

DESAFÍOS EN LA ENSEÑANZA DE INGENIERÍA EN EL SIGLO XXI

21st CENTURY ENGINEERING EDUCATION CHALLENGES

 **PhD. Hugo R. Zea***

* **Universidad Nacional de Colombia**, Facultad de Ingeniería, Sede Bogotá.
Carrera 30 no 45 – 03, Bogotá Colombia.
Tel.: 57+1+3165000 ext. 14303
E-mail: hrzear@unal.edu.co

Cómo citar: R. Zea, H. (2023). DESAFÍOS EN LA ENSEÑANZA DE INGENIERÍA EN EL SIGLO XXI. REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGÍAS DE AVANZADA (RCTA), 1(41), 42–49. Recuperado a partir de <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcta/article/view/2416>

Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.



Resumen: Los programas de ingeniería tienen un papel crucial que desempeñar para que la formación de los futuros ingenieros sea exitosa y se adapten a las necesidades de la sociedad del siglo XXI. A través de la revisión bibliográfica, el diálogo con actores de la academia, la industria y entes gubernamentales se identificaron unos tópicos fundamentales que los programas de ingeniería deben constantemente monitorear para adaptar sus currículos, métodos de enseñanza, procesos de admisión y retención de estudiantes. Dentro estos tópicos se destacan: los rápidos cambios en el mercado laboral, avances tecnológicos en educación y la creciente necesidad de diversidad e inclusión. Para hacer frente a estos retos, la enseñanza de la ingeniería debe ser más adaptable, receptiva e integradora, y centrarse en el desarrollo de las competencias más demandadas en el mercado laboral, un aprendizaje más práctico y basado en proyectos, enfoques interdisciplinarios, competencias interpersonales y elementos éticos y sociales.

Palabras clave: Educación, ingeniería, siglo XXI

Abstract: Engineering programs have a crucial role to play in the successful formation of future engineers, according to the 21st century society needs. Through a systematic literature review, dialogue with academia, industry and governmental stakeholders fundamental topics that engineering programs must constantly monitor to adapt their curricula, teaching methods, student admission and retention processes, were identified. Within these topics are: the rapid changes in the labor market, technological advances and the growing need for diversity and inclusion. To deal with these challenges, engineering teaching must be more adaptable, receptive and integrative, and focus on the development of the most demanded competences in the labor market, a more practical learning and based on projects, interdisciplinary approaches, interpersonal competencies and ethical and social elements.

Keywords: Education, engineering, 21st century.

1. INTRODUCCIÓN

La ingeniería ha tenido un enorme impacto en la historia de la sociedad, desde el desarrollo del transporte, las comunicaciones y las fuentes de energía hasta el uso de la tecnología para mejorar la experiencia humana, la ingeniería ha sido fundamental para dar forma al mundo actual (Lucena, 2003; Picon, 2004; Steffen et al., 2011; Stephanopoulos & Reklaitis, 2011). En los albores de la civilización, los ingenieros desarrollaron sistemas para facilitar el transporte, como la construcción de carreteras y la invención de la rueda, lo que le permitió el desplazamiento más eficiente de bienes. Los ingenieros desarrollaron procesos fisicoquímicos y materiales que han contribuido a numerosos avances tecnológicos en campos tan diversos como la medicina, la informática, la industria aeroespacial, las telecomunicaciones, el transporte, la agricultura, los textiles y los plásticos, entre otros.

Las primeras herramientas construidas por el ser humano eran de piedra, pero los antiguos ingenieros aprendieron los fundamentos del trabajo con metales y dieron origen a las edades del bronce y del hierro, que alteraron de forma radical las herramientas y equipos utilizados en la agricultura, la construcción, y lamentablemente, inclusive la guerra. Las herramientas fabricadas con bronce y hierro, además de ser mucho más fuertes y resistentes que las fabricadas en piedra, también eran más fáciles de moldear lo que dio lugar a herramientas más avanzadas y especializadas.

La mayor abundancia mundial de mineral de hierro que de cobre y estaño, combinado al descubrimiento de los efectos en la resistencia del material que tiene el agregar una pequeña cantidad de carbono en los procesos metalúrgicos del hierro, dando inicio al uso del acero. La industria del hierro también experimentó muchos cambios con la fundición del mineral de hierro con coque en lugar de carbón vegetal; el coque era más barato que el carbón vegetal y también producía acero de mayor calidad. Más tarde, los avances de la ingeniería, como la máquina de vapor y el ferrocarril, revolucionaron la forma en que las mercancías y las personas se desplazaban por el mundo (BISSELL & BENNETT, 1997; Cardoso & Chanin, 2022; Friedel, 1986; Picon, 2004).

La tecnología también facilitó la comunicación, desde la invención del telégrafo en el siglo XIX hasta el desarrollo de Internet en el siglo XX, los ingenieros han utilizado sus conocimientos y experiencia para crear nuevas formas de enviar y

recibir información. Esto ha permitido a las personas permanecer conectadas sin importar la distancia geográfica.

El desarrollo de las fuentes de energía también se ha visto influido por la ingeniería. Desde el uso del carbón para alimentar las máquinas de vapor, pasando por la invención de la bombilla, hasta el uso de fuentes de energía renovables como la eólica y la solar, los ingenieros han trabajado continuamente para crear formas nuevas y mejoradas de generar energía (Hammond, 2004; Kaminski et al., 2008; Owusu & Asumadu-Sarkodie, 2016).

Para continuar con esta gran contribución de la ingeniería a la sociedad, los programas de ingeniería deben capacitar a los estudiantes para que sean competentes con los desafíos que la sociedad actual requiere solucionar. Las futuras generaciones de ingenieros se enfrentarán a retos a los que no se enfrentaron las generaciones anteriores y los programas de formación en ingeniería deben reconocer y adaptarse a estos cambios.

2. IDENTIFICACIÓN DE DESAFÍOS

La enseñanza de la ingeniería tiene un importante papel que desempeñar en el siglo XXI, más allá del enfoque clásico de la enseñanza de la ingeniería, que se centra en la aplicación de las matemáticas, la ciencia, la tecnología, el análisis y diseño de sistemas complejos, los ingenieros deben ser capaces de pensar de forma innovadora y aportar soluciones eficaces. A través de instrumentos como la auditoría y la evaluación internas, los procesos de acreditación y la comunicación constante con instituciones industriales, de investigación y gubernamentales, los programas de ingeniería deben ser capaces de identificar los principales elementos necesarios para formar los profesionales que la sociedad requiere en el siglo XXI.

A través de la revisión bibliográfica, el diálogo con actores de la academia, la industria y entes gubernamentales se identificaron unos tópicos fundamentales y convenientes para que los programas de ingeniería incluyan dentro de sus procesos y programas de formación, como son: son la evolución del plan de estudios para satisfacer las necesidades del mercado laboral, el uso de la tecnología en la formación de ingenieros, el desarrollo de competencias interpersonales, la inclusión de poblaciones subrepresentadas,

acompañadas de la implementación de procesos de admisión y retención de estudiantes eficientes.

2.1. Necesidades del mercado laboral y la adaptación de los planes de estudios

Los programas de ingeniería desempeñan un papel fundamental en la preparación de los graduados para los puestos de trabajo del futuro. A medida que la tecnología y las industrias evolucionan, las habilidades y los conocimientos necesarios para tener éxito en la ingeniería cambian constantemente, por lo tanto, es importante que los programas de ingeniería revisen y actualicen periódicamente sus planes de estudio para garantizar que los graduados estén equipados con las habilidades y conocimientos necesarios para sobresalir en la fuerza laboral (Edström & Kolmos, 2014; Grimson, 2002).

El aumento de las posibilidades de aprendizaje práctico basado en proyectos es una de las formas en que los programas de ingeniería podrían preparar mejor a los graduados para el mercado laboral. Los estudiantes pueden utilizar los principios que aprenden en clase para resolver problemas del mundo real mediante este tipo de actividades, que también pueden ayudarles a desarrollar habilidades importantes como el trabajo en equipo, la resolución de inconvenientes y la comunicación efectiva. Además, el aprendizaje basado en proyectos puede ser más interesante y estimulante que la formación convencional basada en clases magistrales, y que pueden contribuir a que los estudiantes comprendan mejor las temáticas de estudio (Abd-Elwahed & Al-Bahi, 2021; Grimson, 2002; Karim, 2016; Li et al., 2012). Otro aspecto importante del plan de estudios en los programas de ingeniería es la incorporación de enfoques interdisciplinarios en las capacidades de trabajo de los estudiantes de ingeniería. Los graduados deben ser capaces de colaborar productivamente con expertos de otras áreas a medida que el campo de la ingeniería se vuelve más interdisciplinario. Por lo tanto, en los programas de ingeniería deben incluirse cursos y proyectos que impliquen el trabajo en equipo con estudiantes y tutores de otras disciplinas.

Para que los estudiantes de ingeniería tengan éxito en el futuro, el plan de estudios de ingeniería debe incluir también habilidades interpersonales como el trabajo en equipo, el liderazgo y la comunicación. Los empleadores actuales valoran mucho estas habilidades, pero no todos los programas

convencionales de ingeniería suelen incluirlas en sus programas de formación.

Adicionalmente, los programas de ingeniería deben preparar a los graduados para los retos éticos y sociales que encontrarán en su futuro empleo, además de enseñarles competencias técnicas. La enseñanza de la responsabilidad social, la sostenibilidad y las consecuencias morales de las decisiones tecnológicas y de ingeniería forman parte de este proceso y por lo tanto deben incluirse en el plan de estudios cursos o módulos que aborden temáticas éticas.

Por último, es fundamental que los programas de ingeniería se adapten a los cambios de la economía y del mercado laboral. Para ello, los programas deben examinar periódicamente los conocimientos y competencias más demandados en el mercado laboral y utilizar esta información para tomar decisiones fundamentadas sobre el plan de estudios. Además, los programas deben fomentar las relaciones con la industria para garantizar que los graduados estén bien preparados para los retos y oportunidades específicos de sus futuros puestos de trabajo.

2.2. Uso de la tecnología en la enseñanza de la ingeniería.

La tecnología se utiliza cada vez más en la enseñanza de la ingeniería y como cualquier herramienta de enseñanza, su uso presenta ciertas ventajas e inconvenientes. La tecnología en la enseñanza de la ingeniería puede dar a los estudiantes acceso a nuevas herramientas y recursos que antes no estaban disponibles. Por ejemplo, con herramientas de simulación y programas de diseño asistido por computador (CAD), los estudiantes pueden crear y probar prototipos virtuales de sus proyectos que, en algunos casos, puede ser un método de aprendizaje más eficaz y económico que la creación de modelos reales. También herramientas de Internet como tutoriales, simulaciones y vídeos no sólo dan a los alumnos más posibilidades de estudiar fuera del aula, sino que también potencian el uso asíncrono del tiempo (Abd-Elwahed & Al-Bahi, 2021; Karim, 2016; Potkonjak et al., 2016).

La tecnología en la enseñanza de la ingeniería también puede hacer que el aprendizaje sea más dinámico e interesante. Las clases y los vídeos en línea, por ejemplo, pueden utilizarse como complemento o en lugar de las clases convencionales, lo que permite a los estudiantes

pausar, repasar el material y estudiar la información con mayor facilidad. Además, la tecnología puede utilizarse para desarrollar ejercicios interactivos y simulaciones que permitan a los estudiantes explorar ideas difíciles de una manera más atractiva y práctica (Abd-Elwahed & Al-Bahi, 2021; Froyd et al., 2012; Ożadowicz, 2020).

Pero, así como el uso de la tecnología en la enseñanza de la ingeniería genera importantes beneficios, también podría crear algunos desafíos, por ejemplo, los estudiantes que no tienen acceso a la última tecnología, o que carecen de las habilidades para utilizarla eficazmente, pueden estar en desventaja en el aula; este tipo de situación crea barreras en el proceso de aprendizaje de los estudiantes en tal condición.

Esto es especialmente cierto en el caso de los estudiantes con bajos ingresos, que pueden no tener acceso a los mismos recursos tecnológicos que sus compañeros sin limitaciones de ingresos. Para hacer frente a estas dificultades, los programas de ingeniería deben ser proactivos a la hora de dotar a los estudiantes de los equipos y conocimientos tecnológicos necesarios para sobresalir en el aula. Esto puede implicar dar a los estudiantes acceso a la tecnología más reciente y enseñarles a utilizarla de forma competente.

La incorporación de la tecnología a la enseñanza de la ingeniería puede plantear nuevos dilemas morales y sociales, por ejemplo, el uso de la realidad aumentada y la realidad virtual en la enseñanza de la ingeniería puede suscitar inquietudes sobre el modo en que la tecnología influye en la comunicación interpersonal y el comportamiento humano. El uso de la tecnología en la enseñanza de la ingeniería puede suscitar inquietudes en torno a la seguridad y la privacidad, así como al uso de los datos de los estudiantes para la investigación y otros fines (Guntzburger et al., 2017; McGowan, 2013; Sari et al., 2021). Los programas de ingeniería deben informar a los estudiantes de sus derechos y de las opciones de protección de datos disponibles, así como ser abiertos y honestos sobre cómo adquieren y manejan los datos de los estudiantes.

2.3. Competencias sociales

En los últimos tiempos, las actividades productivas han sufrido una profunda alteración como resultado de la introducción de las tecnologías de la información, así como de nuevos métodos de

trabajo, entornos y hábitats. Para satisfacer estas necesidades, las nuevas generaciones de ingenieros deben comenzar a adquirir habilidades interpersonales que se enfocan en fomentar un conjunto de actitudes y comportamientos que apoyan la interacción y la capacidad de una persona para formar vínculos con las personas con que interactúa, estos talentos se conocen como "habilidades blandas", entre las cuales se destacan: trabajo en equipo, empatía, adaptación, resolución de conflictos, comunicación efectiva, entre otras.

La formación en ingeniería también debe hacer hincapié en la adquisición de estas "habilidades blandas", tan cruciales en el mercado laboral de hoy en día. Se trata de habilidades muy buscadas por los empleadores, pero a veces descuidadas en los programas convencionales de ingeniería.

La enseñanza de la ingeniería incluye el estudio de la ética de la ingeniería y la responsabilidad profesional. Este tipo de educación es esencial para la práctica responsable de la ingeniería (Schipper & Stappen, 2018; Shahabadkar et al., 2015). Las habilidades técnicas como la aritmética, la ciencia y los conceptos de ingeniería han sido tradicionalmente el núcleo de la educación en ingeniería, pero en el mercado laboral actual, los empleadores buscan cada vez más ingenieros con "habilidades blandas" como el trabajo en equipo, el liderazgo y la comunicación. Con el fin de preparar a los estudiantes para los problemas del futuro, la enseñanza de la ingeniería debe dar un lugar importante en sus currículos al desarrollo de estas competencias (Direito et al., 2012; Rao, 2014; Schipper & Stappen, 2018). Una habilidad blanda crucial para los ingenieros es el liderazgo. El liderazgo de proyectos y equipos es una característica que se solicita con frecuencia a los ingenieros y por lo tanto se debe dar a los estudiantes la oportunidad de desarrollar sus habilidades de liderazgo a través de proyectos de clase y prácticas que incluyan la oportunidad para dirigir equipos, gestionar presupuestos y tomar decisiones.

La comunicación es una competencia interpersonal clave para los ingenieros, quienes en su trabajo del día a día muy probablemente deberán interactuar con comunidades, clientes, compañeros de trabajo, comunidades, etc. Esto implica incluir en los procesos de formación actividades que requieran que los estudiantes escriban, presenten y elaboren material técnico y no técnico de forma clara y concisa, que permita una comunicación efectiva con personal capacitado y público en general (Coşkun et al., 2019; Shahabadkar et al., 2015;

Sydorenko, 2020; Vo et al., 2017). , por cual, la enseñanza de la ingeniería debe incluir cursos y ejercicios.

El trabajo en equipo es otra competencia interpersonal esencial para los ingenieros. En el campo de la ingeniería, el trabajo en equipo es una práctica común, por lo que ser capaz de trabajar eficazmente con otros es esencial para el éxito. Esto se puede lograr a través de trabajar en proyectos de grupo, participar en actividades de creación de equipos y aprender sobre estrategias eficaces de trabajo en equipo (Direito et al., 2012; Shahabadkar et al., 2015; Vo et al., 2017).

Además, en la enseñanza de la ingeniería deben incluirse oportunidades para que los estudiantes adquieran las capacidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y creatividad. Las oportunidades de trabajar en proyectos innovadores donde puedan reconocer y abordar problemas del mundo real y plantear soluciones originales son algunos ejemplos de ello. Los programas de enseñanza de la ingeniería deben hacer un esfuerzo decidido para dar a los estudiantes la oportunidad de adquirir estas habilidades blandas (Ahmed et al., 2012; Shahabadkar et al., 2015; Sydorenko, 2020; Vo et al., 2017).

2.4. Diversidad de la población estudiantil.

La conformación de una población diversa en la enseñanza de la ingeniería ha mostrado no ser una tarea sencilla. La ingeniería sigue siendo un campo dominado por los hombres y que, a pesar de los intentos de captar y mantener un alumnado diverso, se encuentran poblaciones subrepresentadas como las mujeres, las minorías, las personas con discapacidad y las personas que por sus condiciones socioeconómicas experimentaron escenarios de baja calidad en la educación primaria y secundaria. Esta falta de diversidad no sólo afecta a las poblaciones subrepresentadas, sino que además tiene ramificaciones más amplias para la sociedad (Salazar-Fernandez et al., 2019; Waizmann et al., 2020; Williams et al., 2016).

Como las poblaciones subrepresentadas tienen menos probabilidades de verse reflejados en el ejercicio de la profesión, pueden estar menos motivados para buscar una carrera en ingeniería. Esta falta de representación también genera un círculo vicioso, que puede ser difícil de romper.

La ausencia de asistencia y orientación para las poblaciones es otro factor que contribuye a la falta

de diversidad en la enseñanza de la ingeniería y por lo cual la interacción constante de los programas de ingeniería con los colegios de formación primaria y secundaria es fundamental. La participación de los programas de ingeniería en cursos de introducción a la ciencia y la tecnología, ferias de la ciencia, visitas a laboratorios y otras actividades en coordinación de los colegios, pueden acercar e interesar a más estudiantes a estudiar ingeniería. Este tipo de iniciativas pueden contribuir a que poblaciones subrepresentadas, que no tienen acceso al mismo tipo de redes de apoyo, conexiones y recursos que otras poblaciones, reduzcan los obstáculos para ingresar y tener éxito en el campo de la ingeniería. (Salazar-Fernandez et al., 2019; Secundo et al., 2012; Williams et al., 2016).

Además, la falta de diversidad en la enseñanza de la ingeniería puede tener repercusiones muy significativas para la disciplina y la sociedad en general. A través de esta falta de diversidad se pueden propiciar condiciones sesgadas en el ejercicio de la profesión y no compatible con la comunidad diversa a la que sirve. Esto puede dar lugar a soluciones que no sean inclusivas y no tengan en cuenta las necesidades y puntos de vista de otros grupos. Además, es menos probable que la población a la que benefician las soluciones de ingeniería las adopte y emplee cuando no son inclusivas.

Para superar estos obstáculos, la enseñanza de la ingeniería debe ser más proactiva a la hora de atraer y mantener un alumnado diverso. Esto implica la creación de alianzas con organizaciones que apoyan a las comunidades minoritarias, la oferta de becas y otras formas de ayuda financiera, y la creación de programas de tutoría y apoyo para los estudiantes subrepresentados (Martin et al., 2013; Maton et al., 2012; Secundo et al., 2012). Además de aumentar la representación en la profesión, la captación de un alumnado diverso es crucial porque fomenta un entorno de aprendizaje más dinámico y creativo al aportar nuevos puntos de vista e ideas al aula.

2.5. Estrategias para incrementar la retención de los estudiantes.

La implementación de una metodología eficaz para determinar la retención de estudiantes es una herramienta muy importante porque brinda a las universidades una métrica medible para cuantificar y comprender por qué los estudiantes no culminan sus estudios; además que al conocer las causas de una baja retención se pueden diseñar e implementar

soluciones apropiadas. Bajas tasas de retención indican que los estudiantes tienen dificultades en su proceso de formación (Hall et al., 2015; Judson et al., 2015).

Los índices de retención pueden mejorarse por medio de la creación de una cultura inclusiva, que reconozca y de soluciones a los estudiantes que estén presentado dificultades en su formación y también a los grupos de estudiantes subrepresentados, minorías y discapacitados.

Desarrollar una cultura inclusiva dentro del programa es crucial para atraer a nuevos estudiantes y mantenerlos dentro de lo programas. Los programas de formación en ingeniería deben ser activos en la socialización de sus procedimientos y esfuerzos para conformar una comunidad diversa e inclusiva. (Constantinides & Zinck Stagno, 2011; Diekman et al., 2015; Moakler Jr. & Kim, 2014).

3. CONCLUSIONES

Los programas de ingeniería tienen un papel crucial que desempeñar para que la formación de los futuros ingenieros sea exitosa y se adapte a las necesidades de la sociedad. La enseñanza de la ingeniería en el siglo XXI se enfrenta a una serie de retos, como los rápidos cambios en el mercado laboral, los avances tecnológicos y la creciente necesidad de diversidad e inclusión. Para hacer frente a estos retos, la enseñanza de la ingeniería debe ser más adaptable, receptiva e integradora, y centrarse en el desarrollo de las competencias más demandadas en el mercado laboral.

De este modo, los programas de ingeniería deberían incorporar en el plan de estudios un aprendizaje más práctico y basado en proyectos, enfoques interdisciplinarios, competencias interpersonales y elementos éticos y sociales. El uso de la tecnología en la enseñanza de la ingeniería da los estudiantes acceso a nuevas herramientas y recursos, permitiendo formas más dinámicas e interesantes para realizar el proceso de aprendizaje. En este proceso de formación también se debe incorporar de manera efectiva el desarrollo de las "habilidades blandas" como la creatividad, el trabajo en equipo, el pensamiento crítico y el liderazgo, cruciales para el éxito en el ejercicio ingeniería.

Además, la enseñanza de la ingeniería debe propender por ser más integradora y proactiva a la hora de atraer y mantener un alumnado diverso.

Para que los programas de ingeniería cuenten con un alumnado diverso e integrador, son esenciales las iniciativas proactivas de admisión y retención. Esto puede lograrse formando alianzas con organizaciones que apoyen a los grupos subrepresentados, ofreciendo ayuda financiera en forma de becas y otros tipos de ayuda y fomentando una cultura inclusiva dentro del programa.

REFERENCIAS

- Abd-Elwahed, M. S., & Al-Bahi, A. M. (2021). Sustainability awareness in engineering curriculum through a proposed teaching and assessment framework. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(3), 633–651. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09567-0>
- Ahmed, F., Capretz, L. F., & Campbell, P. (2012). Evaluating the Demand for Soft Skills in Software Development. *IT Professional*, 14(1), 44–49. <https://doi.org/10.1109/MITP.2012.7>
- BISSELL, C., & BENNETT, S. (1997). The Role of the History of Technology in the Engineering Curriculum. *European Journal of Engineering Education*, 22(3), 267–275. <https://doi.org/10.1080/03043799708923459>
- Cardoso, M., & Chanin, R. M. (2022). The history of Engineering Education: learning from the past to design the future. *Research, Society and Development*, 11(11 SE-), e364111133606. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33606>
- Constantinides, E., & Zinck Stagno, M. C. (2011). Potential of the social media as instruments of higher education marketing: a segmentation study. *Journal of Marketing for Higher Education*, 21(1), 7–24. <https://doi.org/10.1080/08841241.2011.573593>
- Coşkun, S., Kayıkcı, Y., & Gençay, E. (2019). Adapting Engineering Education to Industry 4.0 Vision. In *Technologies* (Vol. 7, Issue 1). <https://doi.org/10.3390/technologies7010010>
- Diekman, A. B., Weisgram, E. S., & Belanger, A. L. (2015). New Routes to Recruiting and Retaining Women in STEM: Policy Implications of a Communal Goal Congruity Perspective. *Social Issues and Policy Review*, 9(1), 52–88. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/sipr.12010>
- Direito, I., Pereira, A., & Duarte, A. M. de O.

- (2012). Engineering Undergraduates' Perceptions of Soft Skills: Relations with Self-Efficacy and Learning Styles. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 55, 843–851.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.571>
- Edström, K., & Kolmos, A. (2014). PBL and CDIO: complementary models for engineering education development. *European Journal of Engineering Education*, 39(5), 539–555.
<https://doi.org/10.1080/03043797.2014.895703>
- Friedel, R. (1986). Engineering in the 20th Century. *Technology and Culture*, 27(4), 669–673. <https://doi.org/10.2307/3105321>
- Froyd, J. E., Wankat, P. C., & Smith, K. A. (2012). Five Major Shifts in 100 Years of Engineering Education. *Proceedings of the IEEE*, 100(Special Centennial Issue), 1344–1360.
<https://doi.org/10.1109/JPROC.2012.2190167>
- Grimson, J. (2002). Re-engineering the curriculum for the 21st century. *European Journal of Engineering Education*, 27(1), 31–37.
<https://doi.org/10.1080/03043790110100803>
- Guntzburger, Y., Pauchant, T. C., & Tanguy, P. A. (2017). Ethical Risk Management Education in Engineering: A Systematic Review. *Science and Engineering Ethics*, 23(2), 323–350. <https://doi.org/10.1007/s11948-016-9777-y>
- Hall, C. W., Kauffmann, P. J., Wuensch, K. L., Swart, W. E., DeUrquidí, K. A., Griffin, O. H., & Duncan, C. S. (2015). Aptitude and Personality Traits in Retention of Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, 104(2), 167–188.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jee.20072>
- Hammond, G. P. (2004). Engineering sustainability: thermodynamics, energy systems, and the environment. *International Journal of Energy Research*, 28(7), 613–639.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/er.988>
- Judson, E., Ernzen, J., Chen, Y.-C., Krause, S., Middleton, J., & Culbertson, R. (2015). What is the effect of establishing programs that address sense of belonging on undergraduate engineering retention? *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–8.
<https://doi.org/10.1109/FIE.2015.7344202>
- Kaminski, W., Marszałek, J., & Ciolkowska, A. (2008). Renewable energy source—Dehydrated ethanol. *Chemical Engineering Journal*, 135(1), 95–102.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2007.03.017>
- Karim, M. S. A. (2016). Entrepreneurship Education in an Engineering Curriculum. *Procedia Economics and Finance*, 35, 379–387.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(16\)00047-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2212-5671(16)00047-2)
- Li, K. F., Zielinski, A., & Gebali, F. (2012). Capstone team design projects in engineering curriculum: Content and management. *Proceedings of IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE) 2012*, T1C-1-T1C-6.
<https://doi.org/10.1109/TALE.2012.6360372>
- Lucena, J. C. (2003). Flexible Engineers: History, Challenges, and Opportunities for Engineering Education. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 23(6), 419–435.
<https://doi.org/10.1177/0270467603259875>
- Martin, J. P., Simmons, D. R., & Yu, S. L. (2013). The Role of Social Capital in the Experiences of Hispanic Women Engineering Majors. *Journal of Engineering Education*, 102(2), 227–243.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jee.20010>
- Maton, K. I., Pollard, S. A., McDougall Weise, T. V., & Hrabowski, F. A. (2012). Meyerhoff Scholars Program: A Strengths-Based, Institution-Wide Approach to Increasing Diversity in Science, Technology, Engineering, and Mathematics. *Mount Sinai Journal of Medicine: A Journal of Translational and Personalized Medicine*, 79(5), 610–623.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/msj.21341>
- McGowan, A. H. (2013). Teaching Science and Ethics to Undergraduates: A Multidisciplinary Approach. *Science and Engineering Ethics*, 19(2), 535–543.
<https://doi.org/10.1007/s11948-011-9338-3>
- Moakler Jr., M. W., & Kim, M. M. (2014). College Major Choice in STEM: Revisiting Confidence and Demographic Factors. *The Career Development Quarterly*, 62(2), 128–142.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/j.2161-0045.2014.00075.x>
- Owusu, P. A., & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change

- mitigation. *Cogent Engineering*, 3(1), 1167990.
<https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1167990>
- Ożadowicz, A. (2020). Modified Blended Learning in Engineering Higher Education during the COVID-19 Lockdown—Building Automation Courses Case Study. In *Education Sciences* (Vol. 10, Issue 10). <https://doi.org/10.3390/educsci10100292>
- Picon, A. (2004). Engineers and engineering history: problems and perspectives. *History and Technology*, 20(4), 421–436. <https://doi.org/10.1080/0734151042000304367>
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309–327.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.comp.edu.2016.02.002>
- Rao, M. S. (2014). Enhancing employability in engineering and management students through soft skills. *Industrial and Commercial Training*, 46(1), 42–48. <https://doi.org/10.1108/ICT-04-2013-0023>
- Salazar-Fernandez, J. P., Sepúlveda, M., & Munoz-Gama, J. (2019). Influence of Student Diversity on Educational Trajectories in Engineering High-Failure Rate Courses that Lead to Late Dropout. *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 607–616. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2019.8725143>
- Sari, R. C., Warsono, S., Ratmono, D., Zuhrohtun, Z., & Hermawan, H. D. (2021). The effectiveness of teaching virtual reality-based business ethics: is it really suitable for all learning styles? *Interactive Technology and Smart Education, ahead-of-p*(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/ITSE-05-2021-0084>
- Schipper, M., & Stappen, E. van der. (2018). Motivation and attitude of computer engineering students toward soft skills. *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 217–222. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363231>
- Secundo, G., Elia, G., Margherita, A., & Passiante, G. (2012). Student diversity in engineering education: Insights to build a global program. *Proceedings of the 2012 IEEE Global Engineering Education Conference*
- (EDUCON), 1–8. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2012.6201143>
- Shahabadkar, P. K., Vispute, P. S., & Nandurkar, K. N. (2015). *Soft Skills Training Through Cooperative Learning: A Case Study BT - Proceedings of the International Conference on Transformations in Engineering Education* (R. Natarajan (ed.); p. 573). Springer India.
- Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P., & McNeill, J. (2011). The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1938), 842–867. <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0327>
- Stephanopoulos, G., & Reklaitis, G. V. (2011). Process systems engineering: From Solvay to modern bio- and nanotechnology.: A history of development, successes and prospects for the future. *Chemical Engineering Science*, 66(19), 4272–4306. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ces.2011.05.049>
- Sydorenko, V. (2020). Soft skills as an educational trend and a necessary development component for a vocational lifelong education teacher. *Fundamental and Applied Researches in Practice of Leading Scientific Schools*, 38(2 SE-Articles). <https://doi.org/https://doi.org/10.33531/farpls.2020.2.23>
- Vo, H.-P., Berglund, A., & Daniels, M. (2017). A Perspective from Vietnamese Students on Teaching of Soft Skills. *2017 International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering (LaTICE)*, 23–24. <https://doi.org/10.1109/LaTiCE.2017.11>
- Waizmann, B., Schuhbauer, H., & Brockmann, P. (2020). Smart Technology to Improve Cultural and Gender Diversity in Engineering Education. *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 61–65. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125350>
- Williams, S. A., Lutz, B., Hampton, C., Matusovich, H. M., & Lee, W. C. (2016). Exploring student motivation towards diversity education in engineering. *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757565>