



Revista Digital La Pasión del Saber

ISSN:2244-7857 / Depósito Legal: ppi200902CA3925

La Ética en la enseñanza de Robótica en la Educación Superior: Un Imperativo Moral

Wilmer E. Sanz Fernández¹
<https://orcid.org/0000-0001-7847-2372>
Universidad José Antonio Páez
San Diego, Venezuela

Recibido: 26-05-2024
Aceptado: 18-06-2024

Resumen

El siguiente artículo profundiza en la necesidad apremiante de incluir una formación en ética y valores, en carreras universitarias como ingeniería, que se relacionan con la Robótica y otras tecnologías disruptivas; resaltando que existen vacíos éticos y riesgos inherentes al diseño y uso de robots, si no se considera el impacto negativo que pueden tener en el hombre y la sociedad. Como fundamento ético se parte del principio de responsabilidad de Hans Jonas, el cual sostiene que los ingenieros y diseñadores de robots deben ser conscientes de las futuras repercusiones de sus actos y decisiones. Este principio es especialmente relevante en el contexto de la robótica y otras disciplinas eminentemente tecnológicas, donde los efectos de los diseños pueden tener un impacto significativo en el futuro y a nivel global. Además, se hace una descripción de los principios de la metodología educativa STEM, argumentando que, si bien ha demostrado ser exitosa, es necesario complementarla con una formación basada en valores, lo cual ayudaría a los estudiantes a desarrollar una comprensión más profunda de las implicaciones éticas de su trabajo y a tomar decisiones responsables en su práctica profesional. Al concluir, se enfatiza que una formación en robótica no solo se debe centrarse en las habilidades técnicas, sino que también ha de incorporar una sólida formación ética; de manera que, los futuros ingenieros estén mejor preparados para encarar los desafíos propios de la era digital.

Palabras clave: Ética; Robótica; Humanismo; Responsabilidad; Educación.

¹Ingeniero Electricista Universidad de Carabobo (UC), Especialista en Docencia para la Educación Superior UC, Magister Scientiarum en Instrumentación Universidad Central de Venezuela, Doctorando en Ciencias de la Educación, mención Educación Universitaria Universidad José Antonio Páez. Correo electrónico: wsanz@ujap.edu.ve

Ethics in robotics training in higher education: a moral imperative

Abstract

The following article delves into the pressing need to include training in ethics and values in university courses such as engineering, which are related to Robotics and other disruptive technologies; highlighting that there are ethical gaps and risks inherent in the design and use of robots, if the negative impact they can have on man and society is not considered. Hans Jonas' principle of responsibility is used as foundation, which maintains that engineers and robot designers must be aware of the future repercussions of their actions and decisions. This principle is especially relevant in the context of robotics and other eminently technological disciplines, where the effects of designs can have a significant impact on future and globally. In addition, a description of the principles of the STEM educational methodology is made, arguing that, although it has proven to be successful, it is necessary to complement it with values-based education, which would help students to develop a deeper understanding of the ethical implications of their work and to make responsible decisions in their professional practice. In conclusion, it is emphasized that robotics studies must not only focus on technical skills, but must also incorporate solid ethics education; so that future engineers are better prepared to face the challenges of the digital age.

Keywords: Ethics, Robotics, Humanism, Responsibility, Education.

Introducción

Hablar de “ética en robótica” amerita una reflexión previa acerca del concepto. Según la RAE (2023), Ética es el “Conjunto de normas morales que rigen la conducta de la persona en cualquier ámbito de la vida”. A partir de esta llana definición se desprenden dos relaciones obvias, con la moralidad y con las personas, por lo que tiene lugar la siguiente pregunta: ¿Se puede hablar de “ética de los robots”? Sin adentrarnos en un debate, en primera instancia, la respuesta es negativa; lo que nos lleva directamente a centrarnos en los seres humanos, como protagonistas de nuestras reflexiones en cuanto a su relación con los robots y su rol como beneficiarios o discentes de un proceso formativo perfectible por la inclusión de valores y principios. No obstante, la preocupación de la sociedad, instituciones y gobiernos al respecto, por supuesto existe, pero es muy pálida, de acuerdo con la enorme importancia y las implicaciones negativas que pueden resultar en un futuro no muy lejano. La necesidad de una legislación internacional sobre responsabilidad en robótica es perentoria y son pocos los países que han tomado esa conciencia, más allá del factor seguridad, que se supone implícita en el uso de cualquier tipo de maquinaria. Queda a los centros que pueden fungir de reservorios o semilleros morales, como las universidades, la misión de promover avances en cuanto a la siembra de valores en los profesionales que han de encargarse de la producción y aplicación de nuevas tecnologías; y la educación es la herramienta para lograrlo.

Ciencia, Robótica y Educación

El origen de la robótica hay que rastrearlo en la ciencia ficción. La primera aparición del término se encuentra en un relato corto titulado “¡Embustero!”, (Asimov, 1941/2012): “Esto marcaría la fecha más importante en el avance de la ciencia robótica de nuestra era si supiésemos por qué sucede” (p. 161). En este breve extracto, Asimov se refiere a una disciplina que se ocupa del diseño de los robots y, sin cortapisas, la declara como una ciencia. Desde entonces la disciplina se ha establecido como una rama de la ingeniería que se nutre del auxilio de otras ciencias como la física y la computación, en sintonía a la definición cauta que ofrece la RAE (2023): “Técnica que aplica la informática al diseño y empleo de aparatos que, en sustitución de personas, realizan operaciones o trabajos, por lo general en instalaciones industriales”; con lo cual se le confiere un rol aplicativo de una ciencia y la identifica como un área de tipo ingenieril.

No obstante, la palabra escogida por Asimov en inglés fue ‘robotics’ y en ese idioma es posible hallar una definición donde se le atribuye un doble carácter, científico y tecnológico (Oxford English Dictionary, s.f.): “La tecnología o ciencia del diseño, construcción, operación y uso de robots y dispositivos automáticos similares”. Luego de este examen, ¿puede afirmarse que la robótica es una ciencia?

Para él filósofo alemán Hans Jonas (1984), la ciencia es una actividad humana que busca comprender el mundo natural y social a través de la observación, la experimentación y la razón; no obstante, no se trata únicamente de una actividad intelectual, sino de una práctica que tiene un impacto en el mundo. Jonas sostiene que la ciencia debe guiarse por un principio de responsabilidad según el cual, los científicos tienen la obligación de considerar las consecuencias de su investigación. En consecuencia, la ciencia debe llevarse a cabo de manera ética, considerando los posibles impactos de la investigación científica en las personas, el medio ambiente y la sociedad.

Según la visión de quien escribe, la robótica es una disciplina que genera conocimiento, mediante la observación de la naturaleza y el comportamiento de seres vivos (hombre y animales), intentando reproducir sus características en artefactos mecatrónicos; por lo que el hombre encuentra en ella escenarios fértiles para comprender los niveles de inteligencia de insectos, animales y para mejorar el conocimiento de sí mismo, de su potencial y limitaciones. Con este contexto, es irrefutable el carácter científico de la robótica, que no solo se relaciona con la creación de simples máquinas o herramientas para la solución de problemas, que facilitan la vida diaria o evitan la ejecución de actividades peligrosas; se trata de un espacio para la reflexión, y el aprendizaje de lo que somos como especie dotada del don de la creación; con facultades como autoconocimiento y la proyección de nuestras esperanzas y temores.

Ahora bien, al igual que cualquier otra ciencia relacionada directamente con la tecnología, la responsabilidad acerca del uso de sus productos es de la más alta relevancia. Las consecuencias negativas sobre la utilización descontrolada o mal intencionada de lo tecnológico pueden ser catastróficas para todas las especies y para la vida en sus distintas manifestaciones. Al respecto, varios pensadores han hecho claras advertencias,

pero es tal la magnitud de los daños potenciales, que nunca serán suficientes los planes, medidas y acciones que se tomen para disminuir los riesgos. Byung-Chul Han (2019), por ejemplo, afirma:

La tecnología digital no es una herramienta neutra que se pueda usar para fines buenos o malos. Es una fuerza que transforma radicalmente el mundo y al hombre. La tecnología digital no es solo un medio, sino también un fin. No solo nos permite hacer cosas, sino que también nos transforma. (p. 11)

En este punto la educación muestra su valor, justamente por el efecto transformador que tiene sobre las personas. Como espacio de trascendencia para el ser humano (Morales, 2005), la educación debe implementarse a través de un proceso formativo centrado en valores, para sembrar la conciencia sobre la imperante necesidad de usar la tecnología para bien de la sociedad y el ambiente. Al respecto, Hans Jonas expresa:

Una educación del sentimiento y de la imaginación que haga experimentar en forma de visión las consecuencias de nuestro actuar, de modo que produzca el temor a las consecuencias negativas; ése será el sentimiento adecuado precisamente para, por un lado, evitar que ocurran tales consecuencias negativas y, por otro, promover la acción responsable, conforme un sentimiento de 'la humanidad'. (Jonas 1997, 53)

La postura de Jonas respecto al fin utilitario que se requiere del hecho educativo es la que se adoptará al momento de describir las características y elementos que deben considerarse como parte de una propuesta para la enseñanza de la robótica.

Vacíos éticos de la formación en robótica en ingeniería

En la década de 1990, la National Science Foundation de Estados Unidos concibió un modelo educativo fundamentado en la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas, el cual es conocido por sus siglas en inglés, como STEM. Los objetivos del modelo, según Sánchez y García (2018), son los siguientes:

- Desarrollar las habilidades y el conocimiento necesarios para carreras en STEM.
- Preparar a los estudiantes para el éxito en la economía global.
- Promover el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la creatividad.

El modelo ha sido acogido en numerosos países con la esperanza de potenciar su competitividad en cuanto a capacidad de innovación, gracias al énfasis puesto en las áreas referidas, en la formación de sus profesionales. Para tal fin sirve la robótica, usada como herramienta transversal de aprendizaje en los planes de estudios de educación básica y media, permitiendo a los estudiantes de estos niveles aproximarse a la tecnología mediante el uso de drones, microbots y versiones a escala reducida de robots industriales, humanoides, zoomorfos, insectoides, entre otras.

Si bien el éxito de la metodología es difícilmente negable, resulta notable la ausencia de consideraciones éticas en sus fundamentos. Una crítica citable proviene del filósofo alemán Han Jonas (1979):

La ciencia y la tecnología moderna han creado un mundo nuevo en el que la intervención humana puede tener consecuencias globales y a largo plazo que no se pueden prever. Este nuevo mundo requiere una nueva ética, una ética de la responsabilidad. (p. 13)

El planteamiento de Jonás establece la clara necesidad de una ética basada en la responsabilidad como requisito de una nueva realidad tecnológica. En este punto el autor del presente ensayo se manifiesta en completo acuerdo con las presuposiciones ontológicas del principio de responsabilidad establecido por Jonas, considerando, como afirma Rosales (2004), que: "la posición ética de Jonas no es una propuesta utópica o ingenua, sino realista y consciente de sus limitaciones" (p. 97).

La pertinencia del pensamiento jonasiano puede ser apreciada en el siguiente extracto de su obra:

Por tanto, las nuevas capacidades de acción requieren nuevas reglas éticas y quizás, incluso, una nueva ética. Se dijo «no matarás» porque el hombre tiene el poder de matar y a menudo la ocasión y la inclinación a hacerlo; en definitiva, porque de hecho se mata. Sólo bajo la presión de los hábitos reales de acción y, en general, del hecho de que se actúa sin que eso precise un mandato anterior, aparece la ética como reguladora de tales acciones a la luz de lo bueno o lo permitido. (Jonas, 1979, p.32)

Tal ética reguladora cobra singular significación para los ingenieros, ya que ellos son formados para aplicar los conocimientos científicos en el uso y diseño de nuevas tecnologías. La experiencia personal docente de quien escribe, relacionada con la formación de ingenieros electricistas, electrónicos, mecánicos y mecatrónicos, en el área de robótica industrial, por más de dos décadas, ha consolidado la percepción sobre la existencia de un divorcio entre los planes de estudios de las carreras relacionadas con el desarrollo tecnológico y la formación en valores humanos y ciudadanos; una brecha que debe ser estrechada, dada la alta cuota de responsabilidad que puede atribuirse a estos profesionales. Sobre la responsabilidad de los ingenieros se tiene que: "es, pues, una responsabilidad por el futuro, una responsabilidad no sólo por los resultados inmediatos de sus acciones, sino también por las consecuencias remotas e imprevisibles que pueden derivarse de ellas" (Jonas, 1979, p. 129).

Existe un potencial transformador en la aplicación del conocimiento, uno que puede manifestarse en daños o soluciones, en mejoras o en desastres; uno al que Jonas atribuye, en el caso de los ingenieros, características especiales: "El poder de los ingenieros es, pues, un poder terrible, un poder que puede conducir al bien o al mal, y que se ejerce, en última instancia, sobre la vida misma" (Jonas, 1979, p. 128); pero, como afirma Rosales (2004): "La creatividad tecnológica, consustancial al ser humano (homo faber), debe ser utilizada adecuadamente, no desechada, para tratar de corregir los abusos del poder humano" (p. 108).

Sobre la base de tales argumentos, las carreras de ingeniería deberían ajustar sus planes de estudio para que sus estudiantes egresen como profesionales a la altura de la responsabilidad que les toca, en el seno de esta sociedad expuesta a los cambios tecnológicos. Al respecto dice Sandel:

Los ingenieros deben ser formados no solo en las ciencias y las matemáticas, sino también en la ética. Deben aprender a pensar de manera crítica sobre las implicaciones sociales y ambientales de sus diseños. Deben aprender a considerar los intereses de las personas que serán afectadas por sus tecnologías." (Sandel, 2010, p. 215)

Ciertamente, los modelos curriculares centrados en las capacidades: concebir, diseñar, implementar y operar (CDIO) deben ser complementados por una formación que consolide los principios y valores humanos de los ingenieros. No es vana la afirmación de Sandel (2010), según la cual:

Sin una formación ética, los ingenieros pueden quedar atrapados en una mentalidad de «hacer lo que sea necesario» para lograr un objetivo técnico. Pueden ignorar las implicaciones sociales y ambientales de sus diseños, o pueden considerar que estas consideraciones son secundarias a los requisitos técnicos. (Sandel, 2010, p. 216)

El reclamo de Sandel es justo, ya que tradicionalmente los ingenieros pueden ser vistos como solucionadores de problemas (Petrotski, 2016, p.1); y en tal pragmatismo pueden pasarse por alto la recomendación de la UNESCO, según la cual: "Los ingenieros de IA tienen la responsabilidad de considerar los riesgos éticos de sus sistemas. Esto incluye considerar cómo los sistemas podrían ser utilizados para dañar a las personas, discriminarlas o violar su privacidad" (2022, p. 11).

Resulta notable que muchos entes oficiales y asociaciones ocupadas con el tema de la robótica y las nuevas tecnologías lo hacen en relación a la seguridad, dejando de lado los aspectos relativos a la responsabilidad, al ambiente, los derechos y los valores éticos que debieran abordarse en forma paralela. Mucho menos hay qué decir en relación al perfil de los profesionales del sector tecnológico, aspecto que debe tratarse a nivel educativo; para lo cual conviene llevar a cabo una revisión de las leyes propias de cada país, ya que en estos documentos no puede haber una completa omisión del asunto.

Riesgos tecnológicos a considerar

Es un hecho cierto que el uso de cualquier herramienta nunca podrá ser totalmente seguro, ya que las mismas son elementos neutrales; y su aprovechamiento, para bien o para mal, depende del ser humano. Desde un punto de vista ontológico puede afirmarse que el riesgo latente de destrucción del medio ambiente a gran escala y de la autodestrucción de nuestra especie es evidente, pues las decisiones equivocadas de unos pocos pueden decidir el destino de muchos. Por tanto, es a las personas y las instituciones a quienes corresponde tomar medidas para minimizar las amenazas inherentes a la introducción de nuevas tecnologías.

Respecto a tales riesgos, existe coincidencia de opiniones entre importantes teóricos y referentes contemporáneos como Edgar Morín y Bertrand Russell. Sus posturas pueden analizarse a partir de los siguientes extractos:

La tecnología puede ser un instrumento de destrucción de la humanidad. Puede ser usada para construir armas de destrucción masiva, para manipular la opinión pública, o para controlar a las personas. En última instancia, la tecnología puede destruirnos si no la usamos de manera responsable. (Morín, 1977, p. 273)

Los robots son sistemas complejos que pueden realizar tareas que antes eran realizadas por humanos. Pueden ser usados para automatizar tareas peligrosas o repetitivas, o para realizar tareas que requieren una precisión o velocidad superior a la humana. Sin embargo, los robots también plantean una serie de riesgos, como el desempleo, la pérdida de control sobre el trabajo, y la posibilidad de que los robots se vuelvan autónomos y representen una amenaza para la humanidad. (Morín, 2001, p.256)

Por su parte, Bertrand Russell opina sobre la Inteligencia Artificial (IA) lo siguiente:

Es posible que algún día las máquinas lleguen a ser tan inteligentes como los hombres, o incluso más inteligentes. En tal caso, pueden llegar a ser una amenaza para la humanidad, ya que podrían decidir que los hombres son un obstáculo para su propia existencia. Es importante, por lo tanto, considerar los posibles riesgos de la inteligencia artificial. (Russell, 1959, p. 329)

Tanto Russell como Morín expresan los peligros presentes y futuros representados por los robots y los sistemas de IA, basando sus argumentos en la consideración de posibilidades. Morín, algo menos cauto que Russell, deja el tono especulativo para el caso en que la propiedad o característica de la autonomía de los robots se consolide. Puede entenderse que el concepto de autonomía empleado se refiere a la capacidad de tomar decisiones sin la intervención de los humanos; pero tal capacidad es justo una de las características de los sistemas de IA; mismos que suelen aplicarse en los robots. Los límites de cuanto pueden hacer las máquinas son determinados por algo más que sus capacidades; quedando establecidos por reglas que deben formar parte de su diseño o programación.

Una de las primeras contribuciones respecto al deber ser en la creación de tecnología e interacción con las máquinas llega a nuestros días como legado de Isaac Asimov. En una compilación de cuentos publicados por este autor, bajo el título Yo Robot (2012), se presentan las Leyes de la Robótica; un conjunto de reglas ineludibles para los robots de sus libros, que les impiden dañar a los seres humanos. Estas ideas de Asimov destacan la necesidad de mantener a las máquinas al servicio del hombre, evitando que lleguen a ser una amenaza. Coincide en esta percepción Nick Bostrom:

Si los humanos no son capaces de controlar la evolución de la IA, es probable que lleguemos a un punto en el que los sistemas de IA superen nuestra capacidad de

entenderlos y controlarlos. En ese punto, podríamos perder el control de nuestra propia creación. (Bostrom, 2014, p. 33)

Los robots que son más inteligentes que los humanos podrían ser una amenaza para la humanidad. Podrían decidir que los humanos son un obstáculo para su propia existencia y tomar medidas para eliminarnos. (Bostrom, 2014, p. 34)

No es casualidad que el escenario planteado por Bostrom sea el mismo que sirve de argumento a los libros de Asimov, con máquinas inteligentes evolucionando hasta el punto de decidir que la vida de las personas puede sacrificarse, si así lo requiere un fin mayor; pero he ahí el dilema: el absolutismo de tales leyes ha quedado eliminado, pudiendo ampliar su número o modificarlas, cuando el tiempo y las circunstancias lo ameriten.

No obstante, la perspectiva de Asimov es orientadora, siendo necesario promover iniciativas que propendan al uso seguro de los autómatas y demás sistemas tecnológicos. Sobre tales iniciativas, Jaques Delors (1997) afirma que deben partir de organizaciones internacionales, gobiernos y empresas:

La tecnología, y en particular la robótica, está transformando rápidamente el mundo del trabajo. Los robots pueden realizar tareas que antes eran realizadas por humanos, y esto podría conducir a un aumento del desempleo. Es importante que los gobiernos y las empresas trabajen juntos para garantizar que los beneficios de la tecnología se distribuyan de manera equitativa. (p. 114)

La tecnología también podría ser usada para propósitos destructivos. Por ejemplo, los robots podrían ser usados para desarrollar armas autónomas que podrían matar sin intervención humana. Es importante que los gobiernos trabajen juntos para desarrollar normas internacionales que regulen el uso de la tecnología. (p.115)

Iniciativas oficiales

Un paso en esa dirección lo constituye el Informe del Relator Especial de la Organización de Naciones Unidas, sobre las ejecuciones extrajudiciales, sumarias o arbitrarias, Christof Heyns (2014). En este documento se establece a la robótica letal autónoma (LRA) como aquellos sistemas de armas que pueden seleccionar y atacar objetivos de manera autónoma, sin la intervención humana. También se incluye una importante consideración respecto a la inaceptabilidad de los ejemplares de la LRA, porque no puede diseñarse para ellos un sistema adecuado de responsabilidad legal y porque los robots no pueden tener el poder de decidir sobre la vida y la muerte de los seres humanos. El reconocimiento del tema por parte de la comunidad internacional es clara evidencia de su importancia.

Otro tanto es aportado por la Pontificia Academia de las Ciencias, órgano del Vaticano que se encarga de ciencias básicas, ciencias y tecnología de los problemas globales, ciencia de los problemas del mundo en desarrollo, política, científica, bioética y

epistemología. En una declaración final fundamentada en una conferencia titulada «Poder y límites de la inteligencia Artificial» (von Braun, 2017) se tocan los temas siguientes:

- Ciencia, ingeniería e interacción humano- IA/robot
- La robótica y su potencial de modificar el trabajo, la agricultura, la pobreza, la desigualdad y la ecología
- Robótica, IA y conflictos armados

También se pueden referir iniciativas oficiales como la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, que establece los requisitos de seguridad para las máquinas, incluidas las máquinas robóticas, según se desprende del siguiente apartado: "Las máquinas, incluidas las partes de máquinas, los sistemas de mando y los programas informáticos que se utilicen para el funcionamiento de las máquinas, se considerarán máquinas en el sentido de esta Directiva" (artículo 1, apartado 2, de la Directiva 2006/42/CE). En este documento se plasman requisitos esenciales:

- Seguridad de los trabajadores y los consumidores.
- Protección contra riesgos específicos.
- Diseño y fabricación seguros.
- Información e instrucciones.

Ejemplos de consideraciones similares se encuentran en el conjunto de directrices emanadas desde un comité de expertos que labora en el Ministerio de Economía, comercio e Industria de Japón (METI, 2022), en la Ley de seguridad de robots del Ministerio de Industria, Comercio y Energía de Corea del Sur (2021), en las normas de seguridad similares promulgadas por el Ministerio de Industria y Tecnología de la Información (MIIT, 2022) de la República Popular China; y en el código de conducta para la industria robótica de la Asociación Japonesa de la Robótica (JAR, 2022).

De igual manera, en América Latina se pueden citar algunas iniciativas oficiales; por ejemplo, en México, la Secretaría de Economía (SE, 2012) publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-030-SCT2/2012, donde se establecen requisitos de seguridad para los robots industriales; mientras que, en Argentina, la Subsecretaría de Tecnologías de la Información (2023) emitió un boletín oficial contentivo de recomendaciones para una IA fiable, lo que denota compromiso con el desarrollo responsable.

Las anteriores son algunas acciones que responden a los planteamientos de Delors (1997), en el sentido de lo que deben hacer empresas y entes oficiales para allanar las condiciones sobre el uso e interacción segura de los robots y con las nuevas tecnologías; pero debe haber otras en el sector educativo y sobre ellas trata la sección siguiente.

Elementos necesarios para una propuesta educativa en robótica

En la República Bolivariana de Venezuela, tomada como contraejemplo de una posición oficial activa en tales asuntos, se tiene a la Ley Orgánica de Educación (2009, artículo 15), publicada en la Gaceta Oficial 5929, la cual establece los fines de sistema educativo,

conforme a la constitución nacional. En su artículo 15, numerales 4 y 5, respectivamente, se lee lo siguiente:

4. Fomentar el respeto a la dignidad de las personas y la formación transversalizada por valores éticos de tolerancia, justicia, solidaridad, paz, respeto a los derechos humanos y la no discriminación.

5. Impulsar la formación de una conciencia ecológica para preservar la biodiversidad y la sociodiversidad, las condiciones ambientales y el aprovechamiento racional de los recursos naturales.

Todas las naciones deberían tener un marco legal similar, el cual pueda usarse como punto inicial para elaborar proyectos o propuestas educativas inspiradas en la ética. En el caso concreto de formación en robótica para ingenieros, los objetivos y acciones a considerar pueden mantener los elementos positivos probados en metodologías exitosas como la STEM, pero además deben incorporar los valores identificados como ausentes y necesarios en el análisis anterior. Los siguientes podrían ser algunos de los más importantes:

- Enseñar a los estudiantes sobre los riesgos potenciales de las tecnologías, como los tocantes a la privacidad, la seguridad y el medio ambiente.
- Inculcar en los estudiantes un pensamiento crítico sobre las tecnologías y el apego al principio de responsabilidad. Esto incluye la evaluación de las consecuencias negativas y la identificación de los posibles sesgos en el diseño de las tecnologías.
- Orientar el uso de habilidades STEM para crear tecnologías en pro del beneficio de la sociedad y solución de problemas sociales y ambientales.
- Propiciar el trabajo en equipo e interdisciplinario, lo cual fortalece la competencia comunicativa y el aprendizaje integral.
- El estudio de la Semántica en Robótica, consistente en evaluar la capacidad que tienen los robots y otras máquinas dotadas de IA, de interpretar el mundo que los rodea. Esto podría ser un factor que contribuya al conocimiento de la propia psiquis del ser humano.
- Ética en Robótica, más allá de consideraciones de seguridad o del tipo deontológicas, donde se analiza el tema de la responsabilidad por las consecuencias negativas que pudiera tener la toma de decisiones por parte de las máquinas y robots dotados de IA.

Conclusiones

La robótica, además de ser una disciplina protagónica de los procesos de automatización es también una ciencia a través del cual el hombre puede proyectar su visión o interpretación de la naturaleza.

Al igual que otras ciencias tecnológicas, la robótica involucra potenciales riesgos que demandan una sólida postura ética de los ingenieros e investigadores, ya que sobre ellos recae la mayor parte de la responsabilidad del diseño y aplicación de los robots, sistemas que tienen gran impacto en el hombre, su estilo de vida y la sociedad.

Las iniciativas oficiales sobre ética y robótica son escasas y suelen orientarse mayormente hacia el tema de la seguridad, pero es posible evidenciar una actitud más diligente en lo que se refiere a IA, lo que demuestra una preocupación creciente por el uso responsable de nuevas tecnologías.

La formación tradicional de ingenieros, basada en objetivos propios o similares a los establecidos en la metodología STEM, debe complementarse con una propuesta educativa basada en ética y valores.

Referencias

- Asimov, I. (2012). *Yo Robot*. México. Editorial Sudamericana.
- Asociación Japonesa de Robótica (JAR). (2022). *Código de conducta para la industria robótica*. Tokio: JAR.
- Delors, J. (1997). *La educación encierra un tesoro*. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI. Madrid: Santillana.
- Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, sobre máquinas". (2006, 8 de julio). *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 200/1.
- Federación Internacional de Robótica. (2017). *Declaración de Ginebra sobre la robótica*. Ginebra, Suiza: International Federation of Robotics.
- Han, B.-C. (2019). *La sociedad de la transparencia*. Barcelona: Herder
- Heyns, C. (2014). *Report of the Special Rapporteur on extrajudicial, summary or arbitrary executions*. Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas
- Jonas, H. (1979). *El principio de responsabilidad: ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Barcelona, España: Herder.
- Ley Orgánica de Educación de la República Bolivariana de Venezuela (2009, 15 de agosto).
- Ministerio de Desarrollo Productivo de Argentina. (2022). *Documento de orientación para la seguridad de los robots*. Buenos Aires: Ministerio de Desarrollo Productivo.
- Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI). (2022). *Directrices para la seguridad de los robots industriales*. Tokio: METI.
- Ministerio de Industria, Comercio y Energía de Corea del Sur. (2021). *Ley de Seguridad de Robots*. Seúl, Corea del Sur: Ministerio de Industria, Comercio y Energía.
- Ministerio de Industria y Tecnología de la Información de China. (2022). *Normas para la seguridad de los robots*. Pekín: Ministerio de Industria y Tecnología de la Información.
- Morales, J. (2005). *Fundamentos Epistemológicos para la Educación más allá de la Postmodernidad. Educar para la Trascendencia*. *Revista Anthropos Venezuela*, Nro. 50/51, pp. 59-71
- Morín, E. (1977). *La mente bien puesta*. Buenos Aires: Nueva Visión.
- Morín, E. (2001). *Introducción al pensamiento complejo*. Madrid: Cátedra.
- Petroski, H. (2016). *The Engineering Mindset*. Belknap Press.
- Real Academia Española. (2023). *Diccionario de la lengua española*. (23.ª ed.). Madrid: Espasa.
- Rosales, A. (2004). *Naturaleza orgánica y responsabilidad ética: Hans Jonas y sus críticos*. *Trans/Form/Ação, São Paulo*, 27(2): 97-111, 2004
- Russell, B. (1959). *El futuro de la mente*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Sandel, M. J. (2010). *Justicia: ¿Qué es lo correcto?* Madrid: Taurus.
- Sánchez-Martín, M., & García-Peñalvo, F. J. (2018). *STEM education: A review of the literature*. *Journal of STEM Education*, 19(2), 1-19
- Secretaría de Economía de México (SE). (2012). *Norma Oficial Mexicana NOM-030-SCT2/2012*. México: SE.
- Subsecretaría de Tecnologías de la Información. (2023). *Recomendaciones para una inteligencia artificial fiable*. Disposición 2/2023 DI-2023-2-APN-SSTI#JGM [Boletín Oficial]. Jefatura de Gabinete de Ministros.
- UNESCO. (2021). *Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial*. París, Francia: UNESCO.
- Von Braun, J. (2017). *Declaración final sobre Robótica, Inteligencia Artificial y Humanidad*. Pontificia Academia de la Ciencia. [En línea]. Disponible en: https://www.vatican.va/roman_curia/pontifical_academies/acdscien/index_sp.htm