



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:
UN COMPROMISO PARA EL
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18
DE SEPTIEMBRE

20
20

www.acofi.edu.co/eiei2020

VALORACIÓN DE LA PRESENCIA DE PRECONCEPTOS ARISTOTÉLICOS DE LA CINEMÁTICA EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

Miguel Ángel Guzmán Rivera

**Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Querétaro
Querétaro, México**

Luis Gustavo Cabral Rosetti

**Tecnológico Nacional de México / CIIDET
Querétaro, México**

Resumen

El conocimiento de las leyes de la Física resulta indispensable para realizar tareas de modelado y diseño de nueva tecnología, por lo cual la didáctica de la Física es de gran importancia para la formación de ingenieros. Sin embargo, es común encontrar reportes de un bajo aprovechamiento académico en el estudio de esta área del conocimiento dentro de las instituciones de educación superior. 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 en el aprendizaje de la Física entre los estudiantes de ingeniería del Tecnológico Nacional de México, se diseñó un inventario conceptual que valora 5 preconceptos erróneos de la cinemática, comunes en la Física aristotélica, con una distribución uniforme de reactivos. Se eligió el tema de la cinemática por ser este un campo de estudio obligatorio en todos los cursos de Física en ingeniería, independientemente de la carrera. Dicho instrumento fue aplicado a 437 estudiantes de ingeniería en 5 diferentes campus dentro del Estado de Querétaro. Se realizó un análisis comparativo entre estudiantes de nuevo ingreso al sistema mientras tomaban cursos propedéuticos, y alumnos las carreras de ingeniería industrial y de ingeniería en sistemas computacionales que ya habían cursado la asignatura de Física, bajo las modalidades de educación tanto presencial como a distancia. Los datos obtenidos indican que no existe una disminución en la presencia de ideas previas de la cinemática entre los alumnos de ingeniería, aun después de haber cursado la asignatura de Física, en ninguna de las modalidades educativas.

Estos resultados sugieren que el problema de la comprensión inadecuada de los conceptos de la Física es independiente de la modalidad bajo la cual se imparte la asignatura, y resaltan la necesidad de cambiar las estrategias didácticas usadas por los docentes del área de ciencias básicas en el Tecnológico Nacional de México.

Palabras clave: ideas previas; cinemática; didáctica de la ingeniería

Abstract

Knowledge of the laws of Physics is essential to perform modeling and design tasks of new technology, so the didactics of Physics is of great importance for the training of engineers. However, it is common to find reports of low academic achievement by the students of this area of knowledge within higher education institutions. One of the main factors responsible for this problem is the existence of erroneous preconceptions in the students, a result of the persistence of unscientific ideas even after completing the educational process corresponding to the subject. To evaluate the impact of preconceptions on Physics learning among engineering students at the Tecnológico Nacional de México, a conceptual inventory was designed that evaluates 5 erroneous preconceptions of kinematics, common in Aristotelian Physics, with a uniform distribution of test items. The subject of kinematics was chosen because this is a compulsory field of study in all Physics courses in engineering, regardless of the career. This instrument was applied to 437 engineering students at 5 different campi within the State of Querétaro. A comparative analysis was carried out between new students entering the system while taking preparatory courses, and industrial engineering and computer systems engineering students who had already taken the Physics course, under both in-person and distance education modalities. The data obtained indicates that there is no decrease in the presence of misconceptions of kinematics among engineering students, even after completing the Physics course, in any of the educational modalities. These results suggest that the problem of inadequate understanding of the concepts of Physics is independent of the modality under which the subject is taught, and highlight the need to change the didactic strategies used by teachers of the area of basic sciences in the Tecnológico Nacional de México.

Keywords: misconceptions, kinematics, engineering didactics

1. Introducción

La Física es una parte esencial del sistema educativo en la ingeniería, ya que el conocimiento de sus leyes resulta indispensable para que los ingenieros puedan desarrollar nuevas tecnologías que permitan afrontar los retos planteados por un complejo y cambiante entorno económico global, haciendo impostergable la necesidad de mejorar la educación de la ciencia y la tecnología en las universidades.

La educación en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (CTIM), es una propuesta educativa que tiene como objetivos fomentar las habilidades de los estudiantes en estas disciplinas, de forma que se logre una integración del conocimiento 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).

Sin embargo, a pesar de la gran importancia que reviste la Física en la educación superior, particularmente en el área de la ingeniería, son de reconocimiento general las dificultades encontradas en la enseñanza de esta disciplina (Oñorbe & Sánchez, 1996) ya que muchos estudiantes encuentran su estudio como algo abstracto y difícil, lo que resulta en un pobre aprovechamiento académico.

2. Antecedentes

Actualmente el Tecnológico Nacional de México (TecNM) es la institución de Educación Superior más grande de Iberoamérica, atendiendo a más de 620,000 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 (24 horas: el diario sin límites, 2019).

El TecNM ofrece, en los diferentes campi localizados en el Estado de Querétaro, el sistema de Educación Presencial a Distancia (EPaD), que ofrece 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 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 ITQ en visitas programadas cuando esta actividad sea necesaria. Sin embargo, 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 los cursos de Física introductoria para las carreras de ingeniería, se detecta en la mayoría de los estudiantes la existencia de ideas previas que inhiben el aprendizaje adecuado de los conceptos fundamentales de la ciencia (Hierrezuelo & Montero, 2006).

Estas ideas previas, también conocidas como preconceptos erróneos, son construcciones que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales o conceptos científicos, y para brindar explicaciones, descripciones o predicciones. Son construcciones personales, pero a la vez son universales y muy resistentes al cambio.

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 frecuentemente son incompatibles con los modelos científicos aceptados.

La existencia fuertes concepciones alternativas a los conceptos científicos, que resultan muy difíciles de modificar y, en algunos casos, sobreviven a largos años de instrucción científica constituye uno de los más grandes problemas al que se enfrenta la enseñanza de la Física. Numerosos estudios han puesto de manifiesto la relevancia que tienen estos preconceptos erróneos en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia (Cordero & Dumrauf, 2017), lo que hace necesario transformar las ideas previas equívocas de los estudiantes hacia concepciones científicas o, al menos, hacia conceptos más cercanos a ellas mediante un cambio conceptual.

Entre los preconceptos erróneos más comunes entre los estudiantes de educación superior se encuentra la concepción del movimiento planteada por Aristóteles hace más de 2,300 años. A pesar de que la Física aristotélica ha sido superada desde hace siglos, este sistema de explicar el mundo sigue perdurando porque concuerda con el sentido común, da cuenta de la observación inmediata, y responde a la experiencia, aunque no a la experimentación.

La presente investigación valora la presencia de preconceptos erróneos aristotélicos relacionados con el movimiento terrestre entre los estudiantes de ingeniería; esta área del conocimiento es estudiada por la cinemática, la cual es la parte de la mecánica que estudia el movimiento de los cuerpos sin tener en cuenta las causas que producen dicho movimiento. Fenómenos físicos descritos por Aristóteles, tales como la caída libre de los cuerpos, caen entran en esta categoría.

3. Justificación

Sólo el 58% de los estudiantes que ingresan al Tecnológico Nacional de México concluyen estudios (Poy Solano, 2017). La reprobación es uno de los problemas más graves que afectan la eficiencia terminal, el rezago y la deserción en el TecNM. 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 Instituto Tecnológico de Querétaro, en donde el índice de reprobación general en ciencias básicas es de 30.8% (Jiménez, 2011).

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). 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.

La reprobación no es el único indicador de problemas en el aprendizaje de la Física en el TecNM, pues no existe necesariamente una correspondencia entre la calificación asignada a los estudiantes, y su comprensión real de los temas expuestos en clase. Durante 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 & 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%, mientras que una encuesta aplicada al mismo grupo de estudiantes mostró una auto percepción del conocimiento adquirido cercana al 70%, con una calificación promedio superior al 80% para el tema evaluado (Guzmán, 2014). Esto sugiere no solo un bajo aprendizaje de la mecánica del movimiento, sino que los alumnos pueden llegar a aprobar la asignatura de Física sin ser conscientes de su propia ignorancia sobre el tema.

4. Metodología

La Física aristotélica sigue teniendo vigencia entre una parte considerable de la población, pues sus observaciones se ajustan en la mayoría de los casos a las vivencias cotidianas, lo cual hace una tarea difícil lograr un cambio conceptual entre los estudiantes. Existen estudios que indican que los estudiantes egresan de los cursos de Física en aproximadamente el mismo estatus con el que entran a los mismos, ya que suelen mantener los mismos preconceptos erróneos con los que inician (Clement, 1982; Guzmán-Rivera & Cabral-Rosetti, 2019).

Con el propósito de valorar el impacto de la modalidad de estudio en el cambio conceptual de los estudiantes respecto a las ideas previas equívocas de la cinemática entre los estudiantes de ingeniería del TecNM, se diseñó un inventario conceptual consistente en diez reactivos, los cuales evalúan la presencia de algunos de las ideas previas del movimiento traslacional más comunes. Esta prueba asigna dos reactivos para cada uno de los siguientes cinco preconceptos erróneos, seleccionados en base a la clasificación de ideas previas de la Física propuesta por Hestenes, Wells & Swackhamer (1992):

- PCE1: Los objetos más pesados caen más rápido
- PCE2: La gravedad se incrementa conforme caen los objetos
- PCE3: El compromiso de dos fuerzas determina el movimiento
- PCE4: El ímpetu se disipa
- PCE5: No se discrimina entre velocidad y aceleración

Estos preconceptos erróneos se deben en buena parte a una dificultad para diferenciar los conceptos de posición, rapidez y celeridad; los estudiantes tienden a tratar la posición de una partícula como un indicador directo de su rapidez. Las ideas previas equívocas detectadas con la prueba descrita corresponden con el modelo aristotélico de la Física del sentido común, y apoya la idea de que los jóvenes construyen su propio entendimiento independientemente de la educación formal que reciben en el aula (Boeha, 1990).

Esta prueba fue aplicada a 26 grupos de estudiantes de ingeniería de las diferentes escuelas del TecNM en el Estado de Querétaro, seleccionados en forma aleatoria. Participaron un total de 437

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).

Los grupos involucrados fueron clasificados en tres categorías generales:

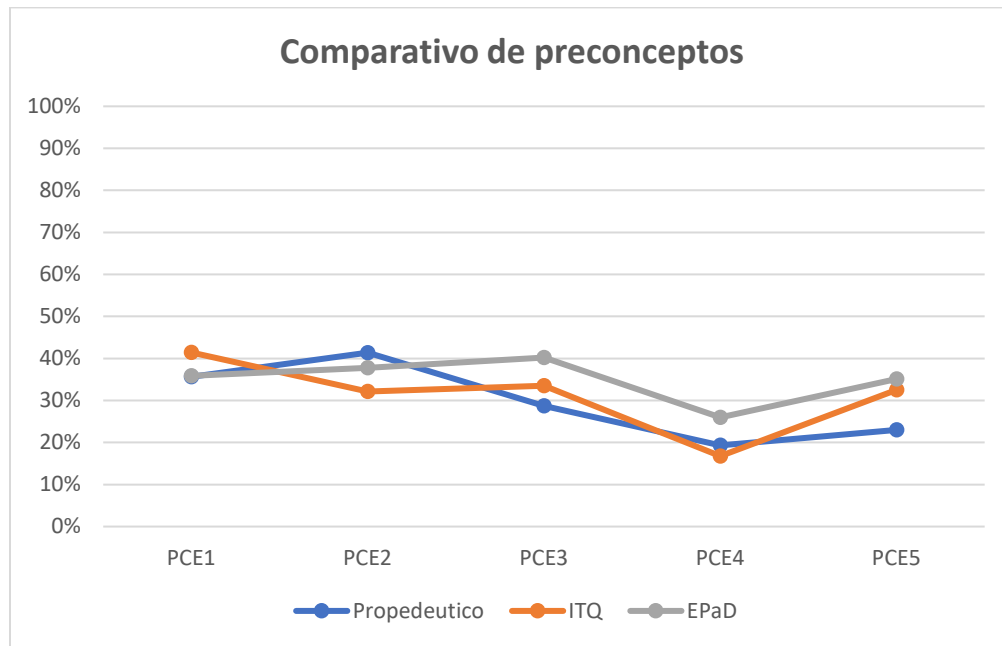
- Estudiantes de nuevo ingreso aceptados en los programas de ingeniería, inscritos en cursos propedéuticos introductorios. Dichos estudiantes aún no habían cursado ninguna asignatura dentro del TecNM
- Alumnos de ingeniería que habían cursado previamente la asignatura de Física bajo la modalidad presencial.
- Alumnos de ingeniería que habían cursado previamente la asignatura de Física bajo la modalidad de educación virtual síncrona en el sistema EPaD.

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 inventario conceptual en un tiempo de 15 minutos. Al término del experimento, se realizó un análisis comparativo de los datos obtenidos, valorando las diferencias entre los resultados de los alumnos de nuevo ingreso previo a cursar materias de la carrera, y aquellos estudiantes de ingeniería tanto en la modalidad presencial como en la modalidad a distancia, después de haber cursado la asignatura de Física.

5. Resultados

Los resultados de aplicar el inventario conceptual de preconceptos aristotélicos son representados de forma gráfica en la Figura 1, en donde el eje de las abscisas representa cada uno de los cinco preconceptos erróneos analizados, mientras que el eje de las ordenadas muestra el porcentaje de estudiantes cuyas respuestas indican la presencia de dichas ideas previas. Los resultados globales mostraron una existencia promedio del 32% de los preconceptos mencionados entre los estudiantes.

Figura 1. Presencia de preconceptos erróneos por modalidad educativa.



Puede observarse que no se presenta una disminución apreciable en la existencia de preconceptos erróneos entre los estudiantes de nuevo ingreso al sistema y aquellos que ya cursaron la asignatura de Física, independientemente del modelo educativo. Los alumnos bajo el sistema presencial en el ITQ reportaron una mayor presencia del preconcepto erróneo PCE1, mientras que los estudiantes del sistema EPaD, en su modalidad a distancia, reportaron una mayor presencia de los preconceptos PCE3 y PCE5. Sin embargo, lo más destacable es que, a pesar de no haber cursado aún la asignatura de Física, los alumnos de nuevo ingreso registraron una menor o igual presencia de los preconceptos PCE1, PCE3 y PCE5 que sus contrapartes de semestres más avanzados, lo que sugiere que su comprensión del tema de la cinemática puede incluso empeorar después de tomar la materia correspondiente.

Es destacable que, en promedio, los estudiantes del propedéutico, recién egresados del bachillerato, muestran un desempeño ligeramente superior, entre un 2% y un 5%, respecto a aquellos alumnos que ya cursaron la materia de Física, tanto en la modalidad presencial como la modalidad a distancia. En el caso del preconcepto PCE2 se reporta una ligera disminución en ambas modalidades, lo cual es una mejoría en la enseñanza de ese concepto, pero el número de estudiantes que presentan los preconceptos PCE3 y PCE5 aumenta respecto a los estudiantes de nuevo ingreso, lo que señala una necesidad de revisar la instrumentación didáctica para esos temas en particular. El desempeño general de los estudiantes de la modalidad presencial respecto a la modalidad a distancia es ligeramente mejor con una diferencia del 4% en la presencia de preconceptos.

6. Conclusiones

Los resultados muestran una presencia importante de preconceptos aristotélicos de la cinemática entre los estudiantes de ingeniería del TecNM en el Estado de Querétaro, desde que su ingreso hasta que terminan su carrera, lo que indica que este es uno de los factores más importantes para explicar el bajo rendimiento académico 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 (2019), se observa que existe una seria problemática en el área de la Física, donde el 59.72% de la población que presentó el examen obtuvo un desempeño no satisfactorio. Los datos que arroja el inventario conceptual aplicado ratifican que los egresados del bachillerato tienen dificultades en la comprensión de los conceptos básicos de la cinemática, y esta no disminuye mientras cursan carreras de ingeniería, pese a los cursos de Física.

La conclusión más preocupante es que los estudiantes del TecNM egresan con los mismos preconceptos erróneos con los que ingresan al primer semestre, y que no existe un aprendizaje significativo del tema, independientemente de la calificación, la carrera o la modalidad educativa. Esto es indicio de un grave problema, pues 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, sin importar que el estudiante reciba instrucción en el aula, o por medios digitales.

Los alumnos no son los únicos actores en el proceso de la conservación y propagación de los preconceptos erróneos de la Física, por lo que la siguiente etapa de esta investigación consistirá en determinar el papel que juegan los docentes del área en el TecNM en este grave impedimento educativo, pues ya sea por negligencia o falta de conocimientos en su área de práctica docente, han contribuido a deformar la preparación profesional de los egresados de la escuela de ingeniería más grande de Iberoamérica, y es imperativo tomar acciones que permitan atenuar esta problemática que sigue dando vida a concepciones superadas por el saber científico desde hace siglos.

7. Referencias

- 24 horas: El diario sin límites (23 de noviembre de 2019). Recuperado de <https://www.24-horas.mx/2019/11/23/anfei-reconoce-al-tecnm-morelia-como-la-mejor-escuela-de-ingenieria-del-pais/> el 14 de marzo de 2020
- Clement, J. (1982). Students' preceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, (50), 66–71. <https://doi.org/10.1119/1.12989>
- Cordero, S., & Dumrauf, A. (2017). Enseñanza de las Ciencias Naturales, ideas previas y saberes de estudiantes: su consideración y abordaje en las situaciones didácticas.
- 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> el 16 de agosto de 2019.
- 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.
- Guzmán-Rivera, M. A., & Cabral-Rosetti, L. G. (2019). Valoración de preconceptos erróneos de la dinámica presentes en estudiantes de ingeniería. En Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI (p. 66). Cartagena, Colombia: Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. Recuperado de <https://acofipapers.org/index.php/eiei2019/2019/paper/viewFile/2964/1249> el 14 de marzo de 2020
- Hierrezuelo 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
- Oñorbe, A. y Sánchez, J. (1996). Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los problemas de física y química. II. Opiniones del profesor. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), pp. 251-260.
- Poy Solano, L. (2017, junio 3). Sólo 58% concluyen estudios en Tecnológico Nacional de México. *La Jornada*. Recuperado de <https://www.jornada.com.mx/2017/06/03/sociedad/030n1soc> el 16 de agosto de 2019
- Resultados del Examen Nacional de Ingreso a la Educación Superior (EXANI-II) de Diagnóstico del Módulo de Ingeniería y Tecnología. (2019). En CENEVAL, recuperado de <https://www.ceneval.edu.mx/documents/20182/196472/Estadisticas+EXANI+II-2019/05b5c1a0-bff1-4386-8cdb-b2b26a9e2168> el 14 de marzo de 2020. pp 376
- Smithsonian Science Education Center. (2019). The STEM Imperative. Recuperado de <https://ssec.si.edu/stem-imperative> el 14 de marzo de 2020

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 © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)