

15, 16 Y 17 DE SEPTIEMBRE DE 2021

## INTEGRACIÓN DE CONOCIMIENTOS, FORMACIÓN DE COMPETENCIAS Y EVALUACIÓN TAXONÓMICA DE UNA ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA DE QUÍMICA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Mauren Fuentes Mora <sup>1,2</sup>, Vanina Mazzieri <sup>1,3</sup>, Carlos Avalis <sup>1</sup>, Santiago Cabrera <sup>1</sup>, Nicolás Carrara <sup>1</sup> y Lucía Gimelli <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento Materias Básicas – Facultad Regional Santa Fe - Universidad Tecnológica Nacional, Lavaisse 610, S3004EWB Santa Fe.

<sup>2</sup> Instituto de Desarrollo y Diseño INGAR CONICET –UTN, Avellaneda 3657, Santa Fe.

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímica INCAPE CONICET, Colectora Ruta Nacional 168 Km 0, Predio CONICET Dr. Alberto Cassano, Santa Fe.  
correo-e: mfuentes@frsf.utn.edu.ar.

### RESUMEN

Los estudiantes deben encontrar soluciones a determinados problemas dependiendo de las competencias adquiridas mediante un aprendizaje continuo y el desarrollo de capacidades, especialmente si éstas pueden ser transferidas a diversos contextos. El docente debe contar con herramientas metodológicas orientadas a lograr el desarrollo autónomo del estudiante, en la esfera personal y colectiva.

Los objetivos de este trabajo son evaluar taxonómicamente (Structured of the Observed Learning Outcomes, SOLO) [1] la integración de conocimientos de la asignatura Química General y fomentar la formación de competencias genéricas de egreso, acordadas por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) [2], en estudiantes de Ingeniería Mecánica de la Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional, a través de una actividad complementaria (AC) grupal, vía Campus Virtual.

Entre las competencias a desarrollar están: identificar, formular y resolver problemas de ingeniería, desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo y comunicarse con efectividad. Se presentan los resultados de la evaluación de una AC, basada en la resolución de problemas que integran temas como: formulación, estequiometría, cálculo de relaciones de masa y termodinámica; y en una segunda instancia, alternativamente, temas como: comportamiento de los gases, propiedades coligativas y calorimetría. Esta última propuesta implica un grado de dificultad mayor.

El método SOLO permite al profesor identificar el nivel real (superficial o profundo) del conocimiento adquirido por los estudiantes, para guiarlos a través del proceso de aprendizaje, de forma que concreten los niveles de desempeño de las competencias previstas en un diseño de acción formativa. Los resultados del estudio muestran que en la primera instancia se alcanza un 44% y 56% de aprendizajes superficial y profundo, respectivamente; y en la segunda instancia, que corresponde a temas más complejos, el 63% muestra un aprendizaje superficial, y sólo el 37% logra un aprendizaje profundo, pero sin llegar a la máxima categoría.

**Palabras Clave:** integración de conocimientos, taxonomía, actividades complementarias, formación de competencias.

15, 16 Y 17 DE SEPTIEMBRE DE 2021

## 1. INTRODUCCIÓN

Según la definición de Perrenoud [3], *competencia* es la capacidad de movilizar varios recursos cognitivos para hacer frente a un tipo de situaciones. Las competencias no son en sí mismas conocimientos, habilidades o actitudes, aunque movilizan, integran, orquestan tales recursos. Esta movilización sólo resulta pertinente en situación, y cada situación es única, aunque se la pueda tratar por analogía con otras ya conocidas.

En 2013, la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI) adoptó como propia la síntesis de competencias genéricas de egreso acordadas por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI, Declaración de Valparaíso) [2]. La distinción se realiza entre competencias tecnológicas, en este trabajo se ponen de manifiesto las siguientes:

- Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
- Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- Comunicarse con efectividad.
- Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social.
- Aprender en forma continua y autónoma.
- Actuar con espíritu emprendedor.

Para desarrollar estas competencias es necesario que el docente tenga las herramientas metodológicas necesarias para que el estudiante se desarrolle en forma autónoma y sea capaz de trabajar tanto individualmente como en forma colectiva. Las estrategias metodológicas que aplique el docente deben integrar procedimientos, recursos cognitivos, afectivos y psicomotores. El trabajo pedagógico del profesor se debe centrar más en el aprendizaje que en la enseñanza, debe adaptarse a distintos estilos y ritmos de aprendizajes de los estudiantes, acompañándolos en la construcción de nuevos conocimientos, adquirir habilidades y estrategias metacognitivas tanto en forma individual como grupal.

No basta con desarrollar competencias para lograr que los aprendizajes adquieran un carácter integrado. La integración de los conocimientos “consiste, para el educando, en articular diferentes conocimientos y movilizarlos en situación: conocimientos particulares, conceptos, saber-hacer, reglas, procedimientos, etc” [4]. En la formación de estudiantes universitarios, la integración tiene el propósito de sentar las bases para la resolución de problemas multiobjetivos o multidisciplinarios como los que pueden llegar a presentarse en la actividad profesional. En estas instancias se

15, 16 Y 17 DE SEPTIEMBRE DE 2021

requiere poner en práctica un conocimiento articulado y pluralista. Para poder integrar conocimientos, primero estos deben ser adquiridos en las prácticas habituales y la pedagogía de la integración aparece como un complemento de dichas prácticas. En este contexto, la formación de competencias contribuye a definir cuáles contenidos, con qué objetivos y en qué formas o tipos de actividades se desarrollarán las prácticas integradas [5]. Es por ello que se pretende abordar la práctica en el aula desde una perspectiva epistemológica constructivista del conocimiento y con los aportes teórico-metodológicos de la pedagogía de la integración [6].

Los objetivos de este trabajo son integrar conocimientos de la asignatura Química General y fomentar la formación de competencias en estudiantes universitarios de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional (FRSF-UTN); a través de una actividad complementaria grupal, vía Campus. Esta actividad es evaluada taxonómicamente.

A continuación, se realiza una descripción de la metodología usada para integrar y evaluar conocimientos a través de la actividad propuesta por el equipo docente.

## 2. METODOLOGÍA

Se diseñó una actividad complementaria (AC) de la asignatura Química General con el objetivo de poner en práctica lo aprendido a través de un trabajo autónomo e integrador, en forma grupal y en un entorno virtual, para luego evaluar su progresión usando taxonomía.

La AC se basa en la resolución de problemas que integran, en una primera instancia, temas como: formulación, estequiometría, cálculo de relaciones de masa y conceptos termodinámicos; y en una segunda instancia, en forma alternativa, temas como: comportamiento de los gases, propiedades coligativas y calorimetría. Esta última propuesta implica un grado de dificultad mayor.

Se trabajó con estudiantes regulares de Química General de la carrera de Ingeniería Mecánica. Se trata de un trabajo cooperativo, organizado en grupos de tres o cuatro estudiantes en forma aleatoria. En total se formaron 21 grupos, a los cuales les correspondió resolver uno de los cinco problemas sugeridos. Todos los problemas tienen un nivel de complejidad similar y difieren en las consignas de la segunda instancia; es decir, hay una o dos preguntas de mayor rigor relacionadas con los temas anteriormente mencionados.

Para la evaluación se utiliza la Taxonomía SOLO (Structured of the Observed Learning Outcomes, en Inglés) [1], que permite clasificar en cinco niveles el resultado de una tarea de aprendizaje en función de su organización estructural:

*Aprendizajes superficiales*

15, 16 Y 17 DE SEPTIEMBRE DE 2021

- I. Preestructural: respuestas erróneas que no dan pruebas de un aprendizaje relevante.
- II. Uniestructural: respuestas que sólo cumplen con una parte de la tarea, pasan por alto atributos importantes.
- III. Multiestructural: respuestas donde no se aborda la cuestión clave, se cuentan conocimientos sin estructurarlos debidamente.

*Entendimiento profundo*

- IV. Relacional: cambio cualitativo en el aprendizaje y la comprensión, se aborda un punto dándole sentido a la contribución.

- V. Abstracto ampliado: respuesta abstracta ampliada que trasciende lo dado.

A través de la taxonomía SOLO se realiza la evaluación del conocimiento en términos de complejidad y calidad, no de cantidad de respuestas correctas. Las preguntas y respuestas pueden estar en distintos niveles. La evaluación se basa en el proceso de comprensión usado por los estudiantes para responder las preguntas. El conocimiento penetra a través de los niveles de la taxonomía. Tanto estudiantes como educadores pueden profundizar en el conocimiento, además de tener la ventaja para el profesor de conocer el nivel real de los estudiantes y guiarle a través del proceso de aprendizaje.

En este trabajo se ha sumado la elaboración de una rúbrica que se utiliza como complemento para la evaluación. Esta herramienta permite: organizar la información, ponderar la participación del estudiante y ofrecer una retroalimentación luego de calificar. También permite calificar las estrategias que utilizó el estudiante para llegar al resultado, no sólo calificar el resultado obtenido [7].

En este contexto, el trabajo grupal es importante porque se establecen tutorías entre pares, donde el estudiante incorpora mejor el aprendizaje desde la explicación de un par. El estudiante debe aprender a aprender; es decir, saber diferenciar qué necesita afianzar o qué metodología aplicar. Estas prácticas metacognitivas les permiten reconocer a los estudiantes dónde se encuentran en el proceso y qué necesitan modificar.

La Tabla 1 muestra la rúbrica a partir de la cual se establece la evaluación para los distintos niveles taxonómicos. Las consignas denominadas P(a), P(b) y P(c) formarían lo que se denomina “primera instancia” y las consignas P(d), P(e) y P(f) las de “segunda instancia”.

15, 16 Y 17 DE SEPTIEMBRE DE 2021

Tabla 1. Rúbrica para evaluar las respuestas según las categorías SOLO

<b>*Categoría SOLO/ Calidad de respuestas</b>	
I	<p>P(a): Presenta dificultades en la formulación de compuestos. No consigue balancear adecuadamente la reacción química.</p> <p>P(b): No emite criterio sobre el tipo de reacción de acuerdo con su tipo: endo/exotérmica.</p> <p>P(c): No consigue calcular el reactivo limitante y las relaciones de masa y/o moles.</p> <p>P(d): No consigue calcular la concentración de la solución y la propiedad coligativa.</p> <p>P(e): No consigue realizar el cálculo de gases usando la Ley de los gases ideales.</p> <p>P(f): No consigue formular e identificar correctamente los tipos de calor involucrados, y presenta errores en el diagrama T vs t.</p>
II	<p>P(a): Supera lo anterior, realiza la formulación, pero tiene errores en el balance de la reacción química.</p> <p>P(b): Responde sobre el signo de la entalpía, pero no lo asocia al criterio de tipo de reacción: endo/exotérmica.</p> <p>P(c): Tiene dificultades en calcular correctamente una de las dos consignas, por ejemplo: calcula mal el reactivo limitante y arrastra el error al cálculo de relaciones de masa/moles, o viceversa.</p> <p>P(d): No consigue calcular bien alguna de las dos consignas (la concentración de la solución o la propiedad coligativa).</p> <p>P(e): Calcula usando la Ley de los gases ideales, pero no obtiene el resultado correcto (ej. errores en las unidades de medición).</p> <p>P(f): Consigue formular e identificar correctamente los tipos de calor involucrados, pero no representa correctamente todos los calores en el diagrama T vs t (falta algún proceso).</p>
III	<p>P(a): Formula y balancea, no tiene errores, pero no argumenta.</p> <p>P(b): Responde sobre el signo de la entalpía, y lo asocia al criterio de tipo de reacción: endo/exotérmica, no ofrece otro argumento.</p> <p>P(c): Calcula correctamente las dos consignas (cálculo del reactivo limitante y relaciones de masa/moles), pero sin argumentar.</p> <p>P(d): Calcula correctamente las dos consignas (concentración de la solución y propiedad coligativa) pero sin argumentar.</p> <p>P(e): Calcula correctamente usando la Ley de los gases ideales, pero no ofrece argumento.</p> <p>P(f): Consigue formular e identificar correctamente los tipos de calor involucrados, y representa correctamente todos los calores en el diagrama T vs t, pero no ofrece argumento.</p>

15, 16 Y 17 DE SEPTIEMBRE DE 2021

IV	<p>P(a): Formula, balancea correctamente y añade un argumento (explica el procedimiento) de forma simple.</p> <p>P(b): Responde sobre el signo de la entalpía, lo asocia al criterio de tipo de reacción: endo/exotérmica, y ofrece argumento (ej. una reacción exotérmica libera calor al ambiente).</p> <p>P(c): Calcula correctamente las dos consignas (cálculo del reactivo limitante y relaciones de masa/moles), pero argumenta simplemente lo que hace.</p> <p>P(d): Calcula correctamente las dos consignas (concentración de la solución y propiedad coligativa) pero argumenta simplemente lo que hace.</p> <p>P(e): Calcula correctamente usando la Ley de los gases ideales, y ofrece argumento simple.</p> <p>P(f): Consigue formular e identificar correctamente los tipos de calor involucrados, y representa correctamente todos los calores en el diagrama T vs t, ofrece argumento simple.</p>
V	<p>P(a): Suma un argumento ampliado sobre los tipos de nomenclatura, relación de coeficientes estequiométricos, estados de agregación, teoría del tema.</p> <p>P(b): Responde sobre el signo de la entalpía, lo asocia al criterio de tipo de reacción: endo/exotérmica, y ofrece argumento ampliado a lo anterior. (Poner ejemplos de procesos con similares características).</p> <p>P(c): Calcula correctamente las dos consignas (cálculo del reactivo limitante y relaciones de masa/moles), pero el argumento es amplio.</p> <p>P(d): Calcula correctamente las dos consignas (concentración de la solución y propiedad coligativa) y ofrece argumento ampliado (ej. explica la propiedad coligativa).</p> <p>P(e): Calcula correctamente usando la Ley de los gases ideales, y ofrece un argumento ampliado, Ej. enuncia la ley o aspectos sobre la teoría o propiedades de los gases ideales.</p> <p>P(f): Consigue formular e identificar correctamente los tipos de calor involucrados, y representa correctamente todos los calores en el diagrama T vs t, ofrece argumento ampliado ej, explica lo que sucede en el cambio de fase, lo nombra, explica conceptos de calor específico.</p>

\*Categorías: I- Aprendizaje Superficial Preestructural (respuestas erróneas), II- Aprendizaje Superficial Uniestructural (respuestas incompletas, bien orientadas), III- Aprendizaje Superficial Multiestructural (no se aborda cuestión clave, cuenta con los conocimientos pero no los relaciona), IV- Aprendizaje Profundo Relacional (abordan un punto, relacionan y dan sentido a los resultados), V- Aprendizaje Profundo Abstracto Ampliado (respuesta ampliada que trasciende y aplica a campos nuevos).

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

La Figura 1 muestra los resultados de la evaluación taxonómica por pregunta. Respecto a la consigna P(a), relacionada con la formulación de compuestos y el balance de la ecuación química, la calidad de respuestas se situó entre los niveles III y IV; es decir, entre un aprendizaje superficial

15, 16 Y 17 DE SEPTIEMBRE DE 2021

multiestructural y un aprendizaje profundo relacional. Los estudiantes logran formular los compuestos adecuadamente, realizan correctamente el balance, pero no suman a la resolución un argumento ampliado sobre los tipos de nomenclatura, relación de coeficientes estequiométricos, estados de agregación, o algunos otros aspectos teóricos sobre el tema.

En relación a la consigna P(b), donde se requiere reconocer el criterio de tipo de reacción endo/exotérmica de la reacción química, sólo un reducido número de respuestas resultaron incorrectas. Un poco más de la mitad de los grupos logran alcanzar un aprendizaje profundo relacional (IV), responden acerca del signo de la entalpía y lo asocian al criterio de tipo de reacción endo/exotérmica; además, ofrecen argumentos sobre el consumo o liberación de calor desde/hacia el ambiente.

Cuando se trata de establecer las relaciones de masas/moles entre reactivos y productos y determinar el reactivo limitante, consigna P(c), el principal error que se comete está en justamente determinar el reactivo limitante, arrastrando consigo el error en los cálculos sucesivos de relaciones de masa y moles entre este y los productos obtenidos.

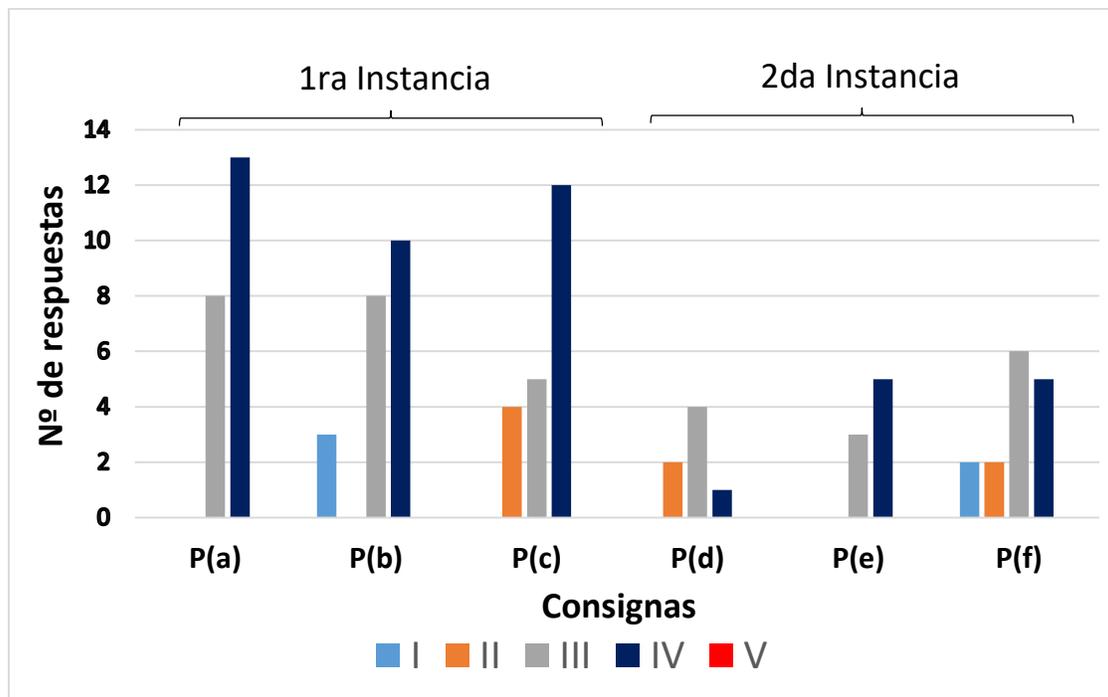


Figura 1: Resultados de la evaluación taxonómica por consignas. P(a)-P(c) primera instancia. P(d)-P(f) segunda instancia

15, 16 Y 17 DE SEPTIEMBRE DE 2021

Las respuestas P(d) y P(f), que implican un mayor grado de dificultad al tratarse de cálculos de concentración de una disolución, propiedades coligativas y calorimetría, muestran resultados heterogéneos en cuanto a calidad de respuesta (categorías I, II, III y IV). Las mayores dificultades se centran en diferenciar el cálculo de las propiedades coligativas en electrolitos y no electrolitos, y en identificar los tipos de calor (sensible y latente) involucrados en los procesos.

A diferencia de las anteriores, P(e) referida al comportamiento de los gases ideales, resulta ser de más amplio conocimiento entre los estudiantes. Un poco más de la mitad de las respuestas incorporan argumentos sobre la Teoría de gases ideales en condiciones normales de presión y temperatura (CNPT).

Desde el análisis taxonómico, en la Figura 2 se puede observar cómo los contenidos de la primera instancia, correspondiente a temas básicos de la materia como formulación y estequiometría, logran alcanzar un 55,6% de aprendizaje profundo relacional (IV), dejando un 33,3% al aprendizaje superficial multiestructural (III) y en menor medida, alrededor de un 11% a las categorías que marcan un aprendizaje insuficiente (I y II). Como resultado general, en la segunda instancia se evidencia una disminución de la calidad de respuesta y sólo el 36,7% de las respuestas alcanzan la categoría de aprendizaje profundo relacional. Un 43,3% queda en el aprendizaje superficial multiestructural y un 20% está determinado por las categorías inferiores.

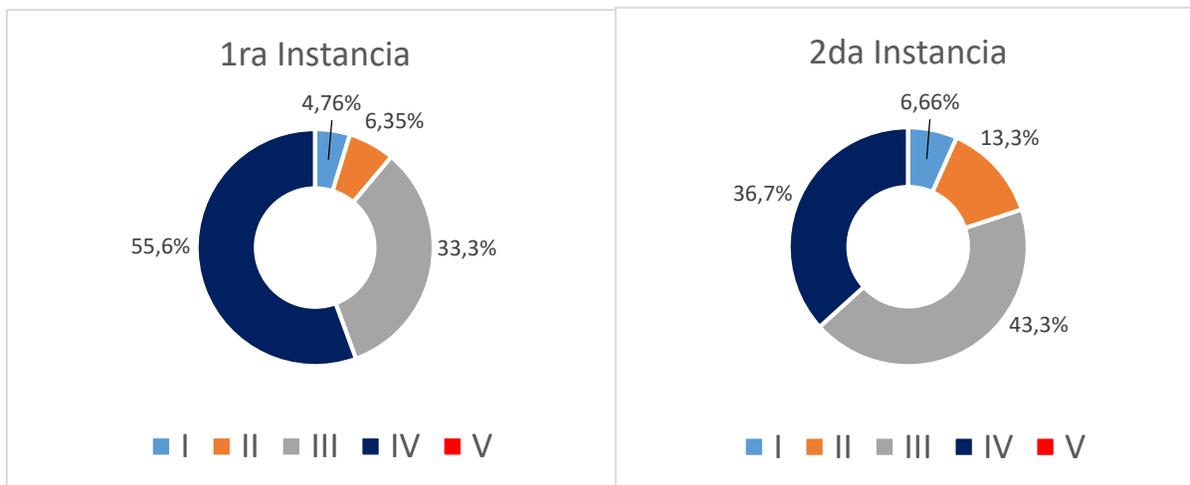


Figura 2: Porcentaje de respuestas por categorías SOLO (I-V) en cada instancia

15, 16 Y 17 DE SEPTIEMBRE DE 2021

Se observa que en ambas instancias no se logran resultados que demuestren un aprendizaje profundo abstracto ampliado (V). Los estudiantes no logran establecer argumentos amplios como por ejemplo: mencionar los tipos de nomenclatura, describir la relación de coeficientes estequiométricos, caracterizar los diferentes estados de agregación, poner ejemplos de procesos térmicos con similares características, explicar las propiedades coligativas, enunciar la ley o propiedades de los gases ideales, explicar lo que sucede en los cambios de fase o definir conceptos como calor específico de una sustancia.

#### 4. CONCLUSIONES

A partir del análisis taxonómico de los resultados de la actividad complementaria de la materia Química General del ciclo básico de la carrera de Ingeniería Mecánica de la FRSF-UTN, se puede concluir que el 55% de las respuestas alcanzaron la categoría de entendimiento profundo relacional (IV) en la primera instancia y, en menor medida, se obtuvo un 36% para la segunda, tratándose de consignas relacionadas con temas que involucran un mayor nivel de complejidad. Sumando los porcentajes alcanzados en las categorías III y IV, las que garantizan el aprendizaje básico que permitiría considerar la aprobación de la asignatura, los resultados serían 89% y 80% para las instancias 1 y 2, respectivamente; lo que demuestra que en estos desarrollos se pudieron lograr los objetivos de integrar diversos temas de la materia.

La elaboración de una rúbrica, como complemento para la evaluación taxonómica SOLO, permitió organizar la información, ponderar la participación de los estudiantes y calificar las estrategias que utilizaron los grupos para llegar al resultado.

La experiencia resulta satisfactoria en cuanto al logro de los objetivos de la asignatura, el método de evaluación empleado y la formación de competencias. A través de estas actividades los alumnos logran afianzar los contenidos básicos, encuentran un hilo conductor y logran relacionar los diferentes temas de la asignatura. Por su parte, el método taxonómico ayuda a descubrir cualitativa y cuantitativamente la efectividad de las estrategias de aprendizaje. Se trata de una propuesta complementaria e integradora para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, basada en experiencias enriquecedoras que amplían el horizonte visual, lingüístico, comunicacional y matemático de los estudiantes; permitiéndoles desarrollar competencias tales como: identificar, formular y resolver problemas de ingeniería; desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo; comunicarse con efectividad y aprender en forma continua y autónoma; entre otras.

#### REFERENCIAS

[1] Biggs, J. Calidad del aprendizaje universitario. Nancea de Ediciones, Madrid, 2005.

**15, 16 Y 17 DE SEPTIEMBRE DE 2021**

[2] Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina. Libro Rojo de CONFEDI, Universidad FASTA Ediciones, 2018.

[3] Perrenoud, P. Diez nuevas competencias para enseñar. Editorial GRAO, México, D.F., 2004.

[4] Roegiers, X. Pedagogía de la integración. Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza. Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana y AECI. Colección IDER, San José, Costa Rica, 2007.

[5] Pérez Gómez, A. La naturaleza de las competencias básicas y sus aplicaciones pedagógicas. Disponible en: [http://213.0.8.18/portal/Educantabria/Descargas/Publicaciones/2007/CuadernosEducacion\\_1.PDF](http://213.0.8.18/portal/Educantabria/Descargas/Publicaciones/2007/CuadernosEducacion_1.PDF).

[6] Angelozzi, S. La integración de conocimientos desde la práctica: comunicación de una experiencia en Fuentes y Servicios de Información. <http://www.bibliotecanacional.gov.ar/resources/conferencias/pdfs/Ponencia-Angelozzi-Mercosur.pdf>

[7] Blanco, A. Las rúbricas son un instrumento útil en la evaluación de competencias. En Prieto, L. (Coord.), Blanco, A., Morales, P. Y Torre, J.C. La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje: estrategias útiles para el profesorado. Barcelona: Octaedro-ICE de la Universidad de Barcelona, 2008

### **Agradecimientos**

Los autores reconocen el aporte financiero provisto por las siguientes instituciones para llevar a cabo esta investigación: Universidad Tecnológica Nacional (UTN) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina.