Revista Academia y Virtualidad 2024 Vol. 17(1)

Editorial Neogranadina

enero - junio ■ e-ISSN 2011-0731 ■ pp. 23-39

DOI: https://doi.org/10.18359/ravi.6785

CC BY NC ND

Actualización curricular de los programas de ingeniería mecánica en Colombia frente a los retos y desafíos del desarrollo sostenible*

Omar Cabrales Salazar[a] ■ Edilson Alfredo Becerra Cucunubá[b] ■ Luis Fernel Ardila Hernández[c]

Resumen: La educación es un elemento esencial en la promoción de las acciones que amainan el cambio climático y mejora la comprensión de las consecuencias del accionar humano en los ecosistemas, proporcionando los conocimientos, valores y aptitudes que necesitan los estudiantes de ingeniería para actuar como agentes de cambio. De ahí que el objetivo que da origen al presente artículo, fruto de una investigación documental que revisó los programas de ingeniería mecánica en Colombia, sea la búsqueda de su relación con la sostenibilidad ambiental y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) N.º 6, 7, 11 y 13, por ser estos los más directamente relacionados con el cambio climático. El diseño metodológico se enmarcó en el paradigma crítico-social, con un enfoque cualitativo a través de un estudio de tipo descriptivo y proyectivo, con la caracterización de una muestra de 15 programas de ingeniería mecánica, en el que se analizó la pertinencia de la formación profesional en relación con la sostenibilidad ambiental. El sondeo realizado permitió identificar que gran parte de la oferta educativa existente de programas de ingeniería mecánica no corresponde al alcance de dichos objetivos de sostenibilidad. Por este motivo, se sugiere la actualización de los currículos como una oportunidad para reflexionar, flexibilizar y renovar estos programas, de manera que respondan a las necesidades actuales y ambientales del planeta.

Palabras clave: actualización curricular; desarrollo sostenible; ingeniería mecánica; economía circular; Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

* Artículo de reflexión.

a Doctor en Ciencias Sociales y Humanas. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: omar.cabrales@unimilitar.edu.co; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5227-3081

b Magíster en en Educación. Escuela Normal superior Leonor Álvarez Pinzón, Duitama, Colombia. Correo electrónico: edilsont600@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9862-7714

c Magíster en Derechos Humanos. Ingeniero electrónico. Bgoez Consultores, Bogotá. Colombia Correo electrónico: luisfernel@yahoo.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9891-6847

Recibido: 07/06/2023 **Aceptado:** 15/12/2023 **Disponible en línea:** 25/04/2024

Cómo citar: Cabrales Salazar, O., Becerra Cucunubá, E. A., & Ardila Hernández, L. F. (2024). Actualización curricular de los programas de ingeniería mecánica en Colombia frente a los retos y desafíos del desarrollo sostenible. *Academia Y Virtualidad, 17(1)*, 23–39. https://doi.org/10.18359/ravi.6785

Curricular Update of Mechanical Engineering Programs in Colombia and Challenges of Sustainable Development

Abstract: Education plays a crucial role in promoting actions that mitigate climate change, enhancing understanding of the consequences of human actions on ecosystems and providing the knowledge, values and skills necessary for engineering students to act as agents of change. This article stems from documentary research aimed at reviewing Mechanical Engineering programs in Colombia, exploring their relationship and pertinence to environmental sustainability and the Sustainable Development Goals (SDG) No. 6, 7, 11 and 13. The methodological design aligns with the critical social paradigm, employing a qualitative approach through a descriptive and projective study. The study involves characterizing a sample of 15 Mechanical Engineering programs, analyzing the relevance of professional training concerning environmental sustainability. The survey conducted revealed that a significant portion of the existing educational offerings in Mechanical Engineering programs does not align with the objectives of sustainability. Consequently, updating curricula is proposed as an opportunity to reflect, make them more flexible, and renew them to address the current environmental needs of the planet.

Keywords: Curriculum Update; Sustainable Development; Mechanical Engineering; Circular Economy; Sustainable Development Goals (SDG)

Atualização curricular dos programas de engenharia mecânica na Colômbia diante dos desafios do desenvolvimento sustentável

Resumo: A educação é um elemento essencial na promoção das ações que mitigam a mudança climática e melhoram a compreensão das consequências da ação humana nos ecossistemas, fornecendo os conhecimentos, valores e habilidades necessários aos estudantes de engenharia para atuarem como agentes de mudança. Daí o objetivo que originou este artigo, fruto de uma pesquisa documental que revisou os programas de engenharia mecânica na Colômbia, ser a busca de sua relação com a sustentabilidade ambiental e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) n.º 6, 7, 11 e 13, por estes estarem mais diretamente relacionados com a mudança climática. O desenho metodológico se enquadrou no paradigma crítico-social, com um enfoque qualitativo através de um estudo de tipo descritivo e projetivo, com a caracterização de uma amostra de 15 programas de engenharia mecânica, nos quais foi analisada a pertinência da formação profissional em relação à sustentabilidade ambiental. A pesquisa realizada permitiu identificar que grande parte da oferta educativa existente de programas de engenharia mecânica não corresponde ao alcance desses objetivos de sustentabilidade. Por este motivo, sugere-se a atualização dos currículos como uma oportunidade para refletir, flexibilizar e renovar esses programas, de modo a responder às necessidades atuais e ambientais do planeta.

Palavras-chave: atualização curricular; desenvolvimento sustentável; engenharia mecânica; economia circular; Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Introducción

A comienzos del siglo XXI la degradación ambiental se profundizó como consecuencia de la creciente industrialización de la sociedad y la expansión de un modelo de consumo centrado en la satisfacción inmediata de las necesidades materiales humanas, sin dimensionar las múltiples consecuencias que se generan en los ecosistemas. Desde la óptica de las universidades, ciencias como la ecología, la geografía, la biología, la geología, las ciencias políticas, la economía, la demografía y las ciencias ambientales desarrollan diagnósticos precisos sobre las reales dimensiones de la crisis ambiental. Igualmente, estas advierten que la sobrepoblación, la urbanización, la política pública ambiental y los comportamientos individuales no contribuyen a la mitigación del impacto negativo sobre los ecosistemas. Esto se confirma con los últimos estudios acerca del cambio climático (UNCC, 2022; IPCC, 2022) y las devastadoras consecuencias que se esperan para las próximas décadas, con afectaciones impredecibles en la salud humana (*The Lancet*, 2017).

El cuidado del ambiente debe convertirse entonces en una de las preocupaciones esenciales de los programas universitarios, incluidas las ingenierías, pues la crisis climática es una realidad para el futuro del planeta. En su propósito de educar una nueva generación de jóvenes comprometidos con el desarrollo sostenible, la ingeniería debe formar personas no solo para diseñar con sentido ético y de responsabilidad ambiental y hacer investigación sobre materiales, insumos y nuevas fuentes de energía limpia que impacten positivamente en los ecosistemas, sino para inventar procesos, estructuras y herramientas que contribuyan a la disminución de los desechos, al reaprovechamiento de la materia prima primaria, la transición energética, y a disminuir el deterioro progresivo de la calidad del agua, la tierra y el clima en general.

Ante este panorama, González y Valencia (2013) señalan que mientras las dificultades ambientales prosperan día a día, la capacidad de respuesta del hombre frente a estas ha sido limitada y negligente, y los conflictos forjados ante las carencias surgidas se han acentuado y generalizado. A esto se suma que la capacidad de producción, regeneración y reconstitución de los elementos bióticos y abióticos, que permiten que la resiliencia de los ecosistemas sea muy lenta frente a la cantidad de desechos humanos; esto obliga al hombre a realizar procesos regenerativos (economía circular) para potenciar la capacidad de los sistemas vivos y desarrollar niveles más altos de sinergia, simbiosis y colaboración.

Como consecuencia de la pandemia, gran parte de las metas de los ODS quedaron relegadas a la sobrevivencia de los seres humanos y a la consecución y aplicación de vacunas. La humanidad se alejó cada vez más de cumplir los objetivos del Acuerdo de París, relacionados con limitar el calentamiento global por debajo de los 2°C respecto a los niveles preindustriales. La pandemia tuvo consecuencias devastadoras para la tierra, pues el incremento de los desechos sanitarios representó una mayor exposición de las personas a agentes infecciosos y una mayor contaminación ambiental, a lo que se le suma la afanada intención de las economías del mundo en salir de la recesión económica en la postpandemia, sin miramientos ecológicos de ningún tipo, poniendo en marcha al máximo su actividad industrial, de extracción, producción, consumo y desecho.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, gracias a la recesión de la actividad económica generada por el covid-19, en los primeros meses de cuarentena se registró una disminución del 15 % de los residuos sólidos producidos por las industrias que llegaron a los rellenos sanitarios, pero en los últimos meses de aislamiento se presentó un aumento de desechos biomédicos peligrosos en el sector de la salud, así como de residuos orgánicos e inorgánicos en los hogares. Solo en Colombia, algunos hospitales tuvieron un aumento en los residuos biológicos de hasta el 30 % debido al covid-19 (MinSalud, 2020).

Los ODS han representado una oportunidad para reivindicar los derechos del planeta y amainar un poco el impacto humano sobre la naturaleza, ya que se han convertido en un punto referencial para la agenda de los gobiernos, agencias no gubernamentales y las universidades, pues, como lo afirma Gómez (2017), "plantean respuestas sistémicas

desde una visión global e interrelacionada que afronta cuestiones tan importantes como la desigualdad y la pobreza extrema, los patrones de consumo no sostenibles y la degradación ambiental" (p. 108). A seis años de su vencimiento, es hora de revisar el cumplimiento de las metas y el formato de los 17 objetivos que introdujeron, en una misma canasta, los más graves problemas de la humanidad, que en términos del cuidado de la tierra dejan mucho que desear por ser algunos demasiado ambiciosos. Según Gómez (2017), la compleja arquitectura desde la que se diseñaron los ODS y sus limitaciones técnicas se erigen como importantes barreras para que la agenda se pueda alcanzar.

En ese sentido, las intervenciones en el medio natural en Colombia están expresadas por la apertura de nuevas fronteras agrícolas, la construcción de obras de infraestructura y la conformación de asentamientos humanos y del aparato industrial, que han obviado el conocimiento científico y técnico que permite valorar los efectos ambientales de su implementación. Precisamente, para Rodríguez (2007), "la ingeniería ha asistido la toma de muchas de esas decisiones y cambios en la naturaleza, entre los cuales están aquellos que han sido muy beneficiosos para la humanidad, pero también, paradójicamente, aquellos que se consideran ambientalmente insostenibles." (p. 57).

Es importante no perder de vista que la ingeniería mecánica es una disciplina que aplica diferentes principios para el diseño, fabricación y análisis de numerosos artefactos como maquinaria, herramientas, sistemas térmicos, vehículos, entre otros. No obstante, se presenta una desarticulación con el eje ambiental, pues se buscan soluciones a problemas de la industria a través de proyectos de investigación y desarrollo en los ámbitos de la maquinaria hidráulica, neumática, manual, sistemas de ventilación, equipos de transporte, aparatos de intercambio de temperatura y de generación energética, que no tienen forma de repararse y cuyos materiales usados van a los vertederos, sin posibilidad de reciclarse o reutilizarse, además de las externalidades que se presentan en su fabricación, transporte, uso y desecho.

Desde esta perspectiva, el artículo pretende profundizar sobre la responsabilidad que tienen las universidades para con el ambiente en el marco de los ODS; en segundo lugar, se abordará la pertinencia del currículo en los programas de ingeniería mecánica en Colombia respecto a sus aportes a los ODS 6, 7, 11 y 13; para concluir, se presenta una serie de recomendaciones sobre la necesidad de flexibilizar y actualizar los currículos universitarios en pro de la sostenibilidad.

Marco teórico

Responsabilidad ambiental universitaria

Las universidades tienen el compromiso de convertirse en espacios sostenibles, donde los jóvenes puedan adquirir las competencias de su profesión y convertirse en agentes de cambio, generacionalmente responsables y promotores de las causas globales como la Agenda 2030, creada como uno de los paradigmas del desarrollo que pretende conservar el planeta para las generaciones futuras. En este sentido, según la Unesco (2022), el papel de las Instituciones de Educación Superior (IES) se debe enfocar en cinco temas esenciales:

Aprendizaje y enseñanza: dotar al estudiantado del conocimiento, las habilidades y la motivación suficiente para comprender y abordar la sostenibilidad y los ODS; proporcionar experiencia académica o profesional en profundidad para implementar soluciones a los ODS.

Investigación: proporcionar del conocimiento necesario, las pruebas científicas, las soluciones, tecnologías, vías e innovaciones para respaldar y apoyar la implementación de los ODS por parte de la comunidad global, a través tanto de enfoques disciplinarios tradicionales como de nuevos enfoques interdisciplinarios y transdisciplinarios.

Gobernanza institucional, políticas de gestión y extensión universitaria: implementar los principios de los ODS a través de la gestión y gobierno de la universidad en sus diferentes aspectos: empleo, finanzas, servicios universitarios, instalaciones, adquisiciones, recursos humanos y gestión académica y de estudiantes.

Liderazgo social: fortalecimiento del compromiso público de la universidad y de su implicación

en el abordaje de los ODS; iniciar y facilitar el diálogo y la acción intersectorial; asegurar la presencia del sector educativo superior en la implementación nacional de los ODS; ayudar a diseñar políticas basadas en los ODS; y demostrar el compromiso universitario con los ODS.

El quinto punto se centra en la toma de acción hacia temas de sostenibilidad y economía circular:

Universidad sostenible: alude al diseño de implementación de políticas, planes y acción puntuales en el devenir universitario, encaminados a la sostenibilidad y tendientes a mitigar el impacto ambiental con políticas centradas en la economía circular, la adaptación al cambio climático, la autosostenibilidad, la autonomía energética y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, entre otros factores.

Para esto se deberá revisar y destinar recursos hacia su entorno e infraestructura, fuentes y uso de energía, manejo de residuos sólidos y líquidos, aprovisionamiento y reutilización de recursos hídricos. Así mismo, promover una movilidad sostenible y evitar el desplazamiento innecesario de personas que trabajan en casa y tienen clases virtuales o a través de plataformas de videoconferencia, en la medida de lo posible. Como afirma Pernía, *et al*., (2022) es indispensable el rol protagónico de las IES para enfrentar el deterioro ambiental; la importancia de la educación ambiental revelará la necesidad de modificar su accionar de manera individual o grupal en las actividades sociales, económicas, culturales e industriales.

Como se ha visto, la Agenda 2030 se ha convertido en un propósito que ha unido los esfuerzos de las naciones en torno a un nuevo paradigma de desarrollo, que ha involucrado, siguiendo a Núñez (2017) "nuevas esferas como el cambio climático, la desigualdad económica, la innovación, el consumo sostenible, la paz y la justicia, entre otras prioridades" (p. 13), y que en el marco de la postpandemia ha reivindicado el papel de los gobiernos y su capacidad de resiliencia. En el caso de las universidades, los ODS le han 'trazado' una nueva agenda a su relativo adormecimiento postpandémico y han motivado su iniciativa protagónica para trabajar no solo con sus estudiantes sino con las comunidades, el gobierno, las ONG y otras asociaciones y universidades en una agenda común que ha ido más allá de las funciones de docencia, investigación y proyección social. El cumplimiento de las metas de los ODS demanda la participación activa de la universidad en la medida de su orientación social y ambientalmente responsable, en el sentido de generar consciencia ambiental y apropiación de los ODS por parte del estudiantado. (Pernía, *et al*., 2022; Mendoza *et al*., 2020).

De ahí que, desde esta nueva iniciativa de la sostenibilidad ambiental, en lo que más pueden aportar de forma prioritaria es a través de sus principios misionales de docencia e investigación, pues son postulados para los que ya tienen toda la infraestructura desarrollada. Para ello, se hace necesario que en su libre oferta de programas, así como en la orientación de investigaciones, publicaciones, congresos, foros, webinars, etc., apunten hacia el avance y el compromiso con los (ODS), el cambio climático y la transición energética. En cuanto a la ingeniería mecánica, se deberán orientar sus propósitos hacia la solución e innovación de procesos, herramientas y aparatos destinados a favorecer la sostenibilidad, la economía circular y los problemas mencionados.

En el marco de las propuestas de la economía circular, debe considerarse la aplicación del eco diseño y la recuperación de energía, de manera que se ingenie maquinaria movida por energías limpias, que no genere residuos y que a su vez en su estructura propia sea reparable, reutilizable y reciclable. En palabras de Geywitz (2020), se hace necesario "asumir a la Economía Circular, desde la formación inicial en especialidades de Diseño y Fabricación, orientado hacia estudiantes que se convertirán en los agentes de cambio para la sustentabilidad, y la urgente evolución del consumidor a usuario" (p. 299).

Desde la perspectiva curricular, los programas de ingeniería que involucran el diseño de aparatos y los conceptos de materia prima, producto y proceso, como la ingeniería industrial y mecánica, deben ir más allá de formar la consciencia de sus estudiantes en la necesidad de preservar los ecosistemas, la concientización ambiental y la promoción de iniciativas enfocadas hacia la protección del medio ambiente, es decir, avanzar desde

una visión superadora de las conocidas 3R de la ecología: reducir-reutilizar-reciclar hacia "lo que hoy es denominado como "Múltiple R", donde se sistematizan los procesos de: repensar, rediseñar, refabricar, reparar, redistribuir, reducir, reutilizar, reciclar, recuperar energía" (Geywitz, 2020, p. 300), como principios rectores de la economía circular.

En relación con la problemática ambiental, en donde convergen factores ecosistémicos, sociales y económicos que surgen no solo como afrentas a lo vivo, sino como fenómenos de contaminación, degradación de las aguas y el suelo y amenazas contra áreas protegidas (Valencia Hernández, 2007), los ingenieros tienen la tarea de crear, en todos sus espectros de actuación, desde la construcción de estructuras móviles y fijas, hasta organismos robóticos, soluciones sostenibles e integrales que provean posibilidades para el cumplimiento de los ODS, y que a su vez vayan más allá de la agenda 2030, en el sentido de la sostenibilidad, a la cual le quedan seis años de vigencia y cuyas metas se han considerado como demasiado ambiciosas y difíciles de implementar por algunos gobiernos (Pérez y Agüero, 2021; Gómez 2017)

Se hace necesario entonces pasar de un modelo de extensión social universitario a uno de responsabilidad ambiental universitaria (Cabrales, *et al*., 2020), o al menos abrir esta nueva vertiente en las funciones sustantivas de las IES, pues después de vivir casi adormecidas ante los insistentes cambios tecnológicos, su misión y visión deben trascender hacia una participación más activa y directa con las causas de un mundo equitativo, cada vez menos viable desde el punto de vista de la emergencia ambiental.

Al indagar por la categoría responsabilidad social empresarial, encontramos a (Martínez, 2011), quien afirma que "el origen de la preocupación por la ética empresarial radica en la demanda social ante las actuaciones de las empresas que se consideran inmorales" (p. 22); y también de las organizaciones de la sociedad civil. Si se tiene en cuenta a las universidades como organizaciones, reflexionamos sobre las prácticas universitarias de investigación y docencia y su impacto en el entorno, evidenciadas en el desarrollo de sus propósitos misionales y en el ejercicio laboral de sus egresados. Pérez, *et al*. (2018) identifican dos grandes tradiciones: la responsabilidad social empresarial y otra originada en la universidad latinoamericana que promueve el surgimiento de la responsabilidad ambiental universitaria. Estos autores destacan que "en el marco general de las prácticas y acciones ambientales de la universidad se hibridan de forma alternada perspectivas de Responsabilidad Ambiental Universitaria matizadas desde las perspectivas de la Responsabilidad Social Empresarial y la Responsabilidad Social Universitaria" (Pérez, *et al*., 2018, p. 133).

De la misma forma, la Unesco afirma que la educación para la sostenibilidad nos debe capacitar para desarrollar comportamientos y prácticas que permitan a todos los seres humanos satisfacer sus necesidades básicas y vivir una vida plena. Para ello, el proceso educativo ha de promover un aprendizaje innovador, caracterizado por la anticipación y la participación que permita no solo comprender sino también implicarse en aquello que queremos entender (Unesco, 2022).

En conclusión, los programas de ingeniería, en el marco de la calidad académica y ante las graves amenazas que representa la crisis climática, deben considerar como elementos esenciales los siguientes:

- La coherencia entre sus objetivos y las acciones ambientales tomadas para ejecutarlos, en relación con sus aportes para aliviar las causas de la crisis climática.
- La investigación científica, tecnológica, humanística y artística en sintonía con el saber universal y con la solución de los problemas asociados con el recalentamiento global, la transición energética, la sobrepoblación y la implementación de energías limpias.
- La formación integral de sus estudiantes, docentes, administrativos y otros grupos de interés, para abordar con responsabilidad ética, social y ambiental los retos de desarrollo endógeno y participar en la construcción de una sociedad más incluyente.
- La capacidad de impactar los problemas del ambiente y los sectores productivo y social a través de sus acciones de extensión ambiental universitaria.

Actualización curricular

Para Stenhouse (1981, p.29), el currículo "es una tentativa para comunicar los principios y rasgos esenciales de un propósito educativo, de forma tal que permanezca abierto a discusión crítica y pueda ser trasladado efectivamente a la práctica". Para Casarini (2013, p.3), "el currículo es la expresión objetivada de las finalidades y contenidos de la educación que el alumnado debe adquirir y que se plasmará en el aprendizaje". En ese orden de ideas, se concibe al currículo como un pilar esencial, siendo este el norte del proceso educativo hacia donde deben apuntar determinados aprendizajes para el desarrollo integral de los estudiantes.

Por su parte, la actualización del currículo en educación superior es un elemento fundamental que debe reconocerse como una acción cotidiana en el marco de las sociedades de la información y el conocimiento, en las que los cambios y las crisis se sobrevienen cada vez de forma más acelerada. Las universidades deben rediseñar procesos e instancias más ágiles que permitan la actualización y flexibilización curricular con indicadores y desempeños adaptados a las necesidades del planeta, en el entendido de que la globalización de la educación superior ha obligado la implementación del currículo flexible, definido como aquel que mantiene los mismos objetivos generales para todos los estudiantes, pero brinda diferentes oportunidades para acceder a ellos, es decir, organiza su enseñanza desde la diversidad cultural y social (MEN, 2017). Por su parte, la Unesco (2006) plantea la necesidad urgente de integrar prácticas y asignaturas relacionadas con el desarrollo sostenible, (DS) a partir de la realidad medioambiental presente en el siglo XXI. A su vez, las universidades deberían promover acciones orientadas a fortalecer el currículo y la implicación de los miembros de la comunidad universitaria con el DS y con la incorporación de modelos de gestión compatibles con este (Gutiérrez *et al.*, 2006).

Se hace necesario repensar el currículo de los programas de ingeniería en Colombia desde la perspectiva de la sostenibilidad. Este programa debe ser amplio, relevante y diferenciado, con el fin de promover la formación de la conciencia ambiental en los estudiantes. Esto lleva consigo un proceso continuo de revisión a través de estudios que involucran a los egresados y al empresariado, en la búsqueda de una comunidad solidaria y enriquecedora, basada en las relaciones positivas con el entorno. Los resultados de la revisión curricular evidenciaron vacíos en la formación de los profesionales en ingeniería mecánica, relacionados con el diseño y selección de equipos, dispositivos y elementos mecánicos y térmicos, la administración y el mantenimiento de instalaciones y herramientas industriales para diversas aplicaciones en el marco de los ODS. Aun así, se presentan soluciones aisladas como las del programa de Ingeniería Mecánica de La Universidad Francisco de Paula Santander (Ocaña, Colombia), en el que Martínez y Toscano (2018) realizaron una propuesta para la inserción del sistema de gestión ambiental: "con el fin de identificar los criterios y determinar los parámetros definidos para la aplicación de la responsabilidad social universitaria en el aspecto ambiental desde el plan de estudios" (p. 48).

La cualificación profesional y la formación integral del ingeniero mecánico han de constituir la plana sobre la cual cimentar y exponer contribuciones que "garanticen e impulsen la introducción de criterios de sostenibilidad en la formación superior, (…) así como la descripción de competencias básicas para la sostenibilidad de forma transversal" (CRUE, 2005, p. 2). De hecho, son las universidades, a través de sus programas y de la construcción de planes de responsabilidad socio-ambiental, las que suscitarán el alcance de las condiciones sociales con una clara distinción de los índices de pérdida y preservación de los ecosistemas.

Las IES, en su papel protagónico, deben transformarse con la evolución misma de la humanidad y acometer con responsabilidad la tarea de formar profesionales idóneos que propongan soluciones a la crisis climática; asimismo, convertirse en espacios verdes y energéticamente autosuficientes (Cabrales, *et al.*, 2020, p.2).

El éxito en dicha construcción también depende de los componentes del currículo en lo concerniente a los contenidos, metodologías, competencias, organización del tiempo y de los espacios presenciales o virtuales, hasta la infraestructura

(instalaciones, equipos, entre otros). En este sentido, se hace mención a cada una de ellas.

a. *Las competencias:* integran actitudes y capacidades intelectuales a las que se suman otras de carácter procedimental; permiten una eficiente actuación en la vida diaria, en general, y en el trabajo, en particular. Desarrollar competencias para el cuidado del ambiente en los ingenieros mecánicos requiere de una fundamentación en los temas de ecología, desarrollo sostenible y economía circular, así como en el desarrollo de la sensibilidad ante la crisis climática.
b. *Contenidos:* tienen que ver con el capital natural y los bienes culturales seleccionados como insumos para la educación del grupo humano en cuestión. Aquí interviene directamente la curricularización de la sostenibilidad, la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad, en donde cabe la posibilidad de enriquecer el currículo con proyectos ambientales sostenibles desde los programas de ingeniería mecánica.
c. *Metodología:* comprende el ejercicio docente tanto fuera como dentro del aula, permeado desde el PEI de cada institución, y en el que deben estar plasmados de manera evidente los objetivos de formación tanto disciplinares como ambientales y las formas como se pretende alcanzarlos. Las metodologías para la enseñanza de la sostenibilidad tienen que salir del aula e incursionar en los ecosistemas, para que los estudiantes tengan experiencias vitales de contacto con la naturaleza, ya que muchos de ellos viven inmersos en las pantallas de sus dispositivos electrónicos.
d. *Organización del tiempo y del espacio:* el currículo en este aspecto incluye los tiempos y procesos de formación y acentuación del conocimiento que, desde la perspectiva de la ingeniería mecánica, convergen con las dinámicas de las asignaturas. Los procesos cognitivos de los estudiantes más dados al razonamiento lógico y matemático deberán aprovecharse en la formación de conciencia ambiental y de las competencias para el manejo de datos como la huella de carbono y el diseño de máquinas, herramientas y sistemas amigables con el ambiente.

En este mismo sentido, cabe resaltar la importancia de la pedagogía ambiental que se aborda desde una doble perspectiva:

> Como una posibilidad de desarrollar una educación sistémica y como desarrollo pedagógico que aporta las posibilidades tecnológicas de control de variables ambientales intervinientes en el proceso educativo, la educación sistémica se halla involucrada en la pedagogía ambiental con su visión holística de la realidad, lo que a su vez exige un estilo cognitivo de síntesis para comprender la generalidad y la interacción (Sureda y Colom, 1989, p. 67).

Todo esto conlleva a la elaboración de una propuesta innovadora para los programas de ingeniería, a partir de lo que ya existe en materia de contenidos, en pro de fortalecer el cuidado del medio ambiente, su regeneración y su sostenibilidad. Esta propuesta también apunta al desarrollo de competencias transversales en la esfera cognitiva, metodológica y actitudinal, de manera que generen en el estudiante la motivación y la sensibilidad necesarias ante la crisis climática, por citar uno de tantos ejemplos. La unificación de estos tres ámbitos invitará a que el discente obtenga "una comprensión critica de la problemática social, económica, ambiental, global y local" (CRUE, 2005, p. 2), teniendo presente que la aplicación de estas operaciones para la toma de decisiones y la ejecución de acciones obedecen a una ética personal, así como a la capacidad de situarse ante las disyuntivas éticas, colegir y razonar posibles soluciones.

Actualmente, existen diversas iniciativas para acercar la formación profesional, los estilos de aprendizaje y la pertinencia del currículo de los programas de ingeniería con el contexto actual. Se hace necesario diseñar estrategias para la sensibilización de los ingenieros (as) mecánicos, aeronáuticos, civiles e industriales sobre los impactos de su trabajo en el DS y fundamentarlos para transformar y atizar un cambio en la formación e investigación de sus programas. De ahí la importancia de robustecer la formación integral del estudiante de ingeniería mecánica y de ingeniería industrial en relación con la demanda social, la cual debe obedecer a un compromiso ético, competente e innovador como futuro ingeniero(a), capaz de enfrentar

con creatividad e idoneidad la solución de los problemas de abastecimiento de energías limpias, diseño de procesos y herramientas, optimización de los recursos y gestión de los desechos, de modo que garantice procesos idóneos de economía circular (Cabrales, *et al*., 2021) cambios futuros y duraderos para el DS del país.

Todo ello, en el marco del establecimiento de instancias de aprendizaje híbrido, transformador, en sinergia con los diferentes actores de la sociedad, desde una visión de pensamiento crítico que vaya en contra de la perpetuidad de modelos y prácticas educativas que atenten contra la formación en temas de sostenibilidad y cambio climático que, hoy por hoy, son imperiosas en los currículos de las ingenierías, ya que, siguiendo a Wals (2013):

> Las oportunidades para este tipo de aprendizaje se amplían con una mayor permeabilidad entre unidades, disciplinas, generaciones, culturas, instituciones, sectores, etcétera. Al mismo tiempo, debemos tener cuidado con el uso de la sostenibilidad y la educación para la sostenibilidad de forma crítica que, intencionadamente o no, conduzca a la consolidación de los sistemas hegemónicos (económicos) y las prácticas educativas actuales, amplificando así la insostenibilidad. (p. 61)

Metodología

La investigación se enmarca en un paradigma crítico–social, al promover una transformación social que dé respuesta a problemas específicos que se presenten en el seno de la comunidad, con la participación de sus miembros (Arnal *et al*., 1992). Para Habermas (1981) es ineludible que los sujetos son idóneos para ir más allá de solo comprender la realidad; estos también puedan conceder soluciones a los problemas sociales y asistir a cambios que sean puntuales para plantarse ante la adversidad. De otro lado, esta investigación también cuenta con un enfoque cualitativo de tipo descriptivo y proyectivo, cuyo énfasis buscó descubrir, construir e interpretar los currículos de ingeniería mecánica desde la óptica de la sostenibilidad.

En un principio, para caracterizar los programas de Ingeniería Mecánica en Colombia, de acuerdo con su formación en sostenibilidad, y analizar la pertinencia de la formación profesional en relación con los ODS mencionados, se recurrió a un estudio descriptivo, basado en la caracterización, registro, análisis e interpretación de la información recolectada en matrices analíticas. En este tipo de investigaciones lo que se analiza son las características y propiedades con la finalidad de clasificar, agrupar o sintetizar la información, para poder profundizar más en el tema que se trabaja sobre la realidad de los hechos y su correcta interpretación (Miller, 2011). A su vez, se busca especificar propiedades y características importantes, describir tendencias y los perfiles de los programas académicos que se someten al análisis (Hernández-Sampieri, *et al*., 2014).

Los ODS objeto de estudio fueron:

- N.º 6 **Agua limpia y saneamiento:** *Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos*. Según la ONU (2022). Las principales problemáticas asociadas con este objetivo afirman que se ha conseguido progresar en el acceso al saneamiento y agua potable, pero aún "existen miles de millones de personas (principalmente en áreas rurales) que carecen de estos servicios básicos".
- N.º 7 **Energía asequible y no contaminante:** *Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos*. Según la ONU (2022), en los últimos años se ha mejorado el acceso a la electricidad en los países más pobres y la eficiencia energética continúa mejorando. Sin embargo, aún es mucho lo que hay que trabajar en la transición hacia energías renovables y en el diseño de nuevos dispositivos que hagan más eficiente la energía eólica, mareomotriz y solar, a lo que los ingenieros mecánicos, desde su disciplina están llamados a trabajar.
- **N.º 11 Ciudades y comunidades sostenibles.** *Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles*. Según la ONU (2022), los procesos de urbanización se siguen acelerando desde 2007, al punto que más de la mitad de la población mundial vive

en los centros urbanos, cifra que aumentará hasta en un 60 % para 2030.

- **N.º 13 Acción por el clima.** *Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*. El cambio climático está afectando de manera cada vez más grave a todos los países y regiones alejadas del planeta, al punto que se ha tornado en una crisis climática que induce a que las decisiones paliativas pasen a una nueva fase de acciones y sistemas regenerativos. La crisis climática está alterando los ecosistemas de forma irreversible y afectando negativamente la vida de las personas y de los animales, al punto que ya hay voces que alertan que el paradigma de la sostenibilidad ya no será suficiente para amainar el impacto de los humanos en el ambiente (Pérez y Agüero, 2021), y comienzan a hablar del paso siguiente que sería la regeneración, el comienzo de una nueva etapa, que además de las medidas tomadas por los ODS, se le sumen acciones regenerativas y restaurativas de los ecosistemas alterados o perjudicados por el accionar de los humanos. Según la ONU (2022), los sistemas meteorológicos están cambiando, los niveles del mar están subiendo y los fenómenos naturales son cada vez más extremos. El cambio climático no se va a detener si no tomamos medidas urgentes.

Población y muestra

El análisis estuvo conformado inicialmente por un bloque de 72 programas de formación en ingeniería mecánica, todos ellos registrados en el Sistema Nacional de Información para la Educación Superior en Colombia SNIES, para el año 2020. La muestra focal corresponde a 15 programas de las mejores universidades del país, de acuerdo con los resultados de las pruebas Saber Pro del año 2019, del Instituto Colombiano para la Evaluación de la Calidad de la Educación (ICFES). La selección de los programas se llevó a cabo a través de un muestreo estratificado intencionado; esta estrategia consistió en seleccionar los programas, agrupados según la característica de excelencia educativa en los resultados de dichas pruebas, de acuerdo con las necesidades de la investigación (López, 2004).

Recolección y análisis de datos

Para caracterizar los programas de ingeniería mecánica de las 15 universidades muestreadas, se realizó un análisis matricial con base en la información publicada en línea por los pénsum objeto de estudio. Según Hernández- Sampieri *et al.* (2014), este tipo de consultas permiten al investigador estudiar el lenguaje escrito y gráfico de las unidades de análisis y tienen la ventaja de que pueden ser consultados en cualquier momento y analizados cuantas veces sea necesario. Por consiguiente, se realizó una revisión profunda de la información actualizada de los programas en las páginas web oficiales de cada universidad; dichos datos se sistematizaron en matrices de análisis para identificar y comparar los siguientes parámetros: perfil del egresado, sector, año de creación del programa, número de créditos, duración por semestres, ciudad de oferta y URL. A partir de allí, se extrajeron los perfiles del egresado de cada uno de los programas con el propósito de realizar un análisis de contenido y de frecuencias a través de nubes de palabras con el software de análisis cualitativo NVivo 11, que permite identificar la relación de este aspecto con los ODS.

Para analizar la pertinencia de la formación profesional del ingeniero mecánico en Colombia, en relación con los ODS N.º 6, 7, 11 y 13; se tomó en cuenta el tipo de matriz con cada una de las universidades, obedeciendo a una mayor especificidad, es decir, buscando la visibilidad de algunos aspectos relevantes que son de gran importancia al momento del análisis. Los aspectos a tener en cuenta fueron: número de créditos, número de semestres, número total de asignaturas, síntesis del perfil del egresado, evidencia de temas de sostenibilidad en el objetivo general de formación y en los objetivos específicos. Asignaturas relacionadas con la sostenibilidad, grupos de investigación en temas de sostenibilidad, componentes de la malla curricular (porcentaje de asignaturas de ciencias básicas, básicas de ingeniería, profesionales de ingeniería, humanidades, electivas profesionales) y por último, la convergencia entre el campo profesional y los ODS implicados, desde el panorama de los diferentes componentes formativos.

Análisis y resultados

Caracterización de los programas de ingeniería mecánica

De acuerdo con la formación en DS y el perfil del egresado, fue posible identificar que gran parte de la oferta educativa de ingeniería mecánica en Colombia no abarca visiblemente, en sus diferentes componentes, la formación en temas relacionados con sostenibilidad o acciones frente al cambio climático, aunque en casos específicos se alude a un desarrollo cultural humano con proyección hacia las generaciones futuras.

Perfil del egresado

Figura 1. *Word Cloud* de la frecuencia de términos hallados en los perfiles de egresados



Fuente: elaboración propia.

En el análisis de frecuencias, a través de nubes de palabras, con respecto a los perfiles del egresado (figura 1), es posible identificar una baja relación con los ODS seleccionados. No obstante, sí se señalan términos apuntalados a la temática en cuestión como: desarrollo, energía, social, solución, responsabilidad, ética, ambientales, eficiencia y recursos, aunque con una frecuencia menor.

Asimismo, en el análisis del contenido de los perfiles de egresados con respecto al término sostenibilidad, únicamente se identificaron dos universidades que integran dicho concepto en su propósito formativo. En primera instancia la Universidad de La Sabana "respondiendo a las necesidades productivas y de servicios, con criterios de funcionalidad, seguridad, eficiencia y sostenibilidad" y la Universidad de los Andes "generación de energía, eficiencia y sostenibilidad".

Adicionalmente, no se encontraron evidencias que involucren directamente el cambio climático en los perfiles de egresados. No obstante, sí se señalan términos con mayor frecuencia referenciados a la temática en cuestión, tales como: desarrollo, energía, social, solución, responsabilidad, ética, ambientales, eficiencia y recursos; esto invita a considerar que existen iniciativas para vincular el contexto actual con el proceso formativo, específicamente con base en la sostenibilidad y el desarrollo sostenible. En este sentido, se encontraron factores que efectivamente aportan a la sociedad y al bien común, avivando prácticas responsables.

Propósitos de formación

El 40 % de los programas de ingeniería mecánica de las universidades muestreadas incluyen en los propósitos de formación términos relacionados con el DS.

Tabla 1. Propósitos de formación

N.º	Universidad	Términos relacionados con el DS
1	Pontificia Universidad Javeriana	"desarrollo de soluciones innovadoras a retos fundamentales que impactan la sociedad"
2	Universidad Eafit	"desarrollo de las máquinas que moverán las nuevas energías limpias"
3	Universidad Libre	"conciencia ambiental y desarrollo sostenible" y "combinando el manejo sostenible de los recursos y los aspectos económicos para beneficio de la sociedad"
4	Universidad de los Andes	"aportan al desarrollo industrial y social del país diseñando, investigando y adaptando tecnología para resolver problemas relevantes que afectan a la sociedad" y "desarrollan emprendimientos y proyectos de con una visión integral, actuando siempre en un marco ético y responsable"
5	Universidad Tecnológica de Bolívar	"contribuyendo al desarrollo social, medioambiental y económico de tu entorno".

Fuente: elaboración propia.

Pertinencia de la formación profesional del ingeniero mecánico en relación con los ODS objeto de estudio

Considerando el análisis de cada una de las universidades en búsqueda de la pertinencia de los programas de ingeniería mecánica, relacionados con el cambio climático y el DS, es menester señalar que en casos específicos se alude a un desarrollo cultural humano con proyección hacia las generaciones futuras; por lo tanto, hay correspondencia con el postulado de López *et al*. (2018), quien menciona el compromiso de una base humana para los habitantes del planeta, el respeto por los recursos naturales actuales y la progresión de una economía de flujo circular para garantizar el sustento de la vida material.

Asimismo, al analizar la pertinencia de la formación profesional del ingeniero mecánico y su relación con los ODS N.º 6, 7, 11 y 13, se destaca que dichos egresados pueden ejercer su profesión en industrias de diferentes sectores "como la metal-mecánica, textil, automotriz, química, de transformación de energía, petroquímica, agraria, alimentaria, pesquera, construcción y minera; en las áreas de proyectos, producción, energía, materiales de ingeniería, diseño de máquinas, automatización industrial y mantenimiento industrial", según se ilustra en el sitio web de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP, s.f.). Por lo tanto, con un campo de acción tan amplio, se hace imprescindible que reconozcan el impacto de sus actividades en la sociedad y en el ambiente, y a su vez logren comprender las responsabilidades profesionales, sociales y éticas de su ejercicio.

El anterior análisis permite visualizar la urgencia de enfrentar los desafíos del futuro. De acuerdo con Zamrik (2008), se debe propender por cimentar una fuerza laboral global y flexible, es decir, los futuros ingenieros deben ser capaces de adaptarse a los cambios y contribuir a las crecientes necesidades de las próximas dos décadas. En segundo lugar, con la ausencia de referencias relacionadas con el DS en las matrices anteriormente descritas, es necesario enlazar la sostenibilidad a través de nuevas tecnologías y técnicas que respondan a las presiones ambientales globales generadas por el crecimiento económico. Es indudable que las universidades no pueden seguir ignorando la problemática global del cambio climático, la inequidad y el incremento de la pobreza; y que sus intenciones misionales deben estar enfiladas hacia la formación de seres humanos, que habrán de enfrentar, en las próximas décadas, las más graves consecuencias de la crisis climática en el planeta. En consecuencia, la responsabilidad social universitaria permite una conversión de la extensión y del papel de la universidad en la sociedad, ahora con una clara tendencia hacia la responsabilidad ambiental universitaria. Estos procesos deben estar encaminados a reducir la desigualdad social y económica a través de la educación y la aplicación

de conocimientos y tecnologías ingenieriles a las realidades específicas del DS (Cabrales, *et al*., 2020; Cabrales y Márquez, 2017).

En el mismo sentido, según Flores (2010), la educación ambiental es esencial como proceso formativo, pues puede coadyuvar a la prevención y solución de los problemas planteados por el desequilibrio del ambiente. Se estima como el medio para lograr que los estudiantes tomen conciencia de su accionar en los ecosistemas y del deterioro ambiental, se interesen por él y por sus problemas conexos y, asimismo, "cuenten con los conocimientos, aptitudes, actitudes, motivación y deseos necesarios para trabajar individual y colectivamente en la búsqueda de soluciones a los cambios ambientales actuales y para prevenir los que pudieran aparecer en lo sucesivo" Unesco (s.f.). Se espera entonces que las universidades actúen desde la perspectiva planteada por esta organización mundial en relación con el desarrollo de los ODS, como se mencionó en un principio, con políticas de: aprendizaje y enseñanza, investigación, gobernanza institucional, liderazgo social y universidad sostenible.

ODS N.º 6, Agua limpia y saneamiento: conceptualización, diseño e implementación de sistemas mecánicos y energéticos que consideren el transporte, almacenamiento, aprovisionamiento, desalinización, purificación y recuperación del agua. De aquí a 2030 es necesario mejorar la calidad del agua, reduciendo su contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, disminuir a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentar considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial. (ONU, 2022). A esto se le debe sumar un aumento considerable del uso eficiente del recurso hídrico y el aseguramiento de "la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua" (ONU, 2022).

ODS N.º 7 Energía asequible y no contaminante: una formación pertinente con el DS conducirá al diseño y operación de equipos e instalaciones mecánicas y eléctricas con enfoque de economía circular, ligadas a la generación, recuperación, transporte y distribución de energías menos contaminantes. Para 2030, los ingenieros mecánicos deben trabajar para "garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos, (…), aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas (…) y duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética." (ONU, 2022)

ODS N.º 11 Ciudades y comunidades sostenibles: una formación pertinente con este objetivo se enfoca en el diseño y operación de equipos, herramientas e instalaciones para que todos los servicios públicos se puedan volcar hacia una política clara de economía circular con enfoque en las 8R, de manera que a todas las personas se les brinde el acceso a servicios básicos y sistemas de transporte adecuados, sostenibles, seguros y asequibles (ONU, 2022); en consecuencia, la ingeniería mecánica puede contribuir, desde el diseño en el origen, con los procesos de mitigación y adaptación frente al cambio climático.

ODS N.º 13 Acción por el clima: las posibilidades de la ingeniería mecánica son infinitas, pues desde cada una de las áreas de estudio de la ingeniería se pueden diseñar, inventar e implementar, procesos, herramientas, sistemas, motores, máquinas y adminículos que optimicen el uso de energía, contribuyan a la transición energética, la economía circular y disminuyan los desechos y residuos generados. Asimismo, dependerá de la formación, educación e intereses de los egresados que aplican sus conocimientos y habilidades que se pueda "fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales" (ONU, 2022) y a su vez, "promover mecanismos para aumentar la capacidad para la planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático" (ONU, 2022).

Ahora bien, la adaptación de cada uno de los componentes de formación (ciencias básicas, investigación, disciplinar ingenieril, optativas), previstos en la mayoría de los currículos de ingeniería mecánica, puede converger en la sostenibilidad y en los ODS analizados, ya que esta disciplina como campo académico está incorporando cada vez más estudios rigurosos. De hecho, la flexibilidad curricular permite darle un nuevo enfoque a los programas, en la comprensión de una lógica con enfoque futurista que de alguna manera involucra

los adelantos de la Cuarta Revolución Industrial, como son: la Inteligencia Artificial, la nanotecnología, el Big Data y el internet de las cosas. Desde esta perspectiva holística se promueve la ampliación del conocimiento de la ingeniería mecánica y su interacción con las otras ingenierías, en el horizonte de encontrar nuevas posibilidades de interacción como la adición de cursos conjuntos, diplomados y especializaciones en sostenibilidad y economía circular.

Discusión

La educación para el DS es la base fundamental para los diferentes ámbitos educativos, enfocados al mejoramiento social y ambiental del planeta, porque genera en los estudiantes razonamientos lógicos y aprendizajes pertinentes frente a los problemas que nos afectan a todos (Wee, 2017). Existe la posibilidad de vincular la sostenibilidad, la problemática del cambio climático y los ODS en la formación de los ingenieros mecánicos e industriales con el establecimiento y consolidación de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o innovación, que interactúen con los agentes sociales y el empresariado para investigar y generar conocimiento en los temas mencionados. El ingeniero mecánico no se debe suscribir a las demandas de la sociedad con el diseño de productos sujetos a la obsolescencia programada, debe estar a la vanguardia con sus innovaciones en el marco de la sociedad de la IV y V Revolución Industrial, pues desde su formación es responsable de prever el agotamiento de los recursos vitales del planeta, la contaminación y, en general, el impacto de la crisis climática. En tal sentido, debe ser consciente de que los recursos y la materia prima para sus invenciones deberán provenir en una mayor cuantía de los vertederos, la reutilización, la reparación o el reciclaje, siguiendo los postulados de la economía circular.

Se requiere entonces de la actualización curricular de los programas de ingeniería mecánica, formulada, de acuerdo con el análisis de pertinencia para la formación en sostenibilidad, como una posibilidad que no busque uniformizar la oferta educativa, ya que las diferencias en los proyectos educativos son indispensables y aumentan las opciones de formación. Este rediseño curricular debe concebirse como una de las tácticas primordiales para conseguir no solo la excelencia académica, sino la formación en competencias que les permitan detener y combatir el cambio climático, en consecuencia, las propuestas deben converger en el proceso de adaptación de los proyectos educativos a las necesidades del planeta, del estudiante, su comunidad y el territorio.

La actualización curricular debe armonizar la ciencia, la cultura, el contexto, la docencia e investigación, formando estudiantes con sensibilidad ambiental y permitiendo su vinculación a la actividad investigativa y laboral desde la interdisciplinariedad. Mientras tanto, los protocolos de microcurrículos específicos de la asignatura de desarrollo sostenible, involucrada en los planes de estudios revisados, deben apuntarle al propósito de adoptar un pensamiento crítico y sistémico, que permita a los ingenieros ver de manera diferencial las prioridades sociales y ambientales. Esto implica que adopten una mayor comprensión de las múltiples relaciones causa-efecto y profundidad en la capacidad de gestión y resolución de problemas, promoviendo una formación que les permita confrontar con pertinencia los desafíos globales de orden social y ecológico, y contribuir a la construcción de una sociedad sostenible mediante el ejercicio de su profesión en el marco de la Agenda 2030 y de un futuro más sostenible (Cabrales y Márquez, 2017).

Se sugiere incorporar micro currículos a los programas de ingeniería mecánica, que desarrollen en el estudiante la apropiación de valores y saberes ambientales, ecológicos y democráticos para una dirección y gestión, bajo el principio del desarrollo sostenible; que velen por la concordia entre el crecimiento económico, la calidad de vida humana y el respeto por el equilibrio ambiental (Ariza, *et al*., 2020). A su vez, la definición de los problemas ambientales sobre los cuales la ingeniería mecánica genera incidencia e identifica la responsabilidad social en el marco de la legislación ambiental y el marco institucional vigente, además del conocimiento concreto del contexto socio ecológico de la ingeniería y las bases conceptuales necesarias para acoger un enfoque que pueda contribuir al desarrollo sostenible y al cumplimiento de los ODS.

La educación para la sostenibilidad en el caso de Colombia se constituye en una solución holística, pero también compleja, teniendo en cuenta la escasa ambientalización curricular de la educación superior, lo que supone un diagnóstico desde la noción del pensamiento de sostenibilidad al interior de los programas de formación, como se propone en este artículo. El interés de los investigadores se ha enfocado en los programas de ingeniería mecánica del país, teniendo en cuenta que la inserción de las nociones de desarrollo sostenible es urgente, dado el alejamiento de las disciplinas de la ingeniería en los procesos de cuidado y renovación ambiental (Mora, 2012).

Conclusiones

La problemática actual de la humanidad plantea grandes retos para la ingeniería mecánica, por ende, el presente estudio se convierte en una propuesta para considerar al momento en que cada programa busque evaluar, flexibilizar y actualizar constantemente el currículo y a los entes de control como el MEN (Ministerio de Educación Nacional), que lo permitan de manera más expedita.

En ese sentido, se hace necesaria una actualización curricular de los programas de ingeniería frente a los grandes retos socio económicos y ambientales que afronta nuestra sociedad, y en particular, a la exploración de soluciones prácticas enfiladas tanto a mitigar como en facilitar la adaptación a los inconvenientes de sostenibilidad procedentes del actual modelo de desarrollo, centrado en la economía lineal: explotación, uso y desecho. Estos espacios académicos deben estar armonizados con las políticas nacionales e internacionales en los campos político, económico, científico y tecnológico, que tienen serios alcances en lo educativo, toda vez que el mundo actual se mueve en una escena cada vez más compleja de conflictos globales por escasez de recursos y materia prima, que requieren establecer y robustecer comunidades científicas que propendan por la investigación de soluciones a problemas de sostenibilidad desde una perspectiva transdisciplinaria de la ingeniería mecánica.

Se resalta la importancia de conocer el estado actual de los programas de ingeniería mecánica ofertados en Colombia, no solo para proponer una actualización curricular referente al cambio climático, sino para fomentar iniciativas desde las diversas áreas del conocimiento que se den a la interdisciplinariedad y se ofrezcan a trabajar de manera conjunta. Considerando el contexto VUCA global (Volatile, Uncertain, Complex & Ambiguos, por sus siglas en inglés) y la creciente escasez e incremento de los precios de las materias primas, se sugieren nuevos proyectos de investigación en las líneas de extracción, producción y reaprovechamiento de materiales por parte de los programas de ingeniería, egresando profesionales con un sentido de responsabilidad social, ambiental, ética y empresarial.

La actualización curricular de los programas de ingeniería mecánica, de acuerdo con el análisis de pertinencia para la formación en sostenibilidad realizado, está determinada por una realidad inapelable que favorece la formación integral del futuro profesional y su inclusión en el mundo del trabajo de la IV Revolución Industrial. En ese sentido, los procesos, las metodologías, los temas y las didácticas que se emplean en la ingeniería mecánica deben renovarse, de tal forma que la formación en desarrollo sostenible y economía circular sea obligatoria para afrontar el nuevo desafío, que busca conciliar las necesidades del ser humano con la capacidad de carga del planeta.

Considerando que probablemente no existe un sector con mayor potencial de contribución a la sostenibilidad que la ingeniería, se destaca la intervención de los planes de estudio como fuente fundamental y obligatoria en la formación del ingeniero mecánico, instruyendo a los futuros profesionales con nociones y valores agregados en cambio climático, economía circular, transición energética, regeneración de los ecosistemas, huella de carbono, huella hídrica, huella ecológica, emisiones, etc. En suma, la educación ambiental debe consolidarse como un elemento esencial en la promoción de la acción en favor de la sostenibilidad y el clima, mejorando su comprensión y proporcionado los conocimientos, los valores y las

aptitudes que necesita un ingeniero para actuar como agente de cambio.

Finalmente, es necesario admitir la estrecha relación que existe entre la formación profesional, la sostenibilidad y el cambio climático; la fusión de estos elementos abre la puerta a un cambio de paradigma en donde es posible construir desde el origen nuevos imaginarios sustentados en el reaprovechamiento de los recursos, a partir de la formación en economía circular. La formación de los ingenieros del siglo XXI dejará atrás los postulados de la economía lineal de extraer, fabricar, usar y desechar, para abrirle espacio a un nuevo campo de estudio que se enfoque en la recuperación de los materiales desde el diseño, de manera que cese la explotación exacerbada de los recursos del planeta.

Referencias

Ariza, C., Fonseca, S., Ramírez, R., y Vargas, L. (2020). Construcción de un marco referencial para la reforma curricular del programa de ingeniería mecánica de la Universidad del Atlántico. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería, *EIEI-ACOFI*, 1-10. https://doi.org/10.26507/ponencia.703

Arnal, J., Rincón, D. D., y Latorre, A. (1992). *Investigación educativa: fundamentos y metodología*. Labor.

Cabrales, O., Díaz, R., y Márquez, F. (2020). De la extensión social a la responsabilidad ambiental universitaria en Colombia. *Revista científica Comunidad, Creatividad y Aprendizaje*, *2*(2). 21-33. https://www.fuvac.org/wp/wp-content/uploads/2020/11/Revista-Comunidad-creatividad-y-Aprendizaje-2-edicion.pdf.

Cabrales, O., y Márquez, F. (2017). El buen vivir y el no consumo como modelos de desarrollo desde la perspectiva de la bioética global. *Revista Latinoamericana de Bioética*, *17*(1), 168-183. http://dx.doi.org/10.18359/rlbi.1726

Cabrales, O., Márquez, F., y Garzón, E. (2021). Circular economy and non-consumption from a decolonial approach. *Cuadernos de Administración*, *37*(70), 1-15. https://doi.org/10.25100/cdea.v37i70.10905

Casarini, M. (2013). *Teoría y diseño curricular*. Editorial Trillas.

CRUE. (2005). *Directrices para la introducción de la Sostenibilidad en el Curriculum*. https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Directrices+para+la+introducci%C3%B3n+de+la+Sostenibilidad+en+el+Curriculum

Flores, R., (2010). Educación Ambiental: Representaciones Sociales del Uso del Agua. *Educación y Desarrollo Social*, *4*(1). 79-93.

Geywitz, S. (2020). Economía Circular. Implantación en Ingeniería, Fabricación y Diseño Industrial. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, (87). 288-295. http://dx.doi.org/10.18682/cdc.vi87.3772

González, F., y Valencia, J. (2013). Conceptos básicos para repensar la problemática ambiental. *Gestión y Ambiente*, *16*(2), 121-128. https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/39572

Gómez, C. (2017). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica. *Papeles de Relaciones Ecosociales y Cambio Global*, *140*, 107-118. https://www.cvongd.org/ficheros/documentos/ods_revision_critica_carlos_gomez_gil.pdf

Gutiérrez, J., Benayas, J., y Calvo, S. (2006). Educación para el Desarrollo Sostenible: Evaluación de retos y oportunidades del Decenio 2005-2014. *Revista Iberoamericana de Educación*, *40*, 25-69. https://doi.org/10.35362/rie400781

Habermas, J. (1981). *Conocimiento e interés*. Taurus.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Cambio Climático. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Informe de evaluación. https://climatescience2030.com/es/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=traffic-ipcc-car6&utm_content=typ-text__adn-google%20search%20es__aud-4.2&utm_term=ipcc&gclid=Cj0KCQiA4Y-sBhC6ARIsAGXF1g7XnU-x9-B6RQRi6tVVGGzf1bX9B2wvCfiP6yBqAe1sSDfzMcYH6CQaAtFcEALw_wcB

Hernández- Sampieri, R., Fernández, C. y Batista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Gil Education.

López, L. (2004). Población muestra y muestreo. *Punto Cero*, *9*(8), 69-74. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012

López, I., Arriaga, A., y Pardo, M. (2018). La dimensión social del concepto de desarrollo sostenible: ¿La eterna olvidada? *Revista Española de Sociología*, *27*(1), 25-41. https://doi.org/10.22325/fes/res.2018.2

Martínez, M. I. C., y Toscano, J. A. (2018). Inserción del sistema de gestión ambiental en el programa de ingeniería mecánica de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, *1*(31), 48-56. https://doi.org/10.24054/16927257.v31.n31.2018.2764

Martínez, H. (2011). *El marco ético de la responsabilidad social empresarial*. Pontificia Universidad Javeriana.

Mendoza, D. L., Jaramillo, M. C., y López, D. D. (2020). Responsabilidad social de la Universidad de La Guajira respecto a las comunidades indígenas. *Revista de Ciencias Sociales*, *26*(2), 95-106. https://doi.org/10.31876/rcs.v26i2.32426

MEN. (2017). Decreto 1421 del 2017. http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201421%20DEL%2029%20DE%20AGOSTO%20DE%202017.pdf.

MinSalud. (2020). Plan de Contingencia contra el COVID-19. https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/PET/Documents/PLAN%20DE%20CONTINGENCIA%20PARA%20RESPONDER%20ANTE%20LA%20EMERGENCIA%20POR%20COVID-19.pdf.

Mora, W. (2012). Ambientalización Curricular en la Educación Superior: un estudio cualitativo de las ideas del profesorado. *Revista del Curriculum y Formación del Doctorado*, *16*(2). https://www.redalyc.org/pdf/567/56724395006.pdf

Núñez, J. (2017). *Educación superior, ciencia, tecnología y agenda 2030*. http://dspaceudual.org/bitstream/Rep-UDUAL/43/1/Cuadernos%20de%20Universidades%202.%20Educaci%C3%B3n%20superior%2C%20ciencia%2C%20tecnolog%C3%ADa%20y%20Agenda%202030.pdf

ONU (2022). Objetivos de Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

Pérez, F. A., Franco, J. C., Vélez, D. A., Vargas, C. M., y Quintero, L. A. (2018). De la responsabilidad social empresarial a la responsabilidad ambiental universitaria. *Revista Lebret*, (10),133-155. https://doi.org /10.15332/rl.v0i10.2201

Pérez, J., y Agüero, B. (2021). Un cambio de paradigma para abordar los problemas de desarrollo. El enfoque de coherencia de políticas. La financiación de la cooperación al desarrollo en el siglo XXI. *Idees*, 55. https://revistaidees.cat/es/un-cambio-de-paradigma-para-abordar-los-problemas-de-desarrollo/

Pernía, J. C., Palacios Sanabria, L. G., Mosqueda, M., y Sanabria Chópite, M. (2022). Objetivos de Desarrollo Sostenible y Responsabilidad Social Universitaria: Alternativas para cambio climático y desplazados ambientales. *Revista de Ciencias Sociales*, *28*(1), 367-385. https://www.redalyc.org/journal/280/28069961026/html/

Rodríguez, M. (2007). Ingeniería y medio ambiente. *Revista de Ingeniería*, 26, 55-63. https://doi.org/10.16924/revinge.26.7

PUCP. (s.f.). Campo laboral - Facultad de Ciencias e Ingeniería | PUCP. Título del sitio web: Carreras por facultad. https https://www.pucp.edu.pe/pregrado/carreras/por-facultad/://facultad.pucp.edu.pe/ingenieria/carreras/ingenieria-mecanica/campo-laboral/

Stenhouse, L. (1981). *Curriculum research and the professional development of teachers. Research as a Basis for Teaching:* Readings from the work of Lawrence Stenhouse. Heinemann Educational Books.

Sureda, J., y Colom, A. (1989). *Pedagogía ambiental*. Ediciones CEAC.

The Lancet. (2017). *Informe de la Comisión Lancet sobre contaminación y salud*. http://www.thelancet.com/commissions/pollution-and-health

Unesco. (2006). *Decenio de las Naciones Unidas de la Educación con miras al Desarrollo Sostenible (2005-2014): plan de aplicación internacional*. http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001486/148654so.pdf

Unesco. (s.f.). *Manual de Educación para la Sostenibilidad. Decenio de las Naciones*

Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014). https://es.unesco.org/themes/educacion-desarrollo-sostenible/comprender-EDS/decenio-onu

Unesco, (2022). *Contribución de la educación superior a los Objetivos de Desarrollo Sostenible: marco analítico.* https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384239

UNCC, United Nations Climate Change. (2022). Unidos en la Ciencia: estamos avanzando en la dirección equivocada. https://unfccc.int/es/news/unidos-en-la-ciencia-estamos-avanzando-en-la-direccion-equivocada

Valencia Hernández, J. G. (2007). Conflictos ambientales: praxis, participación, resistencias ciudadanas y pensamiento ambiental. *Revista Luna Azul*, *24*, 35-41. https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/1068

Wals, A. (2013). Globalization, sense of place and transformative learning in times of unsustainability. *Panorama Interlingua*, *10*, 60-81. https://research.wur.nl/en/publications/globalization-sense-of-place-and-transformative-learning-in-times

Wee, C. (2017). Sostenibilidad, currículum y calidad. *Revista Educación, Política y Sociedad*, *2*(1), 77-91. https://doi.org/10.15366/reps2017.2.1.004

Zamrik, S. Y. (2008). The Global Mechanical Engineer—The Future of the Profession in 2028. *Journal of Pressure Vessel Technology*, *130*(3). 030301. https://doi.org/10.1115/1.2976461