

**CONSIDERACIONES ÉTICAS PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN  
INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN COLOMBIA**

**VALENTINA VILLADIEGO GONZALEZ**

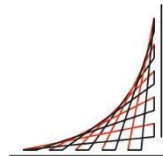
**Trabajo Dirigido**

**Tutor**

**Ing. Wilson Alexander Sierra Arévalo  
Ing. Luis Eduardo Rodríguez Cheu. PhD**



**Universidad del  
Rosario**



**ESCUELA  
COLOMBIANA  
DE INGENIERÍA  
JULIO GARAVITO**

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO  
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO  
PROGRAMA DE INGENIERÍA BIOMÉDICA  
BOGOTÁ D.C  
2023**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios, por darme la vida, la salud y la sabiduría para poder llevar a cabo este proyecto. Su amor y su guía me han acompañado en cada paso del camino.

A mi novio, por su amor, su apoyo incondicional y su paciencia infinita. Siempre has estado ahí para mí, incluso en los momentos más difíciles. Gracias por creer en mí y por hacerme sentir tan especial.

A mi familia, por su amor, su comprensión y sus consejos. Siempre me han apoyado en mis sueños y me han enseñado a ser una persona fuerte e independiente.

A mis profesores, por su sabiduría, su dedicación y su paciencia. Me han brindado una educación de calidad y me han ayudado a crecer como profesional y como persona.

Sin el apoyo de todos ustedes, no habría sido posible culminar este proyecto. Gracias por ser parte de mi vida y por hacerme la persona que soy hoy.

Valentina Villadiego Gonzalez

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. OBJETIVOS.....	8
2.1. General.....	8
2.2. Específicos.....	8
3. ESTADO DEL ARTE.....	9
4. INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	11
4.1 HISTORIA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	11
4.2. TEST DE TURING.....	14
4.3. MACHINE LEARNING.....	15
4.4. DEEP LEARNING.....	19
4.5. INPUTS Y OUTPUTS EN LA IA.....	21
5. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA INDUSTRIA MÉDICA.....	22
5.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN PROGRAMAS DE INGENIERÍA BIOMÉDICA EN COLOMBIA.....	24
6. PELIGROS EN TORNO A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	25
7. CONSIDERACIONES ÉTICAS RESPECTO A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL MUNDO.....	29
8. METODOLOGÍA.....	34
9. RESULTADOS.....	37
10. DISCUSIÓN.....	48
CONCLUSIONES.....	51
REFERENCIAS.....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Línea de tiempo de la introducción del machine learning en artículos científicos. Tomado de PubMed.	13
Figura 2. Árbol de decisión para modelar las consecuencias de considerar una máquina u otra. Tomado de Google Images.	14
Figura 3. Reglas de asociación para relacionar productos de la canasta del super. Tomado de IBM	14
Figura 4. Modelo de red neuronal multicapa. Tomado de Google Images.	15
Figura 5. Clustering de la literatura encontrada sobre Covid-19 alrededor del mundo. Tomado de Kaggle.	15
Figura 6. Redes bayesianas para representar el flujo de llegar a un estornudo. Tomado de Google Images.	15
Figura 7. Vector de soporte para dos categorías diferentes. Tomado de Medium.	16
Figura 8. Los once ámbitos de acción política. Tomado de la UNESCO.	25
Figura 9. Matriz de clasificación de riesgos con base en la severidad de los daños probables a un individuo. Tomado de MinTic.	27
Figura 10. Pipeline de extracción y análisis de datos	32
Figura 11. Vista principal del servicio Jenkins	32
Figura 12. Distribución por género de la data.	33
Figura 13. Distribución de encuestados en las diferentes universidades censadas.	33
Figura 14. Distribución de materias sobre inteligencia artificial vistas durante el pregrado.	34
Figura 15. Distribución de materias sobre inteligencia artificial que incluyen temas relacionados a ética vistas durante el pregrado.	34
Figura 16. Distribución de materias específicas sobre ética aplicada a inteligencia artificial vistas durante el pregrado.	34
Figura 17. Distribución del total de encuestados en cuanto a la relación entrada con términos e inteligencia artificial.	35
Figura 18. Distribución de respuestas a encuestados frente al escenario 1.	36
Figura 19. Distribución de respuestas a encuestados frente al escenario 2.	36
Figura 20. Distribución de respuestas a encuestados frente al escenario 3.	36
Figura 22. Distribución de respuestas a encuestados frente al escenario 5.	37
Figura 23. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a beneficio social.	37
Figura 25. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a explicación	38
Figura 26. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a privacidad.	38
Figura 27. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a	

control humano de las decisiones.	38
Figura 29. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a Inclusión.	39
Figura 30. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a seguridad.	39
Figura 31. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a no discriminación.	39
Figura 33. Relación del número de materias de IA y el número de materias específicas sobre ética aplicada a IA según la data por carreras de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (Cuadrante superior derecho).	41
Figura 34. Relación del número de materias de IA y el número de materias específicas sobre ética aplicada a IA según la data por Ingeniería Biomédica de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito según el género(Cuadrante superior derecho)	41

## 1. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) cuenta actualmente con avances muy importantes que pueden mejorar el bienestar humano. Pero el primer interrogante recae en la definición misma de la inteligencia artificial; en los textos e investigaciones desde su aparición, se describe como la capacidad de las máquinas u ordenadores de realizar tareas que eran propias de los seres humanos. Dichas tareas ya no se limitan al cómputo de extensas operaciones matemáticas o el procesamiento de miles de datos, sino que cuentan con la facultad de tomar decisiones y entender la situación en su torno y “responder” de la forma más acertada tal y como nosotros los seres humanos lo haríamos en el ejercicio de la razón[1]. Sigue existiendo la diferencia entre las IAs y la capacidad misma del raciocinio humano por el hecho de que éstas trabajan bajo algoritmos previamente desarrollados, entrenados y supervisados por humanos. Sin embargo, a día de hoy hay tecnologías que cuentan con aprendizaje reforzado que les da la facultad de aprender y discernir continuamente bajo diferentes situaciones, sin necesidad de contar con previas actualizaciones que lo preparen para lo desconocido. Lo que sugiere una intención de autonomía en el proceso.

La medicina emerge como uno de los campos de aplicación primordiales para los sistemas basados en Inteligencia Artificial. En la medida en que la atención médica contemporánea se vuelve cada vez más compleja, la IA ha demostrado ser una herramienta invaluable para los equipos médicos. No solo se destaca en el diagnóstico, sino que también desempeña un papel crucial en proporcionar una atención auxiliar más precisa. En este contexto, la capacidad de la inteligencia artificial para respaldar la toma de decisiones médicas se revela como un recurso esencial, fortaleciendo la eficacia global de la atención médica. Con el denominado “aprendizaje profundo”, la IA tiene la capacidad de reconocer diferentes patrones por capas, lo que implica poder determinar características por separado como colores, tamaños y formas antes de lanzar un veredicto diagnóstico, con lo que se puede obtener un mayor campo de especificidad en una imagen diagnóstica, por ejemplo, más allá de la percepción visual humana. El uso de este tipo de tecnologías disruptivas en el campo de la salud no solo se limita al diagnóstico clínico, sino también por medio de soluciones algorítmicas y herramienta de apoyo en la práctica médica[2], sin embargo para que la inteligencia artificial ayude a mejorar la atención al paciente, se deben abordar los desafíos éticos relacionados con el diseño, desarrollo e implementación de algoritmos en la práctica clínica, como se afirma en Mosquera C et al. “La gama de aplicaciones de la inteligencia artificial en este sentido es amplia, ya que puede implementarse en una variedad de actividades, incluida la toma de decisiones en la práctica clínica, las intervenciones de salud pública, la investigación biomédica, el descubrimiento de nuevos medicamentos y tratamientos, y tareas administrativas adicionales”[3]. Si bien la incorporación de la inteligencia artificial en los sistemas de salud ofrece oportunidades para potenciar la eficiencia y calidad de los servicios, su implementación conlleva riesgos que requieren comprensión y medidas de mitigación. Estos riesgos no se limitan únicamente a posibles perjuicios para la salud de los usuarios del sistema, sino que también abarcan amenazas a la privacidad y confidencialidad, la garantía del consentimiento informado y la autonomía del paciente, además de la posibilidad de intensificar las disparidades sociales preexistentes en la sociedad.

El uso de este tipo de tecnologías ya está al alcance de usuarios comunes y no requiere una capacitación intensiva ni exhaustiva para lograr un desempeño destacado. En la actualidad,

estas tecnologías son cada vez más accesibles y sencillas de utilizar, lo que dificulta enormemente su adecuado aprovechamiento y la supervisión precisa y regulatoria de sus alcances. La trazabilidad de su aplicación se vuelve casi imposible de controlar de manera precisa y normativa. Por ende, las primeras consideraciones respecto al alcance que puede o deben tener tecnologías de esta índole, recae directamente en quienes la hacen posible y las desarrollan. En un marco general, las carreras a fines a modelos matemáticos, algoritmos y desarrollo e innovación, son el primer foco de interés para buscar la manera de generar métodos o cuestiones morales a tratar y reflexionar al momento del desarrollo o implementación de sistemas con aprendizaje automático. En el ejercicio de sus responsabilidades y deberes, las instituciones, educadores y la academia, al enfrentarse a nuevos avances tecnológicos que impactan directa o indirectamente en la sociedad, deberían centrarse en la búsqueda e implementación de consideraciones pertinentes. Esto se realiza bajo la preocupación principal por fomentar la integridad y moralidad en los profesionales del futuro.

Con todo esto, es de gran preocupación que los aspectos éticos a considerar en el diseño, creación y desarrollo de sistemas basados en IA no estén siendo incluidos en los planes de estudios de diversas universidades de ingeniería.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. General

Explorar en diferentes facultades de ingeniería de Colombia cuál es la aproximación ética de los docentes y estudiantes durante la formación académica para el diseño y desarrollo de algoritmos en inteligencia artificial

### 2.2. Específicos

Objetivos específicos del proyecto.

- a) Describir la opinión, conocimientos y aplicación hipotética de la ética en la inteligencia artificial por parte de los estudiantes de pregrado en ingeniería y específicamente de los estudiantes de ingeniería biomédica de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Biomédica en convenio con la Universidad del Rosario .
- b) Describir la opinión, conocimientos y uso en la enseñanza de la ética en la inteligencia artificial por parte de los docentes de ingeniería.
- c) Sugerir contenidos mínimos en ética para un programa de formación en inteligencia artificial dentro de las facultades de ingeniería.



### 3. ESTADO DEL ARTE

La conversación respecto a la ética que se debe tener en consideración a la hora de pensar en inteligencia artificial es cada vez más necesaria, a medida que las tecnologías y las grandes potencias del mundo comienzan a encontrar, cada vez, más utilidad en la industria, las ciencias y la cotidianidad. Es por ello que muchos autores ya se encuentran en la búsqueda de un equilibrio y protocolos capaces de regular el uso indiscriminado de este tipo de “ayudas” tecnológicas y evitar repercusiones sobre la integridad, la seguridad y la privacidad de los usuarios y entes jurídicos. Lo exponen Laura Andrade y Gonzalo Villa en su artículo “Ética y tecnologías disruptivas en América latina”[11], expresando su interés en abordar las implicaciones éticas de las tecnologías disruptivas como la inteligencia artificial, el blockchain y la robótica ante la falta de regulación y el desconocimiento de las repercusiones éticas que pueden tener consecuencias graves en la sociedad; además de la posibilidad de ser integrada en la política y en la educación para garantizar su uso responsable. En “Ética de la inteligencia artificial en América latina”[12], la autora Elizabeth Tejada argumenta que la ética debe ser un componente fundamental en el desarrollo de la inteligencia artificial y que es necesario que los gobiernos establezcan políticas de regulación, además de promover la cultura de la responsabilidad y transparencia. Así mismo, se mantienen bajo la misma premisa otros autores latinoamericanos como en el caso de Carmen Avendaño, Erick Mariano y Luis Juncal[13], que además de abogar por regulaciones, exponen la necesidad de equipar a profesionistas y estudiantes del área, en temas relacionados a la ética, para inculcar y garantizar la toma de decisión responsable en el marco de su desempeño laboral.

El documento titulado “Pensamiento de diseño y marcos teóricos para la inteligencia artificial: una mirada a la participación de las múltiples partes interesadas”[18], publicado por Maria Lorenza Flores Rojas, se refiere al tema centrándose en un marco regulatorio para determinar la participación de las partes interesadas, respetando los principios de manera oportuna, eficaz, transparente e iterativa; basándose en el respeto por la dignidad humana y otros atributos fundamentales como la empatía, buscando favorecer la ética digital y evitar las preocupaciones que lleva consigo la inteligencia artificial a mayor escala. Echando un vistazo fuera de latinoamérica, encontramos múltiples autores enfocados a la misma discusión, evidenciando la problemática y la necesidad de disponer atención y recursos al uso controlado de inteligencia artificial y otro tipo de tecnologías de la misma índole con capacidad de análisis y respuesta sin asistencia. En el artículo titulado “Engineering ethics in the era of artificial intelligence” por Behnam Taebi e Ibo Van de Poel[16], publicado en la revista IEEE Technology and Society Magazine, discuten la necesidad de integrar la ética en la ingeniería de inteligencia artificial. Dichos autores proponen un marco teórico que incluya la justicia, la transparencia, la responsabilidad y la privacidad, entre otros aspectos. Además, destacan la importancia de incluir la participación pública y de tener en cuenta las consecuencias a largo plazo. Los autores Ansgar Koene, Chris Reed y Seán Ó hÉigeartaigh, plantean en su artículo “AI Ethics and the Importance of Inclusive Stakeholder Engagement”[19], la importancia de no solo incluir a los profesionales y expertos en el tema en la discusión ética necesaria, sino también, hacer partícipe a todas las partes interesadas en la evaluación crítica de la utilización ética de la inteligencia artificial, enfatizando en la necesidad de evitar los sesgos y exclusión para fomentar la discusión inclusiva y transparente. Campos como en el área de la salud han comenzado a preguntarse, hasta qué punto se debe y se puede abusar de la utilización de la inteligencia artificial como un

recurso indispensable para el ámbito clínico y diagnóstico, como lo exponen S. Matthew Liao, Ariel D. Stern y Effy Vayena en su artículo titulado "A Human Centered Framework for Ethical AI in Healthcare"[20], en el que se presenta un marco teórico recomendado para el uso de inteligencia artificial en el área de la salud centrandose en el paciente, una serie de principios orientados al cuidado de la autonomía, la privacidad y la transparencia para evitar a toda costa perjudicar de manera maliciosa o descuidada la integridad de los mismo. Entidades y empresas dedicadas a la utilización de inteligencia artificial, han adoptado una serie de 7 principios éticos para los desarrolladores y líderes corporativos que trabajan en el campo de la inteligencia artificial[21]. Estos principios incluyen: el respeto por la autonomía, la protección de la privacidad, la promoción de la equidad, la responsabilidad, la seguridad, la transparencia y la confianza. Los autores argumentan que estos principios deben guiar la toma de decisiones y la implementación de políticas en todas las etapas del ciclo de vida de la inteligencia artificial; desde el diseño y desarrollo, hasta la implementación y uso en el mundo real. Siguiendo con el marco de la estandarización de principios para el uso responsable, Colin G. Harrison, Jai Ganesh y Don Gotterbarn en su artículo "Engineering Ethics for Artificial Intelligence"[22] abordan la importancia de la responsabilidad ética en el proceso de diseño y desarrollo de la inteligencia artificial, y proponen un marco de ética de ingeniería para guiar este proceso. En este, se incluye la identificación y evaluación de los riesgos éticos, la definición y diseño de los sistemas de responsabilidad ética, la implementación y evaluación continua de estos sistemas. Los autores sostienen la necesidad de la ética ingenieril en la utilización de tecnologías responsable y sostenible. En "The Ethics of Artificial Intelligence"[23] por los autores Nick Bostrom y Eliezer Yudkowsky, hacen un detenimiento en las cuestiones éticas relacionadas con la inteligencia artificial en un contexto más amplio. Los autores plantean la posibilidad de que la inteligencia artificial supere la inteligencia humana en el futuro y los desafíos éticos que esto podría representar. También se discuten los riesgos inminentes de la inteligencia artificial, como la pérdida de empleo y la concentración de poder, por ello la necesidad de desarrollar marcos éticos regulatorios que tengan en cuenta estos riesgos y cómo abordarlo; con ello, los autores concluyen en la necesidad de colaboración internacional más estrecha en la formulación de políticas éticas y de seguridad para la inteligencia artificial.

## 4. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

### 4.1 HISTORIA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La definición de algoritmo es: “conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permiten hacer un cálculo o buscar la solución de un tipo de problema” ,este es el concepto más reciente a un concepto que por inercia, en medio del campo ingenieril y del desarrollo de sistemas conocemos; pero desde los inicios del ser humano y las civilizaciones, se han encontrado en la necesidad de resolver cada vez mayores problemas en el descubrimiento de nuevos métodos, materiales, aleaciones, formas de transportarse e incluso de comunicarse que en ese momento histórico, no se concebía dicho concepto, pero se estaba iniciando una nueva era de resolución sistematizada.

Los grandes matemáticos y filósofos de la época, comenzaron a incursionar en la forma de operativizar y modelar de manera más acertada los fenómenos físicos por medio de los cálculos y teoremas, así como el álgebra, las físicas en todas sus variantes de estudio, la astrología y formas de orden político y social. A medida que fuimos avanzando, se fue desarrollando la tecnología y la forma de hacer las cosas. Los cálculos ya se podían introducir en un dispositivo que los resolvía en cuestión de segundos y con cada generación, eran más complejos los problemas que se podían resolver en ellos. Se crearon las primeras computadoras y lenguajes para programarlas que llevaron al hombre a la luna; se innovó de manera acelerada las formas posibles de comunicación en el paso de teléfonos alámbricos a teléfonos de uso personal e inalámbricos con cada vez más cobertura, hasta llegar a la era del internet en 1969 (California, EEUU)[23] y con él una avalancha de desarrollos, aplicaciones, páginas web e información cada día más asequible e indispensable para la vida cotidiana de nuestra generación como la conocemos. Sin embargo, la primera vez que se introdujo el término “inteligencia artificial” de manera oficial, fue en 1950 con el trabajo de Alan Turing, un matemático británico, que se hizo la pregunta que abriría no solo una nueva rama de la informática, sino una nueva forma de resolver la vida misma. ¿Es posible crear máquinas que puedan imitar el pensamiento humano?. En confines de la guerra en 1943, con la publicación de Warren McCulloch y Walter Pitts titulado: “A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity”, se realizó el primer modelo matemático para una red neuronal. Con ese modelo, se pudo fabricar el primer ordenador de red neuronal llamada Snarc, por estudiantes de Harvard en 1950. Pasados dos años, Arthur Samuel creó el primer software capaz de aprender a jugar ajedrez de manera autónoma.

El término Machine Learning, se acuñó en 1959 por Arthur, mientras trabajaba en IBM (International Business Machines Corporation ) y por su parte John McCarthy fundaba el MIT artificial intelligence Project y el AI lab en la Universidad de Stanford unos años después. Pero a pesar de todos estos esfuerzos en continuar este camino de investigación y nuevos desarrollos en torno a la IA en importantes instituciones de Estados Unidos y la necesidad que tenían por buscar la forma de traducir simultáneamente de la lengua rusa al inglés en contexto de la guerra fría, muchos de estos desarrollos y avances fueron cancelados desde el mandato estadounidense. En 1973 en el gobierno británico también se estuvieron adelantando proyectos relacionados con IA sin muchos frutos relevantes en el momento, por lo que, desde ese periodo y hasta 1980 se denominó «primer invierno de la IA».

La llegada de R1 (XCON) por parte de Digital Equipment Corporations, que fue un sistema comercial basado en reglas escrito en OPS5, para asistir a los pedidos de los sistemas de computadores VAX, seleccionando los componentes del sistema de acuerdo a los requerimientos del cliente.[24]; y con esto se volvió a reabrir el interés por esta tecnología emergente, que prometía resolver y optimizar muchos procesos en la industria y el desarrollo, extendiéndose por más de una década. Países potencia como Japón y Estados Unidos aprovecharon nuevamente el auge de las IA 's invirtiendo miles de dólares en la investigación y desarrollando sistemas expertos y el sector por fin, estaba tomando nuevos y buenos matices encaminados al futuro. Sin embargo, todos estos esfuerzos no fueron suficientes para evitar una segunda depreciación de la tecnología en el mercado en 1987 al surgir nuevas alternativas que abarataban los costos de su producción y mantenimiento, y se denominó el «segundo invierno de la IA». Luego de una década, ya casi rozando la época de los 2000 apareció una nueva esperanza para las IA 's en el mundo, la IA Deep Blue de IBM. Una supercomputadora desarrollada por la empresa estadounidense que insólitamente había vencido al campeón mundial de ajedrez Gary Kasparov. La pregunta que hace muchas décadas atrás Alan Turing, y bajo desestimaciones y periodos de enfriamiento en el pasado, la IA estuvo mostrando rasgos alucinantes durante el proceso. El hombre fue derrotado por la máquina[25].

Desde otra perspectiva, en 1950 el bioquímico y escritor Isaac Asimov le dio vida a una serie de relatos que definieron hitos importantes respecto a la inteligencia artificial y la robótica titulada “Yo, robot”, de donde nacieron las conocidas: 3 leyes de la robótica; que hoy en día se siguen considerando completamente oportunas en el desarrollo de tecnología y salvaguardar la integridad de los usuarios y sus creadores. Estas tres reglas son[23]:

1. “Una herramienta no puede dañar a un ser humano ni, por inacción, permitir que un ser humano sufra daño”.
2. “Una herramienta debe cumplir las órdenes de los seres humanos, excepto si dichas órdenes entran en conflicto con la Primera Ley”.
3. “Una herramienta debe proteger su propia existencia en la medida en que ello no entre en conflicto con la Primera o Segunda Ley”.

En 2008, por fin Google hizo un importante avance en el marco de todas las investigaciones que se venían trabajando en IA, introduciendo por primera vez el reconocimiento de voz en los teléfonos celulares. En la actualidad, representa una pequeñísima funcionalidad para un teléfono celular con tecnología moderna, pero en ese entonces fue realmente un logro para la empresa llegar a una exactitud en el reconocimiento del lenguaje humano cercano al 90%. 4 Años después, Andrew Ng alimentó con 10 millones de videos de YouTube a una red neural como datos de entrenamiento. Se introdujo un nuevo concepto en el área, denominado “Deep Learning” con el cual, el sistema fue capaz de reconocer a un gato, sin decirle o demostrarle previamente lo que era un gato. En el 2016 la inteligencia artificial AlphaGo de Google DeepMind primó una vez más sobre el ser humano, al vencer en el videojuego Go al que tenía la corona Lee Sedol[25].

En la era moderna, los alcances que se han obtenido con la inteligencia artificial son impensables teniendo en cuenta sus inicios. Los autos se conducen de manera automática logrando esquivar, parquear y graduar la velocidad haciendo testeos constantes y tomando decisiones respecto a las condiciones de la vía. Existen infinidad de aplicaciones capaces de generar imágenes sólo con introducir textos descriptivos y autómatas que responden

preguntas en cuestión de segundos y con una precisión extraordinaria, entre muchas otras aplicaciones.

## 4.2. TEST DE TURING

El Test de Turing originalmente llamado “juego de la imitación” consistía en contar con 3 participantes: una mujer, un hombre y un interrogador. En este, el interrogador realiza una serie de preguntas a los dos participantes y por medio de sus respuestas escritas, él intenta adivinar o determinar cuál de las respuestas corresponde a la mujer, mientras el hombre intentaba fingir ser la mujer para persuadir al interrogador y hacerlo dudar de su elección. Bajo este mismo concepto, Turing ajustó un poco las reglas para ahora poner a prueba la inteligencia y/o autonomía de una máquina.

Las nuevas modificaciones en el test consistía en intentar que la máquina en cuestión pudiera imitar el pensamiento y comportamiento humano, ya que para Turing se podía considerar que una máquina era “inteligente” si era capaz de simular el pensamiento humano. En esta versión entonces, igual eran 3 participantes pero ahora una persona, una máquina y un interrogador y por medio de preguntas y respuestas escritas, el interrogador debía intuir o determinar quién era la máquina y quién era la persona. En conclusión, una máquina pasa la prueba si el interrogador no tiene certeza o no puede decidir cuál es la máquina y cuál es la persona.

Hay ciertos parámetros que pueden determinar de entrada si la herramienta o máquina pasa este test, entre ellos:

1. Procesamiento de lenguajes naturales: para lograr entender las preguntas y generar respuestas concisas.
2. Representación de conocimiento: Debe contar con un almacén de datos que pueda consultar durante la prueba y además contar con la posibilidad de guardar nueva información y acomodarla según el entorno.
3. Aprendizaje de máquina: Debe estar entrenado en conversaciones para comprender y aprender sobre el comportamiento humano.

Sin embargo, estos parámetros pueden aumentar dependiendo de las capacidades de la máquina que se esté evaluando; como por ejemplo habilidades motoras si pueden realizar actividades o reconocer imágenes si tienen visor para detección de objetos.

Aunque este test se ha utilizado durante mucho tiempo para probar y catalogar máquinas y herramientas que se han existido a lo largo de los años, muchos expertos en el tema lo desestiman debido a que afirman que, más que medir la inteligencia de estos autómatas, mide la capacidad de imitación humana, incluso afirman que las máquinas por su naturaleza dejan de imitar las conductas guiadas al error que cometen los humanos como el escribir incorrectamente alguna palabra o realizar mal los cálculos y una máquina que realmente pueda imitar este comportamiento a voluntad e intentar persuadir al interrogador, pasaría el test satisfactoriamente con el objetivo del que supone medir[24].

Estas evaluaciones se revelan como instrumentos valiosos para establecer normativas y categorizaciones de las diversas herramientas y sistemas impulsados por inteligencia artificial. Estas categorizaciones pueden basarse en sus capacidades específicas o en las capas de su arquitectura que les confieren mayor competitividad y potencia en comparación con otros. Al hacerlo, se logra garantizar las regulaciones pertinentes para asegurar que la utilización de estas tecnologías no suponga un riesgo para el usuario ni para las partes involucradas.

### 4.3. MACHINE LEARNING

El machine learning está definido como algoritmos que cuenta con aprendizaje automático, y se diferencian del resto de algoritmos convencionales que sólo se limitan a repetir una y otra vez los comandos para los que fueron creados desde el inicio; por el hecho de poder determinar luego de un entrenamiento características relevantes de un conjunto de datos, y además encontrar formas más óptimas de llegar a los mismos resultados o seguir mejorando la calidad del output. Este tipo de algoritmos tienen una ventaja y es que de una programación “básica” o una técnica en específico para su creación, pueden comenzar a extraer, procesar y determinar soluciones de manera completamente autónoma y ante lo que se pudiera pensar en sus inicios, el tiempo de respuesta y la eficiencia de los resultados han sido altamente coherentes y funcionales para un sin fin de aplicaciones con las que convivimos hoy día y ni siquiera somos conscientes en ocasiones de que por debajo es una inteligencia artificial la que lo hace posible[25]. Haciendo una búsqueda rápida en PubMed, sólo introduciendo sólo como palabra clave “Machine Learning”, aparecen un aproximado de 130.000 resultados en un gestor de búsqueda centrado en artículos e información de carácter científico y ciencias de la salud. Pero la empleabilidad de este tipo de tecnologías es tan versátil que a lo largo del tiempo desde todos los sectores han podido encontrar los beneficios y ventajas. Siendo en el 2022, el año en el que más resultados de búsqueda fueron publicados en este gestor de información.

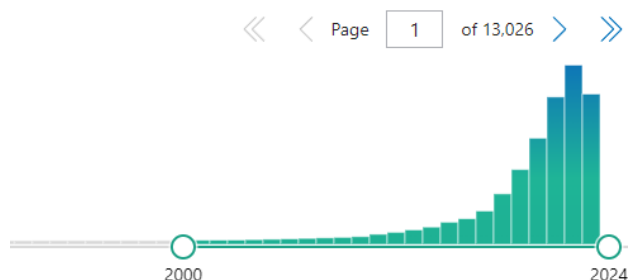


Figura 1. Línea del tiempo de la introducción del machine learning en artículos científicos.  
Tomado de PubMed.

Dentro del gran campo del Machine Learning existen tres clasificaciones principales:

1. Aprendizaje supervisado: Este tipo de modelos cuentan con conocimientos previos por medio de un conjunto de etiquetas que se asocian a los datos que le permiten tomar decisiones y predicciones.
2. Aprendizaje no supervisado: Estos modelos no cuentan con conocimientos previos y deben contar con la habilidad de detectar patrones en conjuntos de datos que no necesariamente tienen relación entre ellas.
3. Aprendizaje por refuerzo: En este tipo de algoritmos, el objetivo principal es lograr que el modelo por sí mismo pueda hacer predicciones y tomar decisiones basadas en la experiencia y la situación, y por cada vez que escajo la decisión correcta se recompense y se “motive” a seguir mejorando la predicción con base en la prueba y error.

Algunas aplicaciones que han utilizado machine learning en diferentes campos de la vida cotidiana:

1. Generar recomendaciones de compras o sugerir canciones a usuarios con base en el histórico de preferencias y búsquedas de productos de interés (Marketing y área comercial).
2. Con el desarrollo de los sistemas en “entender” el lenguaje natural, se ha utilizado para el desarrollo de dispositivo y aplicaciones como alexa(asistente virtual) que tienen la capacidad de escuchar y responder de manera asertiva a los comandos y además de poder responder de igual forma en lenguaje común para nosotros como usuarios.
3. En los últimos años, se han lanzado ya al mercado los primeros modelos de carros dotados con IA que son capaces de conducir, parkear y determinar el estado de la vía de manera autónoma.
4. En el área de la medicina también ha tenido sus desarrollos en torno a la inteligencia artificial para apoyar el diagnóstico y detección temprana de enfermedades como el cáncer de mama[26].

Dentro de estas clasificaciones, también se pueden resaltar diferentes técnicas que ya se encuentran estandarizadas para su uso, que son:

- a) Árboles de decisión: se utilizan para modelos predictivos, y tienen una estructura parecida a ramificaciones que simulan los caminos posibles dependiendo de la decisión y al final se encuentran las “hojas” que representan los resultados de cada camino[27].

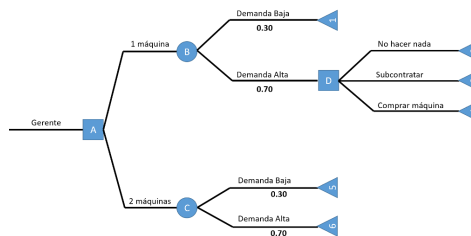


Figura 2. Árbol de decisión para modelar las consecuencias de considerar una máquina u otra. Tomado de Google Images.

- b) Reglas de asociación: con esta técnica lo que se busca es crear reglas que asocian variables de una data y pueda tomar decisiones[28].



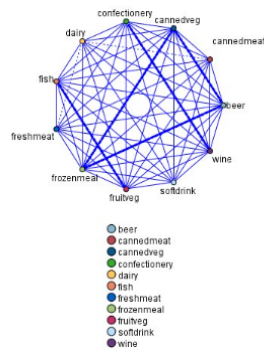


Figura 3. Reglas de asociación para relacionar productos de la canasta del super.  
Tomado de IBM

- c) Redes neuronales artificiales: con esta técnica se busca mimetizar el funcionamiento de las neuronas en las que cada nodo es una neurona y forman una red entre sí que colaboran para llegar a la respuesta óptima del proceso[29].

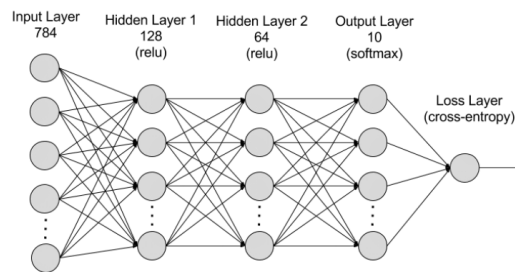


Figura 4. Modelo de red neuronal multicapa. Tomado de Google Images.

- d) Clustering: es de tipo no supervisado y el algoritmo lo que logra es agrupar todo el conjunto de datos en nuevos subconjuntos bajo criterios específicos[30].

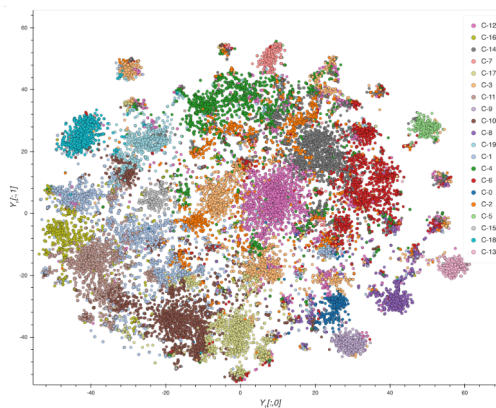


Figura 5. Clustering de la literatura encontrada sobre Covid-19 alrededor del mundo.  
Tomado de Kaggle.

- e) Redes Bayesianas: para esta técnica se utilizan una serie de variables al azar y condicionales en un grafo cíclico, como por ejemplo para predecir si un dispositivo está infectado por virus basados en una serie de “síntomas” presentados[31].

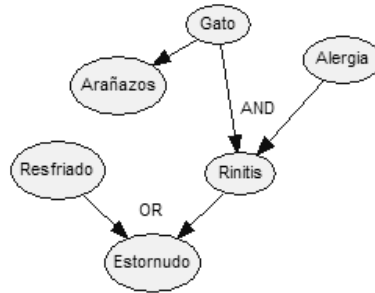


Figura 6. Redes bayesianas para representar el flujo de llegar a un estornudo. Tomado de Google Images.

- f) Vectores de soporte: es un modelo supervisado y se entrenan con dos diferentes categorías y el objetivo es lograr que el modelo frente a un nuevo elemento pueda clasificarlo de manera correcta en las categorías[32][33].

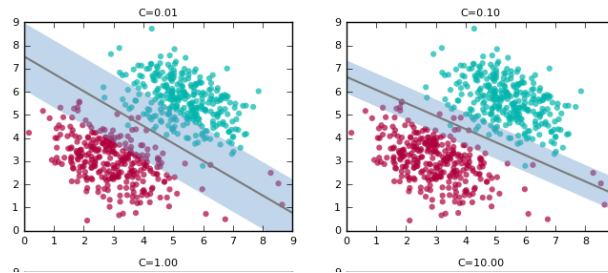


Figura 7. Vector de soporte para dos categorías diferentes. Tomado de Medium.

#### 4.4. DEEP LEARNING

Dentro de todos los avances que se fueron logrando en la inteligencia artificial con el machine learning, nacieron nuevas formas de aprendizaje denominadas Redes Neuronales Artificiales o ANN por sus siglas en inglés, estas redes lo que tenía de especial era que cada vez más adoptan comportamientos similares a las neuronas del cerebro humano al punto de llegar a un nivel de aprendizaje profundo o deep learning.

Para la época de los años 50, la capacidad computacional aún no era lo suficientemente robusta como para llevar el procesamiento de los miles de datos que hacían falta para que el funcionamiento de una RRNA fuera óptimo, por lo que no fue hasta 1991 que el investigador Jürgen Schmidhuber, crea que la primera red con cientos de capas de neuronas a las que le pudo conceder la capacidad de guardar y comprimir información desde un aprendizaje no supervisado y creó la primera red neuronal recurrente (RNN por sus siglas en inglés) que contaba con una memoria temporal jerárquica que mitigó los problemas de secuencia en los datos para el sistema[34].

Para la realización de un red neuronal artificial bajo aprendizaje profundo se necesitan 3 partes esenciales y para ellos es válido resaltar que un nodo es un módulo de software que realiza matemáticas para el procesamiento de datos:

1. Capa de entrada: es la fase inicial del sistema por el que los nodos iniciales reciben la información a procesar.
2. Capa oculta: luego de pasar por el procesado de la capa de entrada, la información pasa a una serie de capas ocultas que procesan la información en diferentes niveles y tienen capacidad de adaptar su comportamiento a medida que reciben nueva información. La cantidad de capas ocultas que tiene una RNA determina en cierta medida la cantidad de enfoques que el sistema puede abordar un conjunto de datos o información.
3. Capa de salida: en este punto de la red, ya se encuentran los nodos finales que permiten emitir la salida de la información procesada. El número de nodos en esta capa de salida depende del tipo de salida que se tiene o quiera; para las redes que tienen como salida true o false ameritan solamente dos nodos de salida, por ejemplo.

El deep learning tiene ciertas ventajas frente al machine learning tradicional, principalmente en la eficiencia del sistema en el procesado de la información y apunta a ser mucho más preciso en las predicciones, Por ejemplo, en el procesado de datos no estructurados el deep learning tienen un mejor entendimiento de entradas como textos que a pesar de tener infinidad de variaciones puede adaptarse con exactitud a la entrada sin necesitar correcciones manuales durante el proceso. El deep learning por tener principalmente un

entrenamiento no supervisado es capaz de descubrir patrones y secuencias ocultas en el conjunto de datos suministrados con alto nivel de coherencia[35].

## 4.5. INPUTS Y OUTPUTS EN LA IA

Hoy en día existen infinidad de aplicativos, herramientas y plugins para cada actividad y tarea que han facilitado la realización de las mismas, y los formatos en los que se pueden utilizar y cada vez más se agregan nuevos.

1. Procesado de lenguaje natural (PLN): pueden tener como entradas textos sin procesar, conversaciones o documentos y las salidas que entregan pueden ser la clasificación de texto, generación de textos nuevos y traducción; como por ejemplo herramientas como Chat Gpt-3 de OpenAI o Biblioteca Spacy[36].
2. Visión por computadora: la entrada para estas herramientas de IA es básicamente utilizar el sistema como los "ojos" y detectar, analizar o encontrar información con base en ello y la salida de estos sistemas por lo general son imágenes con información adicional, como la detección de animales, personas u objetos en específicos; como por ejemplo existe la Biblioteca Tensor Flow o PyTorch que hacen procesado de imágenes o videos[37].
3. Procesamiento de datos tabulares: la entrada también puede ser de forma estructurada en forma de tablas organizadas, hojas de cálculo o bases de datos y la salida de esto por lo general se centra en la clasificación de datos, segmentación de datos o regresiones para predecir, existen herramientas como scikit-learn en Python, XGBoost o LightGBM[38].
4. Procesamiento de datos temporales: el tipo de entrada son series temporales o secuencia de eventos para la creación de predicciones o detección de anomalías, existen herramientas como Prophet de Facebook para el pronóstico de series temporales o Isolation Forest que predice anomalías[39].
5. Aprendizaje por refuerzo: el sistema se puede alimentar con ambientes simulados de datos por sensores en tiempo real y la salidas en este panorama se pueden traducir a decisiones y acciones que maximizan la recompensa. Algoritmos de Q-learning o OpenAI gym para entornos de prueba[40].

Es esencial familiarizarse exhaustivamente con todas las modalidades y estructuras mediante las cuales se puede "nutrir" una herramienta basada en inteligencia artificial. Este conocimiento profundo resulta fundamental para alcanzar una comprensión integral de las diversas maneras en que se deben abordar o implementar estrategias para contrarrestar posibles irregularidades durante su aplicación. La capacidad de anticipar los resultados generados por estos sistemas, al mismo tiempo que se mantiene una conciencia acerca de las posibles transformaciones que pueden experimentar ciertas entradas, representa un avance significativo en el fortalecimiento de las barreras protectoras. Este enfoque contribuye a salvaguardar la integridad de aquellos que emplean, comercializan y son afectados por dicha tecnología.

## 5. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA INDUSTRIA MÉDICA

Dentro de la industria médica el impacto de la inteligencia artificial también ha comenzado a ser significativo en el diagnóstico, tratamiento, atención a pacientes y cirugías. El ambiente clínico y hospitalario es un mar de información entre síntomas, posibles tratamientos, historias clínicas o repositorios de cirugías e investigaciones internas por parte del personal médico. Con estos datos a día de hoy se han estado desarrollando aplicaciones y modelos con inteligencia artificial para ayudar al personal médico en la búsqueda de diagnósticos y tener claridad en tratamientos de manera más acerca, dentro de las que destacan: Watson, que nació en 2005 y fue presentado hasta el 2011 por la empresa IBM, como una plataforma de inteligencia artificial que prometía tener la capacidad de aprender y procesar información con el fin de responder a predicciones precisas de pacientes con posiblemente diagnósticos de cáncer, ya que tenía la capacidad de analizar las secuencias génicas de una persona y determinar con un 83% de exactitud a los candidatos y al mismo tiempo, arrojaba el posible tratamiento de manera personalizada para ese paciente, entre combinaciones farmacéuticas y terapias[41][42][43]. Por el lado de las cirugías, existen alternativas como robot-assisted surgery, que además de inteligencia artificial, son herramientas para mejorar la precisión y la habilidad de los cirujanos al momento de realizar cirugías de manera mínimamente invasiva y con alto grado de dificultad, los robot de asistencia quirúrgica no reemplazan al personal en la sala de cirugía porque funcionan si y sólo si hay un cirujano realizando los pasos, pero no necesariamente debe estar presente en la sala para controlar las “manos” de la herramienta. Sistemas como DaVinci poseen la capacidad de operar de manera remota a través de la red. Esto permite que un cirujano ubicado en cualquier parte del mundo realice una intervención quirúrgica mediante la consola de control remoto. Además, esta tecnología se está integrando de manera innovadora con el concepto de “visión inteligente”, donde la inteligencia artificial proporciona al cirujano la capacidad de detectar de manera altamente precisa tejidos malignos o afectados por patologías, como en el caso del cáncer[63]. Los resultados de los pacientes que han sido intervenidos con este tipo de tecnologías han tenido recuperaciones satisfactorias debido a las pequeñas incisiones que se realizan; sin embargo, no se debe subestimar las complicaciones y riesgos de infección que tiene cualquier tipo de intervención, con cualquier tecnología o técnica por parte del personal quirúrgica[44]. Y, luego de las intervenciones quirúrgicas, terapéuticas o simplemente estancias prolongadas en los centros de salud también existen herramientas dirigidas específicamente a los pacientes como lo es nursing assistant, que es una IA capaz de asistir en todas las preguntas que tengan los pacientes frente al procedimiento que se realizó o se realizará, si siente alguna incomodidad o duda en cualquier momento del día, la herramienta estará disponible desde una app móvil que cualquiera puede descargar fácilmente y utilizar con un lenguaje natural que lo hace mucho más accesible[45]. Google, también hizo su contribución a la industria de la salud con la herramienta DeepMind, que es un inteligencia artificial que ha podido reconocer y organizar la secuencia genética de casi todas las proteínas del cuerpo humano, y de ahí, se puede luego diferenciar si en algún punto del desarrollo de un embrión,

se presentan alteraciones en estas cadenas proteínicas que pueden derivar a enfermedades o posibles condiciones futuras. Esto, le da muchos años en avances a la ciencias de la salud para comprender y comenzar a tratar enfermedades que hoy en día no tienen ningún tipo de cura o tratamiento para mitigar su efectos o evitar la mortalidad en muchos casos. En estos últimos años trabajando con este tipo de herramientas, los investigadores han afirmado pasar de un 0,1% de conocimiento que se tenía sobre el ADN y sus características en específico a un 89% con alta precisión y confiabilidad[46].

## 5.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN PROGRAMAS DE INGENIERÍA BIOMÉDICA EN COLOMBIA

La ingeniería biomédica ha experimentado un notable avance en Colombia, marcado por la incorporación de tecnologías emergentes para mejorar la atención médica. En este contexto, la presencia de materias relacionadas con inteligencia artificial en los planes de estudio de diversas universidades contribuye significativamente a la formación integral de profesionales en este campo. Al explorar los programas de ingeniería biomédica en el país, se evidencia la creciente importancia asignada a la inteligencia artificial como herramienta crucial para abordar los desafíos contemporáneos en el ámbito de la salud. Estas materias, integradas en los planes de estudio, ofrecen a los estudiantes una comprensión profunda de cómo aplicar algoritmos avanzados y modelos predictivos para mejorar la eficiencia y la precisión en el diagnóstico, tratamiento y monitoreo de pacientes. La selección de universidades que incorporan inteligencia artificial en sus programas académicos es esencial para aquellos que buscan una formación completa en ingeniería biomédica. Al explorar los planes de estudio de instituciones específicas, se puede identificar cómo la integración de estas materias no solo amplía el espectro de conocimientos técnicos, sino que también prepara a los futuros profesionales para enfrentar los desafíos tecnológicos y éticos que caracterizan al campo de la ingeniería biomédica en la actualidad.

Dentro de la búsqueda se encontraron que en general la mayoría de las universidades que ofrecen el programa imparten materias asociadas a:

1. Fundamentos de la inteligencia artificial: Universidad de los Andes: Fundamentos de la inteligencia artificial (3 créditos), Universidad Javeriana: Introducción a la inteligencia artificial (3 créditos).
2. Aprendizaje automático: Universidad de los Andes: Aprendizaje automático (3 créditos), Universidad Javeriana: Aprendizaje automático (3 créditos), Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito: Inteligencia Artificial de borde (3 créditos), Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito: Técnicas de aprendizaje automático (3 créditos).
3. Procesamiento del lenguaje natural: Universidad de los Andes: Procesamiento del lenguaje natural (3 créditos), Universidad Javeriana: Procesamiento del lenguaje natural (3 créditos).
4. Visión por computadora: Universidad de los Andes: Visión por computadora (3 créditos), Universidad Javeriana: Visión por computadora (3 créditos).
5. Robótica: Universidad de los Andes: Robótica (3 créditos), Universidad Javeriana: Robótica (3 créditos)[60][61][62][67].



## 6. PELIGROS EN TORNO A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Según la revista Forbes, existen 15 preocupaciones principales frente a la inteligencia artificial que son transversales en todos los campos de acción en los que estas tecnologías están teniendo auge. Comienza mencionando la falta de transparencia que se puede generar principalmente con herramientas de aprendizaje profundo ya que no se logra comprender a ciencia cierta cómo es que los modelos llegan a dichas conclusiones, lo que no termina de generar confianza para quienes optan por este tipo de alternativas[62]; un caso en particular dentro del ámbito médico en relación a la desconfianza que generan estas herramientas puede evidenciarse en la IA que es capaz de determinar el sexo, las probabilidades de sufrir problemas cardíacos, edad entre otros factores por medio de sólo una retinografía y a ciencia cierta los expertos no descifran qué pueden ver estos sistemas que un oculista más que preparado no puede[64][65]. Por otro lado, últimamente se han estado evidenciando una serie de connotaciones del tipo discriminatorio y racial como parte de creaciones propias de modelos de inteligencia artificial, principalmente debido a que los datos con los que se entrenan este tipo de algoritmos, llevan consigo los estereotipos de su creador o grupo de personas encargadas de dar todas las bases para comenzar a generar soluciones y respuestas a consultas en específico, en el caso del entorno clínico, existen diferentes algoritmos que pueden apoyar el diagnóstico de ciertas patologías por medio de diversos datos de entrada como imágenes o parámetros específicos del historial del paciente, pero, si dicho algoritmo se encuentra entrenando bajo pacientes o sujetos de una población en específico que no representa de manera generalizada las características propias de una condición sino sólo están ajustadas y sesgadas por el típico paciente blanco, de 1.70 metros de estatura, con situación socioeconómica por encima del promedio, ¿Sería correcto lanzar un veredicto tan crucial respecto a la salud de un paciente basados en una herramienta que sólo discrimina una población en específico?; en caso de lanzar diagnósticos errados con base en los resultados obtenidos por inteligencia artificial, ¿Quién es responsable por la integridad del paciente perjudicado?, ¿la IA?, ¿Quién las desarrolla?, ¿del personal de la salud?, todas estos escenarios generan incertidumbre frente a estas alternativas en el área[64].

En el marco de las bondades de la inteligencia artificial, también pueden volverse contraproducentes, debido a que ese mismo potencial para dar soluciones y facilitar tareas para los usuarios finales, los creadores de estas tecnologías con intenciones maliciosas puede convertir una herramienta en un arma cibernética capaz de robar datos, infringir en la privacidad de información sensible o confidencial y la generación de algoritmos corruptos que atenten contra la seguridad de una persona o grupo de ellas. Con esa misma preocupación se suma la poca privacidad que se va a poder garantizar a medida que estas tecnologías se posicionan, ya que la fuente de su información son los datos y la manera en cómo los procesa, y las inteligencias artificiales con aprendizaje reforzado que tienen la libertad de consultar en tiempo real en la red, pueden obtener información desde un sin fin de páginas,

sitios, bases de datos sin siquiera tener certeza de los permisos o consideraciones a tener para el uso de cierta información de carácter personal. Las empresas potencia a nivel mundial han visto en estas herramientas como grandes oportunidades para llevar sus procesos y productos a un nuevo nivel de desarrollo y aunque en gran medida es bueno, ya que representan una mayor nivel de avance tecnológico con muchos más recursos disponibles, se puede convertir en una característica negativa frente al resto de organizaciones o empresas más pequeñas, debido a la concentración de poder que se genera al mantener en un grupo muy reducido, la utilización en masa de grandes cantidades de información. En la actualidad hay un gran preocupación entre la mayoría de personas del común y es respecto a los aspectos en torno a la creatividad, la dependencia excesiva a IA y el desplazamiento de trabajos en un futuro próximo; y todas están relacionadas en el sentido de cómo a pesar de tener una lista bastante considerable de beneficios, hay detractores que no terminan de ver la inteligencia artificial como un complemento sino, definitivamente una herramienta que degrada la misma esencia humana.

El hecho de poder automatizar y dar la libertad a una máquina de tomar trabajos como la realización de piezas gráficas de alta calidad y completamente personalizada, desplazando el trabajo de diseñadores gráficos y artistas, por poner un ejemplo práctico y los grandes dueños de empresas, impulsados por la máxima productividad y reducción de costos optan por estas tecnologías antes que el recurso humano que tiene claras limitaciones a comparación, lo que es ambiente propicio para favorecer la desigualdad económica y social. Del rápido crecimiento de estas herramientas los expertos afirman:

*«La humanidad puede disfrutar de un futuro floreciente con la IA. Habiendo tenido éxito en la creación de potentes sistemas de IA, ahora podemos disfrutar de un ‘verano de IA’ en el que cosechemos las recompensas, diseñemos estos sistemas para el claro beneficio de todos y demos a la sociedad la oportunidad de adaptarse».*

En la necesidad y responsabilidad de no rozar los límites de la moral, lo ético y lo políticamente correcto con avances tecnológicos de los que aún no se tienen grandes regulaciones ni protocolos que puedan llegar a ser competentes en la búsqueda de mitigar los efectos adversos de la mala utilización de la ciencia y la tecnología. Siendo los expertos y empresas especializadas en el tema, totalmente conscientes de los alcances que pueden llegar a tener con desarrollos carentes de marcos jurídicos en materia de propiedad intelectual y la desinformación en masa que ya representa un problema grande con el uso indiscriminado de redes sociales en todos los formatos existentes[47].

En los últimos años, se han comenzado a difundir noticias en las que se está comenzando a evidenciar el riesgo que se corre con la utilización indiscriminada de la inteligencia artificial, desde muchos aspectos y campos, las personas y/u organizaciones malintencionadas encuentran las formas de hacer el mal, o dañar a otros sin mesura por poner sus intereses por encima; por lo que es pertinente, así como exaltar todas las bondades y beneficios que pueden representar la utilización en mayor medida de nuevas tecnologías, es válido

también, sentar en la conversación las formas en las que estas mismas tecnologías tienen impactos negativos y cuestionables en la sociedad. Con base en una búsqueda rápida en la web, relacionada a “ Consecuencias generadas por utilización de inteligencia artificial”, saltan una cantidad considerable de noticias, dentro de las que se resaltan:

*«El escándalo en un pequeño pueblo de España por las imágenes de decenas de niñas y jóvenes desnudas generadas por IA»[49].*

En las mismas investigaciones otorgadas por la BBC, las infancias y jóvenes siguen siendo blanco de las formas en el que estas tecnologías han facilitado de alguna manera, la perpetuación de la violencia en su contra. En España han estado utilizando todos sus recursos para evitar la propagación de contenido de tipo sexual, que ha sido generado por inteligencia artificial, en las que con sólo suministrar la imagen de una persona, esta herramienta pueda dar como resultado una imagen de vuelta con la persona desnuda, hecho con el que se pueden aprovechar personas mal intencionadas y recurrir a chantajes y sobornos, sobrepasando por mucho los límites de la legalidad y la integridad misma de las personas afectadas.

*«Geoffrey Hinton, el "padrino de la inteligencia artificial", abandona Google y alerta de los peligros de la nueva tecnología»[50]*

Hinton, es uno de los más importantes pioneros de los sistemas de aprendizaje automático y a sus 75 años, siente un profundo temor por los alcances que han estado tomando los desarrolladores más recientes de estas tecnologías, ya que no es sólo la invención de nuevas herramientas que simplifiquen de una u otra forma algunos trabajos, sino que ya se encuentran calando en las fauces del capitalismo y ya las medidas de seguridad y moralidad se ven seriamente minimizados en el ejercicio de la competencia. Siente temor en el día en el que las máquinas superen a la humanidad.

*«La inteligencia artificial puede llevar a la extinción de la humanidad: la advertencia de los grandes expertos en IA»[51]*

Siguiendo con las preocupaciones de Hint, personajes como el director ejecutivo de openIA; los creadores de Chat GPT y Elon Musk, afirman necesitar un nuevo marco legal en torno a regulaciones similares a las que se tuvieron que implementar en el uso de energías nuclear para salvaguardar la integridad entre países en materia de conflictos internacionales.

*«El cada vez más frecuente uso de voces familiares clonadas con inteligencia artificial para realizar estafas telefónicas (y cómo protegerse)»[52]*

Los extremos como la extinción de la humanidad no son los únicos peligros inminentes con estas tecnologías, ya que hay usuarios malintencionados que los utilizan para sacar provecho de los resultados tan precisos y creíbles que pueden llegar a entregar las herramientas más sofisticadas del momento.

*«¿Es machista la IA? Los estereotipos de médicos y enfermeras, a prueba»[53]*

El ámbito de la salud no escapa a las implicaciones que comienzan a emerger debido al uso

extendido de inteligencia artificial; sin embargo, las noticias recientes sobre este tema son limitadas, varios críticos han destacado ejemplos prácticos que revelan sesgos raciales y de género en respuestas generadas por diversas herramientas. Por ejemplo, al realizar búsquedas como "Doctors and nurses", se ha observado que las respuestas tienden a asociar exclusivamente a los médicos con el género masculino, mientras que la profesión de enfermería se vincula únicamente con mujeres; esta perspectiva sugiere que estas ocupaciones están definidas de manera exclusiva por el género, menospreciando así la labor de todos los profesionales de la medicina que desempeñan sus roles con dedicación y habilidad, independientemente de su género. Enfrentar estas concepciones no es fácil, especialmente cuando aquellos a cargo de configurar los sistemas de aprendizaje pueden promover discursos discriminatorios, ya sea de manera consciente o inconsciente, por lo que la necesidad de abordar estos problemas de manera ética y equitativa se vuelve esencial para asegurar que las soluciones generadas por la inteligencia artificial reflejen un enfoque imparcial y justo en el ámbito de la salud.

La información disponible en internet referente a los casos desfavorables que involucran a la inteligencia artificial en el sector de la salud son escasos; principalmente se encuentran las advertencias y llamados de atención que ha hecho la comunidad médica frente a estos temas que aún se encuentra con muchos desafíos para su implementación definitiva, pero no muy lejana en la medida en la que las tecnologías avanzan.

Entidades como la Organización Mundial de la Salud (OMS), recientemente lanzó un comunicado en el que realiza un llamado a todo el gremio médico en cuanto a las consideraciones a tener en cuenta frente a la utilización ética de sistemas de inteligencia artificial dentro de los que se destaca su preocupación por la implementación de sistemas no probados que puedan generar errores por parte del personal sanitario y de esa forma degradar de alguna forma la salud o la integridad de un paciente o grupo de ellos, adicional recalca la necesidad de escudriñar de manera precisa la información que se genera por medio de estas herramientas y así evitar sesgos sociales que puedan perpetuar la desigualdad. El uso de dichos sistemas no está exento de la desinformación, debido a que el uso indiscriminado de un usuario final, sea paciente o sea personal de la salud puede llevar a interpretaciones erróneas o sostener información sin muchas bases científicas que pueden generar pánico o estrés dentro de los involucrados. Por último, la OMS indica de forma sugerente la necesidad de las entidades políticas de cada nación en adoptar regulaciones que garanticen seguridad y protección a los pacientes mientras las empresas comercializadoras de IA entren al mercado médico[66].

## 7. CONSIDERACIONES ÉTICAS RESPECTO A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL MUNDO

En vista de todos los acontecimientos que han pasado y que pueden pasar en el futuro con este tipo de tecnologías disruptivas, las organizaciones encargadas de trabajar en pro de mantener la equidad, la justicia y la paz entre naciones ha comenzado a tomar medidas y estudiar los factores entorno a este fenómeno concentrándose en reducir en la mayor de las medidas el efectos negativos de su utilización indiscriminada. La organización de naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura o por sus siglas UNESCO, en los últimos años ha estado trabajando en la investigación de un marco ético para regular o por lo menos dar una guía de trabajo para todos los desarrolladores de Inteligencia Artificial, maneras de eliminar dichos efectos negativos.

A nivel mundial, desde el 2019 se desarrollaron y publicaron una serie de 10 estrategias propuestas por la UNESCO orientadas a la adherencia de toda empresa, organización u ente natural que esté interesado en continuar estas tecnologías, basándose en 4 valores fundamentales para asegurar que el uso de IA sea una herramienta para fortalecer éstos valores relacionados a los derechos humanos y dignidad humana, vivir en sociedades pacíficas, garantizar la diversidad y la inclusión, fortalecimiento del medio ambiente y los ecosistemas. Estas estrategias comprenden:

1. Proporcionalidad e inocuidad: El uso de sistemas de Inteligencia Artificial no debe ir más allá de lo necesario para alcanzar un objeto legítimo. La evaluación de riesgos debe utilizarse para prevenir los daños que puedan derivarse de usos legítimos.
2. Seguridad y protección: Los daños no deseados(riesgos de seguridad) y las vulnerabilidades a los ataques(riesgos de protección) deberían ser evitados y tomados en consideración.
3. Derecho a la intimidad y protección de datos: La privacidad debe protegerse y promoverse a lo largo de todo el ciclo de vida también la Inteligencia Artificial. También deben establecerse marcos adecuados de protección de datos.
4. Gobernanza y colaboración adaptativas y de múltiples partes interesadas: En el uso de datos deben respetarse el derecho internacional y la soberanía nacional. La participación de diversas partes interesadas a lo largo del ciclo de vida de los sistemas de inteligencia artificial es necesaria para el desarrollo de enfoques inclusivos.
5. Responsabilidad y rendición de cuentas: Los sistemas de la inteligencia artificial deben ser auditables y trazables. Deben existir mecanismos de supervisión, evaluación de impacto, auditoría y diligencia debida para evitar conflictos con las normas de derechos humanos y amenazas al bienestar medioambiental.
6. Transparencia y explicabilidad: El despliegue ético de los sistemas de la inteligencia artificial depende de su transparencia y explicabilidad (T&E). El nivel de T&E debe ser adecuado al contexto, ya que puede haber tensiones entre T&E y otros principios como la privacidad, la seguridad y la protección.
7. Supervisión y decisión humanas: Los estados miembros deberían velar porque siempre sea posible atribuir la responsabilidad ética y jurídica a personas físicas o entidades jurídicas existentes.

8. Sostenibilidad: Las tecnologías de Inteligencia Artificial deben evaluarse en función de su impacto en la “sostenibilidad” entendida como un conjunto de objetivos en constante evolución, incluido los establecidos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas.
9. Sensibilización y educación: La sensibilización y la comprensión del público respecto de la Inteligencia Artificial y el valor de los datos deberían promoverse mediante una educación abierta y accesible, la participación cívica, las competencias digitales y la capacitación, y la alfabetización mediática e información.
10. Equidad y no discriminación: Los actores de la Inteligencia Artificial deberían promover la justicia social, salvaguardar la equidad y luchar contra todo tipo de discriminación, adoptando un enfoque inclusivo para garantizar que los beneficios de la Inteligencia Artificial sean accesibles para todos[54].

Muchas de las recomendaciones que propone la UNESCO hacen alusión a los principios éticos y valores, es indispensable optar por formas estratégicas y prácticas para la implementación del marco ético, se precisaron once ámbitos de acción política necesarios para el desarrollo íntegro.



Figura 8. Los once ámbitos de acción política. Tomado de la UNESCO.

El compromiso por las regulaciones mundiales relacionadas en inteligencia artificial, no está sólo resumido a recomendar unos lineamientos sino que continúan con su preocupación haciendo el papel de veedores en el cumplimiento de estos. Plantearon dos métodos de auditoría y evaluación estratégica, dentro ellas, la primera denominada Metodología de evaluación del estadio de preparación ó (RAM) por sus siglas en inglés, se enfoca en ayudar en la evaluación de los estados miembros que están preparados eficazmente para aplicar las recomendaciones. Con esto, se busca hacer un escalamiento de países para comprender su estatus y brindar ayuda o apoyo para proveer bases para el desarrollo de capacidades. La segunda estrategia es la evaluación del impacto ético ó (EIA) por sus siglas en inglés es un proceso en el que se brinda una ayuda estructurada a los proyectos relacionados con Inteligencia Artificial en colaboración con las posibles comunidades afectadas con el fin de identificar y evaluar las consecuencias que pueden traer consigo las IAs para encaminar a la reflexión del impacto potencial y prever acciones que mitiguen los daños[55].

Desde el punto de vista latinoamericano la necesidad de regulaciones es exactamente igual en comparación al resto del mundo, la llegada de las nuevas tecnologías, implica también mantener regulado el marco político, ético y socioeconómico que la inteligencia artificial pueda traer consigo. En 2020, se celebró una reunión de expertos en torno a las medidas que se habían tomado previamente por parte de la UNESCO en cuanto a las recomendaciones necesarias para implementar un desarrollo en Inteligencia Artificial de manera segura a nivel mundial, citado con anterioridad. En dicha reunión, se establecieron los pasos a seguir para comenzar ese transicionamiento entre la utilización de la tecnología sin repercutir de manera negativa en la sociedad latinoamericana. Se destacó la importancia de tener como pilar principal los derechos humanos, la equidad de género y el rechazo a la discriminación. La mayoría de desarrollos de Inteligencia Artificial están hechos en un 80% por hombres principalmente del norte del mundo, dejando el posible aporte femenino reducido en la industria. La intención final de la celebración de esta reunión fue enaltecer la importancia de comenzar a contar con tecnologías que abarquen y representen muchas más partes de la sociedad, nivelar la “voz” que puedan aportar los desarrolladores del sur para representar diversas culturas y disciplinas[56].

Colombia como país diana del presente estudio, se evidenció con base en la literatura, la existencia de conversaciones ya adelantadas hace un par de años respecto a las problemáticas y consideraciones a tener en cuenta con tecnologías del tipo de aprendizaje automático, bastante alineadas con las establecidas a nivel mundial, y siendo uno de los pioneros en la región en tomar estas consideraciones. En el marco legal Colombiano, se establecieron oportunamente una serie de principios no obligatorios para salvaguardar la integridad de usuarios y desarrolladores de tecnologías, dentro del marco se destacan:

1. Principio de control humano: Recomienda que el control humano debe ser proporcional al nivel de riesgo, es decir, deben existir mecanismos de intervención eficientes de forma manual en caso de eventos adversos no deseados.
2. Principio de responsabilidad: Todos la cadena de desarrollo de sistemas de Inteligencia Artificial deben ser responsables de sus productos.
3. No discriminación: Ningún sistema de Inteligencia Artificial debe estar limitado poblacionalmente por razones de sexo, raza, discapacidad, religión u orientación sexual. Se debe velar por la neutralidad en los productos de sistemas de Inteligencia Artificial.
4. Inclusión: Se busca la participación activa de toda la población, principalmente la históricamente marginada en el diseño, implementación y evaluación de sistemas de autoaprendizaje que se encuentren vigentes en el territorio nacional.
5. Prevalencia de los derechos de los niños(as) y adolescentes: Como eje de la protección de los derechos humanos, se debe garantizar por encima de todo la integridad de las infancias mediante la educación, la participación y el diseño de dichos sistemas. Los datos no deben ser precursores de causales dañinas o recolectar información de manera irregular, por lo que se propone la constante

verificación y evaluación de los sistemas o la implementación de mecanismos de seguridad. Se debe velar por inhibir por completo la posibilidad de que sean víctimas de los sistemas en materia de contenido sensible o caer en prácticas como cyberbullying o la discriminación.

6. Principio de beneficio social: Los sistemas de Inteligencia Artificial que se implementen en Colombia, deben representar ciertamente un impacto social beneficioso. Las áreas que se ven beneficiadas pueden ser diferentes, lo importante es que sea lo suficientemente positivo para un gran sector poblacional.

Además de estos principios, también se describieron una serie de herramientas útiles para la implementación de los mismos. El primero de ellos consiste en “publicar” y dejar de manera accesible la posibilidad de indagar o estar al tanto del estatus actualizado de cada proyecto de inteligencia artificial que se encuentre activo, y poder determinar el avance que llevan en materia de los principios y cumplimiento de la ley. Además, se están proponiendo actividades del tipo auditorías para hacer el análisis de algoritmos, hacer limpieza de datos, evaluar la legitimidad y la definición de riesgos[57].

El registro ético de algoritmos, es la plataforma dispuesta por el ministerio de ciencias para poder hacerle seguimiento y trazabilidad a todos los algoritmos de aprendizaje automático y garantizar que ninguno de estos sea perjudicial o contraproducente para la sociedad. Para ellos, las organizaciones o entes naturales deben seguir los siguientes pasos para completar el registro: descripción del proyecto, explicación de cómo la IA está siendo implementada en el proyecto, objetivo de desarrollo sostenible al cumplimiento del cual el proyecto contribuye, mecanismos para la implementación de los principios éticos, proceso de no discriminación, valoración de riesgos éticos y de seguridad, medidas de mitigación para los identificados, aseguramiento del control humano, entidad responsable y datos del contacto. Son varios los ítems necesarios, precisamente para hacer una correcta evaluación de la tecnología.

En cuanto a las herramientas para la implementación, se destaca una técnica de evaluación de riesgos, la cual consiste en una matriz de clasificación de probabilidades y la severidad de los daños a un individuo en torno a la decisión de una tecnología.

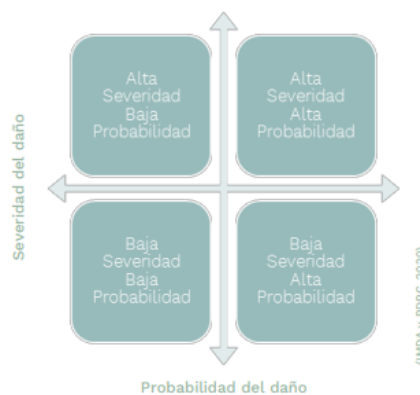


Figura 9. Matriz de clasificación de riesgos con base en la severidad de los daños probables a un individuo. Tomado de MinCiencias.



El fin ideal de las naciones y en el marco de este tipo de investigaciones, es lograr una unificación y concesión entre los países para fortalecer las normas y regulaciones para reducir en mayor medida la fragmentación del mercado interno entre países pertenecientes las mismas regiones y organizaciones, lo que podría representar un peor impacto y un desequilibrio sistemático de la sociedad.

Los roles y responsabilidades que pueden ser asignados dentro de este marco, incluyen el uso de cualquier marco de gestión de riesgo y aplicar medidas de control para la evaluación de riesgos de entornos controlados por IA, la decisión sobre el nivel de indicado para la “autonomía” de los sistemas de IA, estandarizar los modelos de entrenamiento y procesamiento de selección. Hacer el mantenimiento, monitoreo y respectiva documentación de los modelos de IA que existen en el país, y tomar acciones pertinentes. Mantener canales de comunicación disponibles, para la retroalimentación eficiente; por último, hacer la correcta adecuación del personal que usa y desarrolla sistemas de IA, en materia de capacitaciones y entrenamientos propicios para la detección oportuna de fallas o sesgos en las decisiones o resultados de los modelos, y tenga un contexto lo suficientemente amplio para la mitigación de los mismos bajo la interpretación de outputs y rediseños en caso de ser necesarios[59].

El garantizar que todo este marco diseñado desde los entes gubernamentales de nuestro país, es indispensable pensar en las formas de difusión de la información buscando la mayor divulgación y no sólo aludir a información efímera, sino inculcar la cultura ética en todos los aspectos en los que valga la pena resaltar, y no sólo en Inteligencia Artificial aunque sea el foco principal de esta investigación. Se busca, que el marco ético para la utilización de inteligencia artificial en Colombia, no sea un método opcional de implementación, sino que se convierta en un estándar estructurado de desarrollo y que su implementación e importancia se inculque desde la academia en los diferentes entornos universitarios para carreras afines a la tecnología y los sistemas de información como lo son las ingenierías y las asociadas a ciencia de los datos o tecnologías disruptivas. Sembrar una semilla de ética y responsabilidad social en los futuros ingenieros y profesionales desarrolladores de nuevas formas de comunicación o de ayudas asistidas, mitigaría en gran medida la posibilidad de tener que lidiar con los problemas o consecuencias asociados a sistemas automáticos de toma de decisiones, en esta investigación se nombraron algunos de los efectos adverso que al día de hoy se han provocado con el uso indiscriminado de IA, pero es imposible hacer un verdadero acercamiento de los alcances posibles que pueden llegar a tener tecnologías en unos cuantos años de avance e investigación, por lo que toma fuerza la premisa de instruir e impartir antes de tener que solucionar o sufrir consecuencias irreparables a nivel social, físico, económico, político o de cualquier otra índole.

## 8. METODOLOGÍA

Se realizará un estudio transversal descriptivo mediante el diseño y cumplimentación de una serie de encuestas que serán enviadas por separado a los estudiantes y docentes de la Facultad de Ingeniería que serán los encargados de recibir e impartir la materia de inteligencia artificial en los diversos programas de ingeniería del país.

Este estudio exploratorio se realizará en dos fases: En la primera fase se desarrollará y utilizará un cuestionario en formato autoadministrado por los estudiantes basado en el documento “Marco Ético de Colombia para la Inteligencia Artificial” (Guío A et al., 2021). La primera parte incluirá datos sociodemográficos. La segunda parte tiene como objetivo evaluar el reconocimiento de los estudiantes de los conceptos relacionados con la ética en su aplicación a la inteligencia artificial. La tercera sección presenta los nueve principios éticos propuestos por IA para evaluar la importancia subjetiva de cada principio. No se ofrecerá una oportunidad clara para expresar incertidumbre o falta de opinión para evitar que los participantes elijan esta opción en lugar de tomar una decisión. En la segunda etapa, se desarrollará y utilizará un cuestionario de autoadministración docente. La primera parte incluirá datos sociodemográficos. En la segunda parte, habrá preguntas para comprender cómo se abordan las cuestiones éticas en los contenidos del curso en la asignatura de inteligencia artificial, así como para obtener una impresión directa del conocimiento de los profesores sobre los principios éticos de la inteligencia artificial, sus experiencias y desafíos en la enseñanza de esta materia.

### a) Desarrollo de cuestionarios:

El estudio utilizará el método Delphi, comenzando con varias rondas de discusión entre un grupo de expertos en IA y bioética, incluidos investigadores, para llegar a un acuerdo sobre el contenido, el formato y las opciones de respuesta del cuestionario. Se utilizarán reuniones virtuales, encuestas y correo electrónico para facilitar el debate y la retroalimentación. Se sugiere un 75% como umbral promedio para determinar el consenso para cada pregunta. El cuestionario resultante se aplicará a un grupo de sujetos con el fin de comprobar el funcionamiento del proceso y revelar la necesidad de corrección o aclaración de la comprensión de las preguntas.

La primera sección del cuestionario a estudiantes constará de 5 preguntas sociodemográficas del encuestado para determinar su nivel académico y demográfico. Seguido a esto se encontrará la sección de preguntas iniciales que contará con 6 preguntas que establezcan la relación del encuestado con la inteligencia artificial y con la ética aplicada a inteligencia artificial. En la sección número 3 se encuentra un cuadro asociativo con diferentes términos alrededor del campo de la inteligencia artificial y la ética donde el encuestado puede determinar el nivel de relacionamiento entre “muy asociado” hasta “poco asociado” con la inteligencia artificial. Dentro de las secciones, se establecerá una denominada “Escenarios para asociar principios éticos”, que consistirá en 5 escenarios en los que se describen diferentes situaciones que involucran 2 de los 8 principios fundamentales del marco ético Colombiano para IA, y en el que el encuestado discernirá cuál tiene mayor impacto dada la situación. Los 5 escenarios son:

#### Escenario 1.

Las herramientas asistidas por IA tienen la capacidad de buscar grandes cantidades de información con gran rapidez. En el ámbito clínico, pueden utilizarse para buscar en bibliotecas de registros biomédicos, artículos de revistas, etc., con el fin de identificar información potencialmente útil sobre el diagnóstico o el tratamiento. Un ejemplo de ello es el IBM Micromedex with Watson, una base de datos de referencia de medicamentos con IA. Los médicos pueden utilizarla para buscar información sobre los medicamentos y las dosis adecuadas para sus pacientes. Esto les ayuda a tomar decisiones mediante el suministro de información relevante de forma rápida.

P: ¿Qué principios se defienden?

#### Escenario 2.

En 2012 IBM comenzó a desarrollar otra herramienta de IA llamada Watson for Oncology. Esta podría escanear la literatura académica para ofrecer los mejores datos sobre una opción de tratamiento concreta, ayudando a los profesionales a determinar qué opciones eran las más adecuadas. Para desarrollar la herramienta, se entrenó con datos sobre conocimientos actualizados sobre la atención al cáncer, un proceso que duró más de 5 años. Sin embargo, una vez puesta en marcha, empezaron a surgir dudas sobre la calidad de estos datos. Por ejemplo, la principal fuente de información diagnóstica procedía de un grupo de expertos de un centro de tratamiento. Los pacientes tratados en este centro pertenecían a un subconjunto de la población rico y demográficamente homogéneo. En cambio, se incluyeron relativamente pocos datos sobre pacientes de determinados grupos étnicos y socioeconómicos.

P: ¿Qué principios se incumplen?

#### Escenario 3.

Babylon Health es una empresa de asistencia en salud de base digital. Su misión es hacer que "la atención sanitaria de alta calidad sea accesible y asequible para todos los habitantes de la Tierra". Para ello, ofrece servicios que se basan en tecnologías asistidas por IA. Un ejemplo es una aplicación de seguimiento de síntomas. Los usuarios acceden a la aplicación para buscar los síntomas que están experimentando y siguen las indicaciones para proporcionar más detalles. La aplicación proporciona información sobre posibles enfermedades y recomienda los pasos a seguir. También puede poner al usuario en contacto con un médico si es necesario. Babylon Health afirma que la aplicación puede identificar la mayoría de los problemas que ven los médicos de atención primaria y que puede atender a un gran número de personas de forma muy eficiente.

P: ¿Qué principios se defienden?

#### Escenario 4.

La aplicación Babylon Health requiere que los usuarios suban certificados de identificación e imágenes de selfie con el fin de verificar la identidad y prevenir el fraude. En 2021, el comisionado de privacidad de Alberta (Canadá) declaró que estas prácticas iban en contra de las leyes de privacidad de la provincia. Dictaminó que los métodos utilizados para la identificación van más allá de lo esencial y que existen métodos más sencillos. También señaló que la capacidad de la app para realizar y grabar en vídeo las consultas de los usuarios con los profesionales de la salud "va más allá de lo que es esencial para proporcionar un servicio de salud y, de nuevo, no es coherente con las directrices provinciales y nacionales para proporcionar atención médica virtual." En 2020 Babylon Health sufrió una violación de datos en el Reino Unido; algunos usuarios pudieron acceder a las grabaciones de vídeo de las consultas confidenciales de otros usuarios.

P: ¿Qué principios se están vulnerando?

Escenario 5.

En 2021, un grupo de investigadores publicó un informe en el que se investigaba por qué la gente suele ser reacia a confiar en las herramientas de salud basadas en la IA. Observaron que, aunque estas herramientas pueden ofrecer procesos rápidos y eficaces de diagnóstico y suministro de información, tanto los profesionales de la salud como los consumidores se muestran a menudo reacios a utilizarlas. El informe concluye que esto se debe a que no son capaces de entender cómo funcionan estas herramientas y producen sus resultados. Las tecnologías de IA que impulsan las herramientas parecen una "caja negra" compleja y opaca, muy difícil de entender para los no expertos. Esto provoca una falta de confianza.

P: ¿Qué principio podría ayudar a fomentar la confianza en este escenario?

Por último, la encuesta se cierra con una serie de 10 preguntas de selección única en las que se relacionan los conceptos de los principios determinados en los marcos éticos propuestos para ética aplicada a inteligencia artificial con su respectivo principio. En el apartado de anexos se encuentran adjuntas las encuestas impartidas en materia de esta investigación.

b) Proceso de recolección:

Las invitaciones para participar en la encuesta y responder las encuestas relacionadas se enviarán por correo electrónico. El estudio se llevará a cabo después del consentimiento informado en la primera página, y se informará a los participantes sobre el propósito del estudio, quiénes son los investigadores, la duración del estudio, qué datos se almacenarán, y por cuánto tiempo. Además, se realizará una presentación o revisión de la encuesta en las instalaciones de la institución previo al envío de la encuesta vía telefónica.

El primer cuestionario será para estudiantes de ingeniería de las universidades en Colombia en las que se ofrece. El segundo será para profesores de las mismas universidades que imparten cursos sobre inteligencia artificial. Por lo tanto, todos los participantes deben tener algún tipo de entrenamiento y experiencia en IA. Sin embargo, pueden tener diferentes niveles de conocimiento en esta área.

Ambos cuestionarios serán utilizados por formatos digitales que usan E E -Pasts, y utilizarán la cuenta institucional de Microsoft Forms de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito para reflejar automáticamente la respuesta. Los artículos se presentarán al azar. La participación es voluntaria y no estará relacionada con las actividades del curso de los estudiantes o el trabajo de la facultad. Se indica que los datos serán utilizados únicamente con fines de investigación, y el diseño del cuestionario garantizará el anonimato de las respuestas.

El cuestionario se envía dos veces más con un recordatorio para aumentar el número de respuestas. Una vez finalizado el período de respuesta, los resultados se descargan y almacenan en la computadora del investigador principal. Se utilizará el software Python para el análisis y procesamiento de datos.

## 9. RESULTADOS

La investigación del presente trabajo consta de dos partes de recolección. Existen dos tipos diferentes de encuestas, una dirigida a estudiantes de pregrado de carreras de ingeniería y la otra a docentes de estas mismas carreras. La recepción de encuestas sigue activa y para efectos prácticos de la presentación de avances, se tomarán en cuenta para el procesamiento de la información las encuestas recibidas de estudiantes. En total, se procesaron 59 respuestas por parte de estudiantes de diferentes universidades en Colombia; los datos se agruparon en diferentes categorías como lo son: Género, Universidad, Carrera de pregrado, Semestres en los que vieron materias de IA. Esta categorización se utilizó para representar la distribución de la población en cuanto a temas éticos referentes a la inteligencia artificial desde sus pregrados.

Para asegurar la información actualizada en todo momento se utilizó un servicio de automatización de tareas llamado Jenkins, el cual estuvo ejecutándose en background en el servidor principal de la investigación, reemplazando el archivo cada 1 min; con lo que se tuvo la certeza de siempre contar con la última versión de las respuestas obtenidas.

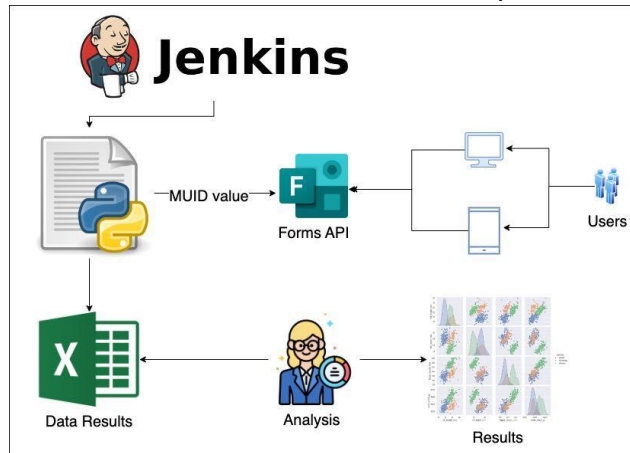


Figura 10. Pipeline de extracción y análisis de datos

La imagen muestra la interfaz de usuario de Jenkins. En la parte superior, se ve el logo de Jenkins y el nombre de usuario 'Valentina Villadiego'. El panel principal muestra la 'Salida de consola' de un pipeline llamado 'forms-script'. El texto de la salida de consola indica que el pipeline se ejecutó exitosamente, se ejecutó un script de Python que descargó y guardó un archivo de Excel, y luego se configuró un tiempo de espera de 1 minuto.

```
Lanzado por el usuario Valentina Villadiego
[Pipeline] Start of Pipeline
[Pipeline] node
Running on Jenkins in C:\ProgramData\Jenkins\jenkins\workspace\forms-script
[Pipeline] {
[Pipeline] stage
[Pipeline] { (Execute Python Script)
[Pipeline] script
[Pipeline] {
[Pipeline] bat

C:\ProgramData\Jenkins\jenkins\workspace\forms-script>cd C:/Users/S7310/Documents/TESIS/forms-script &&
C:/Users/S7310/AppData/Local/Programs/Python/Python312/python.exe app.py
File has been downloaded and saved as "encuesta-estudiantes-2023-11-26.xlsx".
[Pipeline] sleep
Sleeping for 1 Min 0 Seg
```

Figura 11. Vista principal del servicio Jenkins

Recolectada la información necesaria, se hizo el respectivo procesado de las respuestas de cada encuesta por medio de Seaborn, una librería propia de python para la creación de datos estadísticos, fundamentada en Matplotlib y admite estructuras de datos con Pandas[60]; cuenta con la simplicidad para la visualización de los datos y su posterior análisis. En cuanto a género se obtuvo un total de 16 encuestas femeninas y 43 encuestas masculinas.

2. Género: (0 punto)

[Más detalles](#)

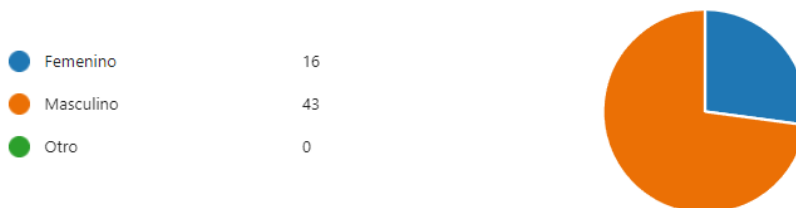


Figura 12. Distribución por género de la data.

La encuesta estuvo habilitada para las 177 universidades que ofrecen programas de ingeniería en el territorio nacional y registradas en la asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería o por sus siglas en español (ACOFI), sin embargo, al estar aún en fase de recolección se hicieron los análisis para las 5 Facultades con más respuestas en el formulario. Las universidades a tomar en cuenta son: Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (Lila), Universidad de Cartagena (Rojo), Universidad de Caldas (Verde), Universidad del Rosario (Café) y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Amarillo).

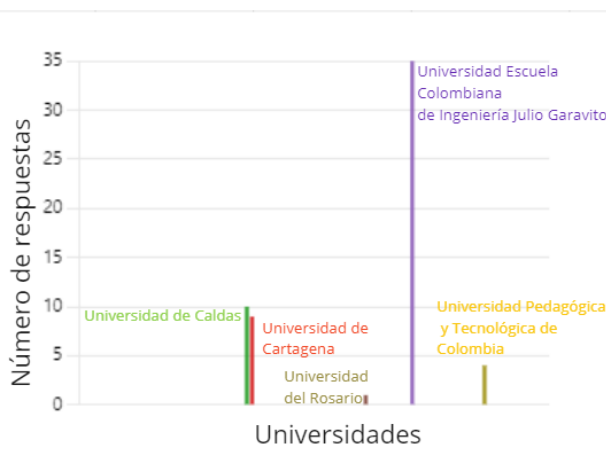


Figura 13. Distribución de encuestados en las diferentes universidades censadas. Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (Lila), Universidad de Cartagena (Rojo), Universidad de Caldas (Verde), Universidad del Rosario (Café) y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Amarillo).

Del total de encuestados un 37% de la data afirmó haber visto materias de inteligencia artificial durante el pregrado y el restante 63% no ha visto en ningún momento de su carrera materias relacionadas a inteligencia artificial y de esos sólo el 18% afirmó haber visto incluidos temas de ética inmersos en esas materias sobre inteligencia artificial.

6. ¿Durante la carrera, ha cursado materias sobre inteligencia artificial? (0 punto)

[Más detalles](#)

Información

● Sí	22
● No	37

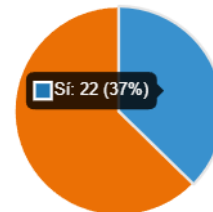


Figura 14. Distribución de materias sobre inteligencia artificial vistas durante el pregrado.

8. Durante la carrera, ¿ha cursado materias de IA donde se incluyan contenidos sobre ética?

[Más detalles](#)

Información

● Sí	18
● No	41

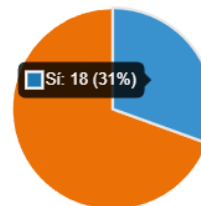


Figura 15. Distribución de materias sobre inteligencia artificial que incluyen temas relacionados a ética vistas durante el pregrado.

Por otro lado, en cuanto a materias específicas sobre ética en la inteligencia artificial del total de la data recolectada se evidenció una diferencia significativa entre los que afirman haberlas visto en algún momento del pregrado y los que no. Solo el 14% de los encuestados marcó “sí”, frente a un 86% que no han tenido formación al respecto.

9. Durante la carrera, ¿ha cursado materias específicas sobre ética aplicada a la IA? (0 punto)

[Más detalles](#)

Información

● Sí	8
● No	51

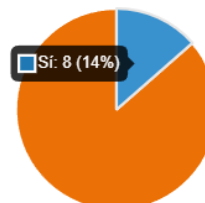


Figura 16. Distribución de materias específicas sobre ética aplicada a inteligencia artificial vistas durante el pregrado.

La tendencia evidenciada en el relacionamiento de palabras con inteligencia artificial fue en su mayoría consistente en el total de la data. Inesperadamente en los términos “Discriminación” e “Inclusión”, la tendencia mostró que más de la mitad de los encuestados no las relaciona de manera directa con inteligencia artificial o se mantiene neutral en la relación.

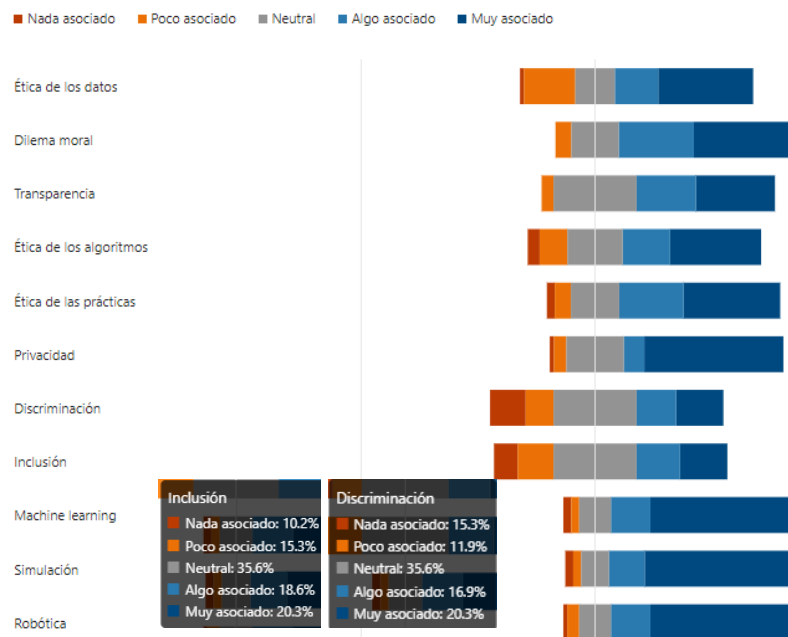


Figura 17. Distribución del total de encuestados en cuanto a la relación entrada con términos e inteligencia artificial.

El resto del cuestionario se basó en 5 escenarios que ilustran situaciones en la que interviene la inteligencia artificial como herramienta para solventar problemas en diferentes sectores sociales. El objetivo estaba enfocado en relacionar 8 de los principales principios que se defienden en el marco ético propuesto para tratar temas relacionados a ética aplicada en inteligencia artificial. Del total de encuestados, se evidenció que para los escenarios relacionados con la discriminación, la inclusión, el beneficio social, el control humano de las decisiones y la transparencia menos del 50% de la data respondió correctamente, y el escenario relacionado con la transparencia y seguridad fue el único en tener un 86% de respuestas correctas del total de la data.

Un 32 % de los usuarios que completaron el cuestionario (19 de 59) respondió correctamente a esta pregunta.

[Más detalles](#)

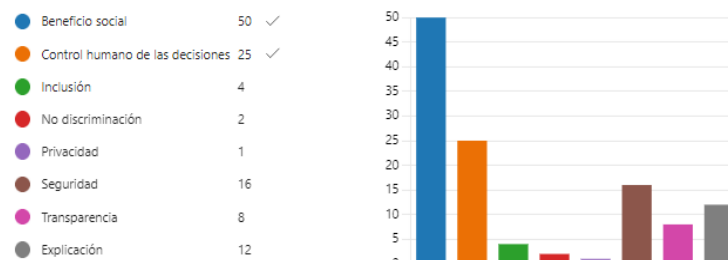




Figura 18. Distribución de respuestas a encuestados frente al escenario 1.

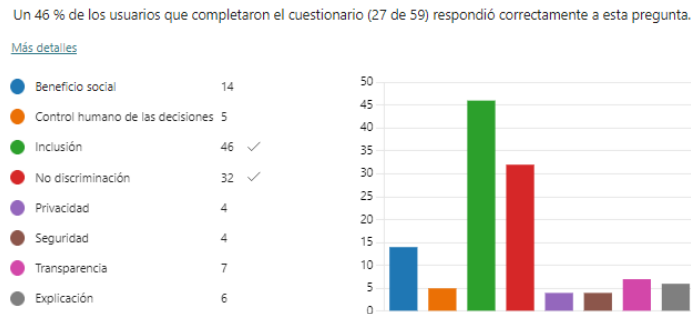


Figura 19. Distribución de respuestas a encuestados frente al escenario 2.

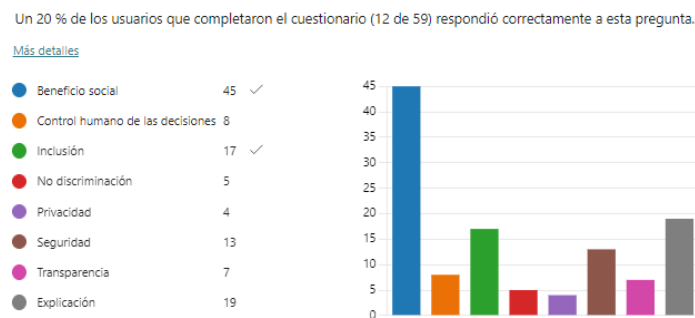


Figura 20. Distribución de respuestas a encuestados frente al escenario 3.

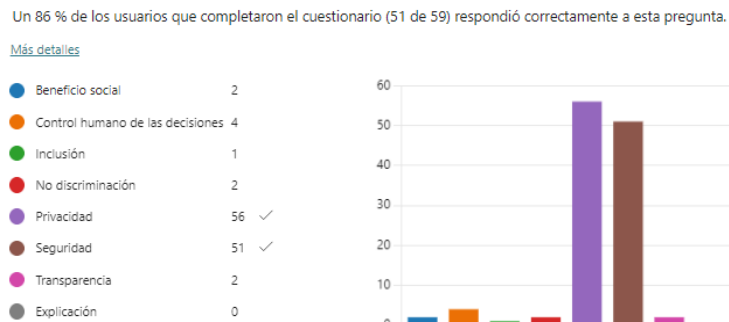


Figura 21. Distribución de respuestas a encuestados frente al escenario 4.

Un 44 % de los usuarios que completaron el cuestionario (26 de 59) respondió correctamente a esta pregunta.

[Más detalles](#)

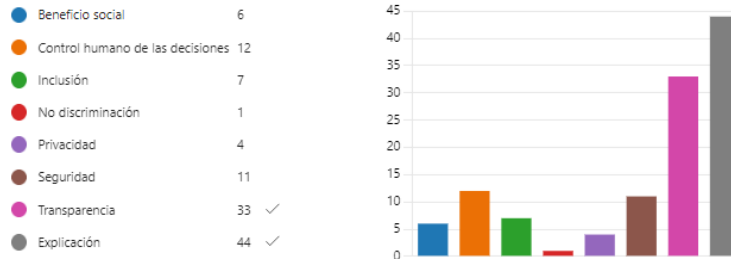


Figura 22. Distribución de respuestas a encuestados frente al escenario 5.

En la tercera y última sección del cuestionario se utilizaron las definiciones de los principios propuestos para el marco ético en Colombia y se buscaba el grado de relacionamiento que pueden llegar a tener los estudiantes de pregrado de las carreras de Ingeniería con los dichos principios éticos, de los encuestados se obtuvo: Para situaciones en las que prima el bienestar a la sociedad en común, salvaguardar la integridad, la transparencia y defensa de los derechos humanos la mayoría de encuestados fueron asertivos en el relacionamiento de los principios.

26. Los sistemas de Inteligencia artificial que se implementan en Colombia deben permitir o estar directamente relacionada a una actividad que genere un beneficio social claro y determinable. Dicho beneficio puede verse materializado en la reducción de costos, el aumento de la productividad, la facilitación en la prestación de servicios públicos, entre otros.

Un 80 % de los usuarios que completaron el cuestionario (47 de 59) respondió correctamente a esta pregunta.

[Más detalles](#)



Figura 23. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a beneficio social.

25. Los sistemas de inteligencia artificial deben reconocer, respetar y privilegiar los derechos de niños niñas y adolescentes. En ningún caso está justificada la implementación de un sistema inteligente inicial que vaya en detrimento de su interés superior.

Un 83 % de los usuarios que completaron el cuestionario (49 de 59) respondió correctamente a esta pregunta.

[Más detalles](#)

[Información](#)

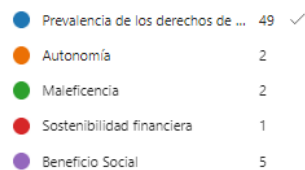


Figura 24. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a prevalencia de los derechos humanos.

18. La información que es compartida y dada a conocer a la ciudadanía de forma transparente debe ser comprensible tanto para los desarrolladores y usuarios del sistema como para aquellos individuos que pueden verse afectados por sus decisiones y resultados.  
 Un 88 % de los usuarios que completaron el cuestionario (52 de 59) respondió correctamente a esta pregunta.

[Más detalles](#) [Información](#)

● Explicación	52 ✓
● Diseño	5
● Sostenibilidad financiera	0
● Sostenibilidad ecológica	2



Figura 25. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a explicación

19. La inteligencia artificial debe estar precedida de un respeto por la intimidad de las personas y su esfera privada que impide el uso información que estos no hayan autorizado y el perfilamiento de individuos a través de esta tecnología.  
 Un 81 % de los usuarios que completaron el cuestionario (48 de 59) respondió correctamente a esta pregunta.

[Más detalles](#) [Información](#)

● Privacidad	48 ✓
● Seguridad	5
● Equidad	2
● Beneficio	2
● No maleficencia	2



Figura 26. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a privacidad.

20. Este principio es aplicable a sistema de inteligencia artificial que tenga cierta autonomía en la toma de decisiones, haciendo que el ser humano tenga control total sobre la toma de decisiones, especialmente en una etapa de implementación  
 Un 85 % de los usuarios que completaron el cuestionario (50 de 59) respondió correctamente a esta pregunta.

[Más detalles](#) [Información](#)

● Control Humano de las decision...	50 ✓
● Privacidad	0
● Desarrollo aplicativo	7
● Justicia	1
● Enriquecimiento	1

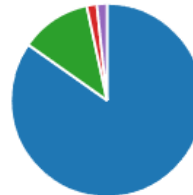


Figura 27. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a control humano de las decisiones.

22. Existe el deber de responder por los resultados que produzca un sistema de inteligencia artificial y las afectaciones que llegue a generar.

Un 90 % de los usuarios que completaron el cuestionario (53 de 59) respondió correctamente a esta pregunta.

[Más detalles](#)

Información

● Inclusión	1
● Sostenibilidad financiera	1
● Responsabilidad	53 ✓
● Equidad	1
● Diseño	3



Figura 28. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a responsabilidad social.

24. Es la participación de poblaciones históricamente marginadas en el diseño, desarrollo e implementación y evaluación de los sistemas de inteligencia artificial que se utilicen en Colombia.

Un 92 % de los usuarios que completaron el cuestionario (54 de 59) respondió correctamente a esta pregunta.

[Más detalles](#)

● Inclusión	54 ✓
● Discriminación	3
● Seguridad	2
● Transparencia	0
● Automatización	0



Figura 29. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a Inclusión.

Por otro lado y en contraste con las definiciones anteriores, las preguntas de la última sección del cuestionario referentes a la seguridad y a la no discriminación tuvieron un promedio de asertividad un poco inferior a las definiciones anteriores. La mayoría de encuestados en esas dos definiciones optaron como segunda opción más votada a la no maleficencia.

21. Los sistemas de inteligencia artificial no deben generar afectaciones a la integridad y salud física y mental de los seres humanos con los que interactúan.

Un 53 % de los usuarios que completaron el cuestionario (31 de 59) respondió correctamente a esta pregunta.

[Más detalles](#)

Información

● Beneficencia	6
● Seguridad	31 ✓
● No maleficencia	21
● Autonomía	1
● Equidad	0



Figura 30. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a seguridad.

23. Los sistemas de inteligencia artificial no pueden tener resultados o respuestas que atenten contra el bienestar de un grupo específico o que limiten los derechos de poblaciones históricamente marginadas. Dichas decisiones solo podrán ser tomadas por seres humanos, bajo los criterios que el marco de derechos humanos permita en cada caso.  
 Un 64 % de los usuarios que completaron el cuestionario (38 de 59) respondió correctamente a esta pregunta.



Figura 31. Gráfica de pastel del total de encuestados que respondieron correctamente a no discriminación.

Para una mejor comprensión de los datos obtenidos de las encuestas completadas con éxito, se utilizó el comando “groupby” de python el cual entrega una reclasificación de la data por parámetros en específico. Se realizó el relacionamiento de distintas variables para posteriormente identificar los factores claves en las respuestas y su posible naturaleza. Se hizo el relacionamiento entre el género y la incidencia de materias vistas en inteligencia artificial y materias específicas de ética aplicada a inteligencia artificial.

La incidencia de mujeres (azul) que han visto materias de inteligencia artificial y al mismo tiempo materias específicas de ética aplicada a la inteligencia artificial es ligeramente superior a la incidencia de los hombres (Naranja) observada en la Figura 32, ya que teniendo en cuenta que el número de mujeres que respondieron la encuesta es menor, existen un mayor número de hombres que no han visto materias relacionadas con la ética aunque hayan visto hasta 3 materias de inteligencia artificial. De la población femenil la mitad afirmó haber visto máximo 3 materias de inteligencia artificial y una materia específica sobre ética y la otra mitad, ha visto máximo dos materias de inteligencia artificial e igual número de materias específicas sobre ética. Sin embargo, la tendencia en los datos recolectados del género masculino apuntan a que el tomar materias de inteligencia artificial no es garantizable que se tomen con la misma intensidad materias específicas sobre ética aplicada; una pequeña parte de los hombres afirmó haber visto 3 de IA y 3 materias de ética aplicada a IA.

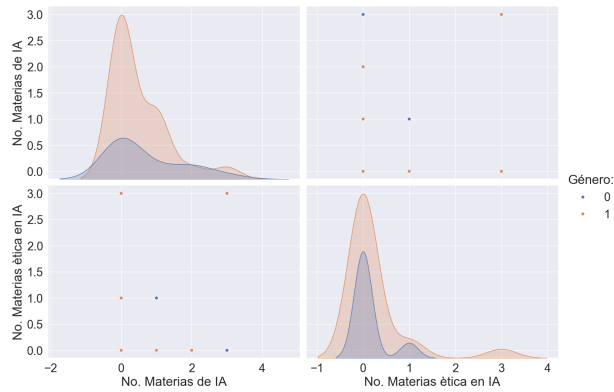


Figura 32. Relación del número de materias de IA y el número de materias específicas sobre ética aplicada a IA según la data por género: Femenino= 0, Masculino =1. (Cuadrante superior derecho).

De los datos recolectados de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, se obtuvieron respuestas de tres carreras de ingeniería; Ingeniería biomédica (Azul), Ingeniería eléctrica(Naranja) e Ingeniería mecánica(Verde). Para efectos prácticos de estos resultados no se tomaron en cuenta la respuesta de ingeniería mecánica ya que sólo corresponde a una encuesta y no es suficiente para alcanzar a predecir el comportamiento de dicha población. Un tercio de los estudiantes de ingeniería eléctrica afirmaron haber visto por lo menos una materia de inteligencia artificial pero ninguna de ética aplicada, y otro porcentaje ha visto por lo menos 3 materias de IA y de ética aplicada a IA. En contraste, los estudiantes de ingeniería biomédica encuestados han visto más materias de inteligencia artificial que de ética aplicada a IA que el máximo se mantuvo en 1 materia. Los estudiantes de electrónica en promedio han visto casi la misma cantidad de materias sobre inteligencia artificial respecto a los estudiantes de biomédica Figura 32.(Gráfica superior izquierda), aunque estos últimos han visto en promedio más materias sobre ética aplicada a la inteligencia artificial por mucha diferencia Figura 32.(Gráfica inferior derecha).

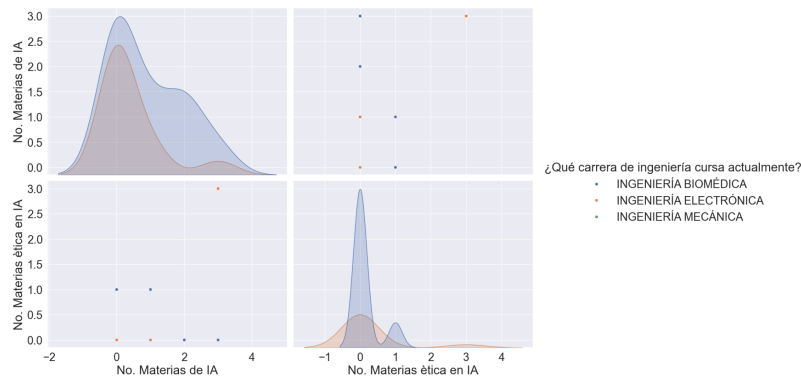


Figura 33. Relación del número de materias de IA y el número de materias específicas sobre ética aplicada a IA según la data por carreras de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (Cuadrante superior derecho).

Haciendo un poco más de zoom en los datos recolectados específicamente de la carrera de Ingeniería biomédica de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, se nota a simple vista que la distribución entre hombres y mujeres encuestados, se identifica que todos los hombres afirmaron no haber visto ninguna materia sobre ética aplicada a la IA pero por lo menos 2 materias sobre inteligencia artificial, en comparación a las mujeres quienes de las que indicaron que no han visto ninguna materia sobre ética aplicada al a IA han visto entre 0 a 3 materias sobre inteligencia artificial, y una quinta parte de ellas afirmó haber visto más de una materia de ética aplicada pero entre 0 a 1 materia sobre inteligencia artificial.

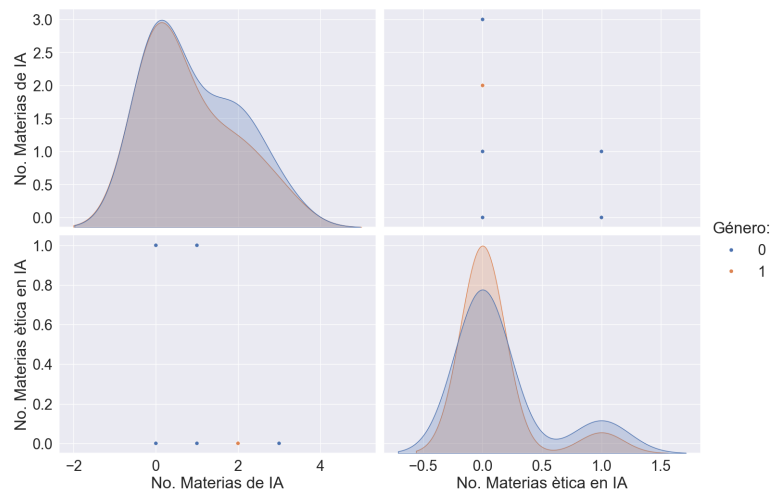


Figura 34. Relación del número de materias de IA y el número de materias específicas sobre ética aplicada a IA según la data por Ingeniería Biomédica de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito según el género: Femenino = 0, Masculino = 1(Cuadrante superior derecho)

En la metodología de este trabajo, se contempla la participación de profesores del área de ingeniería que cuentan con experiencia actual o pasada en el ámbito de la inteligencia artificial, con el objetivo de recabar sus opiniones respecto al tema central de esta investigación. No obstante, debido a un porcentaje limitado de respuestas por parte de los docentes, estas no se han incluido en los resultados y discusiones de este primer avance documental de la investigación. Es importante señalar que las encuestas dirigidas a ambos perfiles de participantes siguen activas para recibir posibles respuestas en el futuro.

## 10. DISCUSIÓN

Con base en los resultados obtenidos de las encuestas a estudiantes, se pudo identificar la situación y relación que tienen algunos estudiantes de pregrados de ingeniería con la inteligencia artificial y la ética aplicada en este área tan amplia que apenas se encuentra en desarrollo y crecimiento. Los resultados, mostraron que muchos de los encuestados mostraron cierta relación y conocimientos referentes a los principios éticos que se enmarcan en el contexto nacional y en el mundo, pero probablemente por similitud y sentido común, ya que existen otros principios que mostraron matices un poco más dispersos en la totalidad de la población encuestada.

Para los principios que hacen referencia a la transparencia, al control de las decisiones por parte del ser humano, a la no maleficencia y demás definiciones que contienen un componente social implícito tienen una mayor consistencia en las respuestas y puede estar relacionado a la asociación directa entre lo que se sabe de forma informal o por medios propios sobre inteligencia artificial y más, desde el sector de las ingenierías que mantienen un componente tecnológico fuerte en cualquiera de las universidades de Colombia; y con ello se pueden prever posibles efectos adversos del uso indiscriminado de ciertas herramientas. Sin embargo, existen las connotaciones anteriormente mencionadas que representan sesgos significativos en la población, ya que aunque el componente ético que se debe tener en cuenta en este tipo de tecnologías debe ser transversal e íntegro, los principios relacionados a la no discriminación o a la inclusión, no terminan de ser claros para la población encuestada, teniendo en cuenta que el porcentaje de respuestas acertadas en esas áreas fue más baja y genera ciertas discusiones entorno al por qué los estudiantes de las carreras de ingeniería en diferentes partes del país no tienen concepción de las posibles repercusiones que pueden tener herramientas de inteligencia artificial en materia de discriminación, aunque ya existan diferentes casos en todo el mundo donde se han hecho evidentes los sesgos raciales, de género y otras índoles que se han encontrado en ciertas búsquedas que se han realizado con diferentes herramientas que utilizan modelos de aprendizaje automático. Es importante recalcar estos matices dentro de una población estudiantil del área de ingeniería que probablemente sean los futuros desarrolladores, creadores de patrones de aprendizaje, utilizadores de herramientas de IA o posibles “víctimas” de su uso, ya que si se aseguran desde la academia el entendimiento y la preocupación por infundir estos temas desde semestres tempranos y su utilización durante todo el periodo de aprendizaje se podrían mitigar de manera significativa el futuro del aprendizaje automático de manera segura para la sociedad, la integridad de los usuarios y el medio ambiente desde cualquier aspecto que se pueda ver vulnerado.

A pesar de que la realización de las encuestas fue de carácter voluntaria, no tenía asociado ningún tipo de nota o respuestas “buenas” o “malas” y que se realizó el envío masivo de la misma en dos ocasiones adicionales se tuvo un porcentaje de respuestas bajo en comparación a todo el volumen de universidades adscritas a tener en cuenta en esta investigación, y con esto se pueden ver diferentes panoramas que justifiquen el fenómeno. Uno de ellos podría estar asociado a las formas que se utilizaron de difusión, o los intermediarios entre la recepción y la difusión de las encuestas en sus comunidades estudiantiles. ¿Los correos electrónicos de carácter institucional no son lo suficientemente prácticos para este tipo de información?, ó ¿Los entes intermediarios entre la recepción y difusión de información relevante proveniente de otras universidades restan importancia a



estos ejercicios? y en el último de los panoramas y aludiendo al hecho de que los interrogantes anteriores no fueron una causa significativa del fenómeno es posible pensar que temas relacionados a la ética aplica a la inteligencia artificial no se encuentran dentro de las preocupaciones principales o de carácter urgente en el atmósfera académica que dentro de la ingeniería se discute. Este último interrogante comienza a moldear el objetivo principal de esta investigación en desarrollo, debido a que es sumamente importante la identificación de ciertos factores o indicadores capaces de determinar el estatus en general de este tipo de temas que nos compete como futuros profesionales en el contexto de avance tecnológico que podemos implementar en el país. Desde la academia y los pensum que se imparten como pilar base de la educación, se deben comenzar a analizar la posibilidad de hacerles renovaciones o reestructuraciones que se alineen con las nuevas necesidades que surgen a medida que avanzamos como sociedad. Es imprescindible que siendo pioneros de la creación de un marco ético destinado al desarrollo, uso y aprovechamiento de tecnologías a base de inteligencia artificial y aprendizaje automático, no seamos un ejemplo del mismo; desde el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación se desarrolló hace un par de años un documento lo suficiente robusto como para no tener incertidumbre sobre aspectos que puedan ser contraproducentes, pero no se han desarrollado herramientas de difusión o leyes que amparen su utilización y se imparta de manera sistematizada y sin excepción empezando desde las aulas en pregrado de carreras de ingeniería y que mejor que se pueda expandir de manera homogénea en más áreas del conocimiento, ya que es un fenómeno que nos compete a todos y nos puede beneficiar o perjudicar a todos.

Ahora bien, haciendo un zoom en los pensum académicos vigentes de las universidades que al día del presente documento ofrecen la carrera de Ingeniería Biomédica; por ser una ingeniería que mezcla las bases científicas y matemáticas de la ingeniería con los fundamentos anatómicos, morfofisiológicos y sistémico del cuerpo humano. Es necesario contar con un plan riguroso en el que la integridad física y mental de los pacientes sea la primera preocupación del personal de la salud. Haciendo una revisión rápida de los planes de estudio de las universidades en Bogotá que cuentan con el programa de Ingeniería Biomédica o bioingeniería se evidencia que el tema de la ética y la responsabilidad social por parte de las personas es muy escaso. La Universidad del Bosque ofrece la carrera de Bioingeniería y dentro de un pensum de 9 semestres sólo tocan una materia relacionada a bioética en 5to semestre[58] y no es directamente implementada a inteligencia artificial, sin embargo no tienen una línea de profundización guiada a la programación y el desarrollo. En la Universidad Manuela Beltrán cuentan con un pensum de 8 semestres en el que no cuentan con ninguna materia de ética ni ninguna línea en torno a la inteligencia artificial [59] y del mismo modo se encontraría aún muy lejos de implementar temas relaciones a la ética específicamente aplicada a tecnologías de aprendizaje automático al igual que el programa de Ingeniería Biomédica que ofrece la Universidad de los Andes[60]. Por otro lado, la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito en convenio con la Universidad del Rosario con el programa de ingeniería Biomédica y la Pontificia Universidad Javeriana [61] tienen dentro del pensum una materia de bioética en los primero semestres del pregrado y tienen líneas de profundización relacionadas a la programación; sin embargo no existen temas relacionados directamente a la ética aplicada a la inteligencia artificial aunque, por lo menos, en la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito se ofrecen electivas de Inteligencia artificial sin el componente ético. Carreras como la ingeniería Biomédica, donde el foco central son los pacientes y la calidad de vida de los seres humanos deben contar con un marco ético estricto, del que no sea posible filtrar herramientas, formas o desarrollos que perjudiquen en menor o mayor medida cualquier aspecto de la calidad de

vida, recuperación, diagnóstico o rehabilitación de los pacientes. Es fundamental comenzar a adoptar consideraciones éticas que se alineen a los pasos y avances que se vayan generando en el crecimiento social y tecnológico a los que nos enfrentamos como ciudadanos y como profesionales de la salud y enfrentamos cada día.

Este panorama teniendo un marco ético tan completo a nivel nacional como se describió en el presente documento es un poco desalentador ya que por el hecho de que se presente como no obligatorio desde el ministerio de educación el nicho del conocimiento que se inculca desde las universidades debería tomarse mucho más en cuenta la importancia de estas tecnologías emergentes para ir amoldando las carreras que aunque siguen siendo las mismas desde hace muchos años y seguirán siendo necesarias en el futuro; las formas, los medios de aprendizaje y herramientas que se usan van a ir avanzando y mejorando con el paso del tiempo por lo que el compromiso para una educación íntegra y de calidad la academia debe trascender con el sistema y evitar que los futuros profesionales desvíen sus intereses al maleficio de la sociedad o en su defecto actúen de formas perjudiciales sin visualizar de manera precisa o completa los posibles efectos del mal actuar.

## CONCLUSIONES

- Las encuestas recolectadas aún no son suficientes para definir el estatus general de los estudiantes de pregrado en carreras de ingeniería a nivel nacional. Los resultados obtenidos sólo son una pequeña de las 5 universidades que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de este avance. La investigación sigue vigente para recolectar la mayor cantidad de información y poder sondear con más precisión el tema de ética aplicada de manera específica a la inteligencia artificial. Sin embargo, en cuanto a estudiantes de ingeniería biomédica del Convenio Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito y Universidad del Rosario, se evidenció una alta incidencia en materias de inteligencia artificial vistas durante su pregrado pero una muy mínima formación en torno a la ética aplicada aún perteneciendo al sector de la salud, representando el 38% del total de la data y la mayoría de ella.
- De los estudiantes de pregrado sólo el 38% de los encuestados ha tenido formación directa con IA y sólo el 8% ha tenido experiencia con la ética aplicada a IA, lo que evidencia una falta considerable del manejo de temas respecto a ética aplicada a la inteligencia artificial, por lo que la cantidad de materias vistas durante el pregrado indiscriminadamente de la carrera de ingeniería que cursan, es muy baja aunque hayan tenido más de dos materias relacionadas a inteligencia artificial. El relacionamiento de principios en torno al marco ético es efectivo en la mayoría de encuestados, pero es necesaria una intervención a profundidad en situaciones más abstractas como la discriminación y la inclusión.
- La relación de los docentes en áreas de ingeniería aún no se puede establecer debido a la baja cantidad de respuestas obtenidas por su parte. Esta cantidad baja de respuestas puede estar ligada a problemas entre los intermediarios entre la recepción de los correos masivos o se podría presumir un tanto la falta de interés por parte de los docentes en temas relacionados a la ética aplicada a la inteligencia artificial o en su defecto, podría suponerse que la forma de recopilar información respecto a la percepción en temas diversos no suele ser muy eficiente por medio de esta metodología. La encuesta a profesores aún se encuentra activa para posterior análisis.
- Con base al marco ético aplicado a la inteligencia artificial que se desarrolló desde el Ministerio de Ciencias, Tecnologías e Innovación se encuentra bien fundamentado para que en los diferentes centro de educación superior adopten muchos de estos principios y se impartan de manera obligatoria en carreras que ameriten la influencia ética en el desarrollo de su profesión. El siguiente paso en el desarrollo de esta investigación, se encuentra orientado a la búsqueda de estrategias que permitan llevar a la implementación de las consideraciones ya establecidas ajustadas a los planes de estudio.

## RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El presente documento es un avance de la investigación completa que conlleva el análisis de más universidades a nivel nacional en conjunto con la opinión de profesores del sector ingenieril sobre las posibles causas/efectos que puede llegar a tener el no uso de la ética en temas relacionados a inteligencia artificial. Los links de las encuestas tanto para estudiantes de pregrado como para profesores sigue activo y se continuará difundiendo vía correo electrónico y medias más informales como mensajes de whatsapp y el voz a voz. Con un mayor número de respuestas, se puede llevar a tener una mejor comprensión del panorama en Colombia referente al tema central de la presente investigación. Con esa visión general y mucho más completa, dependiendo de las conclusiones que se tomen en conjunto con todos los entes involucrados en el desarrollo de la investigación, el fin es determinar y llevar a cabo un plan de acción que incluya indispensablemente temas de ética aplicada a la inteligencia artificial con base en el marco ético que se propone desde el Ministerio de Ciencias, Tecnología e Innovación (MinCiencias) de Colombia y de alguna forma, promover su utilización y obligatoriedad en las instituciones que ofrezcan programas de ingeniería de cualquier índole, reforzando la importancia de conocer e identificar a la perfección los principios claves para el desarrollo y utilización de sistemas de aprendizaje automático sin generar efectos negativos ni perjudiciales a ningún área de la sociedad.

## REFERENCIAS

- [1] Díez, R. P., Gómez, A. G., & de Abajo Martínez, N. (2001). *Introducción a la inteligencia artificial: sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva*. Universidad de Oviedo.
- [2] DÍAZ, J. (n.d.). La realidad de la Inteligencia Artificial en Salud. *Instituto de Ingeniería del conocimiento*. <https://www.iic.uam.es/lasalud/realidad-inteligencia-artificial-salud/>.
- [3] Uso ético y responsable de inteligencia artificial en salud. Clara M. Mosquera Lopezaa, O. Lucía Quintero Montoyab, Daniela Marín Ramírezc, José J. Garcésb, Carolina Sánchez Vásquezd, Verónica M. Echeverri Salazare, Paula Roldán Mayaf, Jose A. Toro Valenciad, Jaime Rugeles Ortízf, Juliana Ortiz Marínc, Jesús F. Vargas Bonillag, María I. Vélez Agudelo a. Centro para la Cuarta Revolución Industrial de Colombia, afiliado al Foro Económico Mundial b. Departamento de Ciencias Matemáticas, Universidad EAFIT c. Innovación EAFIT, Universidad EAFIT d. Departamento de Derecho, Universidad EAFIT e. Facultad de Derecho y Ciencias Políticas, Universidad de Antioquia f. Corporación Ruta N g. Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia)
- [4] 2. Mitcham, C. (2009). A historico-ethical perspective on engineering education: From use and convenience to policy engagement. *Engineering Studies*, 1(1), 35–53).
- [5] Keefer, M., Wilson, S., Dankowicz, H., & Loui, M. (2014). The importance of formative assessment in science and engineering ethics education: Some evidence and practical advice. *Science and Engineering Ethics*, 20(1), 249–260). La publicación de Martin y cols, muestra como (Martin DA, Conlon E, Bowe B. A Multi-level Review of Engineering Ethics Education: Towards a Socio-technical Orientation of Engineering Education for Ethics. *Sci Eng Ethics*. 2021 Aug 24;27(5):60. doi: 10.1007/s11948-021-00333-6. PMID: 34427811; PMCID: PMC8384818.
- [6] Kim, D., Odom, P. W., Zoltowski, C. B. & Jesiek, B. K. (2018). Investigating moral disengagement among first-year engineering students. In 2018 IEEE frontiers in education conference (FIE) (pp. 1–7) y Niles y colaboradores (Niles, S., Roudbari, S., & Contreras, S. Integrating social justice and political engagement into engineering. *International Journal of Engineering, Social Justice, and Peace*, 7(1), 52– 64.
- [7] Niles, S., Roudbari, S., & Contreras, S. Integrating social justice and political engagement into engineering. *International Journal of Engineering, Social Justice, and Peace*, 7(1), 52–64.
- [8] OMS publica el primer informe mundial sobre inteligencia artificial (IA) aplicada a la salud y seis principios rectores relativos a su concepción y utilización OMS 28 de junio de 2021 Comunicado de prensa Ginebra
- [9] Marco ético para la inteligencia artificial en Colombia. Departamento Administrativo de la Presidencia de la República Víctor Manuel Muñoz Rodríguez Director. Autores: Armando Guío Español Consultor CAF, Elena Tamayo Uribe Contratista Presidencia de la República, Pablo Gómez Ayerbe Asesor Consejería Presidencial de Asuntos Económicos y Transformación Digital, María Paula Mujica Contratista Presidencia de la República. Octubre 2021)

- [10] Eysenbach, Gunther. "Improving the quality of Web surveys: the Checklist for Reporting Results of Internet E-Surveys (CHERRIES)." *Journal of medical Internet research* 6.3 (2004): e132.
- [11] L. Andrade y G. Villa, "Ética y tecnologías disruptivas en América Latina", *Punto Cero*, vol. 27, no. 44, pp. 36-45, 2022.
- [12] E. Tejada, "Ética de la inteligencia artificial en América Latina", *Nova et Vetera*, vol. 15, no. 30, pp. 207-226, 2021.
- [13] C. Avendaño, E. Mariano y L. Juncal, "Inteligencia artificial y su ética en América Latina", *TELOS*, no. 118, pp. 70-83, 2021.
- [14] A. Rivera y A. Álvarez, "La ética en la inteligencia artificial en América Latina", *Revista Tecnológica*, vol. 19, no. 42, pp. 1-10, 2021.
- [15] P. de los Ríos, "La ética en el uso de inteligencia artificial en Latinoamérica: el caso de México", *Cuadernos de Administración*, vol. 34, no. 62, pp. 77-92, 2021.
- [16] B. Taebi and I. van de Poel, "Engineering Ethics in the Era of Artificial Intelligence," *IEEE Technol. Soc. Mag.*, vol. 41, no. 2, pp. 7-9, 2022.
- [17] OECD. (2021). *Responsible AI: A Global Policy Framework*. [Online]. Available: <https://www.oecd.org/going-digital/ai/responsible-ai.htm>
- [18] M. L. Flórez Rojas, «Pensamiento de diseño y marcos éticos para la Inteligencia Artificial: una mirada a la participación de las múltiples partes interesadas», *DESAFÍOS*, vol. 35, n.º 1, ene. 2023.
- [19] A. Koene, C. Reed, and S. Ó hÉigeartaigh, "AI Ethics and the Importance of Inclusive Stakeholder Engagement," *AI Soc.*, vol. 35, pp. 399-406, 2020.
- [20] S. M. Liao, A. D. Stern, and E. Vayena, "A Human-Centered Framework for Ethical AI in Healthcare," *Nat. Med.*, vol. 26, pp. 312-314, 2020.
- [19] A. J. London and Y. Grad, "AI Ethics: Seven Core Principles for Developers and Corporate Leaders," *Nature*, vol. 577, pp. 180-182, 2020.
- [21] C. G. Harrison, J. Ganesh, and D. Gotterbarn, "Engineering Ethics for Artificial Intelligence," *Commun. ACM*, vol. 62, no. 11, pp. 46-51, 2019.
- [22] N. Bostrom and E. Yudkowsky, "The Ethics of Artificial Intelligence," *Science*, vol. 361, no. 6404, pp. 751-752, 2018..
- [23] Ángel, M., & Robles, S. (n.d.). *Resumen sobre Internet*.
- [24] GONZÁLEZ-GARCÍA, Carlos. En qué consiste el aprendizaje automático (machine learning) y qué está aportando a la Neurociencia Cognitiva. *Cienc. Cogn*, 2018, vol. 12, no 2, p. 48-50.

- [25] *Machine Learning': definición, tipos y aplicaciones prácticas*. (n.d.). Iberdrola. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.iberdrola.com/innovacion/machine-learning-aprendizaje-automatico>
- [26] *Ejercicios resueltos de árbol de decisiones*. (2019, March 30). Plan de Mejora. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.plandemejora.com/ejercicios-resueltos-de-arbol-de-decisiones/>
- [27] *Reglas de asociación*. (n.d.). IBM. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.ibm.com/docs/es/spss-modeler/saas?topic=nodes-association-rules>
- [28] *¿Qué es una red neuronal? - Explicación de las redes neuronales artificiales*. (n.d.). AWS. Retrieved November 26, 2023, from <https://aws.amazon.com/es/what-is/neural-network/>
- [29] *COVID-19 Literature Clustering*. (2021, June 4). Kaggle. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.kaggle.com/code/maksimeren/covid-19-literature-clustering>
- [30] V. (2023, June 16). YouTube. Retrieved November 26, 2023, from [https://www.google.com/search?q=ejemplos+de+redes+bayesianas&tbm=isch&ved=2ahUKEwi6luLGqoiCAxXuGGIAHafQDmkQ2-cCegQIABAA&ooq=ejemplos+de+redes+bayesianas&gs\\_lcp=CgNpbWcQAzIFCAAQgAQyBQgAEIAEOgQIIxAnOgclABAYEIAEUOsIWJgfYPggaABwAHgAgAG5AYgBvROSAQQwLjE3mAEAoAEBq](https://www.google.com/search?q=ejemplos+de+redes+bayesianas&tbm=isch&ved=2ahUKEwi6luLGqoiCAxXuGGIAHafQDmkQ2-cCegQIABAA&ooq=ejemplos+de+redes+bayesianas&gs_lcp=CgNpbWcQAzIFCAAQgAQyBQgAEIAEOgQIIxAnOgclABAYEIAEUOsIWJgfYPggaABwAHgAgAG5AYgBvROSAQQwLjE3mAEAoAEBq)
- [31] *Máquina de soporte vectorial. Una máquina de soporte vectorial...* (2021, May 20). Rachit\_Vargas. Retrieved November 26, 2023, from <https://rachitvrgs.medium.com/m%C3%A1quina-de-soporte-vectorial-b7c03a605bff>
- [32] *Machine learning. Tipos, modelos, técnicas y usos*. (2021, March 24). IAT. Retrieved November 26, 2023, from <https://iat.es/tecnologias/inteligencia-artificial/machine-learning/>
- [33] V. (2023, June 16). YouTube. Retrieved November 26, 2023, from [https://www.researchgate.net/profile/Reinier-Hernandez-Avila-2/publication/323858502\\_Deep\\_Learning\\_Una\\_revision/links/5ab019d2458515e6/Deep-Learning-Una-revision.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Reinier-Hernandez-Avila-2/publication/323858502_Deep_Learning_Una_revision/links/5ab019d2458515e6/Deep-Learning-Una-revision.pdf)
- [34] *¿Qué es el aprendizaje profundo? - Explicación del aprendizaje profundo*. (n.d.). AWS. Retrieved November 26, 2023, from <https://aws.amazon.com/es/what-is/deep-learning/>
- [35] *Ocho ejemplos cotidianos del procesamiento del lenguaje natural (PLN)*. (n.d.). Tableau. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.tableau.com/es-mx/learn/articles/natural-language-processing-examples>
- [36] Platzer, S. (2023, May 16). *¿Qué es la visión por ordenador? La percepción mediante IA explicada de forma sencilla*. Konfuzio. Retrieved November 26, 2023, from <https://konfuzio.com/es/que-es-vision-ordenador/>
- [37] *Introducción a los datos tabulares | Vertex AI*. (2023, May 20). Google Cloud. Retrieved November 26, 2023, from <https://cloud.google.com/vertex-ai/docs/tabular-data/tabular101?hl=es-419>

- [38] Muñoz, J., & Scott, R. (n.d.). *Codificación y procesamiento de series temporales multivariantes atendiendo a su estructura temporal*. Biblos-e Archivo. Retrieved November 26, 2023, from [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/693440/munoz\\_aguado\\_jorge\\_tfg.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/693440/munoz_aguado_jorge_tfg.pdf?sequence=1)
- [39] *Aprendizaje por refuerzo y optimización - Expertos en IIC*. (n.d.). IIC. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.iic.uam.es/inteligencia-artificial/aprendizaje-por-refuerzo/>
- [40] V. (2023, June 16). YouTube. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.sciencedirect.com/journal/revista-medica-clinica-las-condes>
- [41] *Inteligencia Artificial en la Medicina*. (n.d.). IBM. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.ibm.com/mx-es/topics/artificial-intelligence-medicine>
- [42] *Watson: la inteligencia artificial de IBM irrumpe en medicina*. (2017, January 14). ConSalud.es. Retrieved November 26, 2023, from [https://www.consalud.es/saludigital/tecnologia-sanitaria/watson-la-inteligencia-artificial-de-ibm-irrumpe-en-medicina\\_41438\\_102.html](https://www.consalud.es/saludigital/tecnologia-sanitaria/watson-la-inteligencia-artificial-de-ibm-irrumpe-en-medicina_41438_102.html)
- [43] *What is Robotic Surgery? - Robotic Surgery*. (n.d.). UCLA Health. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.uclahealth.org/medical-services/robotic-surgery/what-robotic-surgery>
- [44] *Usos de la inteligencia artificial en medicina y sus beneficios en la salud de los pacientes*. (n.d.). Campus Sanofi. Retrieved November 26, 2023, from <https://campus.sanofi.es/es/noticias/2021/inteligencia-artificial-salud>
- [45] *Inteligencia artificial: cómo DeepMind, la IA de Google, está acelerando la identificación de genes que causan enfermedades*. (2023, October 25). BBC. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.bbc.com/mundo/articulos/crglgeqpl4o>
- [46] Marr, B. (2023, July 28). *Estos son los 15 mayores riesgos de la IA*. Forbes España. Retrieved November 26, 2023, from <https://forbes.es/tecnologia/316482/estos-son-los-15-mayores-riesgos-de-la-ia/>
- [47] *IA: el comercio ilegal de imágenes de abuso sexual infantil generadas por inteligencia artificial*. (2023, June 29). BBC. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.bbc.com/mundo/articulos/c1vzyevl0nro>
- [48] Blanco, M. (2023, September 25). *Inteligencia artificial: el escándalo en un pequeño pueblo de España por las imágenes de decenas de niñas y jóvenes desnudas generadas por la tecnología*. BBC. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.bbc.com/mundo/articulos/cz9r6792k13o>
- [49] *Geoffrey Hinton, el "padrino de la inteligencia artificial", abandona Google y alerta de los peligros de la nueva tecnología*. (2023, May 1). BBC. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.bbc.com/mundo/noticias-65451633>



[50] *La inteligencia artificial puede llevar a la extinción de la humanidad: la advertencia de los grandes expertos en IA.* (2023, May 30). BBC. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.bbc.com/mundo/noticias-65759254>

[51] *Inteligencia Artificial: el cada vez más frecuente uso de voces familiares clonadas para estafas telefónicas (y cómo protegerse).* (2023, July 14). BBC. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.bbc.com/mundo/articles/cz9q41r80n4o>

[52] BELINCHÓN, G. (2023, October 22). *Inteligencia artificial y roles sanitarios: ¿Hay estereotipos?* Redacción Médica. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.redaccionmedica.com/virico/noticias/-es-machista-la-ia-los-estereotipos-de-medicos-y-enfermeras-a-prueba-8739>

[53] *Ética de la inteligencia artificial.* (n.d.). UNESCO. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.unesco.org/es/artificial-intelligence/recommendation-ethics>

[54] *Inteligencia Artificial: América Latina debate una normativa para el abordaje ético de la disciplina.* (n.d.). UNESCO. Retrieved November 26, 2023, from <https://www.unesco.org/es/articulos/inteligencia-artificial-america-latina-debate-una-normativa-para-el-abordaje-etico-de-la-disciplina>.

[55] Montes, A. (2022, August 1). *¿Qué dice el Marco Ético colombiano para la inteligencia Artificial?* IA Colombia. Retrieved November 26, 2023, from <https://ia-colombia.co/que-dice-el-marco-etico-colombiano-para-la-inteligencia-artificial>

[56] *MARCO ÉTICO PARA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN COLOMBIA.* (n.d.). Minciencias. Retrieved November 26, 2023, from <https://minciencias.gov.co/sites/default/files/marco-etico-ia-colombia-2021.pdf>

[57] (n.d.). seaborn: statistical data visualization — seaborn 0.13.0 documentation. Retrieved November 26, 2023, from <https://seaborn.pydata.org/>

[58] “pregrado de Bioingeniería.” *Universidad El Bosque*, <https://www.unbosque.edu.co/ingenieria/carrera/bioingenieria>. Accessed 2 December 2023.

[59] *Pre-Ingeniería Biomédica*, <https://umb.edu.co/wp-content/uploads/2023/09/Pre-Ingenieria-Biomedica-Bogota.pdf>. Accessed 2 December 2023.

[60] *Pregrado en Ingeniería Biomédica | Uniandes.* (n.d.). Departamento de Ingeniería Biomédica | Uniandes. Retrieved December 2, 2023, from <https://ingbiomedica.uniandes.edu.co/es/programas/pregrado/plan-estudios>

[61] *Bioingeniería | U Javeriana.* (n.d.). Pontificia Universidad Javeriana. Retrieved December 2, 2023, from <https://www.javeriana.edu.co/carrera-bioingenieria#plan-estudios>

[62] MARR, B. (2023, JULIO 28). Estos son los 15 mayores riesgos de la IA. *FORBES*. <https://forbes.es/tecnologia/316482/estos-son-los-15-mayores-riesgos-de-la-ia/>

[63] ROGEL, M. C. (2022, 10 31). Cómo la robótica y la inteligencia artificial pueden mejorar la cirugía y frenar enfermedades. *Cinco días* 45.  
[https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/10/28/companias/1666955354\\_570405.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2022/10/28/companias/1666955354_570405.html)

[64] Sánchez, J. J. (2022, August 4). *Riesgos de la inteligencia artificial en salud*. Movistar Empresas. Retrieved December 12, 2023, from  
<https://www.telefonicaempresas.es/grandes-empresas/blog/riesgos-inteligencia-artificial-salud/>

[65] Merino, M. (2018, November 20). *Conocer el sexo de alguien por una foto de su retina parecía imposible: ahora una IA lo ha logrado, pero no sabemos cómo*. Xataka. Retrieved December 12, 2023, from  
<https://www.xataka.com/robotica-e-ia/conocer-sexo-alguien-foto-su-retina-parecia-imposible-a-hora-ia-ha-logrado-no-sabemos-como>

[66] Galán, C. (2023, May 18). *11 “preocupaciones” de la OMS ante el uso generalizado de la IA en la atención médica*. Business Insider España. Retrieved December 12, 2023, from  
<https://www.businessinsider.es/oms-preocupaciones-uso-ia-salud-1246350>

[67] *Facultad de Medicina - Universidad Nacional de Colombia: medicina.bogota.unal.edu.co*. (n.d.). Facultad de Medicina - Universidad Nacional de Colombia: medicina.bogota.unal.edu.co. Retrieved December 14, 2023, from  
<https://medicina.bogota.unal.edu.co/formacion/maestrias/ingenieria-biomedica>

## ANEXOS

Los documentos adicionales que respaldan la investigación del presente trabajo se encuentran alojados en un repositorio público en GitHub disponible en el siguiente enlace: <https://github.com/Valentina042/Consideraciones-eticas-en-Colombia>

Se encuentra anexado el código para análisis y relacionamiento de los datos con python y las dos últimas versiones de la data recolectada con la tarea automatizada de Jenkins, adicionalmente se encuentra anexo la data general sin las columnas que no hicieron parte del análisis de datos para una mejor comprensión.