



ENERGÍAS RENOVABLES Y OPTIMIZACIÓN CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

María Nela Vera Diaz

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

**Energías renovables y optimización con IA:
Hacia un futuro sostenible**

María Nela Vera Diaz

**Colección: Campos fundantes y transversales de
la transcomplejidad**

Primera Edición, Mayo, 2025

Depósito Legal: **AR2025000088**

ISBN: **978-980-7890-97-7**



Reservados todos los derechos conforme a la ley
Se permite la reproducción total o parcial del libro,
siempre que se indique expresamente la fuente



**Libros@Red de Investigadores de la
Transcomplejidad.**

<https://reditve.wordpress.com>

Rif: J403566976

Portada: Microsoft Designer

Revisión General: Dra. Crisálida Villegas

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE



AUTORIDADES REDIT

Dra. Crisálida Villegas
Presidente
Dra. Nancy Schavino
Vicepresidente
Dra. Mary Stella
Directora de
Administración
Dra. Alicia Uzcátegui
Secretaria



FEREDIT

Dra. Sandra Salazar
Directora
Comité Editorial
Dra. Betty Ruiz
Dra. Rosana Silva
Dra. Evelyn Ereú
Dra. Miozotis Silva
Dr. Renné Pérez
Dr. Arturo Dávila

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

INDICE DE CONTENIDO

		pp.
	Presentación	6
	Introducción	8
I	¿Qué son las energías renovables?	10
	Usos energéticos con la revolución industrial	11
	Energías renovables como alternativas	14
	Energías renovables en Venezuela	23
II	IA en la optimización energética	26
	Inteligencia Artificial tecnología revolucionaria	29
III	El futuro sostenible de las energías renovables con la IA	36
	IA y el uso del agua	41
	Usos de los minerales clave de la IA	44
	La IA en la sostenibilidad del planeta	47
	Referencias	56

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

INDICE DE FIGURAS

No.		pp.
1	Evolución en el uso de la energía	<u>13</u>
2	Producción energética mundial 2023	<u>18</u>
3	Distribución energética mundial 2023	<u>21</u>
4	La energía en las revoluciones industriales	<u>27</u>
5	Aplicaciones de la IA en la Transición energética	<u>49</u>
6	El papel de la IA en las actividades agrícolas	<u>51</u>

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

PRESENTACIÓN

Es un honor presentar "Energías Renovables y Optimización con IA: Hacia un Futuro Sostenible", una obra que invita a explorar el fascinante mundo de la inteligencia artificial aplicada al sector energético. En un momento en el que la crisis climática y la transición hacia fuentes de energía más limpias son temas de vital importancia, este libro ofrece una mirada sobre cómo la IA puede optimizar la generación, distribución y consumo de energía renovable.

A lo largo de sus páginas, se devela los avances tecnológicos que están revolucionando el sector, desde el uso de algoritmos para predecir la producción de energía solar y eólica, hasta sistemas inteligentes capaces de mejorar la eficiencia energética en ciudades y empresas. Además, aborda los retos y oportunidades que enfrenta esta transformación, analizando el impacto de la IA en la sostenibilidad y la economía global.

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

Este libro no solo es una lectura esencial para profesionales del sector energético y tecnológico, sino también para cualquier persona interesada en comprender el papel que jugará la inteligencia artificial en la construcción de un futuro más ecológico y eficiente. Con un enfoque accesible y basado en datos, promete ser una referencia indispensable en el camino hacia un mundo más sostenible.

Bienvenidos a una lectura que abrirá nuevos horizontes sobre el poder de la tecnología en la revolución energética.

María Nela Vera Díaz

INTRODUCCIÓN

Cuando se habla del Desarrollo Sostenible, se hace alusión a satisfacer las necesidades de las generaciones futuras, sin embargo, en estas cortas palabras van englobados muchos aspectos relacionados a la fuente u origen de los elementos, con los cuales se van a satisfacer esas necesidades de abrigo, alimentación, vivienda, salud, recreación y subsistencia, donde son necesarios recursos o insumos que proporcionen la energía requerida en todos estos procesos.

Hay que hacer referencia obligatoria a los recursos naturales disponibles en el entorno, empleados por el hombre en la satisfacción de sus necesidades, junto a la utilización de tecnologías que le permiten una celeridad y mayor efectividad en el uso de estos recursos.

En este contexto, aparece la Inteligencia Artificial IA como herramienta de soporte técnico para optimizar los recursos y procesos, además de

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

acelerar la transición energética global en la construcción de un mundo sostenible.

Esta dependencia o relación novedosa entre las energías renovables y la IA, marca el inicio de una nueva era tecnológica que permite actualización, especialmente del sector energético y transformación de toda la cadena de valor con indicadores de mayor eficiencia, rentabilidad y uso de la energía.

Para entender esta relación reciente, es importante en primera instancia, hacer la revisión de aspectos intrínsecos a las energías renovables, la relación de la IA en la optimización energética y por último, se requiere plantear un análisis prospectivo o mirada al futuro, en función de la sostenibilidad de las energías renovables con la IA.

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

I. ¿QUÉ SON LAS ENERGÍAS RENOVABLES?

Si se escudriña un poco acerca de la evolución de la energía, destaca el hecho de que ha sido cóncava con la evolución del ser humano y de la sociedad. El uso de la energía en el mundo inició aproximadamente, hace un millón de años atrás con el descubrimiento del fuego y su control, lo que le permitió al hombre calentarse, cocinar y defenderse de las bestias.

Posteriormente en el neolítico, ya había quedado atrás la vida nómada, al permanecer en lugares fijos para cultivar y manejar a los animales, desarrollando también la alfarería y la metalurgia, siempre con ayuda del fuego a través de la combustión de recursos energéticos, como el carbón vegetal y la madera.

Con la invención de la rueda y la vela, se facilitó el transporte con el uso de recursos naturales, como el agua y el viento. Posteriormente en la edad media, empezó a proliferar el uso del carbón, como fuente de energía por combustión frente a la madera

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

y el uso de la energía química almacenada en la pólvora por los chinos, a finales de la edad media.

Usos energéticos con la revolución industrial

Luego en la revolución industrial del siglo XVIII, que empezó con el invento de la máquina de vapor, vino el uso energético de la madera, el viento, el agua, que cubrían mayormente la totalidad de las necesidades energéticas del hombre, hasta llegar a mitad del siglo XIX donde comienza la explotación de los combustibles fósiles.

En los últimos cien años, estos han complementado el uso del carbón, el petróleo y en menor medida por el gas natural, los cuales protagonizan gran parte del desarrollo energético actual. Estos elementos de la mano con la evolución de la electricidad y el electromagnetismo han convertido a la energía eléctrica en mecánica, a través de los motores de corriente eléctrica continua y alterna.

Esto para producir eficientes sistemas de alumbrados eléctricos y otras aplicaciones como los

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

motores de combustión interna, que han disparado la demanda de petróleo y el consumo de electricidad, alimentada por centrales hidroeléctricas y térmicas.

Ya para comienzos del siglo XX, se descubre la energía nuclear con la primera fisión del átomo de uranio en 1938, suceso que derivó en la construcción del primer reactor nuclear, para usos en la medicina y como armas bélicas en la construcción de la primera bomba atómica, con un inmenso poder fatal demostrado al lanzarse sobre territorios japoneses.

Para el siglo XXI, el consumo total de energía mostró una alta demanda en los sectores económicos de la industria y agricultura, junto a la energía destinada al uso doméstico y servicios, en función de la aglomeración de habitantes del planeta en las grandes ciudades, mayormente utilizando combustibles fósiles.

Situación que contrasta con los inicios de la humanidad y el uso de la energía, que era aprovechada mayormente en la alimentación y actividades de sobrevivencia; convirtiéndose con la

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

evolución del hombre, en actividades que masifican y transforman la alimentación con la industria y la agricultura. Esta evolución en el uso de la energía es representada en la siguiente figura 1.

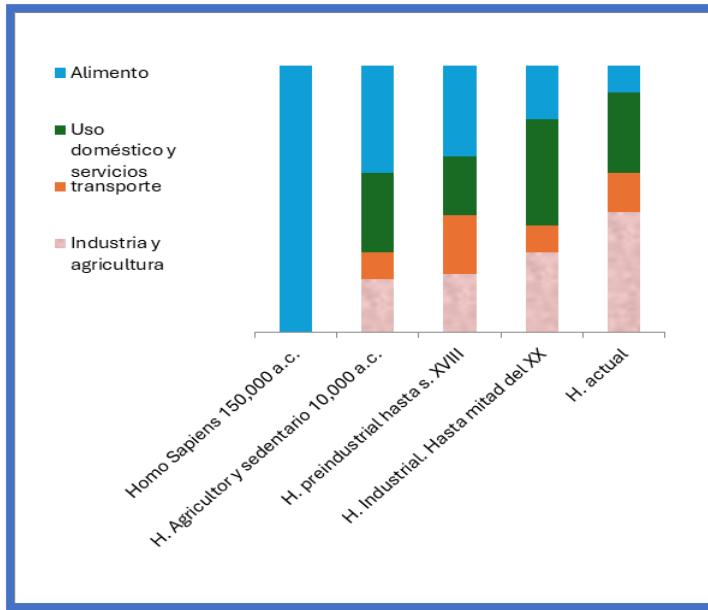


Figura 1. Evolución en el uso de la energía

Fuente: Elaboración propia (2025)

Se concluye que la evolución en el uso de la energía ha ido de la mano con la tecnología y cada avance tecnológico, ha sido fundamental para el

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

desarrollo de nuevas fuentes de energía y la optimización e incremento en su uso.

Energías renovables como alternativas

Situación que ha desatado preocupación por la contaminación, el cambio climático y la escasez de recursos fósiles, lo que ha llevado a dirigir los esfuerzos hacia la producción y uso de energías renovables como alternativas para el crecimiento en la demanda de energía en los últimos cien años.

En este sentido, según cifras citadas por Jarauta (2013), que realizó un desglose de la evolución energética de los últimos años, con estadísticas de la empresa British Petroleum, desglosada por países a partir del año 1965, destacó el incremento mundial desde ese año hasta el año 2008, el cual ha sido del 190%, triplicándose el consumo de energía en los últimos 43 años en Europa, Eurasia y los Estados Unidos.

Situación que contrasta con el menor consumo sostenido del sur y centro de América, oriente medio y África, revelando que el consumo energético se

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

concentra en los países desarrollados, con un consumo de energía per cápita muy elevado.

Se registra para el 2023 según datos del Banco Mundial, como ejemplos de países con alto consumo per cápita, Alemania con 6,045 kWh, Estados Unidos tuvo un consumo de 12,994 kWh, Canadá con un consumo de 14.148 kWh, Islandia con un consumo de 53,083 kWh y Noruega, con 23,520 kWh.

Es importante resaltar que se hace referencia al consumo de energía eléctrica, proveniente de la transformación de recursos fósiles como el carbón, el gas, el petróleo, o de la transformación de energías renovables como lo son el viento, el sol, el agua.

En el caso de las energías renovables, actualmente son aprovechadas la energía solar, eólica, del mar, las provenientes de la materia orgánica y de la tierra, que constituyen actualmente el 20% del consumo mundial, según Santamarta (2004) producto de un conjunto de tecnologías

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

capaces de proporcionar energía eléctrica sin el uso de los recursos fósiles para su producción.

También es valedero mencionar el uso y surgimiento de la energía nuclear en escasa proporción para el consumo mundial y a su vez, destacar a la biomasa y la leña como principal fuente energética que actualmente representan una importante fuente para más de dos mil millones de personas en algunos países, donde suministra un 14% del consumo mundial, especialmente en países como Tanzania, India y en menor proporción en Estados Unidos y la Unión Europea.

La fuente de energía proveniente del sol es transformada con procesos vitales como la fotosíntesis que aporta materia orgánica, alimentos y biomasa, aunque a veces pasa desapercibido, se utiliza también a través de la leña o la energía hidroeléctrica. Los mismos combustibles fósiles, también es energía solar almacenada a lo largo de millones de años. Solo la geotermia y la energía nuclear no proceden directamente del sol y es una

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

energía difusa y poco concentrada que la limita para su aprovechamiento directo.

En la actualidad, una gran parte de los gases de efecto invernadero que cubre la Tierra y captan el calor del sol, son producto de la energía proveniente de la quema de combustibles fósiles que proporcionan cerca del 80% de la producción de energía en todo el mundo, destinado a generar electricidad y calor, provenientes del carbón, el petróleo y el gas, siendo los mayores causantes del cambio climático global con la responsabilidad de más del 75% del total de emisiones de gases con efecto invernadero y cerca del 90% de todas las emisiones de dióxido de carbono.

Es evidente entonces, la necesidad de reducir las emisiones y dejar la dependencia de los combustibles fósiles e invertir y desarrollar fuentes de energía alternativas, que sean limpias accesibles y sostenibles. En este sentido, se justifica el aprovechamiento de las fuentes de energías renovables, ya que se encuentran en abundancia en

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

el entorno, además de emitir pocos o ningún contaminante al ambiente.

Para resumir la distribución actual de las fuentes energéticas mundial, la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés), presentó un informe del 2023, cuyo resumen se muestra en la figura 2.

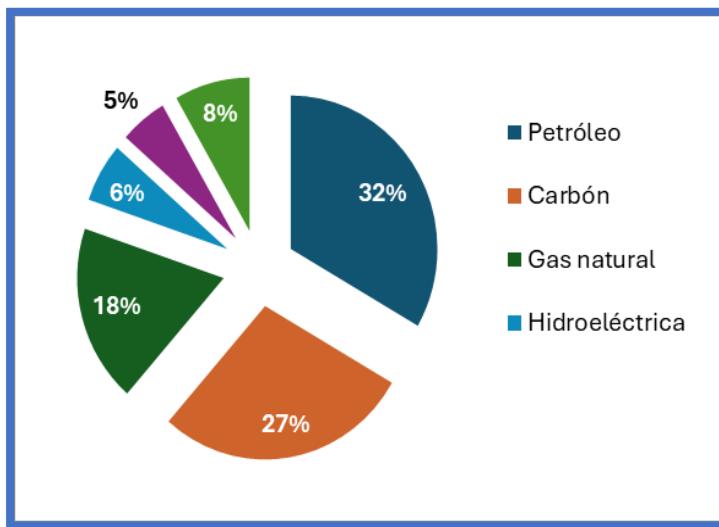


Figura 2. Producción energética mundial 2023

Fuente: Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, 2024)

Como se muestra en el gráfico 1, la energía proveniente del petróleo (32%) representa la mayor

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

fuente energética empleada en la actualidad, seguida del carbón (27%) y gas natural (18%). Las energías renovables representan un 8%, mientras que la energía hidroeléctrica se ha mantenido (6%), al igual que la energía nuclear (5%).

Las cifras indican que todavía existe un dominio de las fuentes de energía provenientes de la quema de combustibles fósiles, representadas por el petróleo, carbón y gas natural que constituyen un 77% de las fuentes de energías consumidas en el mundo, pero que van en declive con la incorporación de las energías provenientes de fuentes renovables como el sol, el aire y la hidroeléctrica, entre otras.

Para confirmar la tendencia de aumento del uso de las energías renovables, IRENA (2024) expone el registro del aumento con 473 nuevos GW en 2023, al evidenciar que el despliegue de las energías renovables en el sector energético, alcanzaron una capacidad total de 3.870 GW a nivel mundial, con 473 nuevos gigavatios añadidos en

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

2023, proporcionando un 86% de adición de su capacidad, en relación con el año anterior.

Es de destacar que solo el aumento del 73% de incremento de las energías renovables, es atribuible al crecimiento de uso de la energía solar, con una cifra récord de 1.419 GW, que representó un incremento de 473 GW, seguida por la energía eólica con una participación del 24% de la expansión de las energías renovables.

Otras tecnologías involucradas en el crecimiento fue la energía hidroeléctrica que logró una capacidad de 1.270 GW, bioenergía (4,4 GW), energía geotérmica (193 MW), como las más resaltantes en el incremento. El crecimiento de la generación de energías en el mundo se expone en la siguiente figura 3 que compara la capacidad de instalación de las energías renovables y las energías no renovables.

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

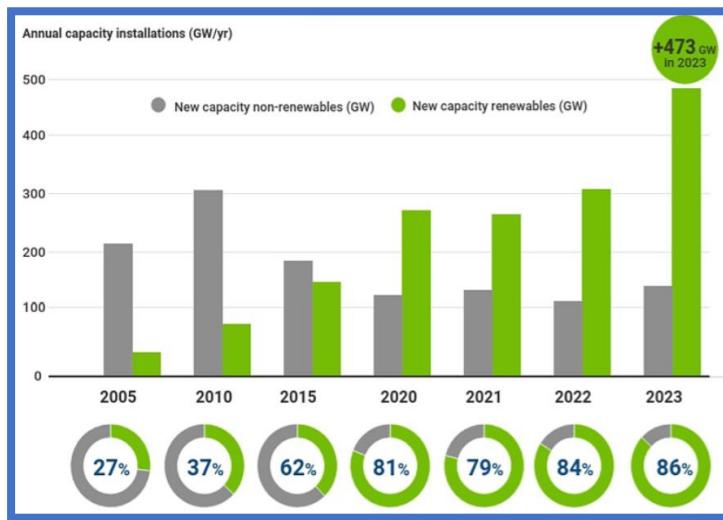


Figura 3. Distribución energética mundial 2023

Fuente: Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, 2024)

El crecimiento de 473 GW de energías renovables en 2023 estuvo liderada por Asia e impulsada por China, que ve a las energías renovables, especialmente la competitividad de la energía solar y eólica, como motor fundamental para el sostenimiento del desarrollo económico, basado en el uso de energía en sus actividades mayormente de tipo industrial, aspecto que debe reflejarse en la

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

colaboración internacional para acelerar la transición energética, donde los países en desarrollo juegan un papel clave.

El contexto presentado muestra que producir cada vez más energía renovable y abandonar las fuentes convencionales, es una necesidad que comparten todos los países del mundo. Por lo tanto, es imperiosa la necesidad de acelerar el ritmo hacia una transición a energías limpias, para preparar el camino hacia un planeta sostenible y habitable para las generaciones futuras, sustentadas en que la mayor parte del suministro eléctrico provenga de fuentes con bajas emisiones de carbono.

Es importante destacar también, que el cambio a fuentes de energías limpias, como la solar o eólica, ayuda también a evitar la contaminación del aire en favor de la salud. Según la Organización Mundial de Salud (OMS), cerca del 99 % de las personas del planeta, respiran un aire con límites de calidad no adecuados y esto repercute en la salud provocada por la contaminación del aire, con registros de más

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

de 13 millones de muertes en todo el mundo por esta causa.

Energías renovables en Venezuela

Desde el punto de vista local, la realidad de las energías renovables en Venezuela muestra un contexto particular. En este sentido, la Cámara de Comercio venezolano-alemán CAVENAL (2013) expresó que Venezuela por ser un país de tradición energética, los habitantes no promueven el uso racional de los recursos que se poseen, lo que se refleja en hábitos de consumo asociados a la gratuidad de la energía.

Este escenario ha posibilitado la instalación de industrias pesadas como las del hierro, acero, aluminio, entre otras, gracias al potencial hidroeléctrico que posee el país, con un bajo aporte de gases con efecto invernadero GEIs.

Asociado al aprovechamiento hidroeléctrico en el país, para el año 2012 se pusieron en funcionamiento dos parques eólicos en la Guajira y Paraguaná, con producción de 25 y 30 megavatios

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

para el Sistema Eléctrico Nacional, respectivamente, de energía limpia sin emisión de GEIs.

No obstante, las posibilidades de crecimiento del sector energético dependen de las posibilidades que plantee el Estado, como ente central que proporciona y regula la política energética en el país y que debe fomentar el desarrollo para el uso de las energías renovables.

Además de la promoción de estrategias de cuantificación de recursos que proporcionen datos confiables y precisos con miras a construir un verdadero plan de aprovechamiento energético y saber a ciencia cierta, los recursos con los que cuenta el país.

En conclusión, las energías renovables son una alternativa para la solución de la crisis energética y ambiental mundial, siempre y cuando vayan acompañadas de cambios conductuales sociales importantes que enfoquen la prioridad hacia el bajo consumo, el aprovechamiento de los recursos locales y su reutilización.

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

Las energías renovables están destinadas a convertirse en la fuente de electricidad más rentable para el planeta y el desarrollo económico, ya que abarca toda la cadena de valor, si es enfocada con una visión integrada, con repercusión en la mitigación de los impactos en la sociedad, como un gran aporte al mundo sostenible que se quiere en el futuro y base primordial para la solución del problema del cambio climático.

II. IA EN LA OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA

Para entender la estrecha relación de la IA y la energía, hay que comenzar visualizando el desarrollo y evolución del uso de la energía, en función del desarrollo industrial realizado por el hombre, enfocadas en revoluciones industriales que se han vivido.

Según el economista alemán Klaus (1971) han sido cuatro revoluciones industriales, cuyo enfoque fue presentado en el foro económico mundial de 2016, tal como se destaca en la siguiente figura 2, que realza las diferentes revoluciones industriales vividas por el hombre en consonancia con el uso de las diferentes formas de la energía y su evolución acorde al desarrollo tecnológico de cada época.

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

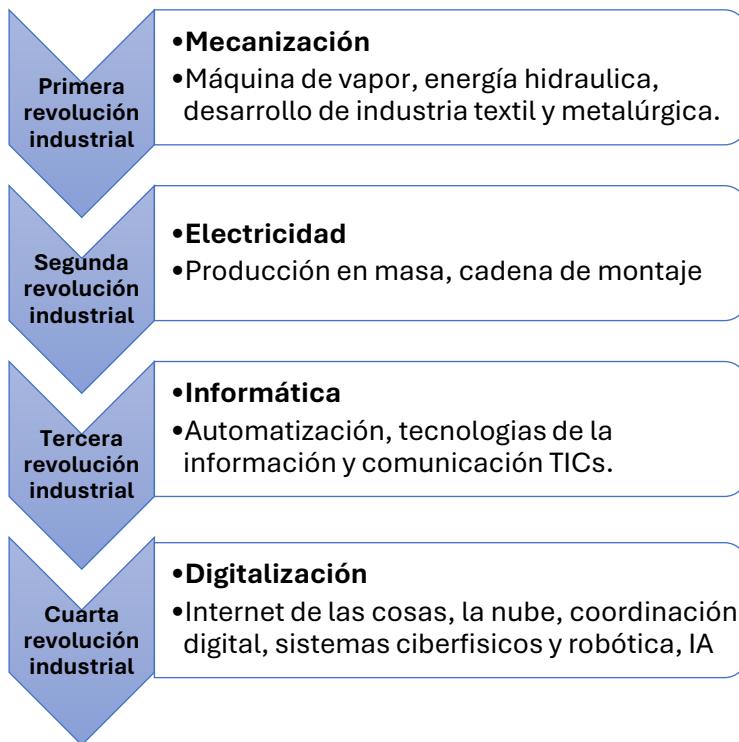


Figura 4. La energía en las revoluciones industriales

Fuente: elaboración propia

La figura 4 destaca el desarrollo del uso de la energía y las revoluciones industriales en la historia del hombre, desde su inicio con la primera revolución industrial que fue en el siglo XVII, con la invención

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

de la máquina de vapor y desarrollo de la industria textil y metalúrgica.

La segunda revolución industrial se desarrolló entre el siglo XIX y XX al producir en masa, empleando la electricidad. La tercera revolución industrial o revolución digital, dada a mediados y fines del siglo XX, hace referencia a la transición de dispositivos mecánicos y analógicos al uso de tecnologías digitales.

Actualmente en el siglo XXI, se está viviendo la cuarta revolución Industrial, apoyada en la revolución digital, que incorpora esta tecnología, tanto en la sociedad como a nivel individual, uniendo los mundos físico, biológico y virtual, a través del desarrollo de la información con la robótica, la Inteligencia Artificial, la nanotecnología, la biotecnología, la ingeniería genética, el internet de las cosas, los vehículos autónomos, las impresoras en tres dimensiones y la informática cuántica.

Inteligencia Artificial tecnología revolucionaria

De las tecnologías surgidas en la cuarta revolución industrial, la IA es la más revolucionaria y amplia por su estructura interdisciplinaria que involucra muchas áreas del conocimiento del hombre. Particularmente Russell y Norvic (2008) citan a Turing para expresar que el objetivo de la IA es el de simular la inteligencia de las máquinas y luego definen a la IA como “el estudio de los agentes que reciben percepciones del entorno y realizan acciones”.

Igualmente, Russell y Norvic (2008) plantean cuatro enfoques distintos han definido históricamente el campo de la inteligencia artificial: el pensamiento humano, el pensamiento racional, la acción humana y la acción racional. Estos enfoques se han seguido a lo largo de la historia, hasta llegar actualmente a enfrentar el enfoque basado en los humanos y el enfoque centrado en la racionalidad.

El enfoque centrado en el comportamiento humano o enfoque de Turing, quien lo propuso, se

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

diseñó para proporcionar una definición operacional y satisfactoria de inteligencia e incluye hipótesis y confirmaciones mediante experimentos. El enfoque racional o enfoque cognitivo, implica una combinación de matemáticas e ingeniería que ayudan a pensar como los humanos, lo que ha ayudado a desarrollar la ciencia cognitiva como disciplina. Ambos enfoques, humano y racional, hoy día se complementan y alimentan rápidamente, la base primordial de la IA, con el uso de elementos racionales, emulando la conducta o pensamiento humano.

En la era actual, la inteligencia artificial está revolucionando el mundo al transformar diversos sectores como la medicina, el transporte, la economía, cultura y el sector energético, entre muchos otros. Ya la IA ocupa un lugar importante en las diversas fases de la vida y está muy involucrada, pasando a ser una mano invisible que mueve el desarrollo del mundo.

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

Específicamente, se habla de aspectos como la predicción de demanda y generación que realizan los algoritmos avanzados, al analizar patrones de consumo y condiciones climáticas para visualizar la producción y el uso de energía, evitando desperdicios. Al igual se ve en las redes eléctricas inteligentes, donde la IA ayuda a equilibrar el suministro y la demanda en tiempo real, reduciendo costos y mejorando la estabilidad del sistema.

Destaca también, el mantenimiento predictivo, donde los sensores y el aprendizaje automático, detectan posibles fallos en equipos, previniendo interrupciones y extendiendo la vida útil de los sistemas energéticos. Además, de la aplicación de la IA en mejorar el uso de baterías y otros sistemas de almacenamiento, asegurando un suministro estable, incluso cuando las fuentes renovables son intermitentes.

Desde el punto de vista de la construcción, la IA mejora la eficiencia en edificios e industrias, a través del uso de sistemas inteligentes para ajustar

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

automáticamente la iluminación, climatización y consumo eléctrico, maximizando el ahorro energético.

En la gestión de la electricidad en los hogares, la aplicación de la IA se refleja en el uso de electrodomésticos y redes de energía inteligentes, que permite una mayor integración con la energía limpia captada, como los paneles solares. Así mismo, la IA proporciona recomendaciones personalizadas a los usuarios, a través de la programación de los electrodomésticos o sistemas de iluminación.

Estos mismos elementos son de gran utilidad en la gestión eléctrica en las grandes empresas, que ven en la IA una gran aliada para reducir su huella de carbono para cumplir con los objetivos de sostenibilidad propuestos, mientras optimizan la producción y el consumo.

Cabe mencionar también el gran papel de la IA en el consumo de gas en los hogares, con la optimización de sistemas de calefacción al permitir el

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

monitoreo en tiempo real, detectando anomalías y fallos potenciales antes de que ocurran problemas graves, siendo aplicable también al sector industrial.

Para ello, la IA se basa en el análisis de las condiciones meteorológicas que permite ajustar el consumo o condiciones de calefacción. Otro aspecto de ventaja para el sector industrial de la gestión energética con la IA es que permite cumplir con regulaciones ambientales y de sostenibilidad, facilitando la transición hacia modelos de negocios verdes.

Además de las utilidades en empresas y hogares de la IA en la gestión energética, también se tiene utilidades en aplicaciones personales como la agilización de los motores de búsqueda en la información y contenido digital, que conecta con los semejantes, informa y ubica cualquier tipo de productos que se requiera, ya que los teléfonos funcionan con detecciones automáticas, asistentes personalizados y gestión de tráfico en ciudades.

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

También es ampliamente utilizada la IA en los mercados financieros con predicciones y análisis de valores. Su aplicación en la salud, cada vez se extiende más a diversas áreas del diagnóstico automático a partir de historiales, análisis de imágenes médicas y detecciones en variantes genéticas.

En la administración pública, es empleada la IA en la toma de decisiones, sistemas de vigilancia en control de viajeros en fronteras y seguimiento de visas, hasta sistemas de defensas para la fabricación de armamentos.

En la industria ha sido más común su utilización, con el empleo de robots industriales, planificación y predicción de demandas de productos para el control de la producción. En el área del transporte, la IA ha tenido avances significativos con la producción de vehículos autónomos, aplicaciones meteorológicas, investigación científica, también en el diseño de fármacos y muchas otras aplicaciones y áreas de la sociedad.

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

Todas estas áreas tienen en común, un factor esencial manejado por la IA, como lo es la optimización energética, al mejorar la eficiencia, reducir el desperdicio y por lo tanto, permitir un uso más sostenible de los recursos, al ahorro de costos, reducción de la huella de carbono y promoción de la sostenibilidad y competitividad en un contexto de creciente conciencia ambiental.

Estos elementos que indirectamente favorecen la sostenibilidad de los recursos renovables, al asegurar una utilización eficiente, reduciendo el consumo de combustible, minimizando las emisiones y optimizando los horarios de mantenimiento.

III. EL FUTURO SOSTENIBLE DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES CON LA IA

La inteligencia artificial está revolucionando el sector de las energías renovables, permitiendo un uso más eficiente y sostenible de los recursos. A medida que se avanza hacia un mundo con menor dependencia de los combustibles fósiles, la IA desempeña un papel clave en la optimización energética y la reducción del impacto ambiental.

La IA como parte de la última revolución industrial que se vive, muestra muchas bondades recibidas con su uso. Sin embargo, no hay que dejarse opacar por el brillo de sus aplicaciones, siendo realistas y críticos al momento de analizar su impacto en la sostenibilidad del planeta y el soporte que proporciona al abordar algunos aspectos de la crisis climática y la contaminación.

Uso energético de la IA

Lo planteado lo representa desafíos que se deben encarar en el futuro de las energías renovables íntimamente relacionadas con los

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

recursos naturales, como la generación energética y el agua para el mantenimiento y avance de la IA. En el caso del uso energético de la IA, se ha convertido en una preocupación creciente a medida que los modelos se vuelven más complejos y su implementación más amplia.

La forma como la IA usa la energía se enfoca en que cada interacción con un sistema implica un uso significativo de recursos computacionales. Según datos difundidos por el Programa Nacional de Algoritmos Verdes PNAV (2024) los modelos avanzados, como los de procesamiento de lenguaje natural (PLN), dependen de hardware especializado como las unidades de procesamiento gráfico GPU, por sus siglas en inglés, que consumen grandes cantidades de energía, tanto en el entrenamiento, como en el despliegue.

Los centros de datos, donde este hardware opera, utilizan entre un 40-50% de su energía para alimentar los servidores y hasta un 30-40% para enfriarlos, debido al calor generado por la intensa

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

actividad computacional. Además, fabricar estas GPUs y otros elementos del hardware, tiene su propio costo energético, desde la extracción de materiales hasta la producción de los componentes finales.

Empresas como Nvidia, un líder en el diseño de GPUs, han visto un aumento en la demanda de sus productos debido al crecimiento de las aplicaciones de IA, lo que incrementa aún más la huella energética global. En el caso del ChatGPT, que es un chatbot de inteligencia artificial desarrollado por OpenAI, el cual utiliza modelos de lenguaje avanzados para generar respuestas coherentes a preguntas y comandos de texto, se estima que realizar una consulta a un modelo, requiere entre 6 y 10 veces más energía que una búsqueda web tradicional (0.3 Wh frente a 2.9 Wh por consulta).

A nivel macro, la IA representa actualmente entre el 10% y el 20% del uso energético de los centros de datos, pero este porcentaje podría aumentar drásticamente, hasta un 70% en la

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

próxima década. Según estimaciones del Programa Nacional de Algoritmos Verdes PNAV (2024), la creciente demanda de energía por parte de la IA, generará emisiones equivalentes a añadir 16 millones de automóviles alimentados por gasolina al medio ambiente.

Además, el desarrollo de IA está poniendo presión sobre un mercado energético renovable ya limitado, lo que podría retrasar aún más la transición hacia un modelo completamente sostenible y significa que para el 2030, el mejoramiento drástico de la eficiencia energética de los procesadores con la IA representaría un alto consumo de la energía, estimándose un alcance de un 4,5% de la energía global producida.

Específicamente, el consumo de los centros de datos pasará de 49 GW en 2023 a 96 GW en 2026, de los cuales 40GW será para IA. Indudablemente, esta energía tiene que ser generada de alguna manera, siendo la quema de combustibles fósiles, la

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

primera opción que lleva a producir gases de efecto invernadero que calientan el planeta.

En este sentido, los grandes retos y desafíos del uso de la IA para la optimización energética, se basa en el hardware y algoritmos utilizados, con desarrollo de GPUs y de Unidades de Procesamiento Tensorial TPU, que son circuitos integrados personalizados de Google para acelerar el aprendizaje automático, lo que requiere hacerlos más eficientes en términos energéticos, junto con algoritmos que reduzcan la complejidad computacional que puede disminuir el impacto energético de la IA.

Otro factor importante para plantear en la optimización energética con el uso de la IA, es el incremento del porcentaje de energía renovable utilizada por los centros de datos. Esto incluye inversiones en infraestructura solar, eólica y otras fuentes sostenibles.

También se tiene que evaluar el impacto de estas alternativas en el uso de las energías y

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

fomentar la transparencia en las demandas energéticas de modelos específicos de IA para ayudar a las empresas y gobiernos a tomar decisiones más informadas sobre la implementación de estas tecnologías.

IA y el uso del agua

Como elemento álgido y cuestionable en el uso actual de la IA para el ambiente y el uso de los recursos naturales, está la utilización de grandes cantidades de agua durante la construcción y funcionamiento para el enfriamiento de los componentes eléctricos, especialmente en regiones donde la escasez de agua es un problema, ya que los centros de datos, que alojan los modelos de IA, como el ubicado en Arizona en Estados Unidos, región con gran escasez de agua, requieren sistemas de refrigeración para evitar el sobrecalentamiento de los servidores.

El problema se agudiza a medida que la IA se hace más popular y difundida, con modelos a mayor escala y complejos, con lo que el consumo de agua

aumenta significativamente. Estos sistemas a menudo utilizan agua para transferir el calor a torres de enfriamiento.

Según estimaciones de expertos en el tema, indican que cada interacción con modelos como ChatGPT, por ejemplo, puede consumir una cantidad significativa de agua. Por ejemplo, según Infobae, entre 5 y 50 preguntas a ChatGPT pueden consumir hasta medio litro de agua, dependiendo de la complejidad de las preguntas.

En general, se estima que, dependiendo de la configuración del centro de datos, se utilizan entre 0,18 y 1,1 litros de agua por cada kWh de energía consumida, lo que hace que un centro de datos de hiperescala pueda utilizar hasta 550,000 galones (2,1 millones de litros) de agua diariamente, siendo bombeada a través de radiadores para absorber el calor y parte de esta se evapora durante el proceso, siendo reutilizada luego de enfriada o descargada tras ser tratada.

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

Igualmente, la generación de imágenes con IA también tiene un impacto en el consumo de agua. Por ejemplo, según Marca.com, cada imagen generada por ChatGPT puede consumir entre 0,5 y 2 litros de agua para la refrigeración de las centrales eléctricas que alimentan los centros de datos. Se estima que el modelo GPT-3 consume unos 500 ml de agua por cada 10 a 50 consultas, lo que varía según la ubicación y la eficiencia de los centros de datos.

Estas razones numéricas, lleva a pensar que el uso intensivo de agua en la IA plantea varios retos, entre estos el agotamiento de recursos locales, que intensifica la presión sobre los recursos hídricos, además de la competencia por agua limpia destinada a la IA en contraste con las necesidades de las comunidades cercanas y en general, sobre la sostenibilidad del uso de la IA, que puede dificultar los esfuerzos por hacer que sea vista como poco respetuosa con el ambiente.

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

Para ello, es necesario plantear estrategias de mitigación y soluciones que ayuden a coadyuvar la situación. Se habla entonces, de construir centros de datos en regiones con abundancia de agua o acceso a energía renovable para equilibrar la demanda de recursos.

Además, de fomentar la reutilización y reciclaje de los recursos empleados, reutilizando el agua tratada para reducir el desperdicio y el impacto ambiental. Desde la óptima tecnológica, es necesario diseñar chips y componentes más eficientes para disminuir la necesidad de enfriamiento.

Uso de los minerales clave de la IA

Otro aspecto importante de sostenibilidad de la IA es el relacionado al uso de los minerales claves en los chips y hardware de la IA, que constituyen la base de la tecnología. Se habla del uso de metales comunes como el silicio, aluminio y cobre y minerales raros estratégicos como el tantalio, litio, galio, germanio, cobalto, paladio y tungsteno, empleados

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

en los semiconductores, fundamentales para las GPUs y CPUs.

En la extracción de los minerales, se requiere procesar cientos de toneladas de roca para obtener una tonelada de mineral puro. Este proceso consume energía y agua, y a menudo genera desechos tóxicos, sumando, además, el hecho de que muchos minerales como el cobalto y el tungsteno, provienen de regiones afectadas por conflictos armados, por lo que su extracción puede perpetuar abusos contra los derechos humanos y financiar guerras, caso particular y conocido como la República Democrática del Congo.

En los procesos posteriores a la extracción, como lo es la fabricación de dispositivos electrónicos requeridos en el uso de la IA, éste implica grandes cantidades de agua y energía, lo que agrava su impacto ambiental. Un ejemplo lo constituye los procesos de fabricación que ejecuta la empresa Taiwán Semiconductor Manufacturing Company (TSMC), líder en la fabricación de chips, que

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

utiliza 157,000 toneladas de agua al día para purificar y fabricar sus obleas semiconductoras.

Otra huella invisible pero significativa, es la emisión de gases efecto invernadero en la fabricación de los equipos, el consumo dinámico de energía para entrenar y operar modelos de IA, al igual que el consumo inactivo de energía para mantener los centros de datos operativos (refrigeración, almacenamiento, redes).

La intensidad de consumo de energía de la red eléctrica utilizada es el principal determinante de las emisiones totales, lo que pone de relieve la importancia de migrar a fuentes de energía renovable.

Es resaltante que los retos que plantea el uso de la IA sobre los recursos del planeta se centran en la sostenibilidad de la extracción de minerales y la fabricación de hardware, que no solo agotan los recursos naturales, sino que también tienen implicaciones éticas.

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

Igualmente, es exacerbado el uso intensivo de la energía, en función del incremento en el tamaño y la complejidad de los modelos de IA, que intensifica la demanda de electricidad, acrecentando las emisiones de gases de efecto invernadero y que poco se publica esta información acerca del origen de los minerales y la huella ambiental de su hardware.

La IA en la sostenibilidad del planeta

Los retos que implica el uso de la tecnología con IA plantean oportunidades para el aporte a la sostenibilidad del planeta, ya que se puede conectar como eslabón en la economía circular, al recuperar minerales de dispositivos electrónicos en desuso y disminuir o atenuar el impacto de las actividades extractivas de la minería.

Igualmente se trata de plantear alternativas de electrificación sostenible, a través de la adopción de fuentes de energía renovables en los centros de datos que puede disminuir significativamente las emisiones, aunado a las mejoras en la eficiencia en

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

el hardware, lo que implica diseñar chips más eficientes que consuman menos energía y materiales.

El contexto descrito muestra que la gestión del sector energético y el uso de la IA plantea una encrucijada, con la creciente demanda de energía y la necesidad de reducir las emisiones de carbono, considerando la complejidad de integrar fuentes renovables en la gestión energética del futuro, pero considerando la imperiosa necesidad de satisfacer la creciente demanda con un sistema energético más sostenible, eficiente y resiliente.

Tal vez la respuesta está en la Inteligencia Artificial (IA), una tecnología que se ha convertido en aliada imprescindible para abordar estos retos energéticos. Su capacidad de agilizar análisis y pronósticos predictivos, gestionar redes inteligentes, integrar las energías renovables, dando una respuesta eficiente a la demanda de energía.

La IA desempeña un papel crucial en la optimización de cada aspecto del ecosistema

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

energético, desde la generación hasta la distribución y el consumo, para ofrecer un vasto potencial en el ámbito energético, sin límites en los horizontes del futuro y la transición energética óptima en las actividades de la sociedad.

En la siguiente figura 6, se bosquejan los principales usos o aplicaciones inherentes a la IA en la transición energética.

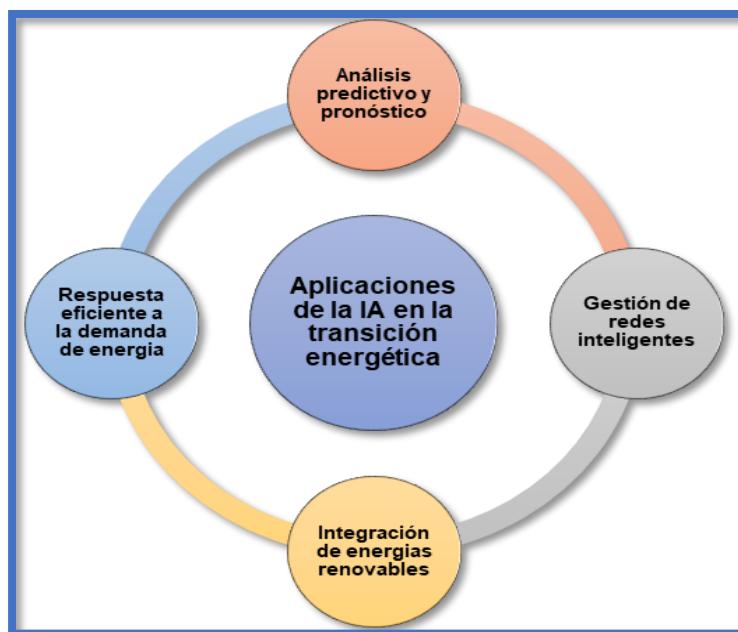


Figura 5. Aplicaciones de la IA en la Transición energética
Fuente: elaboración propia.

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

Bajo esta visión de respuestas a los nuevos retos planteados por el uso de la IA, se encuentra el sector agrícola, clave para el crecimiento económico y piedra angular de la alimentación de los casi 9.000 millones de habitantes del planeta.

Para este sector es prometedor el futuro de la IA aplicada a mejorar su eficiencia y productividad, por lo que se espera que avances en tecnologías fortalezcan aún más la eficiencia y sostenibilidad del sector. Además, la integración de sistemas de IA con energías renovables puede hacer la agricultura más resiliente frente al cambio climático.

En este sentido, se quiso considerar la opinión de un grupo de profesionales gerentes de diversas organizaciones en el sector del agro, en relación con el conocimiento y uso de la IA en sus ámbitos laborales, obteniéndose la siguiente visión del contexto IA en la agricultura bosquejado en la siguiente figura 7.

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

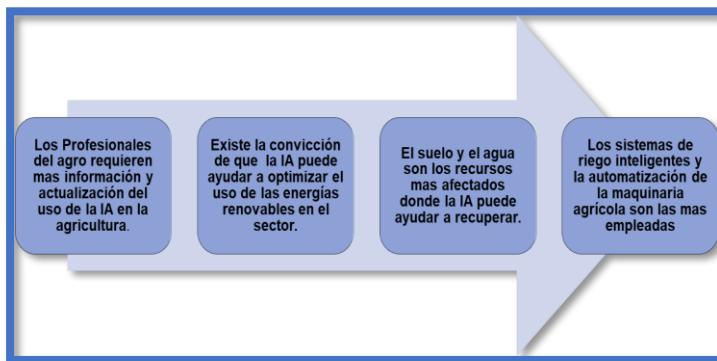


Figura 6. El papel de la IA en las actividades agrícolas
Fuente: elaboración propia.

En la figura 7 se destaca que en relación al conocimiento y uso de la IA en los ámbitos laborales agrícolas, los profesionales tienen escasa información sobre las aplicaciones, bondades y retos que implica el uso de la IA en sus actividades.

Aun cuando existe la convicción de que ésta puede ayudar a optimizar el uso de las energías renovables en el sector, especialmente lo relacionado con el uso de los recursos naturales como el agua y el suelo, donde se tiene la percepción de que estos recursos son los más

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

afectados e impactados por el abordaje de las actividades que se realizan.

Asimismo, como las aplicaciones de la IA más empleadas en las actividades agrícolas, se tienen los sistemas de riego inteligente y la automatización de la maquinaria agrícola. El enfoque presentado, resalta el reto que implica la difusión y conocimiento comedido de la IA, para que se convierte en una urgencia, si se considera que está íntimamente relacionado con la innovación tecnológica.

Esta que viene a salvar el campo, al conseguir que los cultivos sean más eficientes, gasten menos recursos y ayuden al agricultor a sacar lo mejor de sus productos, pero conscientes que el primer paso para reconocer y evitar aplicaciones problemáticas de la IA, es trabajar con los usuarios finales (agricultores y ganaderos locales, profesionales asesores).

El principio, a considerar es que, aunque la IA tiene un enorme potencial para mejorar la producción de alimentos, no es más que una

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

herramienta adicional para todos los actores y requiere un uso cuidadoso para obtener los mejores resultados, como parte de la transición hacia sistemas alimentarios sostenibles y equitativos.

Hay que acotar que apenas se está al inicio del camino y, por ello, se apuesta decididamente por los avances tecnológicos como parte del desarrollo del hombre. Aun cuando la IA ofrece muchas promesas para la humanidad, también puede representar una amenaza, ya que, con su capacidad de aprender y evolucionar de forma autónoma, la IA podría superar algún día la inteligencia humana.

Tal vez, la IA se podría volver contra sus creadores, como ya lo han manifestado destacados expertos como Stephen Hawking, Elon Musk o Bill Gates, que han dado la voz de alarma en este aspecto, porque consideran a la IA como un riesgo inminente e inevitable en los próximos años. Por eso piden a los gobiernos que regulen este campo para que se desarrolle de forma ética y segura.

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

Lo cierto es que la IA seguirá desarrollándose a gran velocidad en los próximos años. La humanidad es quien debe decidir qué dirección tomará su desarrollo. Incluso una IA aparentemente inofensiva podría manipularse y utilizarse de forma malintencionada.

Sin embargo, en el campo energético, gran parte de las empresas relacionadas planean aumentar sus presupuestos destinados a la IA en los próximos años y apuestan por el uso de las energías renovables, como panacea para la solución actual de muchas problemáticas que aquejan a la sociedad actual. Decididamente, también esperan que la IA ayude a optimizar el aprovechamiento de estas fuentes energéticas como innovación para la sostenibilidad.

Ante esta expectativa, surgen planteamientos, en función de dirigir los esfuerzos necesarios para mantener la sostenibilidad del planeta, aun conociendo las debilidades del uso de la IA sobre elementos como la disponibilidad energética y el

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

agua, la combinación de IA y energías renovables, que no solo impulsará la eficiencia y la sostenibilidad, sino que creará oportunidades para un mundo más equitativo y resiliente, al integrar la tecnología y los responsables de sus administraciones, junto a las empresas y la ciudadanía, como factor decisivo para el éxito.

REFERENCIAS

- Agencia Internacional de Energías Renovables IRENA (2023). *Perspectiva global de las transiciones energéticas 2023: Camino hacia 1.5°C*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- Andrae A. (2017). *Pronóstico del consumo total de energía del consumidor*. Cumbre Nómica de Negocios Digitales, Revista de Producción Más Limpia. Helsinki Finlandia.
- Banco Mundial (2016). *Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita)*. Disponible: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.US.E.ELEC.KH.PC>
- Cámara de Comercio Venezolano-Alemán CAVENAL (2013). Realidad de las energías renovables en Venezuela. *Revista CONTACTOS de la Cámara de Comercio Venezolano – Alemán* (CAVENAL), Edición III, 2013, pp. 8-9. Disponible en: <https://rga-ip.com/realidad-de-las-energias-renovables-en-venezuela/>
- Gaspar V. (2024). *El consumo energético de la IA generativa*. Observatorio IA Ametic. Disponible en: <https://observatorio-ametic.ai/es/inteligencia-artificial-en-sostenibilidad/el-consumo-energetico-de-la-ia-generativa>

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

Jarauta L. y Morata M. (2013). *Termodinámica y Energía: Energías renovables*. Universidad Abierta de Cataluña, Barcelona España.

Naciones Unidas (2013). *Acción por el clima*. Disponible:
<https://www.un.org/es/climatechange/raising-ambition/renewable-energy>

Organización Mundial de la Salud OMS (2021). *Las nuevas Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire tienen como objetivo evitar millones de muertes debidas a la contaminación del aire*. Disponible en:
<https://www.who.int/es/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>

Programa Nacional de algoritmo verde PNAV. *Los impactos ambientales de la IA*. Gobierno de España. Disponible en:
<https://algoritmosverdes.gob.es/es/noticias/los-impactos-ambientales-de-la-ia>

Rouhiainen L. (2018). *Inteligencia artificial. 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. Alienta.

Russell, S. y Norvig, P. (2004). *Inteligencia Artificial. Un Enfoque Moderno*. Pearson Educación, S.A.,

ENERGIAS RENOVABLES Y OPTIMIZACION CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE

Santamarta J. (2004). *Las energías renovables son el futuro*. Disponible: cmapspublic.ihmc.us

Schwab Klaus (1971). *La cuarta revolución Industrial*. Foro Económico Mundial. Disponible en: <https://es.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab/>

ENERGÍAS RENOVABLES Y OPTIMIZACIÓN CON IA: HACIA UN FUTURO SOSTENIBLE



María Nela Vera Diaz

Doctora en Ciencias de la Educación
Docente UNET
<https://orcid.org/0009-0000-1048-0544>



El Libro traza la evolución del uso de la energía desde tiempos prehistóricos hasta la actualidad, destacando el creciente consumo de combustibles fósiles y sus impactos ambientales, lo que impulsa la necesidad de fuentes limpias y accesibles. La IA es presentada como una herramienta clave para optimizar la eficiencia energética y la integración de renovables en diversos sectores, aunque también se abordan los desafíos ambientales que plantea el uso intensivo de la IA, como su alto consumo energético, de agua y la demanda de minerales raros. A pesar de estos retos, se concluye que la combinación de IA y energías renovables es fundamental para una transición energética exitosa y un futuro más sostenible.

