physics I for Engineering.

**Keywords:** Didactic proposal; Learning levels; Statistical analysis of correlations; University Physics; Period of oscillation of a simple pendulum.

## I. INTRODUCCIÓN

Al analizar la evaluación como parte esencial de cualquier proceso educativo es habitual la presencia de varias categorizaciones y metodologías empleadas, dado que dicho término *“ha sido polisémico sobre todo en los últimos tiempos”* (Arredondo, Diago y Cañizal, 2010, p. 3). Más allá que se trata de una de las categorías didácticas que requiere mayor atención en cualquier proceso educativo (Viau, Tintori Ferreira y Bartels, 2019), también es cierto que deben producirse, necesariamente, acciones tendientes a modificar las maneras de ejecutarla. Perrenoud (2008) sostiene que si se busca una renovación de la educación en busca de las mejoras es imprescindible cambiar la evaluación, desde una basada en objetivos y criterios de dominio, a una formativa que *“otorgue menos importancia a la clasificación y más importancia a la regulación de los aprendizajes”* (p. 99). Por su parte, Stobart (2010) manifiesta que *“la evaluación influye directamente en lo que aprendemos y en cómo lo aprendemos y puede limitar o promover el aprendizaje efectivo”* (p. 11). Por ello, este autor propone modificaciones en las formas de evaluar de manera tradicional, donde se utilicen otras opciones dirigidas hacia lo aprendido y no en los resultados, dado que *“las pruebas desempeñan un papel si las respuestas se utilizan para identificar lo que se ha entendido y lo que no, y si esto lleva a una acción para mejorar el aprendizaje”* (p. 169).

En esta línea hace su incursión el Enfoque por Competencias (EC). Según Le Boterf (2000), una persona competente es aquella que sabe actuar de forma oportuna o pertinente. En Educación, Córdova considera que *“existen distintos tipos de competencias, las que según su grado de generalidad o especificidad pueden corresponder a competencias básicas, genéricas y específicas”* (2010, p. 37). Sanz de Acedo Lizarraga indica que las principales competencias genéricas *“...pueden organizarse en cuatro grupos: cognitivas, socio/afectivas, tecnológicas y metacognitivas”* (2010, p.13). En este contexto el concepto de competencia debería interpretarse como una articulación entre los siguientes aspectos: a) conceptuales, el *“saber”*; b) procedimentales, el *“saber hacer”*; c) actitudinales, el *“saber ser”*; y d) metacognitivos, el *“saber saber”*; los cuales deben activarse de manera eficiente y eficaz, de modo tal que permita al estudiante aplicar un determinado conocimiento específico correspondiente a determinada actividad cognitiva y metacognitiva, además de tomar decisiones y además hacer frente un contexto social con liderazgo y vocación de servicio (Corpi Jaime y Ortiz, 2001, citado en Aldaba, 2003).

La teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, por su parte, es muy conocida y estudiada en el ámbito académico desde hace tiempo. De todos modos y de manera resumida, vale recordar que, según Moreira este tipo de aprendizaje *“es la adquisición de nuevos conocimientos con significado, comprensión, criticidad y posibilidades de usar esos conocimientos en explicaciones, argumentaciones y solución de situaciones o problemas”* (2017, p. 2). Por otra parte, este mismo autor indica que *“las preguntas son instrumentos de percepción. La naturaleza de una pregunta (su forma y sus suposiciones) determinan la naturaleza de la respuesta”* (Moreira, 2003, p. 12).

La Metacognición fue definida por Flavell (1976) como el conocimiento que tienen los estudiantes sobre sus propios procesos cognitivos o sobre cualquier elemento relacionado con ellos; es decir, las propiedades de la información o los datos relevantes para el aprendizaje y, entre otras cosas, el control y la regulación subsiguiente de estos procesos. En este trabajo se considera que cuando un sujeto tiene que resolver una situación problemática, hace uso tanto de sus aspectos cognitivos como metacognitivos presentes en su estructura cognitiva, y que necesita activarlos para poder emplearlos y transferirlos en una nueva situación planteada, por ejemplo, por las preguntas de un examen.

Con relación a los rendimientos o resultados exitosos en el proceso de enseñanza–aprendizaje de la Física, puede tenerse en consideración el trabajo de Mac Dermott (2001) (citado en Benegas, 2007) donde expuso varias generalizaciones donde se sintetizaron los resultados de otras investigaciones precedentes. De manera resumida, se manifiesta que un resultado exitoso en una instancia de evaluación no necesariamente implica el logro de un aprendizaje que podríamos calificar como significativo, según la teoría de Ausubel. Para este trabajo consideramos relevantes las siguientes expresiones:

- *La facilidad para resolver problemas cuantitativos estándares no es un criterio adecuado para evaluar el entendimiento práctico.*

- Frecuentemente las conexiones entre conceptos, representaciones formales y el mundo real son inexistentes después de instrucción tradicional.
- El acceder a niveles más avanzados de instrucción no necesariamente incrementa en nivel de entendimiento de los conceptos básicos.
- La instrucción tradicional no promueve una estructura conceptual coherente.
- El incremento en la capacidad de análisis y razonamiento no es el resultado de una instrucción tradicional. (pp. 33 - 34).

Expresado de otro modo, es necesario analizar desde otra perspectiva las maneras y herramientas empleadas para evaluar los aprendizajes, y así poder incorporar otras líneas de trabajo dentro del currículo universitario; en particular, para las ingenierías.

Para finalizar, el análisis sobre el aprendizaje del Movimiento Oscilatorio (MO) implica establecer una relación con los restantes contenidos enseñados previamente durante el cursado de Física I. De este modo, puede resultar ser un muy buen indicador sobre los procesos de aprendizaje de la Mecánica Clásica, dado que, para su estudio, análisis, comprensión, retención, y comunicación, es necesario contar con los saberes propios de la mecánica de la partícula y del sólido rígido. En particular, los ingenieros *en formación* en Energía Eléctrica emplean estos contenidos en circuitos de CC; mientras que los civiles necesitan de este contenido para indagar sobre el cálculo de estructuras (Brotons, Baeza, Crespo Zaragoza e Ivorra, 2014).

## II. METODOLOGÍA

Específicamente en este trabajo se analizarán:

- Las competencias genéricas cognitivas y metacognitivas. Ello implica que el estudiante debe emplear sus conocimientos adquiridos, dado que *“el saber cotidiano no basta, sino que es necesario el “saber hacer” ..., para solucionar problemas en especial relacionado con el conocimiento”* (Corpi Jaime y Ortiz, 2001, citado en Aldaba, 2003, p. 17).
- Si el aprendizaje ha sido significativo. Es decir, si los conocimientos adquiridos de carácter científico sobre un contenido específico de Física I han podido ser transferidos correctamente en distintas opciones de una misma instancia de evaluación.
- Por otro lado, se analizará un aprendizaje como exitoso a aquél donde el sujeto, producto del manejo de determinadas estrategias cognitivas y metacognitivas oportunas, logró aprobar las pruebas de examen correspondientes en el marco de una Evaluación Sumativa.

Ahora bien, aprobar no es lo mismo que aprender significativamente un determinado concepto o contenido, ni adquirir las competencias, definidas como capacidades y habilidades tanto intelectuales como creativas que pone en juego el estudiante como sujeto cognoscente durante una tarea encomendada.

El concepto analizado es el período de oscilación de un péndulo simple. Dicho péndulo se refiere a un modelo o sistema ideal que *“...consiste en una masa puntual suspendida de un cordón sin masa y no estirable”* (Sears, Semansky, Young y Freedman, 2009, p.436), mientras que Resnick, Halliday, D y Krane mencionan que se trata *“...de una partícula suspendida de un cordón ligero inextensible”* (1999, p. 362). Para ambos enunciados, un péndulo simple o ideal está constituido por una partícula de masa  $m$  suspendida de un punto fijo  $O$  por un hilo inextensible de masa despreciable y de longitud  $L$  que, al ser apartado de su posición de equilibrio un ángulo pequeño  $\theta$  -ó para pequeñas amplitudes-, en un ambiente de atmósfera estanca -o similar al vacío-, oscila en un plano vertical por la influencia de la gravedad. Mediante un análisis dinámico, se llega a la deducción que la frecuencia angular  $\omega$  depende de la longitud del hilo  $L$  y de la aceleración de la gravedad local  $g$ ; es decir:

$$\omega = \sqrt{g/L} \quad (1)$$

Asimismo, se pueden definir el período ( $T$ ) y la frecuencia ( $f$ ) del movimiento en función de  $\omega$ ; es decir,  $T = 1/f = 2\pi/\omega = 2\pi\sqrt{L/g}$ , para el caso de un péndulo simple que describa un Movimiento Oscilatorio Armónico Simple (MAS).

En esta investigación se analizaron las expresiones escritas presentadas en las respuestas sobre el período de oscilación de un péndulo simple, las cuales formaron parte del Problema 2 y de la Teoría en el segundo examen parcial de la materia Física I, para las carreras universitarias de Ing. Civil –comisión “A” -; Ing. en Energía Eléctrica; e Ing. en Sistemas de Información (ISI) –comisión “B”– que se dictan en la UTN-FRSF. El diseño experimental consideró la posibilidad de analizar diferentes niveles de aprendizaje sobre un mismo contenido cuando éste es incorporado en

dos consignas diferentes para una misma instancia de evaluación. Los enunciados sobre el periodo de oscilación de un péndulo simple se presentan a continuación, y se supone que se puede establecer una correlación entre las respuestas a ambas instancias, dado que el sujeto debe comenzar su análisis empleando en ambos casos la misma ecuación de dicho período ( $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ ). Además, esta elección se sustentó mediante el análisis estadístico de clústeres empleando el método de K-medias, donde los mejores resultados para clasificar estadísticamente de manera diferenciada -por razones de espacio no se presentan en este trabajo- se dieron para las tres consignas evaluadas del segundo examen parcial de Física I (Pregunta 2; Teoría y Nota final). Cabe aclarar que por las características de esta técnica multivariada y más allá de los resultados obtenidos, este análisis resultó ser meramente descriptivo.

PROBLEMA 2

Una cápsula espacial describe una órbita circular en torno a la Tierra, en su plano ecuatorial, con una velocidad angular  $\omega$  igual a la de rotación de la Tierra (órbita geoestacionaria) ...

d. Un péndulo oscila con un periodo  $T = 2$  s en la superficie de la Tierra. ¿Cuál sería su periodo de oscilación a bordo de la cápsula espacial?

TEORÍA

1. En la Figura 1 se presenta el dispositivo conocido como péndulo simple:

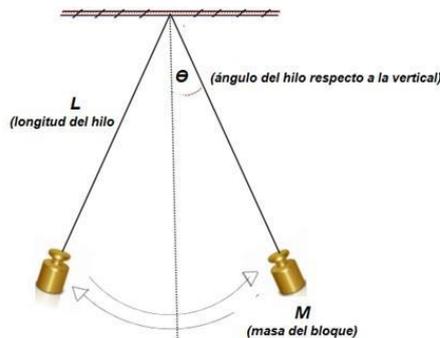


Figura 1

En las siguientes opciones, elija la respuesta correcta y realice un comentario sobre su elección: ...

e. diseñando el experimento adecuadamente en el laboratorio de Física, es un muy buen dispositivo para medir la aceleración de la gravedad local.

En este trabajo se analizaron las respuestas de un total de 101 estudiantes, distribuidos de la siguiente manera de acuerdo con el curso o comisión indagada: Ing. Civil “A”: 26 alumnos (25,7%); Ing. en Energía Eléctrica: 31 estudiantes (30,7%); e Ing. en Sistemas de Información (ISI) “B”: 44 alumnos (43,6%).

La evaluación de las competencias se realizó mediante el empleo de una rúbrica sobre la ejecución de ejercicios y problemas de Física, cuya construcción estuvo a cargo del docente responsable de las clases de teoría en los tres cursos. Si bien por razones de espacio no se presenta en este trabajo, la misma se conformó con tres categorías para indagar la ejecución de las actividades problemática: *Presentación de los ejercicios o problemas*; *Procedimientos empleados*; y *Presentación de los resultados obtenidos*; y fueron situadas en las filas de dicho instrumento. A su vez, en las columnas se clasificaron los distintos niveles de competencias cognitivas y metacognitivas (de mayores a menores niveles): *Experto* (excelente – muy bueno - 75 / 100% -); *Competente* (bueno - 60 / 74% -); *Elemental* (regular - 35/ 59% -); *En desarrollo* (insuficiente - 11/ 34% -); y *No participa* (< 11%); optando en este trabajo por integrar las dos últimas categorías. Es decir, los estudiantes considerados con competencias *En desarrollo* incluyen a aquellos que *No participan*. Por ejemplo, las características que identificaron los *Procedimientos empleados* por parte de un estudiante considerado *Experto* se calificaron como aquellas donde éste “refleja un razonamiento detallado y ordenado, utilizando uno o más procesos adecuados, siguiendo los pasos para resolver los ejercicios o problemas de manera ordenada y científicamente correcta”.

Producto de un primer análisis de contraste entre las competencias -mediante la rúbrica- y los porcentajes de aprobación de la evaluación sumativa tradicional -escala de 0 a 10 punto -, los estudiantes que revelaron niveles propios de sujetos considerados como *Expertos* y *Competentes* también obtuvieron un 60% o más en la nota del parcial, y por ello fueron integrados a la categoría *Exitosos*. Por otra parte, aquellos que no llegaron al 60% -o *No*

exitosos- se ubicaron dentro de los que manifestaron en sus expresiones escritas niveles de competencias propios de los niveles *Elemental*; y *En desarrollo* junto a *No participa* (o No logró responder la consigna propuesta). Para facilitar el análisis estadístico de los resultados obtenidos mediante las expresiones escritas de los estudiantes indagados, se optó por trabajar con variables dicotómicas. Dichas variables contemplaron los tipos de respuestas - como correctas o incorrectas- en base al uso de la ecuación del período de oscilación del péndulo simple más las argumentaciones correspondientes y en ambas situaciones problemáticas (Pregunta 2 opción “d” y Teoría opción “e”). También se contrastaron las respuestas de ambas consignas frente a las características de los niveles de competencias según la rúbrica construida para tal fin. Además, para evaluar si el aprendizaje ha sido significativo, se tuvo en consideración si hubo coherencia y cohesión desde el punto de vista científico en las dos preguntas del parcial - producto de la transferencia de conceptos del contenido analizado -. Finalmente, se incluyó en el análisis estadístico la aprobación o la desaprobación de las dos consignas del examen y del examen parcial, la cual incorporó la presencia de alumnos exitosos, o no exitosos. Cabe citar que, en el segundo examen parcial, junto al MO se evalúan conceptos y contenidos de Gravitación y de Mecánica de los Fluidos.

### III. RESULTADOS OBTENIDOS

Los análisis estadísticos descriptivos e inferenciales presentados en este trabajo se efectuaron de manera global –es decir, contemplando a los tres cursos juntos–. De todos modos, cabe mencionar que también se realizaron estos análisis en función de la carrera ingenieril -no presentados en este trabajo-, y así poder analizar si los resultados dependieron de la comisión de estudiantes de primer año de ingeniería que cursaron la materia Física I. Los resultados obtenidos en las respuestas a la Pregunta 2 opción “d”; la Teoría opción “e”; y los estudiantes que aprobaron el parcial se presentan en la Tabla I.

**TABLA I.** Tipos de respuestas obtenidas en las tres categorías analizadas

Categoría	Tipo de respuesta	
	Correcta (cantidad - porcentaje)	Incorrecta (cantidad - porcentaje)
Pregunta a - opción “d”	41 (40,6%)	60 (59,4%)
Teoría - opción “e”	30 (29,7%)	71 (70,3%)
Estudiantes aprobados	35 (34,7%)	66 (65,3%)

De este modo se dedujo que:

- si bien con porcentajes diferentes, los resultados fueron similares para cada una de las categorías, donde los menores cantidades o porcentajes se dieron para las respuestas consideradas correctas;
- en la Pregunta 2–opción “d” se hallaron los mayores porcentajes de aprobación; seguidos por los Estudiantes aprobados; siendo los menores porcentajes en Teoría – opción “e”.

Vale aclarar que en los estudiantes aprobados el 37,9% reveló niveles de expertos, mientras que el restante 62,1% correspondió a sujetos considerados competentes.

La contrastación mediante una tabla de contingencia entre las respuestas a la Pregunta 2-opción "d" versus la Teoría-opción "e", permitió arribar a los resultados presentados en la Tabla II.

**TABLA II.** Tabla de contingencia entre las consignas de la Pregunta 2 y la Teoría del segundo parcial.

Pregunta 2 - opción "d"	Respuestas Incorrectas	Cantidad	Teoría - opción "e"		Total
			Respuestas Incorrectas	Respuestas Correctas	
		Cantidad	53	7	60
		Cantidad esperada	42,2	17,8	60
		% en Pregunta 2 - opción "d"	88,3%	11,7%	100%

		% en Teoría - opción "e"	74,6%	23,3%	59,4%
		% del Total	52,5%	6,9%	59,4%
	Respuestas Correctas	Cantidad	18	23	41
		Cantidad esperada	28,8	12,2	41
		% en Pregunta 2 - opción "d"	43,9%	56,1%	100%
		% en Teoría - opción "e"	25,4%	76,7%	40,6%
		% del Total	17,8%	22,8%	40,6%
Total	Cantidad	71	30	101	
	Cantidad esperada	71	30	101	
	% en Pregunta 2 - opción "d"	70,3%	29,7%	100%	
	% en Teoría - opción "e"	100%	100%	100%	
	% del Total	70,3%	29,7%	100%	

Donde se vislumbró que:

- 22,8% de los alumnos respondieron correctamente ambas consignas;
- 52,5% lo hizo incorrectamente en ambas situaciones;
- el restante 24,7% lo hizo acertadamente sólo en una de las dos opciones, siendo los mayores porcentajes en la respuesta correcta a la Pregunta 2 – opción "d".

El análisis estadístico inferencial mediante la prueba de hipótesis Chi-cuadrado, y considerando como:

- Hipótesis Nula ( $H_0$ ): ambas categorías son independientes; e
- Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ): ambas categorías no son independientes - o están correlacionadas -;

y para un Nivel de Significación bilateral ( $p$  – valor  $\leq 0,05$ , o probabilidad menor al 95%), la Tabla III revela que se debe rechazar  $H_0$ . Expresado de otro modo, ambas categorías de análisis están altamente correlacionadas y son significativas para cualquier valor.

**TABLA III.** Prueba Chi-cuadrado entre las consignas de la Pregunta 2 y la Teoría del segundo parcial de Física I

Tests	Valor	g de l	Nivel de significación asintótica (bilateral)
Chi- cuadrado de Pearson	23,028	1	0,000

Por su parte, el contraste estadístico entre las variables Pregunta 2-opción "d" versus Estudiantes Aprobados arrojó los siguientes resultados mediante una Tabla de Contingencia -la cual no se presenta por razones de espacio-:

- 22,8% respondió acertadamente dicha pregunta y además aprobó el segundo parcial;
- 47,5% no respondió correctamente la Pregunta 2 opción "d" y tampoco aprobó el parcial;
- 11,9% no respondió acertadamente la Pregunta 2 pero aprobó el parcial, dado que las demás consignas -con excepción a las del MO- fueron contestadas correctamente. Expresado de otro modo, no fueron exitosos sobre el período de oscilación de un péndulo simple, pero sí en los demás contenidos del segundo parcial de Física I;
- el restante 22,8% acertó en la Pregunta 2, pero no aprobó el examen;
- según la prueba Chi-cuadrado también se rechazó  $H_0$ , dado que el nivel de significación asintótica (bilateral) obtenido fue de 0,000. Así, se reveló la presencia de correlaciones altamente significativas -y para cualquier valor- entre la aprobación de las consignas de la Pregunta 2 opción "d" y el examen parcial, así como también la no aprobación en ambas instancias.

Finalmente, se realizó el mismo tipo de análisis de constatación entre las variables Teoría-opción "e" versus Estudiantes aprobados, las cuales concluyeron en los siguientes resultados:

- 16,8% respondió correctamente la Teoría opción "e" y aprobó el segundo parcial;
- 52,5% no respondió exitosamente en ninguna de las dos instancias;
- 17,8% sólo aprobó el parcial; y 12,9% lo hizo solamente en la teoría.

Los resultados de la prueba Chi-cuadrado indicaron que se debió rechazar  $H_0$  (para un  $p$  - valor  $\leq 0,05$ ), al dar un nivel de significación asintótica (bilateral) de 0,003; la cual además fue altamente significativa.

Producto de estos análisis estadísticos, se pudo inferir que:

- Existieron fuertes correlaciones entre las variables que incluyeron las respuestas exitosas a las Pregunta 2 opción “d”, Teoría opción “e”; y los estudiantes que aprobaron el segundo parcial. Las mismas fueron altamente significativas, y la mayoría de ellas fueron para cualquier valor. Además, estos estudiantes manifestaron expresiones propias de aquellos que se consideran Competentes o Expertos sobre el periodo de oscilación de un péndulo simple.
- 22,8% evidenció presencias de un aprendizaje significativo sobre el contenido indagado, dado que pudieron transferir exitosamente en las dos consignas los conceptos asociados al periodo de oscilación del péndulo simple. Este resultado también ha llamado poderosamente la atención, y confirma los resultados presentados en la Tabla I. De hecho, se detectaron varias expresiones sobre dicho período que revelaron inconsistencias cognitivas y metacognitivas en su aprendizaje. Como ejemplos, se presentan algunas ecuaciones registradas en varias expresiones escritas de los exámenes parciales:
  - $\omega^2 = g L$
  - $T = 2\pi/\sqrt{g} / L$
  - $T = \sqrt{g} / L$
  - $T = \sqrt{L} / g$
  - $T = 2\pi/\sqrt{m} / L$
  - $1/T = \omega / \sqrt{g} / L$
  - $\omega^2 = g/L^2$
  - NR (No Responde).

Producto del análisis de las dos consignas combinadas del segundo parcial de Física I frente a la aprobación o niveles de competencias detectados en dicha instancia, los resultados obtenidos sobre los 101 alumnos indagados fueron los siguientes:

- 15 estudiantes (14,9%) aprobaron la Pregunta 2 opción “d”, la Teoría opción “e”, y el examen parcial. Es decir, fueron aquellos considerados como Expertos o Competentes en todas las instancias de evaluación sobre el MO más el segundo parcial de Física I. Además, su aprendizaje ha sido significativo tanto en el MO como en los restantes contenidos evaluados en el segundo parcial de Física I.
  - 53 estudiantes (52,5%) no aprobaron (o mostraron niveles propios de sujetos Elementales o En desarrollo) en la opción “d” de la Pregunta 2; de los cuales 43 no aprobaron el parcial (42,6%), mientras que sí lo hicieron los restantes 10 alumnos (9,9%);
  - Por otro lado, 8 estudiantes (7,9%) aprobaron el parcial pero no así las dos consignas sobre el período de oscilación de un péndulo simple. Así, resultaron ser Competentes o Expertos en los restantes contenidos evaluados en el segundo parcial pero no así sobre el MO; es decir, sus aprendizajes no fueron significativos para este último contenido. También fueron Exitosos en lo que hizo a la aprobación de la instancia de evaluación, pero sus saberes no fueron significativos sobre el contenido evaluado.
  - Quienes respondieron correctamente la Pregunta 2 opción “d” y aprobaron el parcial fueron 8 estudiantes (7,9%), mientras que 10 alumnos (9,9%), sí lo hicieron en dicha pregunta, pero no así en la instancia de evaluación.
  - Finalmente, 2 estudiantes (2,0%) aprobaron tanto la consigna presente en la Teoría opción “e” como el parcial; y 5 alumnos (5,0%) lo hicieron correctamente en la primera de ellas, pero no así en la segunda.
- En estos dos últimos casos, los sujetos mostraron niveles propios de sujetos Competentes o Expertos en algunas de las consignas evaluadas, por lo que sus saberes todavía no se encuentran consolidados científicamente; o no fueron significativos sobre el contenido específico, de modo tal que no lograron transferirlo exitosamente en dos instancias de evaluación de un mismo examen, al finalizar la enseñanza en el curso de Física I. Las causas, todavía por indagar, tal vez se deban a la falta de tiempo de dedicación al estudio, u otros motivos que no permitieron que estos sujetos logren modificar significativamente sus subsunores, propios de conocimientos previos con ideas o concepciones precientíficas.

El análisis inferencial obtenido mediante la prueba Chi-cuadrado correspondiente también reveló el rechazo de  $H_0$ , al dar un nivel de significación bilateral de 0,001 -para un p-valor  $\leq 0,05$ -, siendo estos resultados altamente significativos, e indicando una correlación muy fuerte entre ambas variables analizadas.

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Mediante los distintos análisis estadísticos descriptivos e inferenciales, se lograron indagar las expresiones escritas de los estudiantes evaluados en el segundo parcial de Física. Los resultados hallados permitieron afirmar, con cierta probabilidad, que:

- Existieron fuertes correlaciones y altamente significativas entre las variables que incluyeron las respuestas correctas a la Pregunta 2 opción “d” y la Teoría opción “e” frente a la aprobación del segundo parcial; y entre las dos consignas respondidas incorrectamente junto a la no aprobación de dicho parcial. Así, fue posible correlacionar los desempeños de estudiantes con niveles de un sujeto competente o experto; si sus aprendizajes fueron significativos en un contenido específico; y si fueron exitosos en las respuestas sobre dicho contenido en el parcial;
- Así, se detectó que el 22,8% reveló evidencias de un aprendizaje significativo sobre el período de oscilación de un péndulo simple -sus expresiones escritas revelaron que los conocimientos científicamente aceptados sobre este contenido fueron transferidos exitosamente en las dos instancias del examen parcial, muy probablemente debido a que lograron permanecer en sus estructuras cognitivas y metacognitivas-. Basándose en el EC, se pudo concluir que este grupo de estudiantes lograron niveles de competencias genéricas sobre el contenido evaluado correspondientes a sujetos Expertos o Competentes. Asimismo, fueron Exitosos en dicho examen, manifestando la integración de conceptos científicos propios de la Mecánica clásica; entre ellos, los del MO.
- Se descubrió que los mayores porcentajes alcanzados se dieron entre las respuestas incorrectas en la Pregunta 2 opción “d” y en la Teoría opción “e”, junto a la no aprobación del segundo parcial. Estos resultados manifestaron que hubo estudiantes que no lograron adquirir competencias cognitivas y metacognitivas sobre el período de oscilación de un péndulo simple; tal vez porque su aprendizaje sobre este contenido no ha sido significativo. Como consecuencia, tampoco resultaron exitosos en la ejecución del segundo parcial de Física I.
- Llamó poderosamente la atención la presencia de estos últimos resultados, dado que el período oscilación de un péndulo simple que describe un MAS ha sido uno de los temas que más se ha enseñado y practicado en la materia Física I durante las clases de teoría, resolución de problemas, y trabajos prácticos (donde la meta fue calcular la aceleración de la gravedad local). De hecho, se detectaron varias expresiones escritas sobre dicho período que revelaron inconsistencias cognitivas y metacognitivas sobre su aprendizaje, producto de que la ecuación del período de oscilación del péndulo simple no pudo ser expresada adecuadamente por parte de varios estudiantes que participaron en la instancia de evaluación.
- También resultó revelador el verificar que los estudiantes que aprobaron un examen de Física I -o fueron exitosos en la ejecución de dicha instancia de evaluación-, no implica necesariamente que alcanzaron niveles de competencias cognitivas y metacognitivas típicas de un sujeto experto o competente; o que haya logrado un aprendizaje significativo sobre un contenido específico.
- Para finalizar, se detectaron fuertes correlaciones entre los aprendizajes competentes y significativos sobre un contenido específico del MO y la aprobación del segundo examen parcial. Así, una continuación de este trabajo podría orientarse hacia un análisis más exhaustivo acerca de este tipo de correspondencia.

## V. CONCLUSIONES

Desde hace tiempo se viene cuestionando la evaluación tradicional sobre los procesos de aprendizajes. Por ese motivo, en este trabajo se propuso una situación novedosa orientada al análisis de los distintos niveles de aprendizaje que revelaron los estudiantes sobre la Mecánica Clásica. En particular, para una materia del primer año de tres ingenierías de la UTN - FRSF sobre un contenido relevante para la formación de ingenieros.

Incorporando simultáneamente la evaluación de los aprendizajes basados en el EC -a través de las competencias genéricas cognitivas y metacognitivas-, evidencias sobre un aprendizaje significativo, más las situaciones de un proceso de aprendizaje considerado exitoso, fue posible analizar desde otra perspectiva una instancia de evaluación -un parcial de Física I- sobre un contenido específico -el período de oscilación de un péndulo simple-. Diseñando adecuadamente la presencia del contenido en dos instancias de evaluación más el resultado del examen en su totalidad, más el empleo de herramientas clásicas de la Estadística descriptiva e inferencial, fue posible indagar otras perspectivas sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje que habitualmente no se observan o detectan a través de la evaluación sumativa o la formativa. Así fue posible *ampliar* las dimensiones del proceso de evaluación propio de una evaluación sumativa con los enfoques citados con anterioridad, revelando si los logros alcanzados a través de un examen parcial por los estudiantes fueron producto de haber empleado estrategias cognitivas y metacognitivas con éxito; por haber alcanzado niveles de competencias propias de sujetos expertos o competentes; y/ o a la influencia de un aprendizaje significativo sobre el contenido indagado.

Si bien se han presentado los primeros resultados, este trabajo está algo -o quizás bastante- lejos de concluir. Expresado de otro modo, todavía queda mucho por hacer e investigar sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje, tanto en la Física como en cualquier otra disciplina de ingenierías o de otras carreras universitarias donde se enseñen las ciencias experimentales. En particular, sobre las distintas instancias de la evaluación.

## REFERENCIAS

Aldaba Corral, A. (2003). Las competencias cognitivas y el perfil del aprendiz exitoso. *Investigación Educativa Duranguense*, 2, 11-22.

Arredondo, S. C., Diago, J. C. y Cañizal, A. (2010). *Evaluación educativa de aprendizajes y competencias*. Madrid: Pearson Educación.

Benegas, J. (2007). Tutoriales para física introductoria: una experiencia exitosa de aprendizaje activo de la física. *Latin American Journal of Physics Education*, 1(1), 32-38.

Brotos, V., Baeza, F. J., Crespo Zaragoza, M. Á. e Ivorra, S. (2014). *Desarrollo de aplicaciones interactivas para la docencia de estructuras en Ingeniería Civil*. XII Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10045/41708>

Córdova, A. V. (2010). Competencias cognitivas en la educación superior. *Revista Electrónica de Desarrollo de Competencias*, 2(6), 34-64.

Flavell, J. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. En: L. B. Resnik (Ed.), *The nature of intelligence* (pp. 231-235). Hillsdale, N. J.: Erlbaum..

Le Boterf, G. (2000). *Ingeniería de las competencias, Volumen 4 de Colección Formación y Desarrollo Series*. Barcelona: Editor Gestion 2000.

Moreira, M. (2003). Lenguaje y aprendizaje significativo. En *Conferencia de cierre del IV Encuentro internacional sobre Aprendizaje Significativo*. Maragogi, AL, Brasil. Recuperado de <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/lenguaje.pdf>

Moreira, M. (2017). Aprendizaje significativo como un referente para la organización de la enseñanza. *Archivos De Ciencias De La Educación*, 11(12), e29. doi: <https://doi.org/10.24215/23468866e029>

Perrenoud, P. (2008). *La evaluación de los alumnos. De la producción de la excelencia a la regulación de los aprendizajes. Entre dos lógicas*. Buenos Aires, Argentina: Colihue.

Resnick, R. Halliday, D. y Krane, K. (1999). *Física Vol. 1. (3ra ed. en español)*. CECSA: México.

Sanz de Acedo Lizarraga, M. L. (2010). *Competencias cognitivas en educación superior* (Vol. 25). Madrid: Narcea Ediciones.

Sears, F., Zemansky, M., Young, H. y Freedman, R. (2009) *Física Universitaria. Volumen 1. (11va ed.)*. México: Pearson Educación.

Viau, J. E., Tintori Ferreira, M. A. y Bartels, N. V. (2019). Un nuevo enfoque para la enseñanza de la Física en el ciclo básico de carreras de Ingeniería: evaluar y desarrollar competencias profesionales. En: R. U. Cukierman y G. Kalocai (Eds), *El enfoque por competencias en las ciencias básicas: casos y ejemplos en educación en Ingeniería* (40-50). Buenos Aires: Edutecne.