

## A transitar hacia una ingeniería sostenible

María Eugenia Guerrero Useda

*Revista Educación en Ingeniería, Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, Bogotá, Colombia*  
[mguerreroseda@gmail.com](mailto:mguerreroseda@gmail.com)

Ojeando actas de congresos y números recientes de revistas cuya cobertura temática es la educación superior y la educación en ingeniería salta a la vista que se mantiene el interés por los asuntos relacionados con el avance en la formación de los ingenieros para enfrentar los retos de la sostenibilidad [1], [2], [3], [4].

Y no es para menos, ya que los eventos de cambio climático, la pérdida de la biodiversidad, el agotamiento de los suelos y los efectos de demás injusticias ambientales y socioeconómicas son cada vez más drásticas. El modelo de desarrollo basado en la extracción de los recursos naturales y el agotamiento de los ecosistemas es inviable; en respuesta se vienen consolidando enfoques y modelos más sensibles a la complejidad del entorno.

Este contexto impone un cambio gradual en la educación. Para el caso de la formación de ingenieros se proponen nuevos criterios y conceptos a la hora de abordar la lógica del método de diseño -que ya transita hacia el diseño socio técnico holístico [5]-. Y no es para menos, los nuevos juicios en el diseño de ingeniería deben encuadrar el entorno en un marco de perspectivas múltiples y considerar el carácter multifactorial en los modelos.

Esta nueva manera de plantear los problemas ingenieriles se extiende a todos los ámbitos del quehacer del ingeniero. Así, los artefactos, los proyectos, los programas, los sistemas, las técnicas o las alternativas diseñadas desde la ingeniería deben tener la propiedad de ser sostenibles. El reto para los programas universitarios es grande, ya que se impone formar ingenieros sensibles a la complejidad y a la incertidumbre del entorno.

Por otro lado, y de mano con lo anterior, la contabilidad de la sostenibilidad pide enriquecer los currículos con núcleos conceptuales que conviene sean comprendidos a cabalidad. Así, campos como la energía [6], la entropía [7], la ciencia e ingeniería de la seguridad [8], la resiliencia, la perdurabilidad, la transformación [9], entre otros, toman un nuevo matiz en la paleta curricular del ingeniero en formación. Y, por si fuera poco, al reto de lograr el dominio conceptual, procedimental y actitudinal de tópicos antiguos y nuevos, se suma la urgencia por el entendimiento del mismo concepto de sostenibilidad, que muchos autores encuentran ambiguo [10], [11], lo que deriva en una serie de problemas didácticos para su apropiada inclusión en el currículo de ingeniería.

Agregando a lo anterior, se tiene que los ecosistemas -ya sean estos terrestres, acuáticos, mixtos (agua-tierra y aire-tierra) o artificiales- son a la vez complejos y frágiles, por ello

demandan para su íntegro abordaje sensibilidad y pensamiento cuidadoso por parte del ingeniero. Esto quiere decir que al llamado por el desarrollo de un pensamiento crítico y creativo en los ingenieros en formación, se suma ahora la demanda por el desarrollo de un pensamiento de alto nivel: un modo de pensar que sea a la vez crítico, creativo y cuidadoso.

Para hacer frente a los pedidos por la incorporación de la sostenibilidad como dominio conceptual, procedimental y actitudinal en la práctica de la ingeniería, surge un enfoque sistemático denominado ingeniería de transición [12]. Lo que en el contexto de la formación profesional del ingeniero, se traduce a un llamado a hacer tránsito hacia un perfil profesional más amplio.

Visto de un modo práctico, se busca que a su paso por un programa académico, el ingeniero en formación incorpore competencias en sostenibilidad. Cabe preguntarse aquí ¿a qué tipo de programa de formación se hace referencia? ¿Cátedras, cursos complementarios, pregrados, especializaciones, maestrías, doctorados?

Seguramente la investigación en educación en ingeniería aportará los datos de referencia, para que los tomadores de decisiones ubiquen adecuadamente contenidos educativos que permitan transitar hacia una práctica sostenible de la ingeniería. Por consiguiente, es preciso seguir avanzando en el diseño, implementación y evaluación de estrategias eficientes para integrar competencias en sostenibilidad, sin afectar los demás contenidos educativos.

En este tema se ha trabajado de tiempo atrás, véase por ejemplo la revisión sistemática [3], donde se denota que hay un consenso alrededor de 8 competencias clave en sostenibilidad. Del mismo modo que con el pensamiento de alto nivel, las competencias en sostenibilidad se complementan. Sin ir más allá, se resalta la necesidad de formar al ingeniero para tomar acción -de manera individual y en colectivo-, por ello es clave promover competencias para planificar la resolución de problemas de sostenibilidad y para implementar intervenciones y soluciones de manera colectiva.

Ahora bien, volviendo a los problemas del currículo y de la didáctica de la sostenibilidad, se evidencia al revisar la literatura científica un especial interés por los temas que atañen del modelamiento de la sostenibilidad y, acercándonos al entorno local, al modelamiento de la sostenibilidad en ecosistemas tropicales. Asunto que demanda el despliegue total de un pensamiento de alto nivel. Este tipo de problemas que es

habitualmente abordado en los programas para la formación de ingenieros a nivel de maestría y de doctorado, también demanda el desarrollo e implementación de modelos formativos acordes a esta fase de formación. La investigación en educación en ingeniería deberá transitar también hacia la educación para la sostenibilidad en los programas de posgrado.

En definitiva, la agenda de investigación en educación en ingeniería mantiene su amplitud problemática, mientras las cuestiones relacionadas con el aprendizaje de la sostenibilidad, su didáctica y su introducción en el currículo están al orden del día.

## Referencias

- [1] P. L. Arnera, «Nota editorial no. 3,» *In-Genium*, n° 3, pp. 4-9, 11 mayo 2022. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/136059>
- [2] J. Buckley, J. Trevelyan y C. Winberg, «Perspectives on engineering education from the world of practice,» *European Journal of Engineering Education*, vol. 47, n° 1, pp. 1-7, 2022. <https://doi.org/10.1080/03043797.2021.2000694>
- [3] A. Redman y A. Wiek, «Competencies for Advancing Transformations Towards Sustainability (Review),» *Frontiers in Education*, vol. Volume 6, pp. 1-11, 30 noviembre 2021. doi: 10.3389/educ.2021.785163
- [4] R. Giordano Lerena y A. Páez Pino, Reflexiones sobre las nuevas demandas para la ingeniería latinoamericana, GEDCLatam-IFEES-CONFEDI-ACOFI-LACCEI, Ed., Bogotá: LACCEI Ediciones, 2021, p. 84. <http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2021/07/Reflexiones-sobre-las-nuevas-demandas-para-la-Ingenieria-Latinoamericana.pdf>
- [5] T. C. McAloone y M. Z. Hauschild, «Sustainable Futures from an Engineering Systems Perspective,» de *Handbook of Engineering Systems Design*, Springer International Publishing, 2022, pp. 1-23.
- [6] H. Carvajal-Osorio, «Carvajal-Osorio, H., & Carvajal-Osorio, H. (2014). Formación en Ingeniería sobre Energías Alternativas y Medio Ambiente para la Sostenibilidad. Revista Educación En Ingeniería, 9(18), 119-129.,» *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 9, n° 18, pp. 119-129, 2014. <https://doi.org/10.26507/rei.v9n18.410>
- [7] M. Rapf y M. Kranert, «Irreversible entropy to account for environmental impacts and sustainability. Procedia CIRP, 2021, vol. 98, p. 601-606.» *Procedia CIRP*, vol. 98, pp. 606-606, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.161>
- [8] C. Ma, M. Jing, S. Hou, J. Jiang y B. Zhang, «Current status of safety engineering education in China,» *Process Safety Progress*, vol. 41, n° 2, pp. 218-225, 2022. <https://doi.org/10.1002/prs.12306>
- [9] F. O. Machín Armas, S. G. Céspedes Montano, A. N. Riverón Mena y E. Fernández Santiesteban, «Sostenibilidad, ingeniería y enseñanza de las ciencias básicas: marco teórico conceptual,» *Revista Iberoamericana de Educación*, vol. 73, pp. 179-202, 2017. <https://doi.org/10.35362/rie730298>
- [10] J. I. Aragonés, C. Izurieta y G. Raposo, «Revisando el concepto de desarrollo sostenible en el discurso social,» *Psicothema*, vol. 15, n° 2, pp. 221-226, 2003.
- [11] A. Luque González, J. Á. Coronado Martín, A. C. Vaca-Tapia y F. Rivas, «How Sustainability Is Defined: An Analysis of 100 Theoretical Approximations,» *Mathematics*, vol. 9, n° 11, p. 1308, 2001. <https://doi.org/10.3390/math9111308>
- [12] S. Krumdieck, «Survival is the driver for adaptation: safety engineering changed the future, security engineering prevented disasters and transition engineering navigates the pathway to the climate-safe future,» *Physical Sciences Reviews*, 13 enero 2022. <https://doi.org/10.1515/psr-2021-0067>