

INVESTIGA I+D+i 2023/2024

GUÍA ESPECÍFICA DE TRABAJO SOBRE "Por qué la transición energética necesita a la inteligencia artificial?"

Texto de D. Ignacio Cruz

Septiembre 2023

Introducción.

La transición energética pretende principalmente sustituir progresivamente los combustibles fósiles por fuentes de energía basadas en recursos renovables para lograr la necesaria descarbonización de nuestra sociedad. Pero los principales recursos renovables como son la radiación solar o el viento son variables y difíciles de predecir, por lo que la gestión de la energía eléctrica va a ser compleja. Además, estas tecnologías son distribuidas, lo cual quiere decir que frente a una producción centralizada en plantas de gran potencia evolucionamos a multitud de centrales de múltiples tamaños, interconectadas entre sí a través de la red eléctrica. Para poder gestionar una generación y demanda variables se va a requerir a su vez de múltiples sistemas de almacenamiento de energía y de gestión de la demanda ya sea a través de cargas regulables como la desalación, producción de hidrógeno, producción de frío o calor o directamente variando la demanda de energía de los consumidores mediante señales de mercado (precio de la energía). Pero todo este complejo sistema multivariable tiene que cumplir en todo momento que la energía eléctrica generada es exactamente igual que la consumida. Al final, el proceso de regulación necesario para que el sistema eléctrico funcione correctamente ya existe, pero a medida que el sistema va incrementando su dependencia en fuentes de energía limpias, aumenta la dificultad de lograr una gestión óptima por lo

que la inteligencia artificial puede ayudar mucho a realizar esa gestión. ¿Pero cómo? Pues facilitando la rápida repetición de múltiples tareas como por ejemplo buscando a partir de ingentes cantidades de datos medidos en diferentes escenarios del sistema patrones que le permitan al sistema de gestión tomar decisiones óptimas rápidamente. La inteligencia artificial es una herramienta muy poderosa y útil pero no es infalible. Por ejemplo, si alguno de los escenarios posibles no ha sido identificado podemos tener problemas, por lo que la participación humana va a seguir siendo necesaria. Por último, comentar que la Inteligencia artificial y la energía están totalmente vinculadas ya que para poder ejecutar las distintas aplicaciones hacen falta cantidades ingentes de energía. Hoy en día ya en la mayoría de los países desarrollados, los mayores consumidores de energía son los centros de procesado de datos CPD, que esencialmente son los ordenadores donde se aplican todos los algoritmos que nos permiten disponer de inteligencia artificial. Según un estudio de Bloomberg, entrenar un solo modelo de IA tiene un consumo equivalente a 100 hogares de EEUU en un año. Incluso a la hora de construir nuevos centros se buscan emplazamientos con alta disponibilidad de energía renovable limpia y a precio competitivo.

Inteligencia Artificial en energías renovables

Queda claro que la transición energética necesita innovación para adaptarse rápidamente a todas las necesidades que surjan. El objetivo de la transición energética es poder disponer de la energía que necesitamos consumir cada día, pero de una manera sostenible y duradera, afectando a nuestro medioambiente lo menos posible, es decir sin emisiones que puedan potenciar al cambio climático, con el menor uso posible de materias primas maximizando el reciclado y reuso de los materiales y en definitiva de la forma más eficaz.

Hoy en día, la solución tecnológica para progresar en la transición energética que queremos lograr son las energías renovables: hidráulica, eólica, solar, oceánica, geotérmica, biomasa, etc.

Pero para que la generación renovable asuma un papel más importante en la combinación energética mundial, la inteligencia artificial (IA) puede ser clave para lograr las mayores eficiencias.

La industria de las energías renovables en particular se reinventa constantemente, adoptando la investigación y la innovación para adaptarse a una demanda cada vez mayor. Como tal, se encuentra en una posición privilegiada para adoptar con éxito las innovaciones de la Inteligencia Artificial y adaptarlas a sus necesidades particulares. Ya hoy en día, herramientas nuevas y establecidas utilizan elementos de IA para agilizar procesos y crear funcionalidades que eran imposibles en el pasado.

La inteligencia artificial es un concepto que nació casi al mismo tiempo que la informática. Desde el principio los investigadores han intentado imitar la forma de pensar de los humanos, intentando dotar a los ordenadores de algún tipo de inteligencia.

Los sistemas inteligentes son capaces de percibir su entorno y reaccionar ante él con la intención de alcanzar un conjunto de objetivos. Uno de los ejemplos más simples de sistema inteligente es un termostato. Percibe la temperatura de una habitación (su entorno) e interactúa con ella para alcanzar una temperatura específica (sus objetivos). En este caso, el entorno es parte del mundo real, pero no es necesariamente así para todos los sistemas inteligentes. Además, los objetivos de este sistema requieren una lógica relativamente simple para lograrse, pero esto no sería suficiente dado un aumento en la complejidad de los objetivos o del entorno.

Esto no es nuevo, en las últimas décadas se han propuesto muchas técnicas y tecnologías, con diversos grados de éxito. Algunas han tenido tanto éxito en sus respectivos campos que se han convertido en algo común y dejaron de ser consideradas "inteligencia". Otras técnicas han tenido oleadas de resurgimiento a medida que avanza la tecnología, como las redes neuronales artificiales. Se trata de un subconjunto del "aprendizaje automático": el diseño de sistemas que aprenden de su experiencia y se

adaptan a su entorno. Otras técnicas se basan en la optimización matemática, la estadística o los sistemas lógicos para lograr este objetivo.

La digitalización ha provocado un despliegue de la estrategia denominada Internet de las Cosas por la que infinidad de dispositivos, instrumento o sensores son capaz de darnos información continua sobre procesos de forma que podamos analizarlos y optimizarlos pero el problema es que el volumen de datos está creciendo de forma ingente y necesitamos herramientas que nos ayuden a analizar esos datos y eso sería el denominado big data pero podemos ir más allá aprendiendo de esos datos directamente mediante técnicas de inteligencia artificial, que nos permitirán tomar mejores decisiones y ser más competitivos. Estas técnicas nos van a ayudar a abordar la transición energética asegurando la sostenibilidad. Hay que tener en cuenta que el negocio de la energía está actualmente evolucionando de forma decisiva, por lo que la adaptación va a ser continua, Solo mediante herramientas de apoyo podremos realizar dicha transición

Principales áreas de uso de las técnicas de inteligencia artificial en el despliegue de las energías renovables

Hay dos formas principales de aplicar la IA en cualquier sector y obviamente también en el sector energético: toma de decisiones automatizada y toma de decisiones asistida.

La toma de decisiones automatizada implica que los sistemas informáticos procesen información sin intervención humana, lo que les permite manejar tareas complejas más rápido de lo que los humanos podrían hacer en la misma cantidad de tiempo. Un ejemplo de esto son los sistemas automatizados de IA para el cronograma de mantenimiento preventivo de un parque eólico o de una planta solar fotovoltaica.

La limitación de este enfoque es que las decisiones automatizadas pueden verse distorsionadas por diferentes tipos de sesgos, lo que puede dar lugar a que se tomen decisiones incorrectas. Esto puede causar problemas en

sistemas críticos y, como tal, la toma de decisiones automatizada no es viable para todas las aplicaciones.

La toma de decisiones asistida puede abordar esto manteniendo la responsabilidad de la decisión real en el lado humano. Como tal, la IA se centra en proporcionar información que enriquezca el proceso. Esto trae consigo la flexibilidad adicional de que los humanos apliquen su conocimiento y experiencia al análisis del sistema informático. Los sistemas de IA asistida se pueden utilizar para tareas que requieren una toma de decisiones matizada, como el análisis de impacto ambiental para sitios propuestos para parques eólicos y centrales solares FV.

Existen muchas actividades en el ámbito de la energía dentro de las cuales las técnicas de IA van a ser decisivas.

Apoyo a la decisión de inversión en centrales con energías renovables

Las centrales de generación con fuentes renovables cada día son de mayor potencia. Se ha pasado de grandes centrales a megacentrales y de megacentrales a hubs como ocurre en los grandes clusters de parques eólicos desarrollados en el mar del norte. Hace décadas hablábamos de decenas de megavatios de potencia (10^6) y hoy en día se habla de centenas de megavatios o incluso de gigavatios (10^9). Por lo tanto, la inversión necesaria es cada vez mayor y la decisión depende de multitud de variables. La inteligencia artificial desempeña en estos casos un papel clave en la validación de datos. Los inversores y desarrolladores pueden utilizar diferentes técnicas y algoritmos para identificar los posibles riesgos y oportunidades de un proyecto potencial. Los algoritmos pueden crear modelos preliminares de flujo de efectivo que demuestren a los desarrolladores si un proyecto tiene un buen potencial. Al automatizar el proceso de modelado de proyectos, las herramientas de inteligencia artificial pueden identificar rápidamente proyectos rentables y liberar a los equipos para que se concentren en completar acuerdos de manera eficiente.

Por lo tanto la IA se puede utilizar para abordar los complejos problemas del diseño de todo tipo de parques eólicos o centrales solares fotovoltaicas tanto en tierra o en el mar o centrales solares termosolares, lo que se traduce en ahorros de costos y eficiencias mejoradas, lo que resulta en mejores retornos de la inversión.

Predicción con IA

Los programas de IA pueden combinar modelos meteorológicos de aprendizaje automático, conjuntos de datos históricos, información en tiempo real de estaciones meteorológicas locales, imágenes satelitales, cámaras y redes de sensores. Una previsión mejorada puede dar lugar a una gestión más eficiente de los generadores convencionales y reducir el coste de arranque y parada de las unidades, haciendo un uso óptimo de las plantas adaptando la producción a las condiciones climáticas cambiantes. Eso también puede ayudar a reducir de forma decisiva el coste de los denominados vertidos (curtailment) de energía renovable como la energía eólica y la solar fotovoltaica cuando por distintas razones no puede evacuarse toda la energía disponible por la red eléctrica (congestión por exceso de generación simultánea o por reducción de la demanda).

También una previsión más precisa de la producción de energías renovables permite a los generadores y comercializadores de energía ofertar en los mercados mayorista y de balance, evitando penalizaciones por posibles desvíos frente a la energía ofertada.

La comercialización de la energía en España está hoy en día liberalizada. Existen multitud de empresas comercializadoras de energía que necesitan conocer la demanda de energía prevista a corto plazo para hacer sus ofertas en el mercado de la energía.

Como todos sabemos las fuentes de energía renovables con mayor capacidad instalada como es la energía eólica y la solar fotovoltaica son variables y dependen del recurso existente en cada instante.

En ambos casos la predicción precisa es vital para conocer cuánta energía somos capaces de suministrar en cada instante.

Las técnicas de inteligencia artificial en especial el aprendizaje automático, en inglés ML Machine Learning son muy útiles para reducir el error en la predicción tanto de demanda como de generación renovable variable.

El Machine Learning es probablemente la tecnología más precisa para llevar a cabo la predicción de la demanda. Se basa en la aplicación de un análisis avanzado mediante la cual se entrena el modelo estadístico con los datos de demanda de un sistema energético concreto, puede ser una vivienda, una fábrica, una ciudad, una región o incluso un país y se establecen variables que puedan impactar en dicha demanda.

Después se comparan varios modelos distintos de predicción para ver cuál se ajusta más al modelo de demanda de la empresa. La precisión de esta técnica normalmente es mayor que con otros métodos y permite extraer muchas conclusiones útiles a partir de los datos obtenidos.

Para hacer un estudio de predicción de la demanda de energía o del recurso se necesita disponer del mayor número de series temporales de consumo de energía (Potencia demandada en kilovatios en función del tiempo) o de recurso solar o eólico.

Por ejemplo, cuando se trata de predecir el comportamiento del viento, normalmente la velocidad y la dirección del viento es fundamental introducir los datos a intervalos regulares de tiempo, para que el modelo pueda aprender por la evolución de estos datos a lo largo del tiempo.

La predicción de series temporales utiliza técnicas como la autorregresiva, la autorregresiva vectorial, (autoregressive, moving average, autoregressive moving average, vector autoregressive), entre otras. Permiten predecir la producción de las fuentes de energía basándose en la observación del pasado.

Las redes neuronales artificiales RNA (En inglés ANN Artificial Neural Networks) incluyen lo que se denomina el aprendizaje profundo, una forma avanzada de aprendizaje automático o de máquina inspirada en la forma en la que funciona el cerebro. El procesamiento de los datos se realiza mediante capas que forman parte de la red neuronal. Mínimo tres capas, capa de entrada, capa oculta y capa de salida, las cuales mediante procesos matemáticos entregan valores continuos que representan el resultado. El desarrollo de los resultados se obtiene mediante varias etapas, las cuales consisten en: entrenamiento de la RNA con el 85% de los datos históricos, prueba de la RNA bajo el criterio de evaluación Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE) entre el 15% de los valores no utilizados en el entrenamiento frente a la proyección para dicha cantidad de históricos, esta etapa permite demostrar la confiabilidad del modelo en base al porcentaje de error, y así realizar una proyección con mayor horizonte de tiempo.

El aprendizaje profundo es muy valioso en la industria de la energía, ya que los algoritmos son adecuados para grandes conjuntos de datos. En el caso de los datos históricos de consumo y generación de energía, los datos tienden a ser bastante masivos, y requieren técnicas específicas para ser procesados y analizados de manera eficiente.

Tareas de operación y mantenimiento de instalaciones de generación eléctrica apoyadas en inteligencia artificial.

Dentro de las actividades de operación y mantenimiento de instalaciones de generación renovable incluyendo desde la propia central (parque eólico o central solar fotovoltaica) como la subestación y la línea eléctrica de evacuación por donde se lleva la energía se pueden aplicar distintos tipos de mantenimiento:

- **Correctivo** Es aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos para corregirlos o repararlos.
- **Preventivo.** Es aquel en el que nos adelantamos a que haya una avería, garantizando el correcto funcionamiento de las máquinas,

evitando el retraso producido por las averías y sus consecuencias. Para ello se identifican un conjunto de acciones necesarias como cambios de piezas, aceites, revisiones periódicas, etc. Algunas actividades de este mantenimiento son innecesarias, pero aún así, siguen siendo menos costosas que una reparación.

- **Predictivo** Está basado en la determinación de la condición técnica del equipo en operación (en inglés condition monitoring). El concepto se basa en que las máquinas darán un tipo de aviso antes de que fallen y este mantenimiento trata de percibir los síntomas para después tomar acciones y decisiones de reparación o cambio antes de que ocurra una falla. Esta técnica va más allá, mediante la monitorización de los aerogeneradores o los campos fotovoltaicos podemos conocer y monitorizar multitud los datos de las máquinas como corrientes, tensiones, temperaturas, humedad, presión, tiempos de actividad, etc. para evaluar y detectar problemas antes de que se produzcan.

Aunque la IA puede manejar ambos procedimientos, preventivo y predictivo, El mantenimiento predictivo hace que el equipo se someta a mantenimiento cuando es necesario, mientras que el mantenimiento preventivo hace que el trabajo se realice siguiendo un cronograma establecido, sea necesario o no.

En el tipo de mantenimiento predictivo, la utilización de Inteligencia Artificial o Deep learning permite una gestión del mantenimiento más eficaz y rápida. Todos estos datos, los capturados en tiempo real y los históricos, pueden ser utilizados para mejorar el mantenimiento predictivo y que las máquinas aprendan y detecten problemas de forma autónoma, mostrando alarmas, indicando cuándo se tiene que cambiar una pieza o, en casos extremos, parar de forma preventiva la producción. Para poder extraer este conocimiento y generar modelos predictivos que permitan detectar cuando un defecto en la producción va a ocurrir, se utiliza la Inteligencia Artificial y tecnologías cognitivas, especialmente algoritmos de Deep Learning (Aprendizaje Profundo).

Parte del atractivo de la IA se debe a su capacidad para determinar el estado de una máquina en servicio, lo que le permite estimar cuándo

se debe realizar el mantenimiento de la misma: o sea, hacer mantenimiento predictivo. Además, supone otras ventajas como son:

- o Ayuda a prevenir fallos inesperados de la maquinaria, ya que en todo momento poseemos información puntual de la misma.
- o Se reduce el inventario de piezas de repuesto.
- o Se reducen los tiempos de inactividad de las instalaciones.
- o Eficiencia de costes, pues el mantenimiento se lleva a cabo solo cuando es necesario.

Uso de la tecnología de IA en el área de mantenimiento.

El mantenimiento predictivo es una técnica que recopila datos en tiempo real de varias fuentes de la central de generación o del sistema de distribución, como son las distintas máquinas, convertidores, sensores, interruptores, etc. que luego son la base de los cálculos analíticos (algoritmos inteligentes) usados para anticipar fallos en los distintos componentes del aerogenerador o de la central solar fotovoltaica antes de que sucedan.

El uso del mantenimiento predictivo para monitorizar las condiciones y evaluar el rendimiento de los equipos en tiempo real ya está muy extendido en muchas empresas españolas. El proceso de mantenimiento predictivo utiliza Internet de las cosas (IoT) como elemento central; lo que permite que diferentes sistemas compartan, analicen y actúen sobre los datos. Mientras los sensores de IoT capturan información, luego, el aprendizaje automático (machine learning) la analiza e identifica aquellas áreas que necesitan mantenimiento urgente, siendo esta la clave para la eficiencia empresarial.

Cada vez se utilizan más drones para realizar el mantenimiento del sistema de generación pero la gran cantidad de imágenes que proporcionan hay que analizarlas rápidamente mediante patrones para identificar posibles problemas con la mayor rapidez y precisión posible y ahí es donde la IA puede ayudar de forma decisiva.



Inspecciones termográficas de centrales solares FV con drones

Ejemplos de estas actividades son:

Las Inspecciones termográficas IR con drones: en lugar de utilizar muestras representativas de módulos, las flotas de drones con cámaras IR permiten realizar escaneos de proyectos fotovoltaicos enteros, optimizando así el tiempo de inspección. A continuación, los datos recogidos a través de estos escaneos se analizan mediante modelos basados en IA, pudiendo realizarse posteriormente más pruebas de IR manuales en áreas específicas.

Integración 'inteligente' del sistema de adquisición de datos SAD: Las alarmas siempre han formado parte de los SAD, pero la IA contribuye a mejorar la precisión y relevancia de la información proporcionada. Algunos proveedores de sistemas SAD 'inteligentes' generan informes mensuales detallados que, además, incluyen recomendaciones útiles como, por ejemplo el *cálculo de la tasa de acumulación diaria de suciedad de un emplazamiento y de las pérdidas reales en función de los datos de producción del activo*, las fechas óptimas de limpieza de determinados string de módulos, o informan de problemas sistémicos específicos de ciertos inversores, estimando el número de días tras los cuales cabe esperar que se produzcan fallos críticos.

Análisis del rendimiento mediante técnicas de Machine Learning (ML): De forma similar a los sistemas SAD inteligentes, el análisis de

rendimiento de los proyectos de generación de energía depende cada vez más de las técnicas de ML para descubrir los problemas sistémicos. Con datos disponibles con una resolución temporal de hasta un minuto (o incluso menos), y procedentes de varios años de funcionamiento, los modelos de ML se están volviendo lo suficientemente robustos como para confiar en ellos para observaciones fiables.

Detección de defectos en módulos: Las anomalías en los paneles solares pueden identificarse utilizando cámaras especiales que captan imágenes IR y de electroluminiscencia (EL). Si hay defectos en un módulo, se generarán patrones específicos que permitirán identificarlos y clasificarlos. Con estas métricas es posible generar modelos ML robustos para analizar y señalar automáticamente las zonas afectadas, determinando también su impacto en el rendimiento del dispositivo.

Una vez tengamos claro cuáles son los puntos débiles de la central de generación que estamos analizando y hayamos identificado el mejor lugar por el que empezar, veamos cuáles son los pasos a seguir para adoptar esta nueva técnica:

Obtención de los datos

Cualquier enfoque basado en aprendizaje automático exige datos relevantes, suficientes y de calidad para construir modelos efectivos que proporcionarán una mayor precisión en las predicciones.

Durante este paso, identificaremos los valores clave del equipo que queremos monitorear (como por ejemplo la corriente, vibraciones la temperatura o el nivel de ruido, etc.) y escogeremos y configuraremos sensores para capturarlos.

Debemos tener en cuenta todo aquello que podría afectar al funcionamiento de la máquina que queremos monitorear, por lo que

no podemos olvidarnos de otras fuentes de datos ajenas a la propia máquina, como puede ser sistemas de gestión de edificios, el clima, así como los datos estáticos del equipo.

Trabajar los datos

Tener suficientes datos es muy bueno, pero es solo el primer paso de una serie de pasos para el desarrollo de algoritmos de mantenimiento predictivo. Hay que almacenar los datos, limpiarlos, integrarlos con otros datos y luego analizarlos para obtener información significativa. Pero hay que tener muy en cuenta que si no disponemos de datos de calidad para nuestro modelo de aprendizaje automático, las predicciones resultantes serán inútiles.

El preprocesamiento de datos es necesario para limpiar los datos y convertirlos de forma que se puedan extraer indicadores. A menudo, este es un proceso desafiante y que requiere mucho tiempo.

Procedimiento de predicción

El uso de una combinación de variedad de fuentes y tipos de datos lo que hace a los modelos predictivos más sólidos y precisos. Antes de que se desarrolle una solución de mantenimiento predictivo, se deben abordar los siguientes factores:

- **Historial de errores:** al entrenar un modelo, el algoritmo debe incluir datos sobre patrones operativos normales, así como también sobre patrones de fallo. Es por eso que el conjunto de datos de entrenamiento debe incluir suficientes ejemplos de muestras normales y de error.
- **Historial de mantenimiento / reparación:** el historial de mantenimiento contiene información sobre qué reparaciones se hicieron, qué piezas se reemplazaron, etc. El disponer de esta información en el conjunto de datos es un factor crítico; si está ausente, podríamos obtener resultados de modelo engañosos.

- Condiciones de funcionamiento de la máquina: el supuesto principal del mantenimiento predictivo es que la condición de una máquina empeora con el tiempo a medida que realiza sus operaciones diarias. Es probable que los sensores capturen datos que muestren ese patrón de envejecimiento junto con las anomalías que conducen a la degradación.
- Metadatos de equipo: esto hace referencia a la ficha técnica del equipo, como, por ejemplo, el modelo, la fecha en la que se fabricó, la fecha en la que empezó a funcionar, la ubicación, etc.

Visualización de los datos

La visualización es una herramienta importante en el mantenimiento predictivo, ya que a menudo cierra el ciclo de retroalimentación, lo que permite a los responsables de mantenimiento y al resto del personal implicado ver los resultados de los modelos predictivos y actuar en consecuencia.

Reconocimiento de imágenes

El reconocimiento de imágenes es una forma de IA que desempeña un papel clave en la validación de datos especialmente relacionados con el mantenimiento predictivo de parques eólicos o centrales solares fotovoltaicas pero también por ejemplo para proteger a la avifauna de impacto con las palas de los aerogeneradores.

Hoy en día existen múltiples soluciones para mitigar el impacto de aves con los aerogeneradores. Sistemas basados en radares¹ que identifican las aves, cámaras² que filman las aves cuando se detectan en la cercanía del parque eólico, pero todos estos sistemas necesitan de la IA para identificar el tipo de ave y a partir de ese conocimiento calcular la probabilidad de impacto y saber cómo proceder para avisarla mediante la emisión de sonidos adecuados a esa especie o parar el aerogenerador hasta que se aleje.

¹ MINSAIT <https://www.que.es/2023/10/13/minsait-ia-siniestralidad-aves-parque-eolicos/>

² DTBird <https://www.dtbird.com/index.php/es/>

La inteligencia artificial en el sistema energético

Las empresas eléctricas³ y los operadores de las redes de distribución o de transporte como REE⁴ utilizan la inteligencia artificial⁵ y el aprendizaje automático para pronosticar la generación, programar el mantenimiento y gestionar los flujos de energía. Al mismo tiempo, los consumidores⁶ pueden obtener información actualizada sobre el suministro para ayudarles a gestionar su consumo, la generación distribuida y el almacenamiento para reducir sus facturas de energía. La creciente adopción de medidores inteligentes está generando datos que los algoritmos de inteligencia artificial pueden usar para predecir la demanda y la carga de la red, cambiando la carga para optimizar el consumo de los sistemas solares y de baterías.

Gestión de redes inteligentes

La inteligencia artificial en el sector energético desempeñará un papel clave en el desarrollo de redes eléctricas inteligentes (smart grids), que son capaces de adaptarse y responder en tiempo real a las fluctuaciones en la oferta y demanda de energía. Estas redes podrán optimizar la distribución de la energía, integrar fuentes renovables de manera eficiente y mejorar la resiliencia frente a incidentes y desastres naturales.

Una red inteligente es una red que integra la distribución de energía y la tecnología de comunicación digital en un flujo bidireccional de electricidad y datos. Esto permite a las empresas de servicios públicos optimizar la generación, transmisión y distribución de electricidad. Y también permite que los consumidores se beneficien de las historias que cuentan los datos, lo que les ayuda a comprender mejor la energía que utilizan e incluso la

³ IBERDROLA

<https://www.computing.es/analytics/iberdrola-lanza-su-mision-en-ia-para-la-transicion-energetica/>

⁴ REE

<https://www.ree.es/es/actividades/gestor-de-la-red-y-transportista/mantenimiento-de-la-red/saga-mantenimiento-inteligente>

⁵ Proyecto IA4TES <https://www.ia4tes.org/>

⁶ Proyecto RC4ALL

<https://www.endesa.com/es/proyectos/todos-los-proyectos/transicion-energetica/digitalizacion/rc4all-inteligencia-artificial-consumo-energetico-eficiente>

energía que producen y almacenan a través de cosas como paneles solares y baterías de VE.

La inteligencia artificial es el "agente inteligente" impulsor detrás de las redes inteligentes: evaluar el entorno y tomar medidas para maximizar un objetivo determinado. La IA es fundamental para la integración de la energía renovable, permite predecir alteraciones meteorológicas o de demanda, actuar más rápido en caso de interrupciones del servicio facilitando la estabilización de las redes de energía, la participación en mercados de flexibilidad y la reducción de los riesgos financieros asociados con la inestabilidad en la infraestructura o la detección del fraude por ejemplo

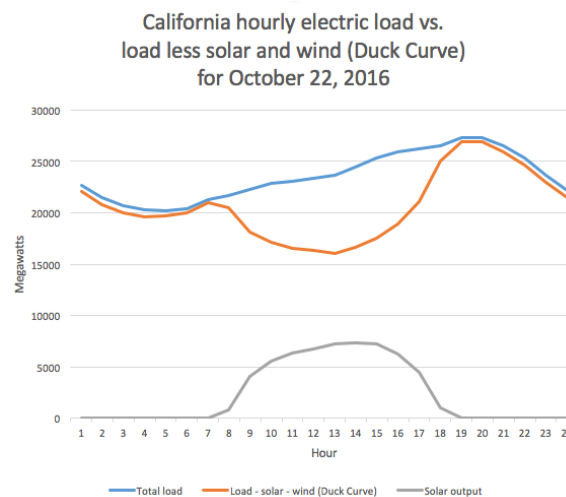
En España se ha realizado ya el despliegue de contadores inteligentes de energía eléctrica. Hay casi 30 millones de equipos midiendo los consumos de energía eléctrica. Estos contadores permiten disponer de los consumos horarios que se pueden utilizar para facturación dinámica de la electricidad consumida, para análisis de la demanda, para la gestión de la red eléctrica. Todos los clientes pueden acceder a sus datos de consumo.

La participación en mercado de flexibilidad a través de entidades agregadoras de demanda o de generación (Virtual Power Plants), autoconsumo colectivo o comunidades energéticas va a facilitar la operación optimizada del sistema energético del futuro, reduciendo el riesgo de colapso, pero para ello hace falta, además de la monitorización completa del sistema, de aplicaciones de inteligencia artificial que a partir de toda la información ayuden a tomar decisiones o incluso las tomen automáticamente.

Por ejemplo, las capacidades de autoaprendizaje, adaptabilidad y cálculo de la IA tienen un potencial significativo para abordar la naturaleza intermitente de la energía renovable. Un desequilibrio en los picos de producción y consumo a menudo se representa a través de "la curva del pato" y puede hacer que estas fuentes de energía sean difíciles de controlar.

El uso de IA en redes inteligentes ayudará a abordar este desafío reequilibrando la desigualdad entre las cargas de producción y consumo.

La curva de pato se refiere al perfil característico con forma de pato de la gráfica de demanda de energía eléctrica en el transcurso de un día en los países en los que hay gran capacidad de producción de energía solar mediante autoconsumo en las horas centrales del día, por lo que la demanda de energía desde la red se reduce hasta que el sol se pone, creciendo en ese momento la demanda eléctrica de forma importante. Esta curva muestra el desequilibrio entre la demanda eléctrica total y la demanda real con la reducción que supone la autogeneración renovable.



Los precios de la energía varían con la curva de pato siendo los precios más altos en las horas fuera de la parábola de radiación solar (al amanecer y al atardecer y noche). Para identificar patrones de comportamiento del sistema energético y adaptar la capacidad de generación y de almacenamiento de energía la IA puede ser muy útil.

La IA también permitirá el desarrollo de sistemas de gestión energética personalizada para hogares y empresas. Estos sistemas podrán aprender y adaptarse a los patrones de consumo de cada usuario, optimizando el uso de la energía, reduciendo los costos y promoviendo prácticas sostenibles.

Almacenamiento de energía avanzado.

La inteligencia artificial también impulsará avances en el almacenamiento de energía, permitiendo a las empresas gestionar mejor la variabilidad de las fuentes renovables y garantizar un suministro constante de energía. Los sistemas de IA podrán predecir y optimizar el uso de baterías y otros sistemas de almacenamiento, mejorando la eficiencia y la sostenibilidad del sector energético.

Implementación exitosa de la IA en empresas energéticas.

La aplicación de la inteligencia artificial en el sector energético ha permitido a diversas empresas mejorar su eficiencia, rentabilidad y sostenibilidad. A continuación, presentamos algunos casos de éxito en los que la IA ha generado un impacto significativo:

La empresa de servicios eléctricos VELCO se asoció con IBM Watson para implementar un sistema de inteligencia artificial que monitorea y analiza el estado de la red eléctrica en tiempo real. Gracias a la IA, VELCO puede detectar anomalías y prevenir incidentes antes de que se produzcan, garantizando un suministro de energía más estable y fiable.

En 2016, la empresa de inteligencia artificial DeepMind, adquirida por Google, logró reducir el consumo de energía en los centros de datos de Google en un 15% mediante la implementación de algoritmos de aprendizaje profundo. Estos algoritmos analizan una gran cantidad de variables y optimizan el uso de los sistemas de enfriamiento, lo que se traduce en un ahorro significativo de energía y una reducción de la huella de carbono.

Esta empresa italiana de energía renovable Enel Green Power ha incorporado algoritmos de IA en su plataforma de gestión de activos, que supervisa y controla la producción de energía en sus plantas eólicas y solares. La inteligencia artificial permite a Enel Green Power predecir y

prevenir fallos en sus instalaciones, optimizar la producción de energía y reducir los costos operativos.

Desafíos y aspectos éticos de la IA en el sector energético

A pesar de los numerosos beneficios que ofrece la IA en el ámbito energético, también existen desafíos y consideraciones éticas que deben tenerse en cuenta al implementar estas tecnologías. Algunos de los aspectos más relevantes incluyen:

Salvaguarda de datos y respeto a la privacidad: La IA requiere el análisis de grandes volúmenes de datos, lo que puede generar preocupaciones en cuanto a la protección de la información y la privacidad de los usuarios. Las empresas del sector energético deben garantizar la seguridad de los datos y cumplir con las normativas de privacidad aplicables, a fin de evitar filtraciones y proteger los derechos de los consumidores.

Repercusiones en el empleo y capacitación laboral: La implementación de la IA en el sector energético podría tener un impacto en la estructura laboral y en la demanda de habilidades específicas. Es importante abordar estos cambios de manera responsable, ofreciendo capacitación y reciclaje profesional a los trabajadores que podrían verse afectados por la automatización y fomentando la adopción de nuevas habilidades en el ámbito de la IA.

Equidad y democratización en la adopción de tecnologías emergentes: La accesibilidad a las tecnologías de IA puede variar entre diferentes regiones y comunidades. Es fundamental garantizar que los beneficios de la IA en el sector energético se distribuyan de manera equitativa y que no se perpetúen o agraven las desigualdades existentes en el acceso a recursos energéticos y tecnologías avanzadas.

Responsabilidad y transparencia en la toma de decisiones: La inteligencia artificial en el sector energético puede influir en decisiones

críticas relacionadas con la producción, distribución y consumo de energía. Es esencial garantizar que estas decisiones se tomen de manera transparente y ética, y que las empresas sean responsables de los impactos que sus sistemas de IA puedan tener en el medio ambiente, la sociedad y la economía.

Abordar estos desafíos y consideraciones éticas es fundamental para garantizar una implementación exitosa y responsable de la inteligencia artificial en el sector energético. Al adoptar un enfoque consciente y ético, las empresas pueden aprovechar al máximo las ventajas de la IA, al mismo tiempo que minimizan sus riesgos y promueven un futuro energético más sostenible y equitativo.

Preguntas y cuestiones de debate.

En éste apartado os propongo una serie de preguntas y cuestiones para que iniciéis una exploración en busca de algún descubrimiento que os permita decidir de forma objetiva vuestra respuesta.

Seguro que has utilizado alguna herramienta de inteligencia artificial en tu móvil u ordenador, pero ¿has descubierto alguna ventaja de aplicar la inteligencia artificial en el sistema energético del que dispones en casa?

¿Qué papel consideras que puede desempeñar la inteligencia artificial en la transición energética sostenible y especialmente en el avance del sector de las energías renovables?

¿Se te ocurre alguna aplicación de la inteligencia artificial para optimizar tu consumo de energía en casa o en el colegio?

¿Crees que disponiendo de los datos de consumo, de precio de la energía y de la predicción del tiempo puedes conseguir ahorro energético?

¿Qué cambios más significativos consideras que traerá en el futuro la aplicación de las técnicas de inteligencia artificial al mundo de la energía?

¿Identificas algún riesgo de utilizar las técnicas de inteligencia artificial en el ámbito de la energía? ¿Crees que es necesaria la supervisión humana en todo tipo de proceso?

¿Cuánta energía crees que hace falta para alimentar un centro de proceso de datos?

¿Crees que hay que avanzar más en ciberseguridad si queremos desplegar las técnicas de inteligencia artificial al máximo?

Bibliografía.

Recursos disponibles relacionados con el tema en la base de datos en INVESTIGA I+D+i correspondiente a anteriores ediciones (<http://www.programainvestiga.org>):

- Guía introductoria al tema "**La energía eólica marina flotante**" (Edición 2021-2022).
- Guía introductoria al tema "**El uso de la energía eléctrica como base del funcionamiento de la actividad económica**" (Edición 2020-2021).
- Guía introductoria al tema "**La Energía Eólica marina**" (Edición 2019-2020).
- Guía introductoria al tema "**La movilidad eléctrica es la clave del modelo cero emisiones?**" (Edición 2018-2019).
- Guía introductoria al tema "**Generación Distribuida**" (Edición 2017-2018).
- Guía introductoria al tema "**Vehículo eléctrico o vehículo a hidrógeno. Una decisión estratégica**" (Edición 2015-2016)
- Guía introductoria al tema "**CO2 y Cambio Climático**" (Edición 2016-2017).
- Guía introductoria al tema "**Combustibles para el futuro**" (Edición 2011-2012).
- Guía introductoria al tema "**Almacenamiento de Energía**". (Edición 2010-2011).

Referencias

España

1. Foro +Renovables. Redes inteligentes y digitalización para la energía del futuro.
<https://www.ree.es/es/sala-de-prensa/especiales/2019/04/renovables-redes-inteligent-es-y-digitalizacion-para-la-energia-del-futuro>
2. Que es el Machine Learning ¿qué es y cómo funciona?
<https://www.bbva.com/es/innovacion/machine-learning-que-es-y-como-funciona/>
3. Mantenimiento predictivo mediante inteligencia artificial y algoritmos de deep learning.
<https://www.itainnova.es/blog/big-data-y-sistemas-cognitivos/mantenimiento-predictivo-mediante-inteligencia-artificial-y-algoritmos-de-deep-learning/>
4. Ejemplos de uso de la inteligencia artificial en la industria 4.0: mantenimiento predictivo
<https://www.campusmvp.es/recursos/post/ejemplo-de-uso-de-la-inteligencia-artificial-en-la-industria-4-0-mantenimiento-predictivo.aspx>
5. La red inteligente: cómo la IA está potenciando las tecnologías energéticas de hoy
<https://www.sap.com/spain/insights/smart-grid-ai-in-energy-technologies.html>

VIDEOS

¿Qué es la inteligencia artificial?

<https://www.youtube.com/watch?v=NSf3o-wxtQ0>

La #InteligenciaArtificial nos ayuda a diseñar un planeta mejor

https://www.youtube.com/watch?v=0Pr3c1g_MK8

Inteligencia artificial, energías renovables y redes inteligentes

<https://www.youtube.com/watch?v=RQJ-5Yvf0lg>

Foro +Renovables: Redes inteligentes y digitalización para la energía del futuro

https://www.youtube.com/watch?v=6D_TSt8TGf4

Utilizando IA para el mantenimiento predictivo de nuestras máquinas

<https://www.youtube.com/watch?v=BqoFOBZqfus>