

Universidad Tecnológica Nacional

Secretaría de Ciencia Tecnología y Posgrado

**Programa de Tecnología Educativa y
Enseñanza de la Ingeniería TEyEI**

**Actas de la VII Jornada de Enseñanza de la Ingeniería
JEIN 2019**

La Plata, octubre de 2019

ISSN 2313-9056

Estimación de las habilidades desarrolladas por alumnos de ingeniería durante el ciclo lectivo 2018

*Marta G. Caligaris, Georgina B. Rodriguez, M. Elena Schivo,
M. Rosa Romiti y Lorena F. Laugero*

Grupo Ingeniería & Educación
Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional
Colón 332, San Nicolás, gie@frsn.utn.edu.ar

Resumen

En el marco del proyecto “Innovaciones en la enseñanza y su influencia en el aprendizaje” se han llevado adelante distintas actividades para evaluar resultados de aprendizaje. Se han tenido en cuenta conocimientos, habilidades y actitudes, considerando que un ingeniero debe tener una sólida formación científico-técnica y la capacidad, entre otras, de comunicarse articulando de manera eficaz distintos lenguajes.

Se ha realizado una estimación de las habilidades desarrolladas por estudiantes de dos asignaturas de distintos niveles y especialidades durante el ciclo lectivo 2018, utilizando diferente metodología.

✓ En los cursos de Análisis Matemático I, especialidades de Ingeniería Industrial y Electrónica, se analizó si los estudiantes de primer año evolucionaban a lo largo del año en la comunicación de un enunciado, un resultado o un texto matemático considerando tres registros semióticos de representación: el lenguaje natural, el simbólico y el gráfico.

✓ En los cursos de Análisis Numérico, especialidades de Ingeniería Mecánica y Electrónica, se realizó una estimación del grado de desarrollo de diferentes habilidades matemáticas utilizadas en dos instancias de evaluación, una al comienzo y la otra al final del curso. Para el desarrollo de este tipo de habilidades matemáticas, se elaboraron secuencias didácticas, utilizando herramientas visuales de diseño propio.

Palabras clave: *evaluación, habilidades, competencias.*

1. Identificación

El proyecto “Innovaciones en la enseñanza y su influencia en el aprendizaje”, UTI4933, se ha iniciado el 1 de enero de 2018 y finalizará el 31 de diciembre de 2021.

Sus líneas se insertan en distintas áreas prioritarias del Programa de Tecnología Educativa y Enseñanza de la Ingeniería:

- ✓ Las tecnologías aplicadas en educación.
- ✓ La enseñanza de la ingeniería y la formación de los ingenieros.
- ✓ La evaluación de los aprendizajes y de la enseñanza.

2. Introducción

Además de enseñar a los estudiantes cómo probar un teorema o cómo resolver una ecuación, los docentes deben considerar las posibilidades de los alumnos para explicar su forma de actuar, proyectar el método o procedimiento a utilizar, estimar las características del resultado que permite comparar la meta con lo que han logrado y escribirlo en el lenguaje apropiado, con diferentes formas de representación. Estas últimas pueden ser el lenguaje hablado, símbolos escritos, dibujos u objetos físicos. Una idea matemática particular casi siempre puede ser representada en alguna o en todas las formas de representación posibles (Díaz, 2009).

Una exigencia básica para la comprensión de un concepto matemático por parte de un estudiante es la coordinación o articulación

entre sus diferentes representaciones. La coordinación de registros no es la consecuencia del entendimiento matemático, sino que es una condición esencial debido a que cada sistema de representación permite ver una faceta diferente del objeto a estudiar y pone de manifiesto algunas de sus propiedades relevantes (Duval, 1999).

En la enseñanza y el aprendizaje de la matemática, cada contenido exige un modo de actuar con características específicas. Las habilidades matemáticas han de expresar esas particularidades teniendo en cuenta el campo al que se refieren y los niveles de sistematicidad y complejidad de la actividad a ejecutar (Morales Díaz, Bravo Estévez & Cañedo Iglesias, 2013).

La clasificación de las habilidades matemáticas consideradas es la dada por la taxonomía de Bloom revisada. Ésta proporciona una jerarquía que ordena los procesos cognitivos desde el simple recuerdo hasta el pensamiento crítico y creativo. El estudiante debe superar seis niveles para producir un verdadero proceso de aprendizaje. Estos niveles, desde el más simple hasta el más complejo, son: recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear (Anderson & Krathwohl, 2001). Los tres primeros niveles corresponden a habilidades de orden inferior y los restantes a las de orden superior.

3. Objetivos y Avances

Algunos de los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

- ✓ Diseñar material interactivo para el dictado de materias del ciclo básico de las ingenierías o para ser utilizado en cursos semipresenciales de las mismas asignaturas.
- ✓ Plantear secuencias didácticas que involucren el empleo de herramientas de diseño propio, teniendo en cuenta el estilo de aprendizaje de los alumnos.
- ✓ Preparar instrumentos de evaluación adecuados.

Se ha avanzado en distintas tareas para alcanzar estos objetivos.

4. Resultados

A continuación, se muestra una estimación de las habilidades comunicativas desarrolladas por los estudiantes de Análisis Matemático I (primer año, Ing. Industrial y Electrónica) y las habilidades matemáticas según la Taxonomía de Bloom en los alumnos de Análisis Numérico (tercer año, Ing. Mecánica y Electrónica) durante el ciclo lectivo 2018, utilizando diferente metodología.

4.1. Experiencia en Análisis Matemático I

A diferencia de otras áreas científicas, los símbolos y la transformación de las representaciones semióticas están en el corazón de la actividad matemática (Duval, 2006). Las representaciones son importantes tanto para el desarrollo de la actividad matemática como para la comunicación.

En dos cursos de Análisis Matemático I, se analizó si los estudiantes evolucionaban a lo largo del año en la comunicación de un enunciado, un resultado o un texto matemático considerando tres registros de representación: lenguaje natural, simbólico y gráfico (Caligaris, Schivo, Romiti, 2019).

Las especialidades se eligieron para tener una población variada, ya que los ingresantes a Ingeniería Electrónica provienen, inicialmente, en un 54%, de escuelas medias de modalidad técnica, mientras que la mayoría de los alumnos que eligieron Ingeniería Industrial han cursado su escuela media con modalidad no técnica.

Para que no fuera un obstáculo el contenido a comunicar, se valoró el desempeño de los estudiantes en actividades individuales que involucraron conceptos simples abordados en el curso introductorio a la FRSN-UTN para el primer trabajo y desarrollados como contenidos propios de la asignatura, en los tres restantes. Los contenidos evaluados en cada oportunidad fueron los siguientes: Conocimientos previos (Evaluación N°1), Funciones, límite y continuidad (Evaluación N° 2), Derivadas y aplicaciones (Evaluación N° 3), Integrales y aplicaciones (Evaluación N° 4).

En el análisis de resultados, se clasificó el desempeño de los alumnos de la siguiente manera: satisfactorio (S), cuando realiza la actividad solicitada en forma completa y correcta en su totalidad, parcialmente

satisfactorio (PS), cuando realiza la mitad o más de la actividad solicitada en forma correcta e insatisfactorio (I), cuando resuelve en forma incorrecta la totalidad o la mayoría de la actividad, o no la resuelve. En todas las

evaluaciones se propusieron dos consignas para analizar la comunicación en cada registro.

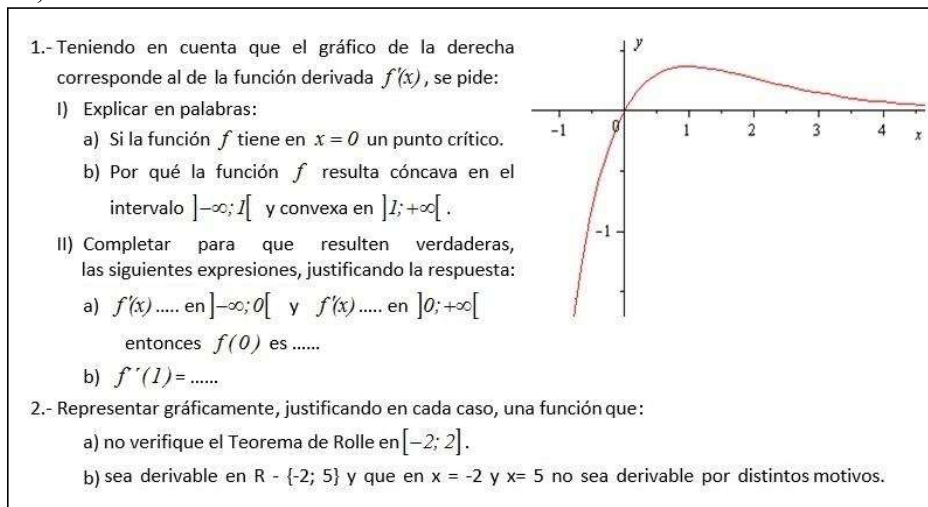


Figura 1. Parte de la evaluación correspondiente al tema Derivadas y aplicaciones

La Figura 1 muestra la evaluación correspondiente al tema Derivadas y aplicaciones.

Las Figuras 2 a 4 muestran la distribución de los estudiantes según su desempeño en los distintos registros, en cada una de las cuatro evaluaciones. Los colores rojo, amarillo y verde representan, respectivamente, que el desempeño de los estudiantes en la comunicación en el registro correspondiente es insatisfactorio, parcialmente satisfactorio y satisfactorio.

Sólo se consideraron los alumnos que llegaron hasta el final del cursado, siendo 21 los correspondientes a la especialidad de Ingeniería Electrónica y 15 a Ingeniería Industrial del turno tarde.

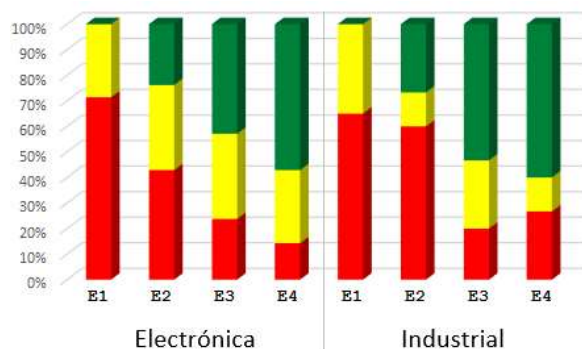


Figura 2. Desempeño en el registro natural, en las cuatro evaluaciones

Como puede verse en la Figura 2, en la primera evaluación, ningún alumno de las especialidades analizadas ha mostrado un desempeño satisfactorio en la comunicación utilizando el registro natural. Esta situación mejoró a lo largo de las siguientes evaluaciones y la situación inicial se invirtió, obteniendo aproximadamente el 60% de desempeño satisfactorio en la cuarta evaluación, para las dos especialidades.

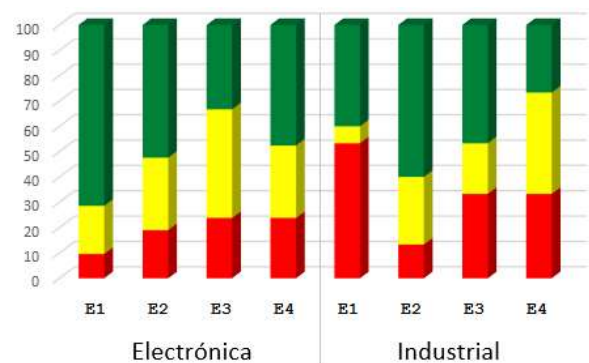


Figura 3. Desempeño en el registro gráfico, en las cuatro evaluaciones

Respecto a la comunicación utilizando el registro gráfico, se puede ver en la Figura 3 que el desempeño de los estudiantes de Ingeniería Electrónica mostró porcentajes de resultados insatisfactorios que no alcanzaron el 10% en la primera evaluación, pero que aumentaron hasta ubicarse en casi 24% en las dos últimas evaluaciones.

Por otro lado, como se muestra también en la Figura 3, los estudiantes de Ingeniería Industrial, aunque su mejor resultado en la comunicación utilizando el registro gráfico se obtuvo en la segunda evaluación, se observó una mejora significativa, pasando del 53% de los resultados insatisfactorios en la primera evaluación a 33% en los dos últimos.

En la Figura 4, se puede observar el desempeño en la comunicación utilizando el registro simbólico, mostrando una situación muy similar a lo que se comentó para el registro natural.

El desempeño insatisfactorio de los estudiantes de Ingeniería Electrónica disminuyó de 52% en la primera evaluación, a casi 24% en la última.

Los estudiantes de Ingeniería Industrial, que comenzaron con un porcentaje del 80% de resultados insatisfactorios, mejoraron y llegaron a alrededor del 30% de insatisfactorios en la última evaluación.

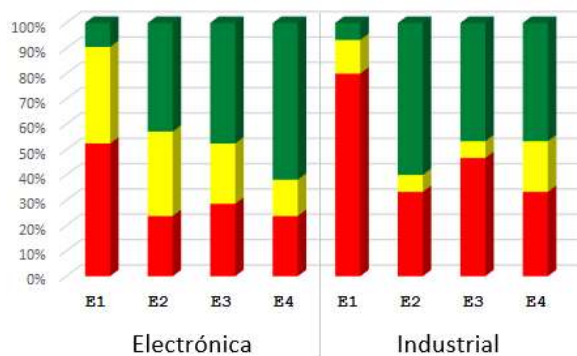


Figura 4. Desempeño en el registro simbólico, en las cuatro evaluaciones

Durante el primer cuatrimestre los resultados fueron alarmantes, especialmente para Ingeniería Industrial, pero durante el segundo cuatrimestre disminuyó la cantidad de insatisfactorios, terminando ambos cursos con pequeñas diferencias.

El trabajo intensivo que se llevó a cabo para revertir los primeros resultados es lo que hizo, posiblemente, que se logaran mejoras. Los docentes acompañaron el desarrollo de habilidades y no solo discutieron contenidos, esforzándose por lograr progresos en la capacidad de comunicación los estudiantes.

4.2. Experiencia en Análisis Numérico

En los cursos de Análisis Numérico, se realizó una estimación del grado de

desarrollo de diferentes habilidades matemáticas utilizadas en dos instancias de evaluación, una al comienzo y la otra al final del ciclo lectivo.

Para ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades matemáticas de orden inferior y superior durante el aprendizaje de los métodos numéricos, se desarrollaron secuencias didácticas que incorporan el uso de herramientas visuales de diseño propio. Estas herramientas, en su gran mayoría, fueron elaboradas utilizando el software Scilab.

Inicialmente, las aplicaciones diseñadas se emplearon sólo en las presentaciones teóricas de los temas y en la resolución de diferentes actividades durante las clases. De esta manera, los estudiantes pudieron internalizar y fortalecer ciertos conceptos y establecer relaciones entre los diversos factores que influyen en una solución numérica cuando resuelven diferentes ejemplos.

Posteriormente, estas herramientas también se utilizaron en las evaluaciones realizadas al final del desarrollo de cada uno de los temas. Así, el alumno tuvo que reflexionar y tomar decisiones apropiadas de forma autónoma.

Una de estas herramientas visuales se presenta en la Figura 5 (Caligaris, Rodriguez, Laugero, 2011).

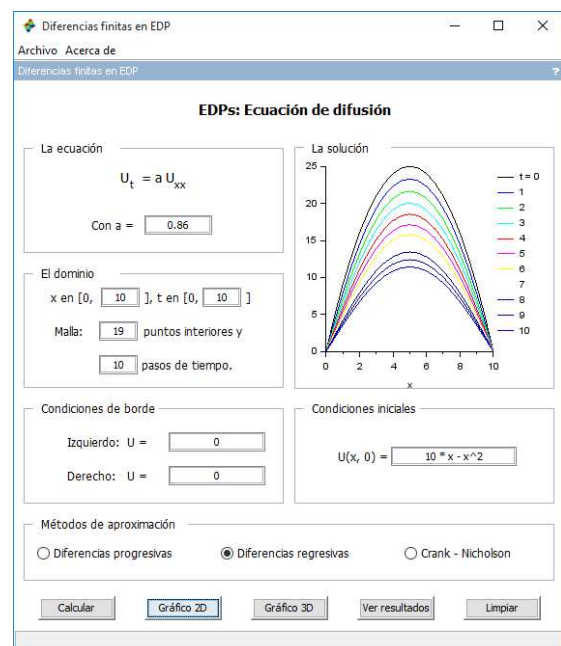


Figura 5. Herramienta para estudiar la ecuación de difusión

Con el fin de obtener información sobre la efectividad de las estrategias de enseñanza

utilizadas en el desarrollo de los temas, la corrección de cada uno de los ejercicios propuestos en las evaluaciones se llevó a cabo utilizando diferentes rúbricas. Éstas fueron desarrolladas para estimar el grado de concreción de las habilidades matemáticas que los estudiantes lograron durante la resolución de las diferentes actividades, para cada nivel de la taxonomía de Bloom (Caligaris, Rodríguez & Laugero, 2019). A modo de ejemplo, las Tablas 1 – 4 muestran la rúbrica que se utilizó para la corrección de un problema gobernado por la ecuación de difusión.

Tabla 1. Habilidades del nivel recordar

Evoca el concepto de convergencia.
No desarrollada: No recuerda el concepto.
Moderadamente desarrollada: Recuerda el concepto con algunos errores.
Desarrollada: Recuerda el concepto.

Recuerda el Teorema de Lax
Poco desarrollada: No cita el Teorema de Lax.
Moderadamente desarrollada: No cita claramente el Teorema de Lax.
Desarrollada: Cita correctamente el Teorema de Lax.

Tabla 2. Habilidades del nivel comprender

Comprende la información proporcionada por el problema planteado para ejecutar la aplicación.
No desarrollada: No identifica los datos que debe escribir en cada campo.
Moderadamente desarrollada: Identifica algunos datos que debe escribir en cada campo.
Desarrollada: Identifica todos los datos que debe escribir en cada campo.

Interpreta la información dada por cada una de las salidas proporcionadas por la aplicación.
Poco desarrollada: No relaciona el aumento de precisión de la solución numérica con la disminución del tamaño de paso.
Moderadamente desarrollada: Relaciona parcialmente el aumento de precisión de la solución numérica con la disminución del tamaño de paso.
Desarrollada: Relaciona el aumento de precisión de la solución numérica con la disminución del tamaño de paso.

Tabla 3. Habilidad del nivel aplicar

Calcula la cantidad de puntos del dominio discreto según el tamaño de paso empleado.
No desarrollada: No determina correctamente la cantidad de puntos.
Moderadamente desarrollada: Determina la cantidad de puntos con algunos errores.
Desarrollada: Determina correctamente la cantidad de puntos.

Tabla 4. Habilidad del nivel analizar

Explica lo que sucede con la solución numérica al disminuir el tamaño de paso.
No desarrollada: No analiza el aumento de precisión de una solución numérica por medio del Teorema de Lax.
Moderadamente desarrollada: No analiza claramente el aumento de precisión de una solución numérica por medio del Teorema de Lax.
Desarrollada: Analiza el aumento de precisión de una solución numérica por medio del Teorema de Lax.

Las Figuras 6 y 7 muestran los resultados obtenidos al tabular la corrección de las respuestas dadas por los estudiantes a dos actividades propuestas: una realizada casi al comienzo del curso (resolución de ecuaciones no lineales) y, la otra, casi al final el mismo (resolución numérica de ecuaciones diferenciales parciales).

En estas figuras, los colores rojo, amarillo y verde indican si la habilidad del estudiante está poco, bastante o completamente desarrollada, respectivamente.

Cabe aclarar, que las situaciones propuestas permiten desplegar tan sólo algunas de las habilidades matemáticas que se trabajaron en clase.

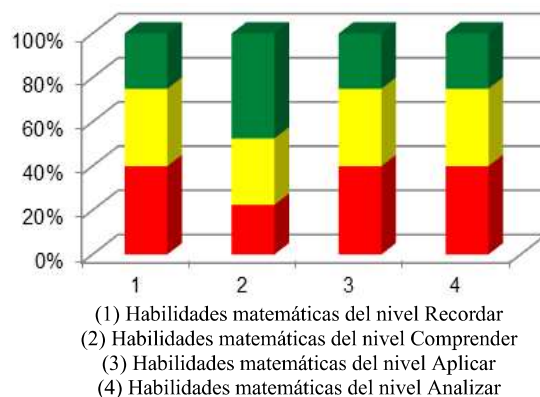


Figura 6. Habilidades matemáticas - Solución de ecuaciones no lineales.

El análisis realizado muestra que, en la instancia de evaluación tomada al inicio del curso, un alto porcentaje de estudiantes no alcanzó las habilidades de los niveles más bajos ni más altos de la Taxonomía de Bloom.

A pesar de los resultados obtenidos, esta modalidad de trabajo se aplicó para abordar los siguientes temas.

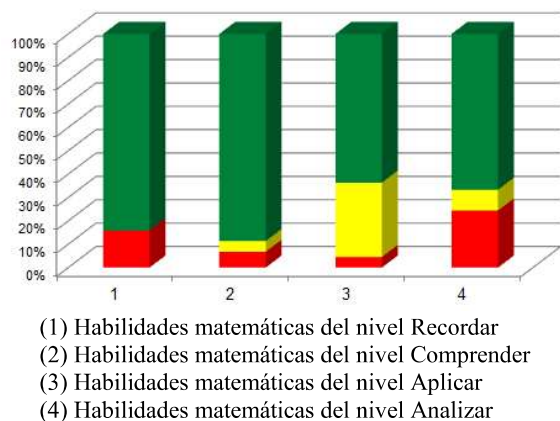


Figura 7. Habilidades matemáticas - Resolución de ecuaciones diferenciales parciales.

Si bien la enseñanza basada en habilidades matemáticas no es una tarea simple, se produjo una mejora notable de la situación cuando se tomó la última evaluación.

5. Formación de RR HH

El proyecto está integrado por cinco investigadores.

En el marco de las actividades del mismo se ha completado la redacción de la tesina para optar al título de Licenciada en Enseñanza de la Matemática de la Lic. Lorena Fernanda Laugero. Este trabajo fue dirigido por Marta Caligaris y codirigido por Adriana Favieri, de la Facultad Regional Haedo.

El desarrollo del proyecto implica también la contribución a la formación de los estudiantes, con la utilización de los materiales desarrollados.

6. Publicaciones relacionadas con el PID

En los primeros dieciocho meses del PID, se han presentado doce trabajos en distintos congresos (el listado se puede ver en el sitio del grupo: <http://www.frsn.utn.edu.ar/gie>). Se han publicado, además, los siguientes trabajos:

- ✓ "Desarrollo de habilidades matemáticas durante la resolución numérica de problemas de valor inicial usando recursos tecnológicos". M. Caligaris, G. Rodríguez, A. Favieri, L. Laugero. *Revista Educación en Ingeniería*, 14:(27) (2019), pp. 30-40.
- ✓ "Communication competence in Mathematics. Analysis of the evolution of Calculus student skills throughout their freshmen year". M. Caligaris, M.E. Schivo, M.R. Romiti. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 18 [4] (2019), pp. 49-62.

Referencias

- Anderson, L.; Krathwohl, D. (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*, New York: Addison, Wesley Longman.
- Caligaris, M.; Rodríguez, G. & Laugero, L. (2011). Laboratorio virtual de análisis numérico: aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales. *Mecánica Computacional*, Vol XXX, N° 30. Teaching Numerical Methods, pp. 2337-2351.
- Caligaris, M.; Rodríguez, G. & Laugero, L. (2019). Evolution of Mathematical Skills in Students of Numerical Analysis. *INTED2019 Proceedings* pp. 6881-6891.
- Caligaris, M.; Schivo, M.E.; Romiti, M.R. (2019) Communication competence in Mathematics. Analysis of the evolution of Calculus student skills throughout their freshmen year. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 18 [4], pp. 49-62.
- Díaz, H. (2009). El lenguaje verbal como instrumento matemático. *Educación y Educadores*, 12 [3], pp.13-31.
- Duval, R. (1999) Representation, vision y visualization: cognitive functions in mathematical thinking. Basic issues for learning. *Proceeding of the 21 Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Vol. 1, pp. 23-26.
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of

Mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61, pp. 103-131.

Morales Díaz, Y.; Bravo Estévez, M. & Cañedo Iglesias, C. (2013). Enseñanza de la matemática en ingeniería mecánica para el desarrollo de habilidades. *Pedagogía Universitaria*, 18 [4], pp. 75-90.