



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i2.2665>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Revisión

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

Artificial Intelligence (AI) at the service of energy efficiency in Ecuador

Inteligência Artificial (IA) a serviço da eficiência energética no Equador

Vinicio Samuel Solis-Mora^I
samuel_solis387@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1324-7606>

Dario Fernando Gruezo-Valencia^{II}
don.da1@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6871-4988>

Correspondencia: samuel_solis387@hotmail.com

***Recibido:** 26 de febrero del 2022 ***Aceptado:** 20 de marzo de 2022 ***Publicado:** 07 de abril de 2022

- I. Universidad Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador.
- II. Universidad Luis Vargas Torres, Esmeraldas, Ecuador.

Resumen

El presente artículo describe un estudio que analizó el uso de la inteligencia artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador. A partir de esta se propuso una investigación bajo un enfoque cualitativo, enmarcada en una indagación documental bibliográfica. El trabajo de recopilación de información se llevó a cabo vía online en la base de datos de Google académico, revistas indexadas como Scielo, Dialnet, Elsevier, entre otras y, en repositorios digitales de universidades nacionales e internacionales y de diversos organismos de interés para este estudio. La sistematización de la información documental se efectuó mediante el análisis de contenido. Los resultados obtenidos dan cuenta de que las técnicas de la Inteligencia Artificial pueden coadyuvar en la eficiencia energética en el entendido de que sirven para monitorear y diagnosticar los equipos de los sistemas energéticos para la detección de fallas incluso antes de que estas ocurran, también se usan para analizar el inmenso volumen de datos y obtener información de la demanda energética en los sectores residenciales, comerciales e industriales para de esta forma acometer las acciones correctivas que dieran lugar para conseguir el ahorro energético y evitar pérdidas de energía. Dentro de las conclusiones, se tiene el sistema híbrido que agrupa los sistemas renovables conformados por más de una fuente energética es más eficiente con respecto a sistemas con una sola fuente renovable. Por tanto, en la actualidad ya es un hecho comprobado que la eficiencia energética va de la mano con la digitalización para un presente y de cara a un futuro más sostenible.

Palabras clave: Inteligencia Artificial; eficiencia energética; sostenible

Abstract

This article describes a study that analyzed the use of artificial intelligence (AI) in the service of energy efficiency in Ecuador. From this, an investigation was proposed under a qualitative approach, framed in a bibliographical documentary inquiry. The information gathering work was carried out online in the academic Google database, indexed journals such as Scielo, Dialnet, Elsevier, among others, and in digital repositories of national and international universities and various organizations of interest to this study. The systematization of documentary information was carried out through content analysis. The results obtained show that the techniques of Artificial Intelligence can contribute to energy efficiency in the understanding that they serve to monitor and diagnose the equipment of the energy systems for the detection of failures even before they occur, they are also used to analyze the immense volume of data and obtain information on the energy demand in the

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

residential, commercial and industrial sectors in order to undertake the corrective actions that would lead to energy savings and avoid energy losses. Among the conclusions, there is the hybrid system that groups renewable systems made up of more than one energy source is more efficient with respect to systems with a single renewable source. Therefore, it is now a proven fact that energy efficiency goes hand in hand with digitization for the present and for a more sustainable future.

Keywords: Artificial Intelligence; energy efficiency; sustainable

Resumo

Este artigo descreve um estudo que analisou o uso da inteligência artificial (IA) a serviço da eficiência energética no Equador. A partir disso, foi proposta uma investigação sob uma abordagem qualitativa, enquadrada em um levantamento bibliográfico documental. O trabalho de coleta de informações foi realizado online na base de dados acadêmica Google, em periódicos indexados como Scielo, Dialnet, Elsevier, entre outros, e em repositórios digitais de universidades nacionais e internacionais e diversas organizações de interesse deste estudo. A sistematização das informações documentais foi realizada por meio da análise de conteúdo. Os resultados obtidos mostram que as técnicas de Inteligência Artificial podem contribuir para a eficiência energética no entendimento de que servem para monitorar e diagnosticar os equipamentos dos sistemas de energia para a detecção de falhas antes mesmo que ocorram, também são utilizadas para analisar o imenso volume de dados e obter informações sobre a demanda de energia nos setores residencial, comercial e industrial para realizar as ações corretivas que levariam à economia de energia e evitariam perdas de energia. Entre as conclusões, destaca-se que o sistema híbrido que agrupa sistemas renováveis compostos por mais de uma fonte de energia é mais eficiente em relação aos sistemas com uma única fonte renovável. Portanto, é agora um fato comprovado que a eficiência energética anda de mãos dadas com a digitalização para o presente e para um futuro mais sustentável.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; eficiência energética; sustentável

Introducción

En la actualidad, el uso de inteligencia artificial (IA) se extiende al sector de la energía en el interés de mejorar la eficiencia energética en diversos campos, tales como el mantenimiento predictivo; la planificación y ajuste de oferta y demanda; nuevos servicios y capacidades para el consumidor, entre

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

otras, todas estas acciones están orientadas a gestionar la energía de la forma más eficaz posible conducente al ahorro de energía y con ello contribuir a reducir paulatinamente el impacto ambiental. En opinión de (Padrón, 2015) la utilización de la energía eléctrica está presente en casi todas las actividades que se desarrollan en los países a partir de cierto desarrollo económico, previéndose para los próximos decenios un gran crecimiento del consumo eléctrico en el resto de los países del planeta (p.18). Es precisamente, este hecho lo que explica la necesidad de incorporar en el Sistema de Energía Eléctrica (S.E.E.), así como en el de Sistema Eléctrico de Potencia (S.E.P.) tecnologías que incrementen la eficacia en la optimización en el uso de la energía, así, como en el proceso de transición hacia las fuentes de energía renovables, en el cometido de lograr la eficiencia energética y contribuir con la protección medioambiental.

Cabe resaltar que, los elementos que constituyen un S.E.E. son, pues, los presentes en: Centrales Generadoras de Energía Eléctrica, Redes Eléctricas de Transporte y Distribución de esa energía en Alta Tensión (A.T.), Media Tensión (M.T.) y Baja Tensión (B.T.), Subestaciones Eléctricas A.T. M.T., Centros de Transformación en B.T. y consumos en A.T., M.T. y B.T. (Padrón, 2015). Por su parte, el Sistema Eléctrico de Potencia (S.E.P.) hace referencia a aquellos sistemas relacionados con la generación, transporte, distribución y utilización de la energía eléctrica (Padrón, 2015).

En los últimos años, el cambio climático producto de la degradación ambiental ha acelerado las iniciativas tendentes a lograr una mayor eficiencia en todos los aspectos relacionados con la energía, lo cual, unido a la creciente preocupación por el medio ambiente, ha reactivado el interés por las denominadas energías renovables y las tecnologías que permitan encaminarse hacia el modelo de eficiencia energética, en este grupo de tecnologías se puede incluir la inteligencia artificial.

Es el caso que, la inteligencia artificial en el contexto energético, a decir de, (Inderwildi, Zhang , Wang, & Kraft, 2020) permite sincronizar y orquestar tecnologías tales como big data, aprendizaje máquina, Internet de las cosas (IoT) o los denominados sistemas ciberfísicos para incrementar la eficiencia en la provisión de energía y producción industrial que directamente reduce el impacto medioambiental.

De manera similar, (Monasterio, 2021) indica “la IA es una tecnología que complementa otras tecnologías tradicionalmente consideradas como digitales: conectividad y 5G, big data (macrodatos), cloud computing (computación en la nube), blockchain (tecnología de cadena de bloques), Internet de las cosas” (p.12). Es así como, la infraestructura tecnológica puede aportar las herramientas para

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

desarrollar proyectos enmarcados en la eficiencia energética y tratar de cubrir las demandas actuales de protección de la naturaleza.

Visto lo anterior, la eficiencia energética es un paradigma que se asume desde diversas aristas educación de la población en el uso racional de la energía; planificación y ejecución de programas nacionales de eficiencia energética; impulso a un mayor aprovechamiento de fuentes de energía renovable; disminución en la utilización de combustibles fósiles; reducción en las emisiones acumuladas de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono (CO₂), entre otras, todo ello direccionado a establecer un equilibrio entre el crecimiento económico y la conservación del ambiente.

En los marcos de las observaciones anteriores, el objetivo general de este artículo fue analizar el uso y aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador.

Marco Teórico

Eficiencia energética en el Ecuador

La eficiencia energética, según (Sánchez, y otros, 2017) se define como “la relación entre el conjunto de las conductas y prácticas que requieren energía para su ejecución y las acciones racionales que permiten optimizar la cantidad de energía consumida respecto a los productos y servicios finalmente obtenidos (p.74). Enfatizan además estos autores que la promoción de la eficiencia energética no puede realizarse en desmedro de la calidad de vida de las personas ni afectar negativamente la productividad de los sectores económicos.

Relacionado con lo anterior, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2020) señala que el objetivo de desarrollo (ODS 7.3) sobre la eficiencia energética, plantea como meta general que los países reduzcan su intensidad energética, esto se logrará por medio de programas de ahorro y uso eficiente de la energía y normas de eficiencia energética y el uso de energías renovables de manera optimizada. En este contexto, (Ariño, 2020) afirma que no es posible hablar de transición energética sino se evoluciona hacia el mundo digital (p.11). Enmarcado con esto, (CEPAL, 2020) hace énfasis en el hecho de que un nuevo proceso de transformación de gran calado de la industria eléctrica requiere entre otros, de servicios y tecnologías digitales, coadyuvando al rápido incremento de las fuentes de energía renovables y apoyando los esfuerzos de reducción de emisiones, principalmente las de GEI.

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

Tal como se ha visto, en los últimos tiempos el uso eficiente y racional de la energía ha pasado a ser un elemento importante dentro de la planificación energética de los países a nivel global, regional y local. En este sentido Ecuador no es la excepción y en coordinación con las instituciones responsables en la materia, aplica desde hace ya algún tiempo un cambio en la matriz energética en el país. Así, el Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013, en su capítulo “Estrategias para el periodo 2009-2013”, en la sección dedicada al “Cambio de la Matriz Energética”, menciona explícitamente el carácter prioritario de las actividades de impulso a la eficiencia energética (Sánchez, y otros, 2017).

También, el Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, contiene un capítulo específicamente orientado a la implementación de políticas y programas enfocados al consumo eficiente de la energía y en la Agenda Nacional de Energía 2016-2040, incluye un capítulo dedicado al uso eficiente de energía, en el cual, entre otras actividades, se plantea la elaboración de un Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035, que fue publicado y comenzó su ejecución durante este año (Sánchez, y otros, 2017).

De otro lado, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable de Ecuador tiene la misión de elaborar y ejecutar un plan de eficiencia energética, ayudando de esta manera a la economía del consumidor y a la disminución del consumo en horas pico (Arcos, 2016). Así también, dentro de las políticas públicas energética, ha venido adoptando desde hace varios años el enfoque de eficiencia energética, para casi todos los sectores como el residencial, comercial e industrial.

En atención a esto, en el documento de trabajo elaborado por los miembros de la Dirección de Análisis y Estrategia de Energía (DAEE, 2016) se indica que entre las medidas adoptadas por el país ecuatoriano para el sector residencial destaca: en 2009 se inició el Proyecto de Sustitución Masiva de Focos Incandescentes por Ahorradores, cuyo objetivo era reducir un 24% el consumo de la iluminación residencial; en 2010 se implementó el Proyecto de Sustitución de Refrigeradoras Ineficientes, cuyo sector objetivo también era el residencial (p.7).

En este mismo marco, (Sánchez, y otros, 2017) denotan que el Proyecto Aseguramiento de Eficiencia Energética en los Sectores Residencial y Público, impulsado el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) desde el 2012 , se creó con el propósito de impulsar la transformación del mercado hacia el uso de artefactos eficientes (p.15). También añaden, el Instituto Ecuatoriano de Normalización ha estado trabajado en la elaboración de normas técnicas de eficiencia energética (EE), así, desde 2009 existen normas voluntarias (incluyendo en varios casos el etiquetado) para motores eléctricos estacionarios, edificaciones, colectores solares en sistemas de calentamiento de agua para

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

uso sanitario, cámaras de refrigeración instaladas en vehículos automotores, cocinas de inducción de uso doméstico, lámparas fluorescentes compactas, calentadores de agua a gas y eléctricos, lavavajillas, hornos microondas, televisores, entre otros (p.15).

En cuanto al sector industrial, el documento (DAEE, 2016) destaca que a partir de 2013 se ha desarrollado un proyecto cuyo objetivo busca desarrollar estándares nacionales de gestión de energía en este segmento económico (p.8). Adicionalmente, también refiere que dentro de las acciones implementadas para conseguir tal cometido se resumen a continuación: (a) Talleres para gerentes de 200 industrias para el uso eficiente de la energía; (b) Formación de 200 miembros de personal de fábrica en conceptos básicos de gestión de la energía y optimización de sistemas (al menos 100 de esos miembros a formar serán PYMEs); (c) formación de 50 expertos en sistemas de gestión de energía, de los cuales todos trabajarán en instalaciones industriales; (d) Formación de 50 expertos en optimización de sistemas eléctricos motrices y a vapor (p.9). Por su parte (Sánchez, y otros, 2017), destaca el hecho que en el marco del proyecto “Eficiencia Energética en la Industria” se adoptó la norma ISO 50001, como NTE INEN ISO 50001 “Sistemas de Gestión de Energía. Requisitos con orientación para su uso” (p.15).

En suma, (Sánchez Durán, 2020) expresa que la transición energética, en cuanto al proceso de evolución del modelo hacia un nuevo modelo sostenible, necesitará identificar como primer elemento en la ecuación la demanda energética, primero a nivel agregado (relación energía con economía y población), pero al mismo tiempo con un suficiente nivel de desagregación por cada sector de consumo final (Industria, Transporte, Residencial y Servicios) e inductor de consumo de éstos.

En la dirección antes indicada, la eficiencia energética va alineada con lo que significa una buena gestión en el uso de energía, esta actividad demanda de un lado un muy alto nivel de conciencia ciudadana y empresarial sobre la utilización eficaz del recurso energético y, de parte de los mandatarios la obligación y responsabilidad de promover a través de la formulación, ejecución y control de políticas, planes y programas, la disminución paulatina de la dependencia de las fuentes de energía fósiles y el aumento del consumo de energéticas renovables amigables con el medio ambiente, como forma de contrarrestar el cambio climático y mitigar la producción de gases de efecto invernadero (GEI).

En concordancia con lo antes expuesto, las técnicas de los sistemas inteligentes presentan cualidades que han tenido un impacto positivo en las diversas actividades que tienen que ver con la eficiencia eléctrica.

Inteligencia Artificial en el Contexto Energético

Hoy en día, tanto en el país ecuatoriano como en el ámbito internacional, las actividades energéticas demandan un muy alto nivel de dotación en cuanto a instalaciones y equipamiento con tecnologías modernas que permitan la utilización de los conocimientos especializados y, sobre todo, aquellos que tienen que ver con la Inteligencia artificial, debido a que esta tecnología puede aportar mucho al sector de la energía. De este modo, (Padrón, 2015) destaca “a mayor tamaño de la red, mayor es la cantidad de datos que se deben procesar e interpretar, así como mayor es la cantidad de posibles estados en los que el sistema puede encontrarse (p.9). Por lo tanto, existen motivaciones más que suficientes para la búsqueda de nuevas herramientas en la operación de los sistemas eléctricos, y que permitan asumir los retos futuros (Padrón, 2015), y en este aspecto las técnicas de la Inteligencia artificial tienen un rol principal para alcanzar la meta de eficiencia energética.

En este sentido, (Montelier, Armas, Borroto, Gómez, & Pérez, 2008) subrayan que la aplicación de técnicas de inteligencia artificial (IA), posee gran potencia para resolver problemas complejos y constituye una herramienta que puede ser utilizada en los sistemas energéticos con el objetivo de incrementar la eficiencia energética. Así también, (Martín, 2020) plantea que el binomio formado por los conceptos inteligencia artificial (IA) y eficiencia energética parece tener un futuro prometedor, especialmente en lo que se refiere a impulsar la sostenibilidad energética, la descarbonización y la digitalización del sector eléctrico.

Aplicada al sector energético, la inteligencia artificial puede coadyuvar en: (1) el mantenimiento predictivo; (2) la planificación y ajuste de oferta y demanda y; (3) nuevos servicios y capacidades para el consumidor, entre otras.

1.- Mantenimiento predictivo de los sistemas eléctricos mediante la inteligencia artificial

De referencia, al mantenimiento predictivo de los sistemas eléctricos mediante la inteligencia artificial, se asume como detectar los fallos en una fase temprana y, en muchos de los casos, antes incluso de que hayan llegado a manifestarse. Según (Hurtado, Villarreal, & Villarreal, 2016) los sistemas de detección y diagnóstico de fallas, se presentan como una solución que permite determinar el estado de operación del proceso, así como identificar la naturaleza de las fallas presentadas, su localización y riesgo (p.2).

De acuerdo con (Caratar, Valencia, Caicedo, & Chamorro, 2020), las técnicas de inteligencia artificial pueden ser empleadas en la detección y diagnóstico de fallas en los diferentes procesos asociados a una central de generación de energía tal como: hidroeléctricas, termoeléctricas y

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

centrales nucleares. A juicio de los referidos autores, las principales técnicas utilizadas en el desarrollo de sistemas inteligentes enfocados a la detección y diagnóstico de fallas en centrales eléctricas son las siguientes:

a.- Lógica difusa (Fuzzy logic), es una rama de la Inteligencia Artificial (IA) que permite a una computadora analizar información del mundo real en una escala entre lo falso y lo verdadero (Cruz, 2011). Esta técnica es similar a la toma de decisiones humana, que razona sobre la base de numerosos escenarios y se decanta por lo que dicta el sentido común. Esta técnica, tiene gran potencial para la gestión de procesos en los que existe incertidumbre en los datos de entrada. Sin embargo, la necesidad de trabajar con otras técnicas para mejorar el rendimiento de las herramientas desarrollado es evidente (Cruz, 2011).

b.- Redes neuronales (Artificial Neural Networks) son técnicas de computación inspiradas en modelos biológicos que imitan el proceso de razonamiento del cerebro humano (Cruz, 2011). Están constituidas por elementos que se comportan de forma similar a la neurona biológica en sus funciones más comunes para encontrar relaciones, clasificar la información, resolver problemas para tomar decisiones acertadas. La red neuronal se compone de tres capas principales: la capa de entrada donde se almacenan los datos ingresados, la capa oculta compuesta por una o varias capas dependiendo de la complejidad de la red y la capa de salida (Basogain, 2010). Las redes neuronales ofrecen la ventaja del aprendizaje adaptativo, la autoorganización, la tolerancia a fallas, la operación en tiempo real y fácil implementación en la tecnología actual (Caratar, Valencia, Caicedo, & Chamorro, 2020).

c.- Sistemas basados en el conocimiento (Knowledge-based systems) según (Díez, Gómez, & Martínez, 2001) se definen como aquellas aplicaciones que "contienen la erudición de un especialista humano versado en un campo específico de aplicación". Con esta técnica es posible condensar el conocimiento de especialistas humanos de tal manera que se pueda acceder y procesados por ordenadores, obteniendo modelos informáticos con las capacidades de razonamiento y resolución de problemas de especialistas humanos dentro de un dominio establecido (Caratar, Valencia, Caicedo, & Chamorro, 2020).

d.- Redes bayesianas (Bayesian Networks), son grafos que representan información a través de un conjunto de variables y las relaciones de dependencia entre ellos. De esta manera, una red bayesiana puede representar las relaciones probabilísticas entre una falla y los síntomas de un sistema (Caratar, Valencia, Caicedo, & Chamorro, 2020). De acuerdo a lo anterior, se considera que las redes

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

bayesianas proporcionan a los sistemas inteligentes la capacidad de determinar posibles soluciones a partir de fragmentos de información en su entrada (Caratar, Valencia, Caicedo, & Chamorro, 2020).

e.- Técnicas híbridas (Hybrid techniques), integran diferentes técnicas de inteligencia artificial, obteniendo mayor impacto para detectar y diagnosticar fallas en plantas eléctricas. Las técnicas híbridas permiten aumentar el campo de acción de los proyectos propuestos sin preocuparse por la particularidades limitantes de cada técnica (Caratar, Valencia, Caicedo, & Chamorro, 2020).

Otro aporte sobre esta temática viene de la mano (Arauz, 2020) quien ha manifestado que el machine learning es cada vez más aplicado a los sistemas eléctricos debido a que ayudan al estudio de señales eléctricas y desarrollo de diversas aplicaciones las cuales se van haciendo indispensables en la actualidad. Así también denota que los patrones de falla son adquiridos desde un sistema inicial del cual se toman patrones de identificación de corriente para posteriormente realizar la simulación de casos de fallas en líneas de transmisión. El Machine Learning, comprende el procesamiento de análisis de un conjunto complejo de datos, en el ámbito de la inteligencia artificial para la búsqueda de una solución correcta del problema a tratar (Arauz, 2020).

Similarmente, (Fernández Céspedes, 2021) esboza que tecnologías como machine learning permiten “recopilar información a través de las redes de sensores ubicados en las instalaciones, con el fin de anticipar averías y alargar la vida útil de las mismas”. Adicionalmente asevera que el machine learning permite detectar obsolescencias y fallos en tiempo real y localizar el momento idóneo para la sustitución de piezas. Esto es importante en el sector energético, pues permite ahorrar costes en la sustitución y mantenimiento de los equipos y a la par contribuye a mejorar la cadena de suministro de este tan importante segmento empresarial del país.

2.- Planificación y Ajuste de Oferta y Demanda en el Sector Energético Basados en la IA

La planificación de la demanda energética es clave para anticipar y gestionar una transición sostenible a lo largo de este siglo XXI (Sánchez Durán, 2020). Los desarrollos tecnológicos son cada vez más rápidos, aportando una mayor eficiencia energética a las actividades, incluso permiten hoy en día generar la energía de manera distribuida en los propios lugares de consumo, algo que pondrá freno a unas necesidades que por tendenciales se vuelven insostenibles (Sánchez Durán, 2020).

En tal sentido, los desarrollos tecnológicos como los algoritmos de predicción de la demanda, bajo el concepto “Energy Forecasting” (pronóstico energético), son una herramienta de especial importancia en un mundo basado en la recolección y tratamiento de los datos (Sánchez Durán, 2020). El uso de modelos predictivos se enmarca en la necesidad de planificar el suministro de la demanda de energía

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

mediante fuentes de producción. Dentro de las metodologías de predicción, se tiene la tendencia lineal, medias móviles simples o ponderadas, alisados exponenciales simples y ajustados (Sánchez Durán, 2020).

En este mismo orden de ideas (Kumar & Monjur, 2018), subrayan que los modelos de planificación energética (EPM) juegan un papel indispensable en la formulación de políticas y el desarrollo del sector energético. El pronóstico de la oferta y la demanda de energía es el corazón de un EPM. Así, la selección de un método de pronóstico se basa principalmente en la disponibilidad de datos y los objetivos de la herramienta y el ejercicio de planificación (Kumar & Monjur, 2018). Dentro de los diferentes métodos de pronóstico, estos autores señalan en orden descendente de uso: la red neuronal artificial (RNA) como el método más utilizado; máquina de vectores de soporte (SVM), promedio móvil integrado autorregresivo (ARIMA), lógica difusa (FL), regresión lineal (LR), algoritmo genético (GA), optimización de enjambre de partículas (PSO), predicción gris (GM) y media móvil autorregresiva (ARMA).

Igualmente, (Kumar & Monjur, 2018) enfatizan que en cuanto a la precisión, los métodos de inteligencia computacional (IC) demuestran un mejor desempeño que los estadísticos, en particular para parámetros con mayor variabilidad en los datos de origen. Además, los métodos híbridos ofrecen una mayor precisión que los independientes. Los métodos estadísticos se utilizan solo para el corto y mediano plazo, mientras que los métodos de IC son preferibles para todos los rangos de pronóstico temporal (corto, mediano y largo).

A tono con esto, la directora general de la Asociación de Empresas de Energía Eléctrica (aelēc). (Sevilla, 2021), ha recalcado “es fundamental disponer en tiempo real, a través de la red de distribución, de información sobre la generación y la demanda, con lo que se mejora la capacidad de monitorización, operación y control de la red”. Además esta autora señala, “se gana en mayor capacidad predictiva de la demanda energética. Gracias a ello, se mejora y agiliza la respuesta en generación” (Sevilla, 2021).

Siguiendo esta misma orientación, (Fernández Céspedes, 2021) considera que el análisis de los datos ayuda a ajustar la oferta, puesto que permite “predecir la producción de energía, de forma que se puede planificar el precio de venta de la electricidad generada”, además de “tomar acciones determinadas durante los picos de demanda”.

3.- Nuevos Servicios y Capacidades Basados en la IA Para el Consumidor

Desde la perspectiva del consumidor se puede hablar de eficiencia energética en edificación o movilidad, en esta responsabilidad ejecutar políticas y acciones en materia tecnológica, educativa, comunicacional y regulatoria, para promover el uso racional de la energía eléctrica, en toda la población ecuatoriana es fundamental, en función de optimizar la eficiencia del sector eléctrico. De acuerdo con el proyecto (ENFORCE, 2010) de la Red de Auditores Energéticos de la Unión Europea una gran parte de la energía necesaria para las casas se produce con combustibles fósiles, cuyas emisiones de dióxido de carbono contribuyen al llamado efecto invernadero (p.14). Asimismo, denota el referido documento que en los edificios, ya sea en los hogares, en el trabajo o en otras actividades, se utiliza más energía que en cualquier otra actividad, ya que es necesaria para diversas actividades que permiten mantener la calidad de vida y para el mantenimiento de la edificación (p.5). Todo lo cual amerita la aplicación de medidas tendientes al uso eficiente de la energía en los domicilios y en las edificaciones bien sean comerciales, de trabajo, públicas o privadas centrada en el ahorro energético y con la mirada puesta en minimizar el impacto medioambiental.

En este marco, (Borrito & Sánchez, 2008), aducen que el monitoreo y control energético constituye una parte esencial del sistema de gestión energética en un edificio, al proveer información al personal de operación y dirección para administrar adecuadamente los consumos y costos energéticos. En este punto es importante hacer mención de que la transición energética, misma que es conducente a la eficiencia energética en los tiempos que corren, desde la perspectiva de (Ariño, 2020) para transitar con solidez y visión de futuro al nuevo escenario energético presidido por la reducción de la huella de carbono, se vuelve necesario hacer uso de los cambios tecnológicos y evolucionar a un mundo energético que apunte a lo digital y, en esta línea, el auge de tecnologías como la Inteligencia Artificial, representa la oportunidad de encontrar nuevos soportes para la mejor gestión energética, evitar desperdicios de energía y en consecuencia ayudar a la protección del ambiente.

Las técnicas de la inteligencia artificial orientadas a lograr la eficiencia energética en edificaciones incluye, en opinión de (Rodella, 2020) la implantación de modelos de redes inteligentes con contadores digitales y sensores para automatizar la distribución y consumo de energía, capaces de detectar el consumo en tiempo real, para que casas e infraestructuras funcionen de una manera más eficiente en términos energéticos. De acuerdo con (Arcos, 2016) estos equipos inteligentes permiten registrar información relativa a los hábitos de uso de la energía eléctrica por parte del usuario

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

residencial. Este monitoreo es de gran utilidad para aportar retroalimentación al sistema de control de la demanda, identificando el horario de mayor uso en el cual se generan los picos más altos.

Del mismo modo, (Sevilla, 2021) considera que “es importante el registro en tiempo real de los consumos horarios, cuyo análisis permitirá una mejor adecuación de la oferta a los diferentes perfiles de consumidores en función de sus preferencias y necesidades”. En este contexto, la incorporación de la IA en el ámbito residencial les crean responsabilidades en el entendido de que monitoreando en tiempo real el registro del consumo de energía, le permite adelantar la toma de decisiones sobre el servicio y las medidas de ahorro que tienen que cumplir tanto para un beneficio de la economía personal de disminución de gastos, como en corresponsabilidad con el cuidado medioambiental.

Metodología

Se describe la investigación bajo el enfoque cualitativo, de tipo descriptiva. Con apoyo documental bibliográfico. Es cualitativo, desde la perspectiva de (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006), por cuanto busca “describir, comprender e interpretar los fenómenos, a través de las percepciones y significados producidos por las experiencias de los participantes” (p.12). En este caso se indaga acerca de la producción del conocimiento acerca de la Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador.

Por su parte, esta investigación se caracteriza de acuerdo al nivel como descriptiva, ya que se pueden destacar los elementos más resaltantes, referidos a la Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador. Sobre la investigación descriptiva, (Sabino, 2000), afirma que ésta radica en describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permiten poner de manifiesto la estructura o el comportamiento de los fenómenos de estudio, proporcionando de ese modo información ordenada y comparable con la de otras fuentes teóricas.

Asimismo, en atención a la estrategia empleada para buscar la información se califica como una investigación bibliográfica, ya que se fundamenta en material documental. (Palella & Martins, 2012), sostienen que una investigación documental bibliográfica “se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda de material documental de cualquier clase.” (p. 98). Al respecto, se realizó una búsqueda vía online en las bases de datos de Google Académico, revistas indexadas como Scielo, Dianet, Elsevier, entre otras y en repositorios digitales de universidades nacionales e internacionales, así como también de instituciones con la Cepal. Como técnica principal de recopilación de la

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

información, se utilizó la búsqueda avanzada a través de descriptores clave como “inteligencia artificial”, “eficiencia energética” “fuentes de energía renovables”

De este modo, se pudo acceder a fuentes documentales como artículos científicos, trabajos de grado, tesis doctorales y libros, de autores de diferentes países, consideradas relevantes para el desarrollo de este estudio. Así también, se asumió ciertos criterios para la selección del material, entre otros, idioma español, relevancia, pertinencia, fecha de publicación entre 2018 hasta la actualidad, no obstante, se consideró la información reportada por documentos de fechas anteriores a la establecida, por su valioso aporte para este trabajo investigativo.

También se hizo necesario definir la unidad de análisis, para la presente investigación se determinó que la población estaría conformada por los documentos bibliográficos que están ligados al objeto de estudio y que son determinantes para el mismo, es decir, relacionados a la Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador. Para (Arias, 2006) “la población o universo se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan a los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) a los cuales se refiere la investigación” (p.17). En consecuencia, la población quedó conformada por un total de 26 documentos, agrupados en artículos de investigación, trabajos de titulación, trabajos de fin de master, tesis doctorales, documentos institucionales y libros electrónicos.

Por otro lado, (Palella & Martins, 2012) plantean que el investigador (a) puede seleccionar un número determinado de unidades de población, es decir, determinar una muestra” (p.105). Según (Arias, 2006), se entiende que “la muestra es donde el investigador selecciona los elementos que en su juicio son representativos del estudio realizado, el cual exige un conocimiento previo de la población que se investiga para poder determinar cuáles son las categorías o elementos que se pueden considerar como tipo representativo del fenómeno que se estudia” (p.158). Por tanto, en la presente investigación la muestra resultó constituida por 05 publicaciones científicas, para ser consideradas en el análisis de los resultados dado que se encuentran bajo los criterios de selección antes mencionados.

Respecto al análisis e interpretación de los datos corresponden a la última fase del proceso de investigación y en el mismo se explana todo conjunto de argumentos tendentes a dilucidar aspectos inherentes al alcance del objetivo general propuesto por el sujeto examinador. La técnica básica de análisis en la investigación documental, consiste en el análisis del contenido de los documentos, la cual permite hallar el significado o valor del documento, que constituye la unidad de análisis, originando una descripción sustancial del mismo. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006), definen

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

el análisis de contenido como el acto de formular, a partir de ciertos datos, inferencias reproducibles y válidas que puedan aplicarse en su contexto, a su sitio de ocurrencia.

Es así que, el análisis de contenido permite la construcción de una matriz de datos, por cuanto hace referencia a unidades de análisis y valores o respuesta. La Matriz de Datos es un elemento central a considerar en toda investigación científica (...) que reflejan las características fundamentales del dato científico (Samaja, 1994). Para el caso que ocupa este estudio se realizó un análisis reflexivo del contenido de las publicaciones relacionadas con la Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador, con el fin de interpretarlas. Luego de ello, se procedió a analizar e interpretar la información aportada por los datos, derivado del criterio del investigador para obtener las respectivas conclusiones.

Finalmente, en la siguiente tabla de contenido se presenta los resultados de las fuentes bibliográficas seleccionadas y analizadas por año descendente, mismas que a reglón seguido se discuten en sus conceptos más relevantes para posteriormente obtener las respectivas conclusiones.

Tabla 1. Tabla de Contenido Documental de las Fuentes Consultadas por año de publicación

Autor/año	Título	Tipo de Documento	Resultados y/o conclusiones
(Arévalo, 2021)	Optimización en dimensionamiento y control energético de sistemas híbridos de energías renovables en Ecuador	Tesis doctoral Universidad de Jaén	Se analiza el impacto de sistemas híbridos renovables (HRES) compuesto por energía fotovoltaica (PV), turbinas hidrocínicas (HKT), turbinas eólicas (WT), baterías y gasificadores de biomasa (GB). <u>Las simulaciones de los HRES, en algunos casos se realiza utilizando herramientas computacionales como HOMER Pro y Matlab Simulink.</u> Los resultados demuestran que, al utilizar <u>sistemas renovables conformados por más de una fuente energética son más eficientes con respecto a sistemas con una sola fuente renovable.</u>

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

- | | | | |
|--|---|---|--|
| (Monasterio, 2021) | Inteligencia Artificial Para el Bien Común (AI4SG): IA y los Objetivos de Desarrollo Sostenible | Artículo de investigación Universidad de Granada. España | <u>La Inteligencia Artificial (IA), puede contribuir a la mejora del bienestar de las personas, crear sociedades más prosperas y salvar el planeta. La tecnología digital y la IA también se pueden aplicar para la solución de grandes cuestiones de la humanidad, como los 17 objetivos de Desarrollo Sostenible y sus 169 metas de la agenda 2030. Asegurar el acceso a la energía sostenible, fiable y barata es quizá uno de los ODS más importantes. La IA en el contexto energético puede promover un proceso de optimización mayor en la operación y control de los sistemas de producción industriales de energía.</u> |
| (Sánchez Durán, 2020) | Durán, El futuro y la demanda energética | Tesis Doctoral Universidad de Sevilla. España | La identificación de algoritmos de predicción de la demanda, recogidos en la terminología anglosajona bajo el concepto “Energy Forecasting”, será una herramienta de especial importancia en un mundo basado en la recolección y tratamiento de los datos. <u>Las metodologías de previsión de demanda de electricidad están basados en nuevos algoritmos e inteligencia artificial</u> utilizando grandes volúmenes de datos, como <u>la tendencia lineal, medias móviles simples o ponderadas, alisados exponenciales simples y ajustados.</u> La descomposición factorial va a ser un recurso útil para explicar las variaciones en la demanda por cada sector de uso en el tiempo. |
| (Caratar, Valencia, Caicedo, & Chamorro, 2020) | Evaluación de técnicas de inteligencia artificial utilizadas en el diagnóstico de fallas en plantas de potencia | Artículo de Investigación Universidad del Valle, Cali, Colombia | <u>Las herramientas computacionales basadas en técnicas de inteligencia artificial, enfocadas en la detección y diagnóstico de fallas en los diferentes procesos pueden aplicarse a una central de generación de energía tal como: hidroeléctricas, termoeléctricas y centrales nucleares.</u> Las principales técnicas de inteligencia artificial que permiten la construcción de sistemas inteligentes para el <u>diagnóstico de fallas en centrales eléctricas</u> son: <u>lógica difusa, redes neuronales, sistemas basados en el</u> |

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

(Kumar & Monjur, 2018) Métodos de previsión en modelos de planificación energética Artículo de investigación Universidad de Cardiff, Reino Unido

conocimiento y técnicas híbridas, obteniendo como resultado que el denominado sistema híbrido ha tenido el mayor impacto en los últimos años para detectar y diagnosticar fallas en plantas eléctricas.

Dentro de los diferentes métodos de pronóstico en orden descendente de uso: la red neuronal artificial (RNA) como el método más utilizado; máquina de vectores de soporte (SVM), promedio móvil integrado autorregresivo (ARIMA), lógica difusa (FL), regresión lineal (LR), algoritmo genético (GA), optimización de enjambre de partículas (PSO), predicción gris (GM) y media móvil autorregresiva (ARMA) en cuanto a la precisión, los métodos de inteligencia computacional (IC) demuestran un mejor desempeño que los estadísticos, en particular para parámetros con mayor variabilidad en los datos de origen. Los métodos estadísticos se utilizan solo para el corto y mediano plazo, mientras que los métodos de IC son preferibles para todos los rangos de pronóstico temporal (corto, mediano y largo).

Fuente: Elaboración propia

Discusión

Producto de la revisión sistemática y el análisis documental, se afirma, que el promover la eficiencia energética en Ecuador aplicando las técnicas que ofrece la inteligencia artificial (IA) es un paradigma que debe tomarse en consideración como forma de mejorar el nivel de suministro energético, además de minimizar el impacto medioambiental. Los citados autores brindan en sus disertaciones argumentos más que válidos para el uso de las herramientas tecnológicas orientadas a la digitalización del sistema energético nacional.

De este modo, dentro de las ventajas que ofrece la inteligencia artificial en el contexto energético, según (Monasterio, 2021) puede contribuir a la mejora del bienestar de las personas, crear sociedades más prosperas y salvar el planeta. La IA también se puede aplicar para la solución de grandes

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

cuestiones de la humanidad, como los 17 objetivos de Desarrollo Sostenible y sus 169 metas de la agenda 2030.

Por su parte, (Caratar, Valencia, Caicedo, & Chamorro, 2020) expresan que las técnicas de inteligencia artificial permiten la construcción de sistemas inteligentes para el diagnóstico de fallas en centrales eléctricas. Así también, (Sánchez Durán, 2020) refieren que se puede prever la demanda de electricidad basándose en nuevos algoritmos e inteligencia artificial. Igualmente, (Monasterio, 2021) expone que la IA en el contexto energético puede promover un proceso de optimización mayor en la operación y control de los sistemas de producción industriales de energía.

Otro factor importante es tomar en consideración el hecho de que, a decir de (Caratar, Valencia, Caicedo, & Chamorro, 2020), las herramientas computacionales basadas en técnicas de inteligencia artificial, enfocadas en la detección y diagnóstico de fallas en los diferentes procesos pueden aplicarse a una central de generación de energía tal como: hidroeléctricas, termoeléctricas y centrales nucleares. Esta cuestión es sumamente importante a razón de que estas grandes centrales eléctricas suministran en gran medida la electricidad al país y, por tanto su optimización es fundamental para por un lado, hacer más eficiente el sistema en cuanto a la detección oportuna de las averías aun antes de que ocurra y así evitar las fallas en el suministro energético y por el otro ahorra costes a la nación por reparación y compras de piezas o maquinarias que fácilmente se pueden monitorear y prever cualquier dificultad para un buen mantenimiento a largo plazo del equipo.

En otra disertación (Kumar & Monjur, 2018) afirma que los métodos de inteligencia computacional (IC) demuestran una mayor precisión y un mejor desempeño que los estadísticos, para el pronóstico temporal (corto, mediano y largo). De manera similar, para mejorar la eficiencia del sector energético es necesario conocer el valor de las demandas de energía en los diversos procesos asociados a la misma, así, (Sánchez Durán, 2020) explican que la descomposición factorial va a ser un recurso útil para explicar las variaciones en la demanda por cada sector de uso en el tiempo. Esta información es importante para focalizar los sitios de más demandas y conducir acciones tendientes al ahorro energético en los diversos sectores bien sea residencial, comercial e industrial del país, que coadyuve a reducir costos y pérdidas por uso indebido del recurso energético y a la vez reducir la huella del carbono.

Se establece también en los referidos estudios la variedad de técnicas de inteligencia artificial que se pueden emplear, asimismo informan cuál de ellas es la que tiene mejor desempeño. Al respecto, (Kumar & Monjur, 2018) denotan que dentro de los diferentes métodos de pronóstico en orden

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

descendente de uso, se tiene: la red neuronal artificial (RNA) como el método más utilizado; máquina de vectores de soporte (SVM), promedio móvil integrado autorregresivo (ARIMA), lógica difusa (FL), regresión lineal (LR), algoritmo genético (GA), optimización de enjambre de partículas (PSO), predicción gris (GM) y media móvil autorregresiva (ARMA).

Por otro lado, (Caratar, Valencia, Caicedo, & Chamorro, 2020) indica que las principales técnicas de inteligencia artificial que permiten la construcción de sistemas inteligentes para el diagnóstico de fallas en centrales eléctricas son: lógica difusa, redes neuronales, sistemas basados en el conocimiento y técnicas híbridas. En esta línea (Sánchez Durán, 2020) mencionan los nuevos algoritmos e inteligencia artificial utilizando grandes volúmenes de datos, como la tendencia lineal, medias móviles simples o ponderadas, alisados exponenciales simples y ajustados.

En el mismo orden de ideas, (Arévalo, 2021) subraya como técnicas de inteligencia artificial que pueden ser aplicados en el sistema energético: las simulaciones de los HRES, en algunos casos se realiza utilizando herramientas computacionales como HOMER Pro y Matlab Simulink. Igualmente, (Sánchez Durán, 2020) consideran que el concepto “Energy Forecasting”, será una herramienta de especial importancia en un mundo basado en la recolección y tratamiento de los datos.

En tal sentido, de esta gama de metodologías relacionadas con la inteligencia artificial en el entorno energético, los sistemas híbridos son los que han demostrado mejor desempeño, en esta idea coinciden (Arévalo, 2021) cuando aduce que los resultados demuestran que, al utilizar sistemas renovables conformados por más de una fuente energética son más eficientes con respecto a sistemas con una sola fuente renovable; (Caratar, Valencia, Caicedo, & Chamorro, 2020) quienes dicen que el denominado sistema híbrido ha tenido el mayor impacto en los últimos años para detectar y diagnosticar fallas en plantas eléctricas. Todo esto tiene el propósito de fortalecer el desarrollo de acciones direccionadas a la máxima eficiencia energética y para la preservación del planeta.

Conclusiones

La disminución del impacto sobre la calidad ambiental, es uno de los desafíos a los cuales se enfrenta el mundo globalizado hoy en día. En la literatura especializada, mucho se ha expresado que los combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas) son la fuente primaria de energía en las sociedades modernas, pero también la principal causa de emisión de gases de efecto invernadero que provocan el calentamiento del planeta.

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

En este cometido, diversos países y entre ellos Ecuador desde tiempo atrás han venido consolidando sus marcos institucionales y regulatorios de apoyo a las actividades de eficiencia energética y, en este propósito mucho pueden ayudar las técnicas inteligencia artificial empleadas en el contexto energético en los sectores residenciales, comerciales e industriales. Siendo que se usan para detectar fallas en el sistema, controlar la demanda y el consumo de energía.

Asimismo, el sistema híbrido que agrupa los sistemas renovables conformados por más de una fuente energética es más eficiente con respecto a sistemas con una sola fuente renovable. Por tanto, en la actualidad ya es un hecho comprobado que la eficiencia energética va de la mano con la digitalización para un presente y de cara a un futuro más sostenible.

Referencias

1. Arauz, J. (2020). Identificación de Fallas en Sistemas Eléctricos de Potencia Basado en Reconocimiento de Patrones. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Ecuador. Trabajo de titulación.* <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18559/1/UPS%20-%20ST004488.pdf>, pp.29.
2. Arcos, E. (2016). Estrategias de Eficiencia Energética en Usuarios Residenciales. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Ecuador. Trabajo de titulación.* <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12874/3/UPS-KT01290.pdf>, pp.21.
3. Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación, Guía para su Elaboración*. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme. Cuarta Edición.
4. Ariño, G. (2020). La transición energética en el sector eléctrico. Líneas de evolución del sistema, de las empresas, de la regulación y de los mercados. *Publicaciones de la Universidad de Deusto.* ISBN: 978-84-1325-093-9. <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/orkestra/orkestra59.pdf>, pp.239.
5. Basogain, X. (2010). Introducción a la Computación Neuronal. Tema 1. *Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao, EHU.* https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/40137/mod_resource/content/1/redes_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf, pp.79.
6. Borroto, A., & Sánchez, S. (2008). Manual de Eficiencia Energética en Edificios Públicos. *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Quito, Ecuador.* <http://enerpro.com.ec/wp->

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

- content/uploads/2019/04/Manual-de-Eficiencia-Energetica-en-Edificios-Publicos.pdf*, pp.81.
7. Caratar, J., Valencia, A., Caicedo, G., & Chamorro, C. (2020). Evaluación de técnicas de inteligencia artificial utilizadas en el diagnóstico de fallas en plantas de potencia. *Respuestas*, vol. 25, no. 2. <https://doi.org/10.22463/0122820X.2966>. <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/respuestas/article/view/2966/3275>, pp.177-189.
 8. CEPAL. (2020). Estrategia Energética Sustentable 2030 de los países del SICA. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Ciudad de México*, pp.214.
 9. Cruz, P. (2011). *Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería*. Alfaomega. 1st ed.
 10. DAEE. (2016). *Estado de la eficiencia energética en Ecuador: identificación de oportunidades*. pp.44: Editor Banco de Desarrollo de América Latina (CAF). <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00385.pdf>.
 11. Díez, R., Gómez, A., & Martínez, N. (2001). Introducción a la inteligencia artificial: sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva.
 12. ENFORCE. (2010). Guía Práctica sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Edificios. *Red de Auditores Energéticos de la Unión Europea. Proyecto Enforce /Intelligent Energy Europe (IEE)*.https://www.academia.edu/upgrade?feature=bd_books&trigger=bulk_download_books_ping&upgrade_redirect=%2F%2Fwww.academia.edu%2Fsearch%3Fq%3D*%26ri, pp.60.
 13. Fernández Céspedes, M. (2021). Mantenimiento predictivo. En Aserta, *El sector energético aprovecha el potencial de la inteligencia artificial*. Madrid, España: <https://aserta.com.es/inteligencia-artificial-en-el-sector-energetico/>.
 14. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill. Cuarta Edición.
 15. Hurtado, L., Villarreal, E., & Villarreal, L. (2016). Detección y diagnóstico de fallas mediante técnicas de inteligencia artificial, un estado del arte. *Dyna*, vol. 83, núm. 199. *Universidad Nacional de Colombia*.<https://www.redalyc.org/journal/496/49648868002/html/>, pp.19-28.
 16. Inderwildi, O., Zhang, C., Wang, X., & Kraft, M. (2020). The impact of intelligent cyber-physical systems on the decarbonization of energy. *Energy and Environmental Science*, 13: 744-771. <https://doi.org/10.1039/C9EE01919G>.

La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador

17. Kumar , D., & Monjur, M. (2018). Forecasting methods in energy planning models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 88*.<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.002>.<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118300200> , pp.297-325.
18. Martín, L. (2020). Digitalización e inteligencia artificial, aliados para la eficiencia energética. *Revista Haz Fundación*. <https://hazrevista.org/rsc/2020/10/digitalizacion-inteligencia-artificial-aliados-eficiencia-energetica/>.
19. Monasterio, A. (2021). Inteligencia Artificial Para el Bien Común (AI4SG): IA y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura 197 (802)*. Universidad de Granada. España. <https://doi.org/10.3989/arbor.2021.802007>, a629.
20. Padrón, S. (2015). Inteligencia Artificial en la Operación de Redes Eléctricas. Aplicación a Sistemas Aislados. *Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Tesis Doctoral*. https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/17092/3/0722383_00000_0000.pdf, pp.328.
21. Palella, S., & Martins, F. (2012). *Metodología de la Investigación Cuantitativa* . Caracas, Venezuela: Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
22. Rodella, F. (2020). Algoritmos Para no Desperdiciar Energía. *Tungsteno*. <https://www.sacyr.com/-/algoritmos-para-no-desperdiciar-energia>.
23. Sabino, C. (2000). *El Proceso de Investigación*. Caracas, Venezuela: Panapo. 4ª edición.
24. Sánchez Durán, R. (2020). El futuro y la demanda energética. *Universidad de Sevilla (España)*. Tesis Doctoral. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=283233>, PP.234.
25. Sánchez, J., Blanco, A., Yépez, A., Coviello, M., Schuschny, A., Aiello, R., y otros. (2017). *Eficiencia. Sustainable Energy for All – SEforALL/Banco Interamericano de Desarrollo (BID)/Capal/Olade*. pp.118 <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0397.pdf>.
26. Sevilla, P. (2021). Planificación y ajuste de oferta y demanda. En Aserta, *El sector energético aprovecha el potencial de la inteligencia artificial*. Madrid, España: <https://aserta.com.es/inteligencia-artificial-en-el-sector-energetico/>.