

Transformación digital en refinería campana: uso inteligente de datos operativos para la toma de decisiones de optimización de procesos – Uso de herramienta Seeq

Pablo Omar Bonvillani, Sergio Massilo, Facundo Marcelo Ramos, Felipe Mateo Pérez,
Pan American Energy

Sinopsis

En los últimos años, la cantidad y complejidad de los datos generados en la refinería ha crecido de manera exponencial, impulsada por la incorporación de sensores, sistemas de control avanzados y plataformas digitales. Este crecimiento representa un enorme potencial, pero también un desafío significativo: ¿cómo transformar ese volumen de información en conocimiento útil para la toma de decisiones operativas?

En este contexto, presentamos la experiencia exitosa de implementación de una herramienta digital para el manejo inteligente de datos operativos en nuestra refinería. Este software permitió integrar, visualizar y analizar grandes volúmenes de datos históricos y procesarlos desde un punto de vista técnico, generando además reportes automáticos y alarmas distribuidas por correo electrónico. Estas funcionalidades mejoraron sustancialmente la capacidad para anticipar eventos críticos, como el ensuciamiento de intercambiadores, detectar desvíos operativos, prever fallas en equipos críticos y descubrir oportunidades de optimización energética y de procesos mediante correlaciones y predicciones de variables.

La solución adoptada promovió una cultura de toma de decisiones basada en datos, reduciendo la dependencia de intervenciones reactivas y fomentando una estrategia proactiva en la operación diaria, minimizando el tiempo de trabajo destinado a procesamiento de datos y, consecuentemente, destinándolo a interpretación y análisis de resultados.

Los resultados obtenidos tras la implementación del sistema incluyen mejoras en la eficiencia operativa, reducción de paradas no programadas, optimización de recursos y un aumento en la confiabilidad y optimización global de las unidades. Esta experiencia demuestra que la digitalización, correctamente aplicada, puede ser una palanca clave para la transformación y sostenibilidad de las refinerías modernas.

Introducción

En Refinería Campana, el análisis de datos y el monitoreo de procesos se realizaban tradicionalmente mediante planillas Excel. La construcción de estas planillas demandaba un tiempo considerable, debido a la extensa manipulación de datos requerida para obtener resultados útiles, lo que volvía al proceso ineficiente y con capacidades limitadas.

El presente trabajo se enfoca en presentar casos de uso implementados con la herramienta SEEQ, desarrollada por la empresa RTS. Esta plataforma permite integrar señales de proceso, analizarlas desde múltiples enfoques y construir modelos de manera simple e intuitiva, lo que facilita un desarrollo ágil y mejora significativamente tanto los tiempos de ejecución como la calidad de los resultados.

Desarrollo

A continuación, se presentan cuatro casos de uso realizados con la herramienta SEEQ

Caso de Uso 1 – Optimización de Conversión para Maximizar LCO en la Unidad FCCU

El objetivo económico principal de la unidad de FCCU es maximizar la producción de gasoil (LCO). Sin embargo, el rendimiento de este producto presenta un comportamiento no lineal: más allá de cierto punto de conversión, el LCO comienza a craquearse en exceso, generando mayores fracciones de nafta y gas licuado (LPG). Utilizando la herramienta Model & Predict de SEEQ, se desarrolló un modelo polinómico de segundo grado entrenado con datos operativos del período 2024, enfocado en comprender la relación entre variables clave de conversión (carga fresca, relación cat/oil: circulación de catalizador dividido la alimentación y temperatura de reactor) y el rendimiento de LCO. El modelo permite identificar condiciones operativas que maximizan el LCO y guiar la dirección óptima de los cambios en variables de proceso.

En las figuras 1 y 2 se visualiza el armado del modelo, se introducen las señales de entrada seleccionadas, (alimentación a la unidad, relación cat/oil y temperatura del reactor), la señales a modelar (Conversión y rendimiento a LCO) y finalmente se especifica la ventana de entrenamiento. Las líneas rojas muestran la predicción del rendimiento a LCO y conversión comparándolas con los valores reales.

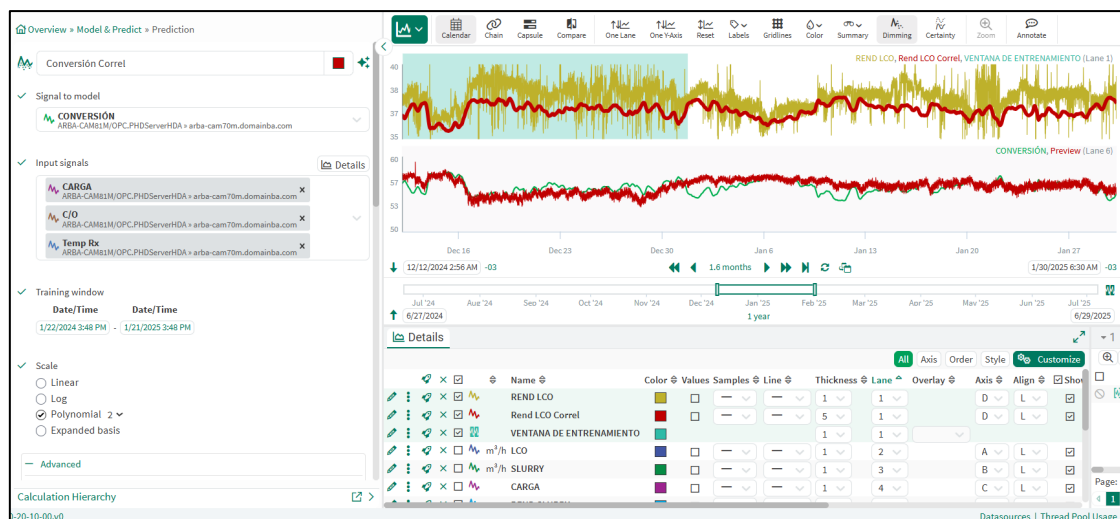


Figura 1. Configuración del modelo en SEEQ para correlacionar la conversión y rendimiento de LCO con variables operativas clave (Carga a la unidad, C/O: Relación Catalizador/oil, Temperatura reactor)

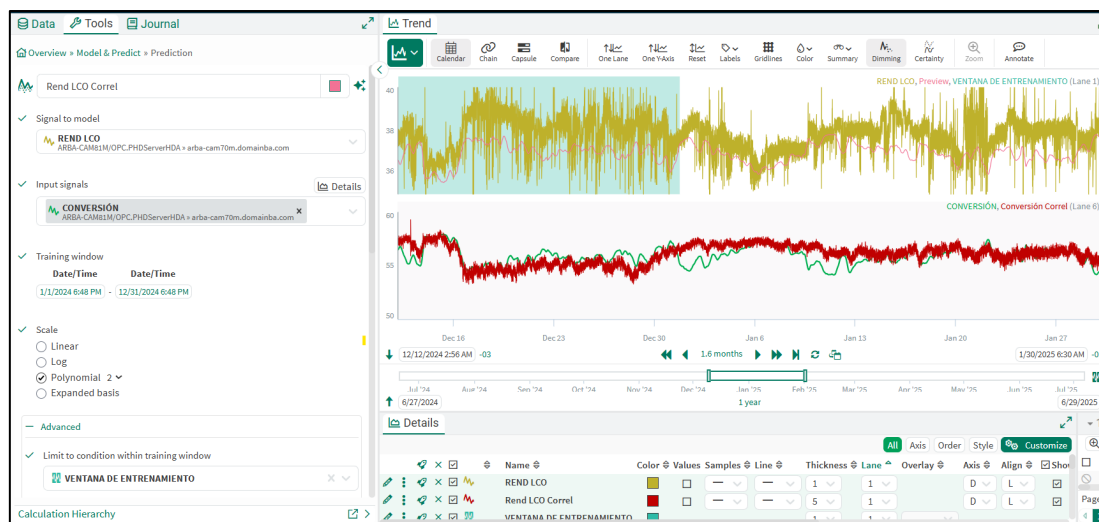


Figura 2. Configuración del modelo en SEEQ para correlacionar la conversión y rendimiento de LCO con variables operativas clave (Carga a la unidad, C/O: Relación Catalizador/oil, Temperatura reactor)

Al comparar en la Figura 2 la conversión real (línea verde) con la predicción obtenida por el modelo (línea roja), se observa que, si bien durante la mayor parte del tiempo la correlación es satisfactoria y cumple con la premisa inicial, existen ciertos períodos en los que la predicción presenta desviaciones significativas. Estas discrepancias podrían atribuirse, por un lado, a la complejidad inherente del proceso de craqueo, que dificulta su representación precisa mediante un modelo basado en solo tres variables. Por otro lado, una calidad deficiente en el fraccionamiento también podría impactar en la estimación de la conversión, introduciendo errores en el cálculo del indicador.

Caso de Uso 2 – Monitoreo del barrido de Oxígeno en Cámaras del DKU

En la nueva unidad DKU (Delayed Coker) de la Refinería Campana, que cuenta con cuatro años de operación, se instalaron silenciadores en las cámaras de coque. Estos equipos tienen como objetivo atenuar el ruido generado durante la etapa de purgado o desplazamiento de oxígeno, un procedimiento que se realiza antes de poner en operación la cámara. Dicha etapa consiste en inertizar el interior mediante inyección de vapor, desplazando el oxígeno de la cámara, para así evitar el contacto de oxígeno con hidrocarburo caliente y mantener condiciones seguras de operación.

Con el paso del tiempo, estos silenciadores comenzaron a presentar ensuciamiento interno, lo que generó una restricción progresiva en la evacuación del aire y vapor. Esta condición provocaba aumentos de presión no deseados durante el desplazamiento, reduciendo significativamente la eficiencia del proceso: en lugar de expulsar el oxígeno fuera de la cámara, se tendía a acumularlo por compresión. Esta situación no solo comprometía la seguridad, sino que también favorecía reacciones de formación de gomas provocando ensuciamiento en la torre fraccionadora, los condensadores de cabeza y el compresor de gases.

Ante esta situación, se aplicó SEEQ para monitorear el tiempo necesario para cumplir con el estándar de la industria de desplazamiento que es cinco volúmenes de cámara, estimado mediante la resolución numérica de una ecuación diferencial de primer orden en tiempo real.

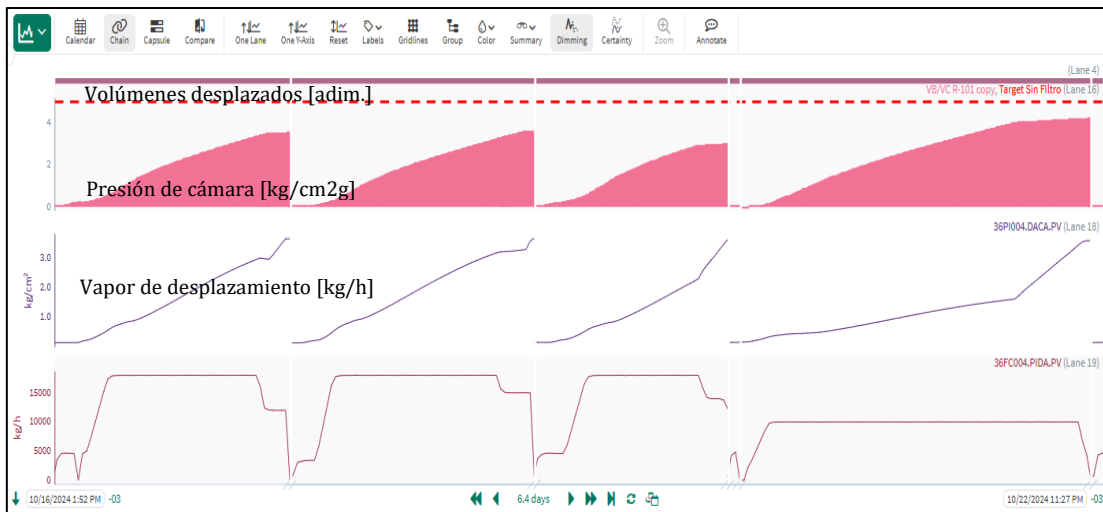


Figura 3. Visualización en SEEQ del monitoreo de volúmenes desplazados en cámaras del DKU. El gráfico muestra el crecimiento acumulativo del volumen desplazado expresado en cantidad de volúmenes de cámaras y en línea roja punteada se muestra el target de 5 veces (arriba), evolución de presión dentro de la cámara (centro) y comportamiento del caudal de vapor (abajo) durante varios batches.

La implementación en SEEQ permitió modelar este fenómeno con precisión, generando una visualización dinámica del volumen barrido en función del tiempo y su comparación frente a los objetivos de desplazamiento establecidos. Esto facilitó la detección de ciclos con barrido incompletos, ajustando así el tiempo necesario en cada batch asegurando una correcta remoción de oxígeno y reduciendo significativamente la formación de depósitos en los equipos posteriores.

Caso de Uso 3 – Proyección de capacidad de condensación en torre atmosférica en condiciones Críticas de Verano

Dado que la Refinería Campana posee una única torre de destilación atmosférica, una limitación en la capacidad de condensación de nafta impacta directamente en la operación global. Esta situación obliga, en temporada de verano, a modificar la dieta de crudo, desplazándose hacia crudos más pesados y menos convenientes desde el punto de vista económico, lo que representa una pérdida de margen. En escenarios más críticos, podría incluso forzar una reducción en la carga a la unidad, con impacto directo en la capacidad de procesamiento total de la refinería.

En Marzo del 2024 se utilizó SEEQ para monitorear y proyectar la evolución del coeficiente global de transferencia de calor (UA) de los condensadores asociados a la torre, con el objetivo de evaluar su capacidad de enfriamiento hasta la próxima parada de planta programada para marzo de 2025. Este análisis se enfocó especialmente en los meses de verano, donde las condiciones ambientales representan un desafío para el sistema de enfriamiento debido a las altas temperaturas del agua proveniente de la torre de enfriamiento.

Mediante la construcción de un modelo histórico del UA (coeficiente global de transferencia de calor multiplicado por el área de intercambio) SEEQ permitió proyectar la tendencia de degradación térmica a lo largo del tiempo. Se planteó en función de la estadística de 10 años tres escenarios de ensuciamiento: Proyección pesimista, optimista y más probable.

Para realizar el análisis se utilizaron diversas herramientas disponibles en SEEQ. En primer lugar, se definieron cápsulas de tiempo que representaban condiciones severas de condensación, definidas por máxima producción de nafta y en forma simultánea elevadas temperaturas del agua de enfriamiento. Sobre estas cápsulas se calculó el UA mínimo requerido. Asimismo, para proyectar la evolución, se emplearon modelos de regresión lineal y funcionalidades como el desplazamiento temporal de las proyecciones, filtrado y suavizado de datos entre otras.

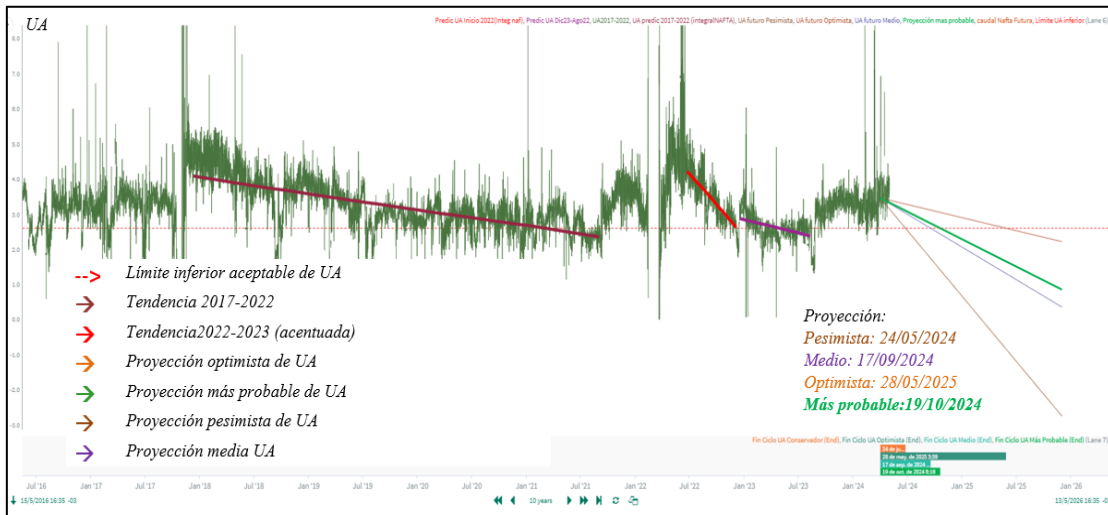


Figura 4. – Evolución del UA de los condensadores de la torre T-1 durante el período previo a la parada programada. Se observa la tendencia de pérdida térmica y los niveles críticos esperados para el verano 2025.

Esta herramienta proporcionó información consistente que permitió tomar la decisión de limpieza de los condensadores en octubre de 2024. El análisis arrojó como resultado un margen económico positivo al comparar el beneficio de evitar pérdidas de capacidad de producción versus el costo de la limpieza sumado al lucro cesante asociado a la reducción de carga durante los cuatro días que duró la intervención de lavado de los condensadores.

Caso de Uso 4 – Generación de inferencia de punto de inflamación (Flash Point) para Control a lazo cerrado en una Torre Fraccionadora Nafta-Gasoil de la unidad de hidrotratamiento de destilados medios (DHT)

Se desarrolló una inferencia continua del punto de inflamación (Flash Point) del gasoil tratado que egresa por fondo de la torre fraccionadora nafta-gasoil de la unidad de hidrotratamiento de destilados medios (DHT). Esta inferencia fue incorporada en el sistema de control distribuido (DCS) para controlar a lazo cerrado usando como variable manipulada la temperatura de salida (COT) del horno que opera como reboiler de la fraccionadora.

La temperatura de fondo de la fraccionadora tiene un impacto directo en la separación entre las fracciones de nafta y gasoil, y por lo tanto en el valor de flash point del producto final. Contar con una predicción confiable de esta propiedad permite ajustar la operación sin esperar al resultado del análisis de laboratorio de la muestra, reduciendo la variabilidad de calidad y evitando correcciones reactivas en el sistema.

El modelo predictivo fue desarrollado en la plataforma SEEQ utilizando técnicas de regresión lineal múltiple y se entrenó con datos históricos representativos del proceso. Se seleccionaron como variables para el modelo las temperaturas de fondo y tope de la fraccionadora y la relación destilado/alimentación. Para garantizar la calidad del entrenamiento del modelo, se definieron cápsulas de operación estables sobre las cuales se validó la precisión de la predicción. Además, se utilizaron herramientas de limpieza de “ruido” de las señales para mejorar la predicción del modelo.



Figura 5. Modelo predictivo en SEEQ para la inferencia del Flash Point del gasoil tratado en la Torre Fraccionadora de la Unidad DHT. Se muestran las variables utilizadas como entradas para el modelo, así como la predicción generada (línea verde) versus valores reales filtrados (puntos rojos).

La implementación de la inferencia dentro del lazo de control permitió pasar de una lógica correctiva a una estrategia proactiva, generando beneficios operativos concretos: reducción significativa de la variabilidad en el flash point del gasoil, maximizando la producción de ULSD (gasoil de ultra bajo contenido de azufre), el producto con mayor margen económico dentro de la unidad logrando llegar a valores de flash cercanos a la especificación.

Conclusiones

Con los casos presentados se demuestra que el uso de SEEQ facilitó la transformación de información histórica en conocimiento procesable, mejorando la anticipación frente a desvíos operativos, optimizando el control automático de variables y reduciendo la necesidad de intervenciones reactivas. Esto se traduce en beneficios concretos como mayor estabilidad de proceso, mejoras en la calidad de producto, incremento de la eficiencia energética y, en particular, una la maximización de corrientes de alto margen como el ULSD.

La experiencia acumulada a partir de estos casos consolida el rol de SEEQ como una herramienta estratégica dentro de la transformación digital de la refinería, y demuestra el valor tangible de incorporar inteligencia analítica en tiempo real como soporte para una operación más eficiente, segura y rentable. No hacerlo implicaría una desventaja competitiva.

Breve Cv de los autores

Pablo Omar Bonvillani

Título y lugar de estudio: Ingeniero químico, Universidad Nacional de Río Cuarto

Cargo actual en la empresa: Líder de unidades de destilación, coqueo y medio ambiente

Trayectoria: Lanxess S.A- Planta Zárate (2008-2018), Pan American Energy- Refinería Campana (2018-Actual)

Sergio Massilo

Título y lugar de estudio: Ingeniero Químico, Universidad Nacional de La Plata.

Cargo actual en la empresa: Ingeniero de Proceso de Unidad de Craqueo Catalítico (FCCU).

Trayectoria: Refipampa, TECNA Estudios y Proyectos de Ingeniería, Bureau Veritas, Pan American Energy- Refinería Campana.

Facundo Marcelo Ramos

Título y lugar de estudio: Ingeniero Químico, Universidad Nacional del Sur

Cargo actual en la empresa: Ingeniero de Control Avanzado de Procesos

Trayectoria: Pan American Energy - Refinería Campana (2019 – actual)

Felipe Mateo Pérez

Título y lugar de estudio: Ingeniero químico, Instituto Tecnológico de Buenos Aires (I.T.B.A.)

Cargo actual en la empresa: Ingeniero de procesos de unidad de destilación de crudo.

Trayectoria: Pan American Energy.