

El uso de la IA en la gestión diaria de la Confiabilidad de Refinería Campana.

Maximiliano Cabral, PAE, alberto.m.cabral@axionenergy.com
Javier Mascheroni, PAE, javier.m.mascheroni@axionenergy.com

Sinopsis

Con el paso inicial dado en 2018, la incorporación paulatina de tecnología de aprendizaje automático (*machine learning, ML*) aplicado a la detección temprana de fallas ha generado no sólo un salto tecnológico sino cultural. La implementación de esta herramienta - desde la conceptualización inicial, pasando por un proyecto piloto y la extensión a todos los equipos críticos de Refinería Campana - implicó un cambio en la filosofía de gestión operativa diaria al requerir capacidades técnicas diferenciadas y procesos de análisis de los especialistas en forma integrada con otras áreas.

En el presente trabajo se presentarán las dinámicas culturales surgidas, los ejemplos de captura de valor de la IA a lo largo de estos años y las líneas de trabajo actuales y futuras previstas.

Así mismo, se analizarán las conclusiones sobre cómo la adopción temprana de esta herramienta ha abierto el camino para el desarrollo de otros proyectos de transformación digital como gemelos digitales estructurales, planificación optimizada del mantenimiento de rutina, etc.

Introducción

En Refinería Campana, la puerta de entrada a la utilización de la IA como soporte a las operaciones fue a través de la implementación de algoritmos de aprendizaje automático para la detección temprana de fallas en equipamiento dinámico crítico. No debería ser considerado una sorpresa, dado que ha sido la primer aplicación en general dentro de la industria en cuanto a la gestión de activos físicos. En un informe presentado por la firma Accenture en 2019 (1), el 43% de los encuestados dentro de los líderes de la industria veían como punto de foco inmediato en sus inversiones digitales a la gestión predictiva de activos.

El camino tradicional desarrollado en el caso de PAE Downstream, empezando por una prueba de concepto, pasando por un proyecto piloto hasta llegar a la implementación extendida de la solución seleccionada, generó múltiples enseñanzas, dinámicas de equipo diferentes a las habituales y sentó las bases para los procesos de innovación que se desarrollarían en los años venideros.

Desarrollo

El proyecto de mantenimiento predictivo con ML

La implementación de algoritmos de inteligencia artificial para detección de fallas en Refinería Campana contempló una evolución por etapas

- **1er etapa - 2018 - Prueba piloto en 3 equipos.**

En 2018 se desarrolló en 90 días un proyecto piloto offline, para el que se seleccionaron 3 (tres) equipos rotantes críticos de la Refinería.

- Soplador de aire de la unidad de FCCU.
- Compresor de gases de la unidad de FCCU
- Compresor de recicló de la unidad de PWF.

El proyecto implicó recopilar 5 años de historia de datos, contemplando 224 millones de datos de sensores de los equipos, de modo de identificar 12 eventos de fallas y el entrenamiento de 4 códigos de falla.

- **2da etapa - 2019 – Análisis de estrategias**

Habiendo capturado el éxito del proyecto piloto offline, durante el 2019 se evaluaron las alternativas para el próximo paso: la implementación de un proyecto piloto online en un activo crítico.

Las alternativas variaban desde un desarrollo in-house a medida a una tercerización completa con un fabricante original del equipo (OEM, en inglés original).



- **3ra parte - 2020 – Implementación de herramienta paquetizada (*low touch machine learning software*)**

Esta etapa implicó la implementación inicial de la solución seleccionada en forma continua en un único activo: el soplador principal de la unidad de cracking catalítico.

- **4ta parte – 2021–2025 – El escalado**

Etapas 1 - 100 % de equipos críticos dinámicos (compresores centrífugos y alternativos / generadores / bombas sin spare).

Etapas 2 - Bombas centrífugas de 2do nivel de criticidad + sinergia con proyectos de IoT

La herencia cultural de las refinerías y su impacto en la implementación de IA

Las Organizaciones de Alta Confiabilidad (High Reliability Organizations, HROs, en inglés) son organizaciones que requieren obtener niveles de confiabilidad significativos dados los riesgos asociados a una falla potencial, siendo identificadas por los siguientes procesos centrales (2):

- Preocupación por la fallas.
- Renuencia a simplificar interpretaciones.
- Sensibilidad a las operaciones.
- Compromiso con la resiliencia.
- Deferencia para con la experiencia.

Las refinerías de petróleo son una HRO y se evidencian dentro de su cultura de confiabilidad los procesos previamente descritos, desarrollados en mayor o menor medida, según las características de cada sitio industrial.

Al momento de evaluar cómo estas construcciones culturales sociológicamente adoptadas en la academia dialogan con los procesos de transformación digital, se evidencian tres grandes desafíos.

1. **La toma de decisiones basada en datos vs el peso de la experiencia.** Mientras en las HROs la experiencia es reverenciada como crucial para el análisis y definición de toma de riesgos, la propagación de las nuevas tecnologías pareciera indicar que se debe focalizar sólo en tomar decisiones basadas en datos.
2. **El posicionamiento ante el error.** Las refinerías buscan aprender de errores de la industria sin cometerlos en su propio sitio, estableciendo procesos de investigación de casi incidentes (“near misses” o “close calls”, en inglés) para no llegar a lidiar con las consecuencias de los errores. Sin embargo, las nuevas tecnologías requieren aprendizaje rápido, agilidad en desarrollar pruebas de concepto (PoC) y aprender de las fallas en la ejecución de los mismos antes de escalar los proyectos piloto. Culturalmente, una contradicción.

3. **Capacidades técnicas vs capacidades “blandas”.** Las refinerías son ámbitos de ingenieros técnicos resolviendo problemas y trabajando en ambientes multidisciplinarios para construir la variedad requerida necesaria para resolver la complejidad de los procesos. La era digital, requiere flexibilidad, velocidad, agilidad y tolerancia a la frustración, que no suelen ser capacidades naturalmente desarrolladas en los perfiles técnicos.

Es sencillo el cambio cultural requerido? Claramente no. El principal problema es que el cambio no implica la superposición o reemplazo de valores de las HROs, sino la incorporación de las nuevas capacidades necesarias a los especialistas técnicos. Y una vez munidos de las nuevas herramientas, deben saber cuando usar cada una de ellas. En resumen, los referentes deben estar en modo “HRO” en algunas situaciones diarias y en modo “Digital”, en otros. Veamos un ejemplo.

La organización en modo HRO. Una falla reiterada en una bomba de proceso dispara un análisis de causa raíz con un equipo multidisciplinario como investigadores. El equipo ad-hoc se conforma con un ingeniero de confiabilidad, el especialista técnico de equipos rotantes y un supervisor de mantenimiento mecánico. Esto requiere seguir un procedo rígido de análisis para encontrar las fuentes del problema, aprender del mismo y direccionar esfuerzos para atacar las causas identificadas. En este proceso se valoran las capacidades técnicas y experiencia de los participantes del equipo investigador, se busca prevenir fallas como objetivo y se utilizan las sinergias entre los conocimientos de cada uno para construir un entendimiento complejo de la problemática.

La organización en modo Digital. Los mismos referentes del caso anterior conforman una célula que trabaja en un proyecto piloto para la aplicación de IA generativa en un chat alimentado con normativa técnica interna de la compañía. En este caso, deben ser flexibles en las opciones tecnológicas que surjan para resolver el piloto, probar y equivocarse con las opciones de tecnología para cambiar el rumbo rápido y trabajar en forma “ágil” para ajustar la solución en cada iteración intermedia del proyecto.

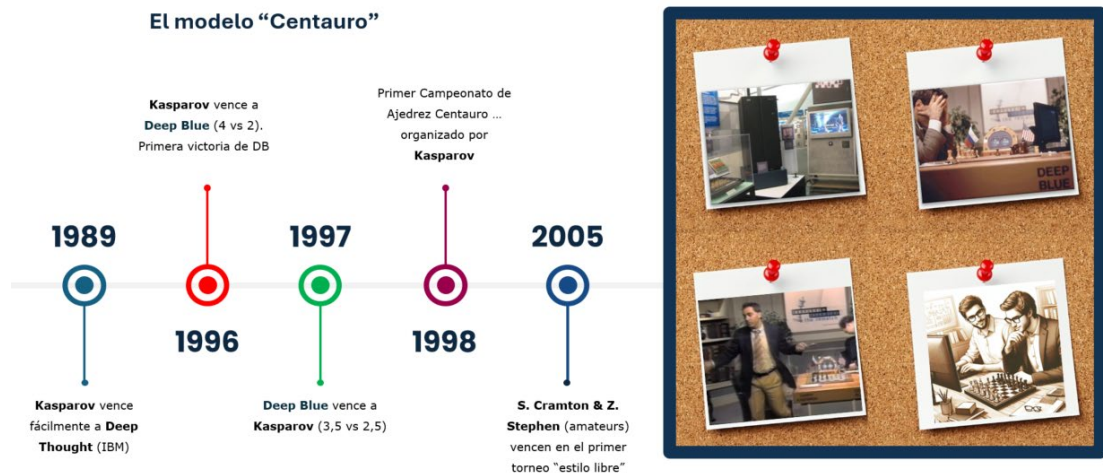
Lo complejo de las dinámicas descriptas es que la convivencia de ambos modos se desarrolla en las mismas personas. El mismo empleado puede – en el mismo día – participar en actividades organizacionales que le exigen el cambio de un modo al otro.... y vuelta otra vez al modo inicial.

En el caso de la implementación de la IA en Refinería Campana, estas procesos culturales se manifestaron claramente y se trabajó dentro del equipo de Confiabilidad para que el proceso fuera los más fluido posible y que el proyecto fuera exitoso. Revisemos algunas acciones y estrategias aplicadas.

1. **Entrenamiento específico en analítica de datos.** Con la visión de que la migración hacia modelos de toma de decisiones basadas en datos iba acelerarse, se definió que los ingenieros de confiabilidad del equipo participen en programas de formación en analítica avanzada. Hoy puede resultar común de verlo en analistas en distintos equipos técnicos, pero en el momento que se aplicó en Refinería

Campana estaba lejos de ser el estándar de la industria. El codearse con analistas de datos y referentes de otras industrias en similares situaciones de evolución tecnológica ayudó a “abrir la cabeza” y expandir la visión.

2. **Participación temprana en el proyecto de mantenimiento predictivo.** Cuando la intención de realizar una prueba de concepto en una solución de IA para detección temprana de fallas empezó a progresar, los especialistas técnicos tomaron un rol central en el proyecto. Buscaron alternativas de proveedores, participaron en seminarios y congresos técnicos, discutieron con los proveedores los equipos a estudiar y que variables monitorear. En otras palabras, hicieron suyo el proyecto. Más allá del compromiso, esta metodología de trabajo – involucramiento temprano en proyectos de innovación – asegura que el entendimiento sobre la tecnología y el cambio cultural requerido se van construyendo en simultáneo. Y algo que parecía un proyecto tecnológico para aplicar en un área dura se va vistiendo de un proyecto propio, liderado desde las áreas operativas técnicas y con el equipo 100 % motivado en desarrollarlo.
3. **Definición del modelo “Centauro” como estrategia de gestión de la tecnología aplicada.** El término Centauro fue acuñado por Gary Kasparov para denominar el primer campeonato de ajedrez híbrido (humano + computadora), donde se buscaba capturar lo mejor de los dos mundos: la experiencia y creatividad del hombre con la capacidad de análisis y memoria de las computadoras. En la imagen adjunta se refleja la cronología que llevo al excelso ajedrecista a crear este proceso.



En la implementación de IA, se seleccionó tecnología que aplica este concepto: una solución de inteligencia artificial de bajo requerimiento de intervención técnica para que funcione como una herramienta de soporte para la toma de decisiones de los especialistas del equipo de Confiabilidad. Tal como en el caso del modelo Centauro de Kasparov, se busca capturar lo mejor de la combinación hombre + tecnología. Como efecto colateral, el protagonismo asignado al rol del especialista técnico favorece la adopción de la tecnología.

La rutina diaria de trabajo con la IA

Una vez implementada la solución de predicción de fallas por IA, comenzó un proceso de cambio en las actividades diarias. Dado que los activos seleccionados son equipos críticos rotativos, además de los ingenieros de confiabilidad, los principales actores son los especialistas de equipos rotativos. Tradicionalmente, los especialistas técnicos interactúan con las fallas en tres casos:

1. Si alguna de las técnicas de monitoreo de condición aplicables detecta una falla en etapa temprana, es rol del especialista transformar ese diagnóstico en una recomendación técnica de acción correctiva.
2. De ocurrir una falla intempestiva, es trabajo del especialista técnico generar el informe de reparación con el alcance necesario para recuperar el equipo a la condición de operación normal.
3. En equipos con fallas repetitivas o de alto impacto, el especialista tiene un rol central dentro de los análisis de fallas (ACR, análisis de causa raíz), donde un equipo multidisciplinario identifica las causas que llevaron a la falla.

Todas estas intervenciones tienen algo en común: la falla ya comenzó a evolucionar o ya sucedió. Sin embargo, el caso es diferente en el caso de la IA para detección de anomalías: la falla aún no ha ocurrido. Los algoritmos detectan cambios en el comportamiento de las variables operativas y de desempeño del activo. En el modelo de trabajo seleccionado por PAE, estas alertas por desvíos en los comportamientos son analizadas por los especialistas e ingenieros de confiabilidad. Y aquí radica el principal cambio cultural. Los técnicos deben embeberse de las condiciones operacionales, de buscar las interrelaciones con variables de proceso y dialogar exhaustivamente con ingenieros de procesos y de producción, para entender lo que ha cambiado. Es realmente un cambio de paradigma. De gestionar la falla en forma incipiente o ya sucedida, a trabajar en las causas operativas en conjunto con otros especialistas para hacer lo necesario que requiere cambiar la situación y que el equipo no falle.

Esta nueva forma de trabajar, implica ensanchar los conocimientos de los especialistas: deben comprender las variables operativas que afectan la operación de los activos. Y si no pueden identificar esos cambios, la interacción con ingenieros de procesos o referentes de producción debe ayudar a construir el entendimiento necesario para ajustar lo que se requiera.

En definitiva, trabajar en la etapa predictiva requiere habilidades y una carga temporal diferente a la tradicional de los equipos técnicos de Refinerías. Es – sin dudarlo – el máximo cambio cultural vinculado a la utilización de *machine learning* para detección de fallas.

Aprendizajes de la implementación

Uno de los aprendizajes inmediatos fue que el cambio cultural requiere tiempo. La evolución de los especialistas desde una participación inicial en el piloto a líderes de la implementación de un desarrollo

acompaña ese camino evolutivo. Sin embargo, el resultado es el esperado: los especialistas técnicos terminan abrazando el cambio y gestionando los proyectos exitosamente.

Por otro lado, el esponsorio de la alta dirección de las operaciones, fue una decisión correcta. De los múltiples proyectos de transformación, aquellos con esponsorios reales y comprometidos dentro de la misma línea de negocio son los que llegaron a buen término.

Finalmente, el trabajar adelantándose a las fallas y atacando las causas raíces antes de que se transformen en problemas, requiere una mayor intervención transversal, trabajo multidisciplinario y proactividad de los miembros de la organización. Sin buscarlo, la utilización de la IA para detección de fallas potencia el trabajo de calidad dentro de la empresa, jerarquizando los roles técnicos hacia una posición central en las operaciones.

Conclusiones

La transformación digital en la industria de Refino requiere una combinación de desarrollo de nuevas capacidades blandas, amplitud en los tipos de problemáticas que se gestionan diariamente y un diseño de los proyectos alineados con el cambio cultural requerido.

En el caso de Refinería Campana, los cambios en la implementación de la IA sentaron las bases para los proyectos que siguieron, desde el primer gemelo digital global de una cámara de coker hasta la implementación de algoritmos inteligentes en la programación del mantenimiento diario.

Bibliografía

(1) Accenture Digital Refining Survey 2019.

(2) Weick, K.E.; Sutcliffe, K.M. & Obstfeld, D. (1999). "Organizing for high reliability. Process of collective mindfulness". *Research in Organizational Behavior*, 21, 81-123.

Breve Cv de los autores

Maximiliano Cabral

MBA UCEMA – Ingeniero Electrónico UNR

Líder de Confiabilidad y Aseguramiento Técnico Downstream

Panamerican Energy 2019 - a la fecha

Axion Energy 2016–2019

Bunge 2013-2016

Esso 2012.

Javuer M. Mascheroni

MBA UCEMA - Ingeniero Mecánico UNLP

Gerente de Mantenimiento y Confiabilidad Downstream

Panamerican Energy 2019- a la fecha

Axion Energy 2014-2019

YPF 2001-2014