AUGMENTED OPERATOR PARA MÁS EFICIENCIA Y CONSISTENCIA

Funcionamiento perfecto

Creado para identificar, desentrañar y demostrar cómo resolver posibles problemas con confianza, el Augmented Operator ayuda a los operadores a lograr la excelencia operativa aprovechando la inmensa cantidad de datos disponibles y capacidad de la inteligencia artificial.

—
Ruomu Tan
Benedikt Schmidt
Benjamin Kloepper
Arzam Kotriwala
Pablo Rodriguez
ABB Process Automation, Corporate Research
Ladenburg, Alemania

ruomu.tan@de.abb.com
benedikt.schmidt@de.abb.com
benjamin.kloepper@de.abb.com
arzam.kotriwala@de.abb.com
pablo.rodriguez@de.abb.com

Divya Sheel
Chandrika KR
ABB Process Automation, Corporate Research
Bangalore, India

divya.sheel@in.abb.com
chandrika.k-r@in.abb.com

Anne Lene Rømuld
OKEA
Kristiansund, Noruega

Hadil Abukwaik
Antiguo empleado de ABB

Las acciones de los operadores de la sala de control tienen un impacto significativo y directo en el tiempo de actividad, la calidad del producto y la producción, así como en la seguridad; es decir, básicamente en todos los aspectos del rendimiento de la planta industrial →01. Para garantizar un funcionamiento coherente y eficiente, los operadores ahora pueden aprovechar la inmensa cantidad de datos industriales relevantes disponibles.

Combinando esos datos con modelos de deep learning, pueden surgir oportunidades profundas y transformadoras. Consciente de estas posibilidades, ABB ha tomado la iniciativa de desarrollar herramientas analíticas para sacar el máximo partido de estos datos.

El proyecto Augmented Operator se inició en 2020, gracias a una asociación a largo plazo entre la empresa de petróleo y gas, OKEA, y ABB, con el objetivo de ayudar a los operadores de planta a alcanzar la excelencia operativa. ABB ha desarrollado herramientas completas y fáciles de usar que respaldan la toma de decisiones utilizando modelos de deep learning y transformación, minería de procesos, búsqueda de gráficos y métodos de análisis causal. Estas herramientas acceden y analizan las fuentes de datos existentes, como procesos históricos, datos de alarmas y eventos, pistas de auditoría, documentos de ingeniería, estándares y procedimientos de seguridad. De este modo, el Augmented Operator de ABB ayudará a los operadores a resolver situaciones anormales de la planta. Probado con éxito sobre el terreno en los datos de la plataforma petrolífera OKEA de Noruega, Draugen, el Augmented Operator de ABB cumple los exigentes requisitos de entornos industriales reales.

El flujo de trabajo del Augmented Operator
Recurriendo a capacidades de inteligencia artificial (IA), el flujo de trabajo del Augmented Operator de ABB se diseñó para dar respuesta a cinco preguntas cruciales a las que se enfrentan todos los operadores de planta →02:

—
El proyecto Augmented Operator, iniciado por OKEA y ABB, tiene por objeto ayudar a los operadores a alcanzar la excelencia operativa.

- ¿Algo va mal?
- ¿Por qué va mal?
- ¿Qué se puede hacer?
- ¿Funcionará?
- ¿Ha ocurrido antes?

¿Algo va mal?
Para determinar si algo no funciona, el Augmented Operator utiliza modelos de deep learning, con redes neuronales de memoria a largo y corto plazo (LSTM)/recurrentes (RNN) y

01

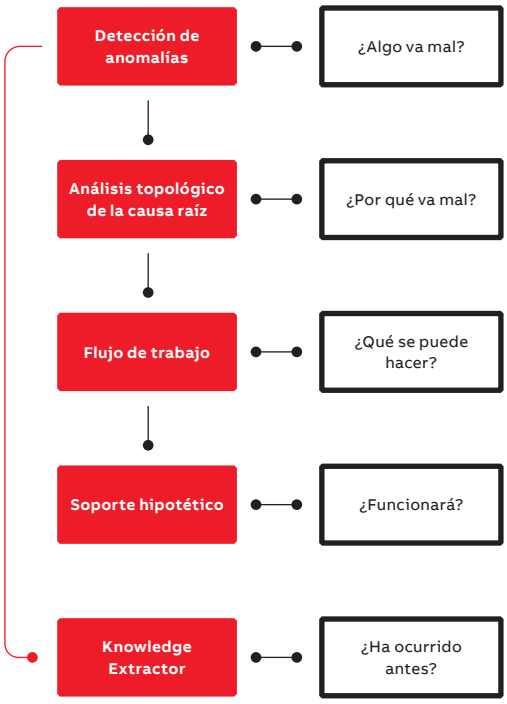
—
01 La plataforma petrolífera Draugen, operada por OKEA en el Mar de Noruega.

—
02 El flujo de trabajo del Augmented Operator ilustrado aquí ayuda a los operadores a hacer frente a situaciones anómalas.

redes neuronales convolucionales (CNN) y autocodificadores, entrenadas con datos de proceso para ayudar a los operadores en la supervisión. Estos modelos son capaces de detectar desviaciones (firmas de posibles comportamientos no deseados en el proceso) con la suficiente antelación para que los operadores dispongan de tiempo suficiente para intervenir y evitar la caída del sistema. Además de su rapidez, la facilidad de acceso a esta información es esencial. Por lo tanto, los modelos de deep learning se crean de forma que el cliente puedan utilizarlos cuando quiera; las señales de entrada de los modelos se obtienen de las pantallas del operador y la topología del proceso. El Augmented Operator también puede destacar las etiquetas que son responsables de la anomalía actual para que los usuarios tomen medidas específicas en consecuencia.

La detección de anomalías en los datos de proceso es el punto de partida del flujo de trabajo del Augmented Operator →02. Cuando aparezcan firmas tempranas, los modelos las detectarán como una anomalía. También se facilitará al operador información relevante sobre la anomalía, por ejemplo, qué puede hacer el operador para evitar que la anomalía se convierta en un problema más grave o para mitigar su impacto en el proceso. La información también se comunicará a otras funciones del Augmented Operator.

Para evitar problemas de interoperabilidad, se ha diseñado la funcionalidad Anomaly Detection para hacerlo compatible con las herramientas



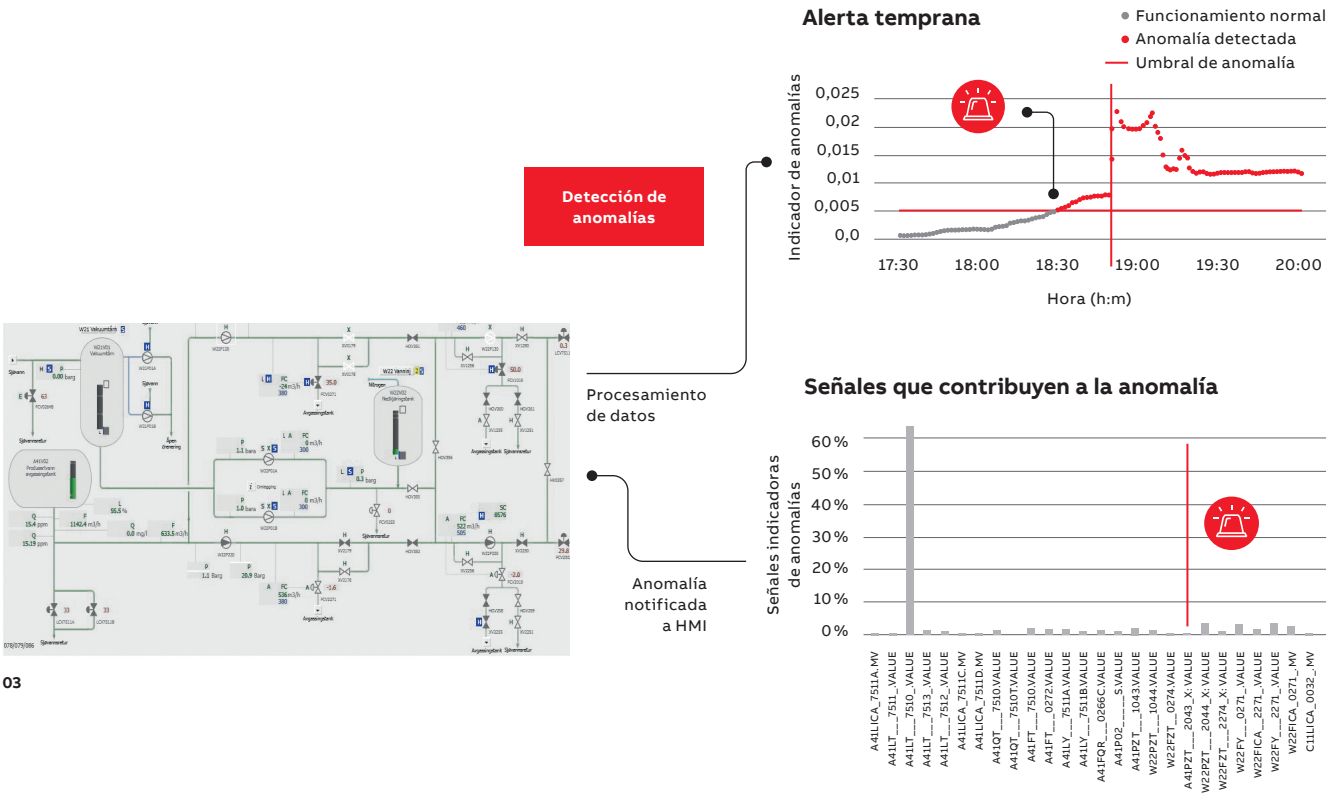
02

digitales de ABB →03 y se ha incorporado al Genix™ Model Fabric de ABB. En este caso, puede recibir datos de series temporales, calcular la contribución del indicador de la anomalía y las variables del proceso, proporcionando así información sobre el rendimiento del proceso en tiempo real →03.

¿Por qué va mal?

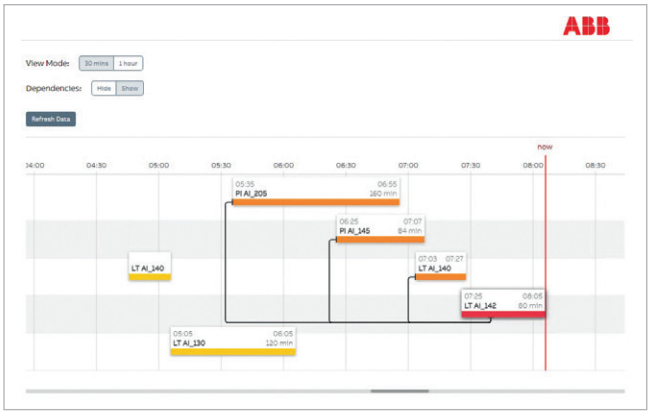
Otra característica ventajosa es la función de apoyo al análisis de la causa raíz →03. En este caso, esta función recibe las etiquetas anómalas del modelo de detección de anomalías y detecta las señales del proceso y los actuadores potencialmente relacionados. Analiza los artefactos de ingeniería existentes, incluidos varios diagramas y el modelo topológico del proceso, entre otros, y la información de funcionamiento. Además, se utilizan datos y variables de eventos y alarmas en tiempo real e históricos para obtener el contexto de un conjunto de alarmas activadas. El resultado es una novedosa presentación de las alarmas, más anomalías detectadas, con enriquecimiento contextual, que incluye las relaciones de dependencia basadas en el modelo topológico del proceso, o de la planta, y el orden cronológico de todas las alarmas relacionadas →04. Estas características ayudan a reducir la labor manual del operador de localizar la información necesaria y recordar mentalmente la información durante su análisis [1-3].

La solución de ABB se basa en la entropía de transferencia para confirmar estadísticamente las presuntas relaciones causales derivadas del modelo topológico de la planta. El sistema destaca los actuadores identificados como las



03

Priority	Source	Description	Start Time	End Time
2	PI AI_205	Pressure in compression station	19/11/2020 - 15:45	19/11/2020 - 17:05
2	PI AI_145	Gas pressure in separator Low	19/11/2020 - 16:35	19/11/2020 - 17:17
2	LT AI_140	Water level in separator High	19/11/2020 - 17:13	19/11/2020 - 17:37
1	LT AI_142	Oil level in separator High High	19/11/2020 - 17:35	19/11/2020 - 18:15
3	LT AI_130	Oil level in second separator Low	19/11/2020 - 15:15	19/11/2020 - 16:15
3	LT AI_140	Water level in second separator Low	19/11/2020 - 14:55	19/11/2020 - 15:15



04

05

—
03 Diagrama que ilustra la detección de anomalías y el análisis de la causa raíz basado en la contribución.

—
04 Se muestra un pantallazo de la lista de alarmas inteligente basada en topología.

—
05 Configuración de una sala de control en la plataforma petrolífera Draugen; ABB prevé que estas operaciones de la sala de control puedan beneficiarse del Augmented Operator.

variables del proceso, dentro del modelo del proceso, que más contribuyen al evento no deseado. Al destacarse estos actuadores, el operador puede decidir más fácilmente cómo corregir una situación no deseada. Al determinarse las relaciones causales, el operador puede solucionar problemas con facilidad.

¿Qué se puede hacer?
Los operadores no solo deben detectar posibles problemas que surjan, sino que también deben discernir qué pueden hacer para corregir o modular las dificultades →05. Dado que el Augmented Operator aprende a partir de las acciones históricas anteriores del operador y puede generalizar estos conocimientos en documentos de flujo de trabajo, los operadores ahora pueden decidir la mejor manera de afrontar una situación problemática.

Si bien es probable que los operadores expertos sepan qué acciones deben adoptarse en la mayoría de las circunstancias, excepto quizá en situaciones inusuales y difíciles, es posible que haya operadores principiantes que tengan dificultad para lidiar con situaciones rutinarias. El Augmented Operator respalda a todos los operadores, expertos y principiantes por igual, con planes para la mejora de procesos a partir de los documentos del flujo de trabajo.

En el histórico de la planta se registra una pista de auditoría con las interacciones del operador dentro de la planta. Este registro de intervenciones se utiliza para saber cómo han interactuado en ocasiones anteriores los operadores en la planta. El registro incluye pistas sobre la apertura y el cierre de válvulas; reinicios de sistemas y cambios de puntos de consigna. Analizando el flujo temporal de las acciones históricas, también pueden extraerse los tiempos de reacción y los tiempos de espera entre acciones. Con esta información, las técnicas de minería de flujos de trabajo permiten extraer procesos detallados para diferentes situaciones de la planta →06. Las situaciones comunes que pueden analizarse mediante este proceso son actividades de respuesta a alarmas y puesta en marcha o parada de componentes que facilitan la toma de decisiones del operador →06.

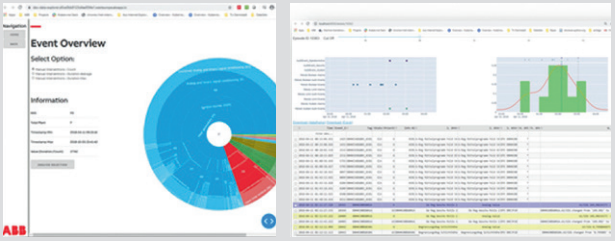
¿Funcionará?
El mero hecho de proporcionar a los operadores posibles pasos que permitan elaborar un plan para afrontar diversas situaciones de la planta no basta para garantizar el correcto funcionamiento en situaciones anómalas; los operadores deben estar convencidos de que sus acciones funcionarán. El Augmented Operator ofrece esta seguridad.

Una vez identificado el posible curso de acción a partir de las acciones históricas del operador, el operador puede probar este procedimiento para detectar efectos secundarios no deseados utilizando una herramienta basada en hipótesis. Esta característica tan deseable permite a los operadores probar acciones, como cambios del punto de consigna o posiciones del actuador, antes de implementarlos en el sistema real.

—
Al combinar los datos con modelos de deep learning, ABB reconoce que existen oportunidades profundas y transformadoras.

Cabe señalar que esta herramienta presenta ventajas y dificultades. Si bien los simuladores de procesos parecen ser la herramienta ideal para esta funcionalidad, la complejidad puede ser un problema para algunas industrias. Para procesos de complejidad moderada, según lo tipificado por las industrias química, de petróleo y gas, estos simuladores solo logran un factor de aceleración de 5 a 10 veces en comparación con el proceso real. Si un proceso tarda aproximadamente una hora en establecerse después de implementar una acción, los operadores deben esperar entre 6 y 12 minutos para iniciar una respuesta. Este tiempo de respuesta es simple-

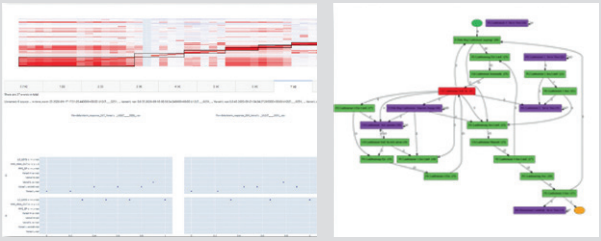
Proceso 1: Exploración de las intervenciones en toda la planta



Exploración de intervenciones manuales

Exploración y extracción de casos

Proceso 2: procesamiento de casos y minería de flujos de trabajo



Agrupación de casos

Minería de flujos de trabajo

06

mente demasiado largo para que el operador pueda probar varias vías de acción alternativas de forma interactiva e iterativa, una potencial desventaja que, en ciertos casos, podría aumentar el riesgo.

Para prescindir de la brevedad de los simuladores de procesos basados en primeros principios, se han desarrollado modelos sustitutivos basados en el aprendizaje automático para el flujo de trabajo del Augmented Operator. La clave aquí es capturar correctamente las transiciones del proceso, incluidos aspectos como el exceso o el defecto por lo que respecta a los límites de alarma o el tiempo transcurrido hasta que se alcanza el estado estacionario tras la implementación de una acción del operador.

Probar el enfoque del modelo hipotético

El enfoque del sistema Augmented Operator ya se ha utilizado en la plataforma petrolífera noruega Draugen de OKEA →02 mediante el sistema 800xA Simulator y la disponibilidad de abundantes datos históricos recogidos del centro de operaciones colaborativo. El modelo hipotético descrito anteriormente se ha probado utilizando especificaciones proporcionadas por los operadores de Draugen. El objetivo era capturar los cambios realizados por el operador en la velocidad de rotación (RPM) de una de las bombas principales de los sistemas de reinyección de agua de Draugen; y predecir, diez minutos antes, el impacto de estos cambios de RPM en las señales de disparo asociadas que se encuentran en el flujo descendente hacia el pozo. Para ello, se entrenó una red neuronal profunda (DNN) con una arquitectura LSTM para predecir la respuesta de la plataforma a los cambios de la RPM →07. Estas arquitecturas de red neuronal profunda LSTM han demostrado ser adecuadas para las previsiones multidimensionales de series temporales utilizando, por ejemplo, Tensor Flow, porque pueden mantener un contexto de la memoria para abordar problemas de tiempo y espacio. La correcta ejecución del modelo en un entorno real —una plataforma petrolífera— da credibilidad a la eficacia de esta herramienta en entornos industriales de procesos moderadamente complejos.

—

Basándose en las capacidades de IA, el flujo de trabajo del Augmented Operator se ha diseñado para dar respuesta a cinco preguntas cruciales.

¿Ha ocurrido antes?

El Knowledge Extractor del Augmented Operator ofrece una forma alternativa de obtener información valiosa adicional sobre posibles incidentes de la planta y llevar a cabo estudios de escenarios analizando situaciones similares ocurridas en el pasado →07.

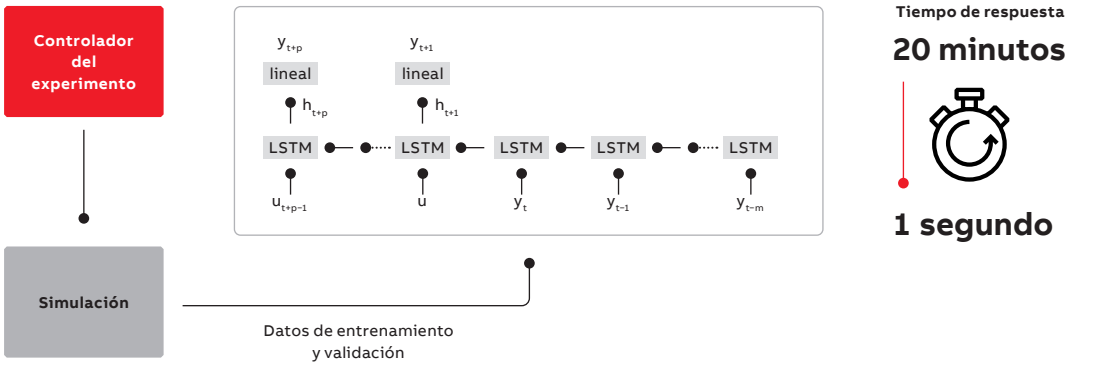
Pensemos en un incidente en el que un operador observa que los puntos de consigna del nivel de agua y aceite en un lavador están demasiado próximos, lo que provoca fuertes interacciones. Es posible que el operador quiera saber si esto ha sucedido antes. Actualmente, tendría que analizar los registros de turnos y viajes anteriores para comparar eventos similares: un proceso manual y engorroso. El componente Knowledge Extractor permite a los operadores rastrear la parte de la tendencia que resulta de interés y buscar cambios similares del punto de consigna en los datos del proceso que han sucedido antes →08.

El Knowledge Extractor también permite acceder rápidamente a documentos escritos, como informes de incidentes, que se suelen recibir de ingenieros de servicio, analistas y demás empresas de ingeniería, planteando preguntas

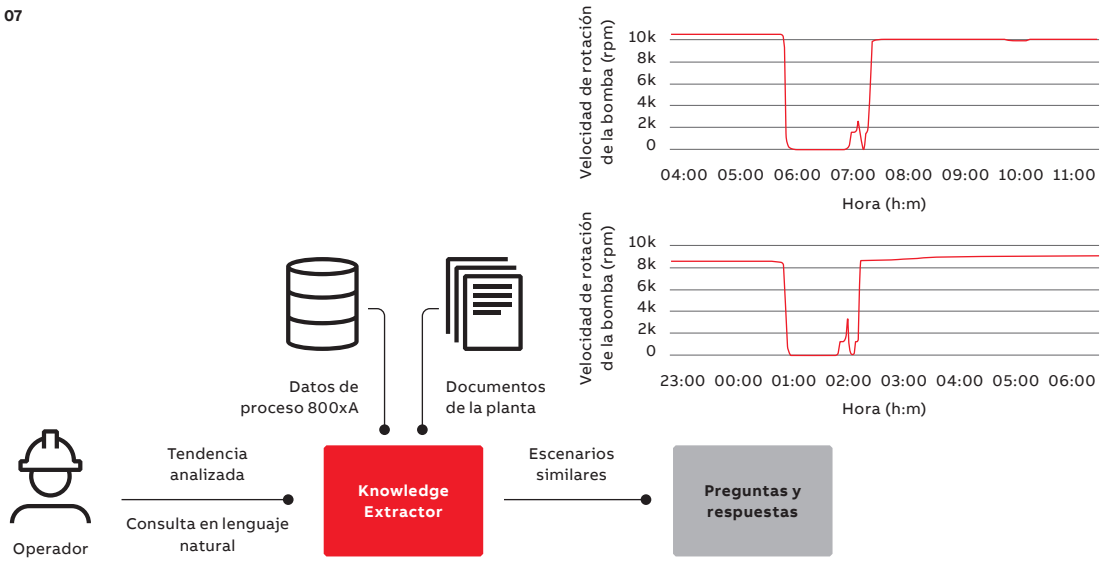
—
06 Etapas del proceso de minería del flujo de trabajo, incluidos los pasos y componentes relacionados que permiten procesos detallados para diversas situaciones de la planta.

—
07 Ilustración del proceso experimental en el que se entrenó y validó la DNN con una arquitectura LSTM.

—
08 Diagrama que ilustra cómo funciona el Knowledge Extractor utilizando consultas en lenguaje natural para localizar escenarios contextualmente similares a través de NLP.



07



08

en lenguaje natural del tipo «¿Qué hacer si los puntos de consigna del nivel de aceite y agua están demasiado próximos en el lavador?”.

Crear y probar el Knowledge Extractor
El Knowledge Extractor utiliza técnicas de minería de patrones basadas en series tempo rales para realizar búsquedas de similitud con el fin de encontrar escenarios concretos que sean de interés a partir de los datos de históricos del proceso →08. Además, se han utilizado modelos de deep learning para entender el lenguaje natural, especialmente la intención detrás de las palabras. Con este fin, se hicieron ajustes en los modelos profundos de procesamiento del lenguaje natural (NLP) previamente entrenados tomando como base las últimas publicaciones de Google [4, 5] para generar un novedoso sistema contextual de preguntas-respuestas. El equipo de investigación de ABB ha desarrollado varios prototipos para dar respuesta a las preguntas planteadas al sistema.

Este prototipo se probó con los datos de disparo de la plataforma petrolífera Draugen, donde se aplicó en escenarios específicos. Por ejemplo, cuando la presión del gas aumenta por encima de un umbral específico, la bomba se dispara y el nivel del agua de alimentación aumenta en el tanque de desgasificación. Cada vez que el operador reiniciaba una bomba varias veces después de un disparo se generaban datos de disparo relevantes. Gracias a la herramienta Knowledge Extractor se pudieron identificar escenarios de disparo similares a partir de los datos históricos del proceso →08. Además, la capacidad de plantear preguntas en lenguaje natural y acceder a informes de servicio de ajustes de años anteriores permitió a los operadores determinar que la baja presión de aspiración era lo que provocaba los múltiples disparos de las bombas.

Con el diseño del Augmented Operator para abordar cinco cuestiones cruciales, ABB ha creado una herramienta que no solo podrá acceder a grandes cantidades de datos, identificar y analizar anomalías pasadas y presentes, sino que también proporcionará a los operadores soluciones que funcionarán. Probada y validada con éxito en un rico conjunto de datos suministrado por OKEA, la innovadora solución de ABB ha demostrado su viabilidad en entornos industriales reales. •

—
Referencias

[1] D. Reising, etai., “Human performance models for response to alarm notifications in the process industries: An industrial case study” en *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, Los Angeles, CA, 2004.

[2] A. Kabir, et al., “Similarity analysis of industrial alarm flood data,” *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 10, no. 2, pp. 452-457, 2013.

[3] Y. Niwa and E. Hoil- nagel, “Enhancing operator control by adaptive alarm presen- tation,” *International Journal of Cognitive Ergonomics*, vol. 5, no. 3, pp. 367-384, 2001.

[4] Raffel, Colin, et al. “Exploring the limits of transfer learning with a unified text-to-text transformer.” en JMLR, Vol 21, número 140,2020, pp. 1-67.

[5] Kwiatkowski, Tom, et al. “Natural questions: a benchmark for question answering research.” Transactions of the Association for Computational Linguistics, Vol. 7, 2019, pp. 453-466.