



2º Congreso
Latinoamericano
de Ingeniería

2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN
DE INGENIEROS EN LA
ERA DIGITAL



VALORACIÓN DE PRECONCEPTOS ERRÓNEOS DE LA DINÁMICA PRESENTES EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

Miguel Ángel Guzmán Rivera

**Instituto Tecnológico de Querétaro
Querétaro, México**

Luis Gustavo Cabral Rosetti

**Centro Interdisciplinario de
Investigación y Docencia en
Educación Técnica
Querétaro, México**

Resumen

La Física es fundamental para la enseñanza de la ingeniería. Sin embargo, existen altos índices de reprobación asociados con el estudio de esta área del conocimiento. Uno de los principales factores responsables de este problema es la existencia de preconceptos erróneos en los estudiantes, resultado de la persistencia de ideas no científicas aún después de completar el proceso educativo correspondiente al tema. Para evaluar el impacto de los preconceptos erróneos en el aprendizaje de la dinámica entre los estudiantes de ingeniería del Tecnológico Nacional de México, se aplicó el instrumento de valoración "Force Concept Inventory" a 316 estudiantes de ingeniería en 5 diferentes campus dentro del Estado de Querétaro, quienes ya habían cursado la asignatura de Física, bajo las modalidades de educación tanto presencial como a distancia. Los resultados muestran la existencia de preconceptos erróneos de la dinámica, en un promedio del 79% de los conceptos valorados, sin encontrar una diferencia significativa entre los estudiantes de modalidad presencial y los de modalidad a distancia. Estos resultados indican que el problema de la comprensión inadecuada de los conceptos de la dinámica es independiente de la modalidad bajo la cual se imparte la asignatura, y sugiere la necesidad de cambiar las estrategias didácticas usadas por los docentes de las asignaturas del área de la Física en la zona del Bajío del Tecnológico Nacional de México.

Palabras clave: preconceptos erróneos; dinámica; didáctica de la ingeniería

Abstract

Physics is fundamental for teaching engineering. However, the failure rates related to this area of knowledge are very high. One of the main reasons for this problem is the existence of misconceptions in the students, as a result of the persistence of nonscientific ideas even after completing the learning process corresponding to the topic. In order to evaluate the impact of misconceptions in the learning of dynamics for the engineering students of the Tecnológico Nacional de México, the "Force Concept Inventory", an assessment instrument, was applied to 316 engineering students in 5 different campi within the State of Querétaro, who had already taken the subject of physics, under both distance and in-person modes. The results show a prevalence of misconceptions of dynamics in 79% of the assessed concepts on average, with no significant difference between students from distance and in-person modes. These results indicate that the problem of the inadequate understanding of concepts from dynamics is independent of the learning modality used to teach the subject, and it suggests the need to change the didactic strategies used by the physics teachers in the Bajío area of the Tecnológico Nacional de México.

Keywords: *misconceptions; dynamics; engineering didactics*

1. Introducción

El crecimiento económico de una sociedad depende, en gran medida, del desarrollo de nuevas tecnologías que permitan afrontar los retos planteados por un complejo y cambiante entorno económico global. Esto hace impostergable la necesidad de mejorar la educación de la ciencia y la tecnología en nuestro país. La Comisión de los Estados Unidos para la Seguridad Nacional en el siglo 21 afirma categóricamente la necesidad de administrar adecuadamente la ciencia, la tecnología y la educación, para el bien común en el futuro (Lathrop & Mackenzie, 2001).

La educación en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (CTIM), es una propuesta educativa que tiene como objetivos fomentar las habilidades de los estudiantes en las cuatro disciplinas implicadas, de forma que estas se relacionen entre sí para proporcionar una mejor experiencia educativa para los alumnos (Díaz & Zitzihua, 2018). Esta propuesta es de gran importancia, considerando que el número de empleos relacionados con las CTIM creció el triple en relación con otras áreas entre los años 2000 y 2010, y que actualmente millones de puestos de trabajo relacionados con las CTIM no han podido ser cubiertos por la falta de personal capacitado (Smithsonian Science Education Center, 2019).

Es por estas razones que la Física es una parte esencial del sistema educativo en la ingeniería, lo cual sirve como una fuente de motivación para el presente trabajo, en busca de mejorar el entendimiento de esta importante rama del conocimiento en el aula. Sin embargo, a pesar de la gran importancia que reviste la Física en el sistema educativo, particularmente en el área de la ingeniería, muchos estudiantes encuentran su estudio como algo abstracto y difícil, lo que incide en un pobre aprovechamiento académico.

2. Antecedentes

Es innegable la amplia relevancia que ha tenido en las últimas décadas el uso de las tecnologías computacionales en el campo científico y específicamente en la educación en ciencias e ingeniería (Pere, 2013), en donde ha aportado un enorme beneficio a partir de las diferentes modalidades de su uso, ya sea en recolección y análisis de datos, en graficación, comunicación, simulación de fenómenos abstractos, entre otras. Sin embargo, el proceso de incorporación de las tecnologías computacionales en el aula de clase requiere de un enfoque didáctico que permita a los docentes tener una visión acerca de cómo los estudiantes aprenden conceptos científicos mediante el uso de estas potenciales herramientas.

Actualmente el Tecnológico Nacional de México (TecNM) atiende a más de 600,000 estudiantes en licenciatura y posgrado en todo el territorio nacional, y está conformado por 254 instituciones, con lo que se constituye en la escuela de ingeniería más grande del país (Tecnológico Nacional de México, 2019). El TecNM ha emprendido en años recientes un esfuerzo por llevar la educación superior a todos los rincones del país, en forma de programas de educación a distancia para ingeniería, así como la creación de cursos masivos en línea disponibles al público en general. En este contexto, la educación a distancia se define como la organización de la instrucción a través de redes de computadoras, y es motivado por la creencia de que el contenido de las lecciones en el aula puede ser digitalizado y disseminado entre un gran número de estudiantes, involucrando poco a los profesores y minimizando costos tales como infraestructura y transporte.

El TecNM ofrece en el Estado de Querétaro el sistema de Educación Presencial a Distancia (EPaD), con la opción de estudiar las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Industrial e Ingeniería en Gestión Empresarial bajo una modalidad semi presencial, en los municipios de El Marqués, Pinal de Amoles, Arroyo Seco, San Joaquín y Landa de Matamoros, complementando la educación presencial ofrecida por el Instituto Tecnológico de Querétaro (ITQ).

Los estudiantes del EPaD asisten a las instalaciones de la unidad correspondiente a su Municipio, donde reciben acompañamiento académico en forma de una tutoría en formato de videoconferencia, y tienen horarios asignados para tomar asesoría en línea de las materias que cursan, haciendo uso de los laboratorios del Instituto Tecnológico de Querétaro en visitas programadas cuando esta actividad sea necesaria. Debe destacarse que no se cuenta con un laboratorio funcional de Física en las instalaciones del campus Querétaro, por lo que los cursos relacionados con la asignatura pueden ser considerados completamente bajo la modalidad de educación a distancia.

En el caso particular de los cursos de Física introductoria para las carreras de ingeniería, se detecta en la mayoría de los estudiantes una importante problemática principalmente en tres aspectos: carencia de los conocimientos de matemática básica; una habilidad para el razonamiento poco desarrollada (Berli, Romagnoli y Di Paolo, 2008); y la existencia de preconceptos erróneos que inhiben el aprendizaje adecuado de los conceptos fundamentales de la ciencia (Herrezuelo, Montero, 2006). La carencia en las herramientas matemáticas básicas se manifiesta a través de los exámenes diagnósticos y, sobre todo, en los desarrollos que los estudiantes realizan en clases, y abarcan desde operaciones básicas, hasta el desconocimiento de trigonometría o nociones de

vectores. En cuanto al razonamiento, se destaca la dificultad que presentan los estudiantes de nuevo ingreso a las instituciones de educación superior para resolver situaciones diferentes a las que el profesor resuelve en clase. Existe una gran resistencia al cambio en las estructuras mentales construidas por los educandos para dar explicación a los fenómenos que observan en su vida cotidiana, y que conforman un conjunto de ideas previas no compatibles con el actual conocimiento científico.

3. Justificación

Uno de los problemas más graves que afectan la eficiencia terminal, el rezago y la deserción en el TecNM es el de la reprobación. Esto es particularmente notorio en el área de ciencias básicas, dentro de la cual se incluye la asignatura de Física. Como caso particular puede citarse el caso del ITQ, en donde el índice de reprobación general en ciencias básicas es de 30.8% (Jiménez, 2011). Esta situación no tiene una solución simple, pues se trata de un problema en donde inciden una multitud de factores.

Existen diversas formas de clasificar las causas de la reprobación en una institución de educación superior. Espinoza (2005) propone catalogarlas de acuerdo con su origen en: psicológicas, físicas y económicas, sociales y familiares, atribuibles al rendimiento escolar, atribuibles a la institución, y finalmente, atribuibles al profesor. Usando esta clasificación, Amado y colaboradores (2014) llevaron a cabo una serie de encuestas realizadas mediante la aplicación de la prueba de fiabilidad Alpha de Cronbach (George y Mallery, 2003) en el Instituto Tecnológico de Mexicali, en donde se encontró que, bajo la perspectiva tanto de académicos como de administradores y estudiantes (Amado et al, 2013), existe una coincidencia en considerar que la principal causa de la reprobación es debida a factores atribuibles al rendimiento escolar, mismos que incluyen, entre otros, la falta de motivación para el estudio, hábitos de estudio inadecuados, la presencia de preconceptos erróneos y la carencia de bases de conocimiento adecuadas para cursar la materia. Esto ocasiona que los estudiantes tengan dificultad para entender las asignaturas, que no presten atención a las explicaciones, no asistan a asesorías y no toman notas ni apuntes en clase, entre otros problemas.

Este análisis cuantitativo está enfocado en el aprendizaje de la dinámica, entendida como la rama de la Física que estudia la relación que existe entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y los efectos que se producirán sobre el movimiento de este. La dinámica es un tema de estudio común entre todas las carreras de ingeniería, ya que, al describir y cuantificar los factores capaces de producir alteraciones en el movimiento de un sistema físico, resulta indispensable para modelar y simular una gran variedad de máquinas.

El presente estudio parte del supuesto hipotético de que una de las principales causas de reprobación de las asignaturas relacionadas con la Física en los Institutos Tecnológicos, y consecuentemente del bajo rendimiento en el proceso de aprendizaje de las mismas, es debido a la existencia de preconceptos erróneos entre los estudiantes. Esto suele estar asociado con un conocimiento preliminar inadecuado de la Física, un uso incorrecto de las herramientas matemáticas involucradas, así como técnicas y hábitos de estudio inapropiados (Gómez, 2000).

Se denominan ideas previas a las concepciones que los estudiantes tienen acerca de diferentes fenómenos, independientemente de la enseñanza sistemática que reciban al respecto. Dichas ideas previas son explicaciones que los estudiantes van construyendo mediante la interacción con su medio social, cultural y natural; se crean a partir de las experiencias cotidianas, de las conversaciones con otras personas, de las actividades físicas, así como de la información que los estudiantes reciben de los medios de comunicación, entre otros (Cubero, 1994). Estas ideas previas representan modelos coherentes de conocimiento, aunque a veces pueden ser incompatibles con los modelos de la ciencia o del conocimiento escolar aceptado, en cuyo caso se les denomina preconceptos erróneos.

La existencia de estos preconceptos erróneos entre los estudiantes se debe en gran medida, a que la comunicación de conceptos difíciles de la Física en el salón de clases se ve afectada de forma negativa por la ausencia de un vínculo fuerte y claro entre el contenido de la clase y las vivencias e intereses de los alumnos.

Uno de los principales problemas presentes en la actualidad para la enseñanza de la Física en el TecNM es que no existe necesariamente una correspondencia entre la calificación asignada a los estudiantes, y su comprensión real de los temas expuestos en clase (Guzmán, 2014). En un estudio realizado en el ITQ, se aplicó una prueba estandarizada para la detección de preconceptos erróneos en cinemática y dinámica traslacional, el Force Concept Inventory (Hestenes, Wells y Swackhamer, 1992), a los estudiantes de ingeniería inmediatamente al terminar de cursar la materia de Física de la carrera, lo que resultó en un aprovechamiento conceptual del 20%, siendo esta medida idéntica a la obtenida por alumnos que no habían tomado aún dicha asignatura, lo cual indica que no se dio un aprendizaje significativo en el curso. Aunado a esto, otra encuesta aplicada al mismo grupo de estudiantes muestra una auto percepción cercana al 70% en aprovechamiento, significando que no solo hubo un pobre aprendizaje de la Física, sino que los alumnos no son conscientes de su propia ignorancia sobre el tema.

4. Metodología

Con el propósito de realizar un análisis comparativo, fueron seleccionados en forma aleatoria 12 grupos de estudiantes de ingeniería de las diferentes escuelas del TecNM en el Estado de Querétaro, bajo la condición de que todos hubiesen cursado la asignatura de Física previamente. Participaron un total de 316 alumnos provenientes tanto del campus presencial del Instituto Tecnológico de Querétaro, como de los campus Landa de Matamoros, Tolimán, San Joaquín y Pinal de Amoles, pertenecientes al sistema de Educación Presencial a Distancia (EPaD) bajo la modalidad de educación virtual síncrona. Los docentes y estudiantes involucrados recibieron una explicación acerca del propósito de la prueba, así como la mecánica para llenar los formularios, luego de lo cual resolvieron el instrumento Force Concept Inventory (FCI) en un tiempo de 30 minutos. Al término del experimento, se realizó un análisis comparativo de los datos obtenidos, valorando las diferencias entre los resultados de los estudiantes de ingeniería en la modalidad presencial, y los resultados obtenidos por los alumnos en la modalidad de educación a distancia. El método estadístico seleccionado fue la prueba de Chi Cuadrada, el cual hace énfasis en la

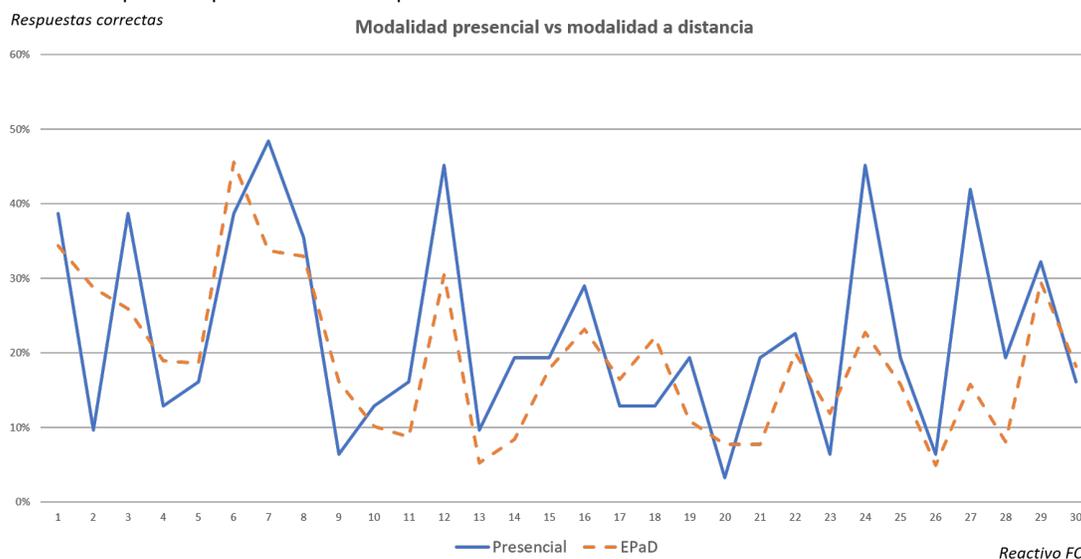
comparación de frecuencias de muestras de datos, y resulta adecuado para determinar si existe una diferencia significativa entre la existencia de preconceptos erróneos en ambas modalidades educativas.

5. Resultados

Los resultados de aplicar el FCI son representados de forma gráfica en la Figura 1, en donde el eje de las abscisas representa cada uno de los 30 reactivos que conforman el inventario conceptual, respetando el orden en que aparecen en la prueba, mientras que el eje de las ordenadas muestra el porcentaje de respuestas correctas en relación con cada reactivo. Los resultados globales mostraron un promedio de respuestas acertadas del 21%.

Puede apreciarse una cercana relación en términos de frecuencia entre las respuestas generadas por los alumnos de ambas modalidades; al ser aplicada la prueba estadística Chi Cuadrada entre ambos conjuntos de datos, se encontró que la probabilidad de que la correlación observada entre las muestras sea debida al azar es menor al 1%.

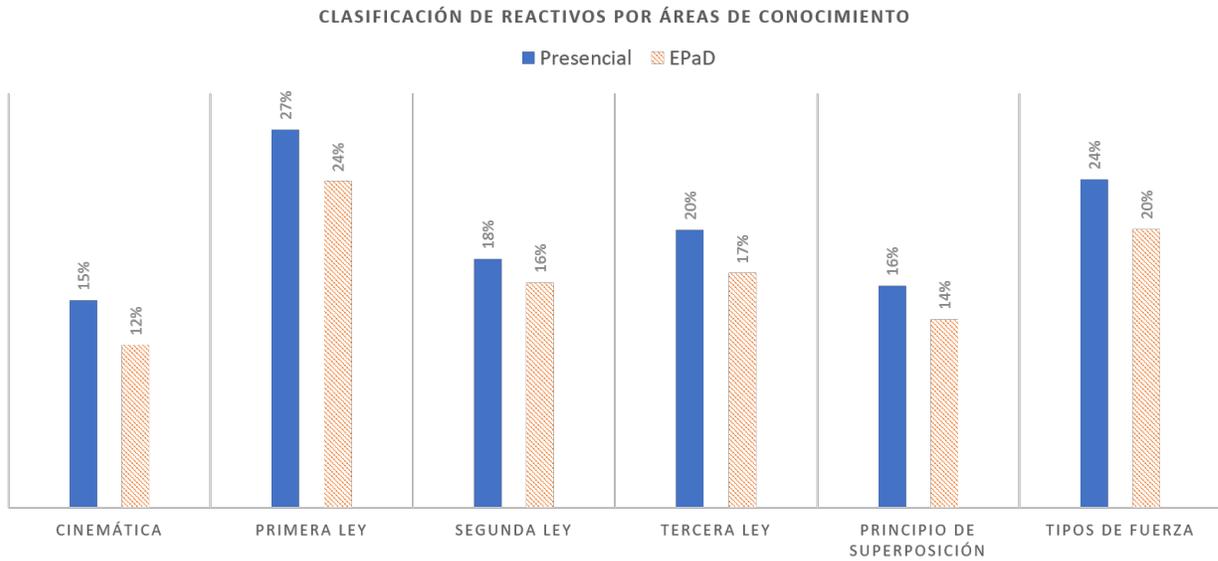
Figura 1. Porcentaje de respuestas correctas por modalidad educativa.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 2 se muestran los porcentajes de respuestas correctas obtenidas al responder el inventario conceptual, separando los reactivos por áreas de conocimiento, utilizando la "taxonomía" propuesta por Hestenes (1992) para evaluar el Force Concept Inventory. Debido a un proceso de mejoramiento basado en la retroalimentación de la comunidad, la versión más actual del FCI incluye cambios en el orden de aparición y la sustitución de algunos de los reactivos originales por lo que el presente trabajo propone, en la Tabla 1, una retabulación de los reactivos clasificados por tema, misma que sirvió como base para reportar los resultados de la Figura 2 .

Figura 2: Clasificación de preconceptos por área



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran un bajo desempeño en todas las áreas, variando entre un 12% y un 27% de respuestas correctas, siendo el tema de la cinemática traslacional el cual presenta la mayor incidencia de preconceptos erróneos. La diferencia entre las modalidades presencial y a distancia es de un 3% en promedio.

Tabla 1: Clasificación de reactivos del FCI por tema

Concepto de la dinámica traslacional	Reactivo del FCI
Cinemática	
1. Velocidad discriminada de la posición	19
2. Aceleración discriminada de la velocidad	20
3. Aceleración constante involucrando	
a. Órbita parabólica	14, 21
b. Rapidez cambiante	22
4. Adición vectorial de velocidades	9
Primera Ley	
5. Sin fuerza	6, 7, 8
a. Dirección de velocidad constante	23
b. Rapidez constante	10, 24
6. Con fuerzas que se cancelan	17, 25
Segunda Ley	
7. Fuerza impulsiva	8, 9
8. Fuerza constante implica aceleración constante	21, 22, 26
Tercera Ley	
9. Para fuerzas impulsivas	4, 28
10. Para fuerzas continuas	15, 16
Principio de superposición	
11. Fuerzas que se cancelan	11, 17, 25
Tipos de fuerza	
12. Contacto sólido	
a. Pasivo	11, 29
b. Movimiento circular	5, 18

c. Fricción en oposición al movimiento	27
13. Gravitación	13, 11, 29, 3, 17, 30
a. Aceleración independiente del peso	1, 2
b. Trayectoria parabólica	12, 14

Fuente: Elaboración propia basada en Hestenes (1992)

6. Conclusiones

Los resultados muestran una presencia importante de preconceptos erróneos de la dinámica traslacional entre los estudiantes de ingeniería del TecNM en el Estado de Querétaro, lo cual sugiere que este es uno de los factores más importantes para explicar el bajo rendimiento académico y el alto índice de reprobación de las asignaturas de Física.

De acuerdo con estadísticas publicados por el CENEVAL en referencia a los Resultados del Examen Nacional de Ingreso a la Educación Superior (EXANI-II®) de Diagnóstico del Módulo de Ingeniería y Tecnología (2012), se observa que existe una seria problemática en el área de las ciencias básicas, donde el 59.67% de la población que presentó en examen obtuvo un desempeño no satisfactorio en el área de Física. Los datos que arroja el FCI muestran que, a pesar de haber cursado asignaturas relacionadas con la Física, los estudiantes siguen sin haber logrado un aprendizaje significativo del tema.

De estos hechos se infiere que no hay una diferencia significativa en la presencia de preconceptos erróneos de la dinámica traslacional entre los estudiantes de la modalidad presencial y del sistema EPaD. En ambos casos los resultados de la prueba FCI son muy bajos, lo cual indica un grave problema, pues esto sugiere que la mayoría de los ingenieros egresados del TecNM no tienen conocimientos adecuados de Física, por lo cual resulta urgente cambiar las estrategias didácticas usadas en clase, independientemente de la modalidad bajo la cual se imparta el curso.

7. Referencias

- Amado, M. G., García, A., Sánchez, B. I., Brito, R. A. (2013). Causas de reprobación en ingeniería, visión del estudiante. V Congreso Internacional de Educación. Universidad Autónoma de Baja California, 13-16 nov., Mexicali, Baja California, México.
- Ausubel, D.P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Paidós Ibérica, S.A.
- Cubero, R. (1994). Concepciones alternativas, preconceptos, errores conceptuales. ¿Distinta terminología y un mismo significado?. *Investigación en la escuela*, 23, pp. 31 - 41.
- Díaz, S., & Zitzihua, A. (2018). La educación STEM/CTIM, te va a gustar. Recuperado de <https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?La-educacion-STEM-CTIM-te-va-a-gustar>
- Espinoza, C. (2005). Propuesta de sistema integral de tutorías académicas para el nivel medio superior universitario. Foro Reforma del Bachillerato Universitario. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 28 - 30 nov., Puebla, Puebla, México.

- George, D., y Mallery, P. (2003). SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 11.0 update (4ª ed.). Boston, MA: Allyn & Bacon
- Gómez, J. M. (2000). Factores que influyen en el alto índice de reprobación en las materias de ciencias básicas de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Guzmán, M. A. (2014). Estrategia de aprendizaje para un entorno virtual, inspirada en los diálogos galileanos para el diagnóstico de preconceptos aristotélicos de la cinemática lineal” (tesis de especialidad). Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica.
- Herrezuelo M.J., Montero M.A. (2006). *La ciencia de los estudiantes: su utilización en la didáctica de la Física y la química*. México: Editorial Laia, S.A.
- Hestenes, D., Wells, M., Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory, *The Physics Teacher*, 30, pp. 141 – 158
- Jiménez G. M. A. (2011). Análisis de índices de reprobación registrados en el Instituto Tecnológico de Querétaro en el período 2009-2010. *Crónica Naranja*, 6(25), pp. 41
- Lathrop, C., & Mackenzie, M. E. (2001). *The Commission on National Security / 21st Century: A Hart-Rudman Commission Primer*. Recuperado de <https://www.ansa.org/sites/default/files/NSW-01-2-The-Commission-on-National-Security-21st-Century-A-Hart-Rudman-Commission-Primer.pdf>
- Pere, M. (2013). Impacto de las TIC en la educación: Funciones y limitaciones. *3ciencias*, 2(1), 1–15. Recuperado de <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2013/01/impacto-de-las-tic.pdf>
- Resultados del Examen Nacional de Ingreso a la Educación Superior (EXANI-II) de Diagnóstico del Módulo de Ingeniería y Tecnología. (2012). En CENEVAL, recuperado de <http://www.ceneval.edu.mx/ceneval-web/content.do?page=7603> el 20 de agosto de 2013
- Smithsonian Science Education Center. (2019). The STEM Imperative. Recuperado el 16 de mayo de 2019 de <https://ssec.si.edu/stem-imperative>
- Tecnológico Nacional de México. (2019). Sistema Nacional de Educación Tecnológica. Recuperado el 4 de abril 2019 de <https://www.tecnm.mx/informacion/sistema-nacional-de-educacion-superior-tecnologica>

Sobre los autores

- **Miguel Ángel Guzmán Rivera:** Ingeniero en Sistemas Computacionales, Máster en Tecnología Educativa. Profesor titular. glaux@mail.itq.edu.mx
- **Luis Gustavo Cabral Rosetti:** Licenciado en Física, Máster en Ciencias, Doctor en Ciencias Físicas de Universidad de Valencia. Profesor investigador. cabralrosetti@gmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)