

Aplicación de BiG Data & IA en la Gestión de Estudios de Riesgo.

Reynoso Marin, Tito Ignacio Lautaro , YPF S.A., tito.i.reynoso@ypf.com

Schanton, Kevin Jair, YPF S.A., kevin.schanton@ypf.com

Contenido

Aplicación de BiG Data & IA en la Gestión de Estudios de Riesgo.....	1
Keyword:	1
Tópicos donde Aplica	1
Sinopsis	1
Introducción.....	2
Desarrollo	3
Ejemplo Practico: Caso de análisis de escenarios comunes para bombas.	4
Conclusión.....	5
Referencias	6
Breve Cv de los autores	6

Keyword:

PHA: Process Hazard Analitic

HAZOP: Hazard and Operatbility

ATEX (ATmosphères EXplosibles)

LOPA (Layer of Protection Analysis)

IA (Inteligencia Artificial)

Tópicos donde Aplica

Seguridad de Procesos

Revolución Digital en Refinería

Inteligencia Artificial en Refinería

Sinopsis

Problemática:

La confiabilidad y la integridad de los activos industriales dependen de una gestión de riesgos eficiente. Sin embargo, en muchos sectores, el procesamiento de información crítica aún se basa en métodos tradicionales, lo que dificulta la toma de decisiones estratégicas. A pesar de que en nuestra vida cotidiana los datos se presentan de manera estructurada y accesible, en la industria seguimos operando con documentos extensos en formatos estáticos como Word o PDF, lo que limita la capacidad de análisis y comparación entre estudios. En un entorno donde minimizar

riesgos, optimizar la gestión de activos y garantizar la seguridad operativa son prioridades, surge la pregunta: ¿por qué no adaptar la gestión de riesgos a la era digital?

Desarrollo:

Para abordar esta problemática, desarrollamos una metodología de estandarización de datos entregados por las contratistas, estableciendo una parametrización sobre los estudios de riesgo HAZOP. Se obtuvo un piloto realizado con un PHA a partir de los datos entregados por las moderadoras en formato PDF/Excel/Word. Este fue el primer paso para gestionar en BIG DATA los resultados de los estudios de riesgo.

Se utilizó Power BI y se programó en Query para condensar la base de datos. El siguiente desafío fue estandarizar los datos entregados por diferentes contratistas, integrándolos en una única base de datos consultable. Así, se desarrolló un método sistemático para procesar la información y anidarla a la base principal, permitiendo la carga y actualización continua de estudios.

Con más de 30 estudios de riesgo cargados, se obtuvo una base de datos con alrededor de 10,000 escenarios, lo que permitió comparar escenarios en plantas similares y estandarizar estudios. Con la ayuda de la IA, en nuestro caso Copilot, se analizaron los diferentes escenarios y se plantearon modelos de estudios de riesgo para cada caso particular.

Conclusión:

Este enfoque ha transformado la forma en que gestionamos la seguridad de procesos y la integridad de activos. La digitalización ha permitido optimizar la identificación de riesgos, mejorar la gestión de salvaguardas y agilizar la implementación de recomendaciones. La transición de un enfoque basado en documentos estáticos a una plataforma interactiva no solo ha facilitado el análisis de datos, sino que también ha fortalecido la confiabilidad operativa y la toma de decisiones estratégicas, alineando la gestión de riesgos con los objetivos organizacionales y garantizando la sostenibilidad de las operaciones.

Introducción

El estudio HAZOP (Hazard and Operability Analysis) es una de las metodologías más reconocidas y utilizadas a nivel mundial para la identificación y evaluación sistemática de riesgos en procesos industriales. Desarrollado originalmente por la empresa británica ICI en la década de 1960 para abordar los riesgos en plantas químicas, el método se consolidó como una herramienta fundamental en la industria del petróleo, gas y procesos por su capacidad de detectar desviaciones operativas y peligros potenciales antes de que ocurran incidentes. Su enfoque estructurado, basado en guías y nodos, permite revisar en detalle los procesos, identificar causas y consecuencias de fallas, y proponer medidas de mitigación.

A lo largo de las décadas, el HAZOP demostró ser eficaz no solo en la prevención de accidentes, sino también en la mejora de la confiabilidad operativa, al fomentar un pensamiento crítico, interdisciplinario y orientado a la seguridad. Sin embargo, a pesar de su valor, la forma tradicional en la que se ejecuta y registra —a través de extensos documentos Word, Excel o PDF— plantea serias limitaciones en la era de la transformación digital. Estos archivos, que pueden superar las 200 páginas por estudio, contienen información valiosa pero difícil de procesar, comparar y reutilizar de manera ágil y dinámica.

Esta situación genera desafíos crecientes en un contexto donde las empresas buscan optimizar la gestión de riesgos, integrar información en tiempo real y mejorar la toma de decisiones basada en datos. ¿Cómo asegurar la consistencia entre estudios realizados por equipos distintos? ¿Cómo aprovechar la información generada para futuras evaluaciones o auditorías? ¿Qué herramientas pueden ayudarnos a estandarizar y automatizar este conocimiento?

Frente a este panorama, se desarrolló una metodología de digitalización y estandarización de estudios HAZOP basada en herramientas de Big Data e Inteligencia Artificial. A través de la estructuración de entregables, la consolidación de una base de datos dinámica y el desarrollo de visualizaciones interactivas, este trabajo propone una nueva forma de gestionar los estudios de riesgo, más alineada con los desafíos y oportunidades de la industria actual.

Desarrollo

El primer paso fue la parametrización de los entregables. A través del trabajo conjunto con los equipos moderadores de contratistas, se diseñó un esquema de campos estandarizados que representaran cada aspecto de los estudios: nodos, desviaciones, causas, consecuencias, salvaguardas, niveles de riesgo y recomendaciones. Esta estructura permitió normalizar los datos recibidos, independientemente del formato o del proveedor que hubiera realizado el estudio original.

Con esta base, se construyó un piloto de visualización dinámica utilizando Power BI. Para lograrlo, se procesó la información mediante programación en Power Query, lo que facilitó la automatización del tratamiento de datos y su carga continua a la base general. A medida que se integraban nuevos estudios, se estableció un sistema de validación y verificación de consistencia, lo que permitió garantizar la calidad de la información consolidada.

Actualmente, el sistema cuenta con más de 35 estudios digitalizados y más de 10.000 escenarios de riesgo organizados bajo una misma lógica. Esto permite, por primera vez, comparar resultados entre plantas similares, identificar patrones de evaluación, analizar desviaciones en criterios de riesgo y entender cómo la experiencia operativa o la conformación del equipo influye en el resultado del estudio.

Además, se incorporó el uso de Inteligencia Artificial (IA) para analizar tendencias. Mediante el uso de Copilot, se identificaron correlaciones entre variables y se comenzaron a construir modelos predictivos sobre ciertos equipos o configuraciones de planta. Este avance habilita una nueva forma de plantear estudios de riesgo, más basada en evidencia acumulada que en la intuición o experiencia individual.

Un caso destacado fue la comparación entre dos plantas gemelas (Topping) que operan con configuraciones casi idénticas. La sistematización de los datos reveló diferencias notables en:

- La cantidad y tipo de salvaguardas propuestas.
- La categorización del riesgo ante desviaciones similares.
- La proporción de recomendaciones generadas por cada nodo.
- El impacto de incidentes históricos recientes sobre la percepción del riesgo.

Estos resultados destacan el valor del enfoque digital y cuantitativo: más allá de la estandarización técnica, la metodología permite visualizar sesgos, mejorar la objetividad y establecer criterios más sólidos y reproducibles para la gestión de riesgos.

Actualmente se encuentra en desarrollo una inteligencia artificial capaz de convertir automáticamente el 100% de los estudios en PDF en datos estructurados, integrables a la base existente. Esta solución permitirá acelerar la migración total del histórico de estudios hacia un sistema completamente digital, habilitando su análisis en tiempo real, su comparación entre instalaciones y su utilización como insumo para nuevas evaluaciones de riesgo, auditorías y procesos de mejora continua.

Ejemplo Practico: Caso de análisis de escenarios comunes para bombas.

Análisis Comparativo de Escenarios HAZOP con Impacto en Bombas

El objetivo fue identificar y comparar factores comunes en escenarios de análisis HAZOP que involucran bombas, utilizando como base dos archivos extraídos de estudios reales:

BOMBAS.xlsx: Escenarios donde la consecuencia afecta a una bomba.

BOMBAS - CAUSA.xlsx: Escenarios donde la causa está relacionada con una bomba.

Metodología

Se realizó una revisión sistemática de ambos archivos analizando más de 10.000 escenarios que involucraban a bombas para:

- Identificar desviaciones, causas, consecuencias y salvaguardas comunes.
- Clasificar los escenarios según su nivel de riesgo inicial.
- Construir modelos de escenarios tipo.
- Formular preguntas clave para el análisis HAZOP enfocado en bombas.

Hallazgos Clave

1. Factores Comunes en Escenarios con Consecuencia sobre Bombas (BOMBAS.xlsx)

Desviaciones frecuentes: “Nada de/Menor Caudal”, “Flujo Inverso”, “Bajo Nivel”.

Causas recurrentes: Error humano (cierre indebido de válvulas), fallas en lazo de control, válvulas de retención trabadas.

Consecuencias típicas: Cavitación, rotura de bomba, derrames, incendios, lesiones al personal.

Salvaguardas comunes: Bombas de respaldo, alarmas de caudal/nivel, válvulas de seguridad, sistemas SIF.

2. Factores Comunes en Escenarios con Causa en Bombas (BOMBAS - CAUSA.xlsx)

Causas dominantes: Paro de bombas (por falla o mantenimiento), fallas mecánicas, errores operativos.

Desviaciones resultantes: “Nada de/Menor Caudal”, “Caudal Inverso”, “Alto Nivel”.

Consecuencias: Sobre calentamiento de hornos, sobrepresión en torres, derrames, impacto ambiental severo.

Salvaguardas: Alarmas, válvulas de seguridad, bombas en backup (a veces sin crédito funcional).

Modelos de Escenarios Tipo

Se desarrollaron escenarios tipo con estructura estándar:

Desviación → Causa → Consecuencia → Salvaguardas

Ejemplo: Nada de caudal causado por paro de bomba → sobre calentamiento de horno → mitigado por SIF y alarmas de temperatura.

Preguntas Clave para Escenarios con Bombas

¿Qué desviación afecta la bomba (caudal, presión, nivel)?

¿Qué eventos pueden causar esta desviación?

¿Qué consecuencias operativas, de seguridad o ambientales se derivan?

¿Qué salvaguardas existen y son funcionales?

¿El riesgo residual es aceptable o requiere medidas adicionales?

Conclusión

El análisis permitió identificar patrones críticos en el diseño y operación de sistemas con bombas en refinerías. La integración de estos hallazgos en futuros estudios HAZOP puede mejorar la identificación de riesgos, la efectividad de las salvaguardas y la toma de decisiones en ingeniería de procesos.

Conclusión

La digitalización y sistematización de los estudios de riesgo ha marcado un punto de inflexión en la forma en que gestionamos la seguridad de procesos. A partir de la creación de una base de datos dinámica y actualizable, es posible comparar estudios HAZOP de distintas plantas —incluso gemelas— con un nivel de detalle antes inalcanzable. Esta capacidad permitió detectar diferencias significativas en la categorización del riesgo, la asignación de salvaguardas y la emisión de recomendaciones, muchas de ellas influenciadas por factores humanos, experiencias previas e interpretaciones subjetivas.

Los hallazgos obtenidos evidencian que, sin una estructura común de análisis, dos equipos podrían evaluar de manera muy diferente una misma instalación. La aplicación de Big Data no solo permite visibilizar estas brechas, sino también avanzar hacia la estandarización metodológica de los estudios de riesgo. Además, la incorporación de IA potencia esta transformación, habilitando modelos predictivos y capacidades futuras como la extracción automática de datos desde PDFs o la interacción mediante chatbots técnicos.

Este nuevo paradigma fortalece la confiabilidad operativa, mejora la toma de decisiones y permite una evaluación de riesgos más ágil, objetiva y alineada con los desafíos de una industria en constante evolución.

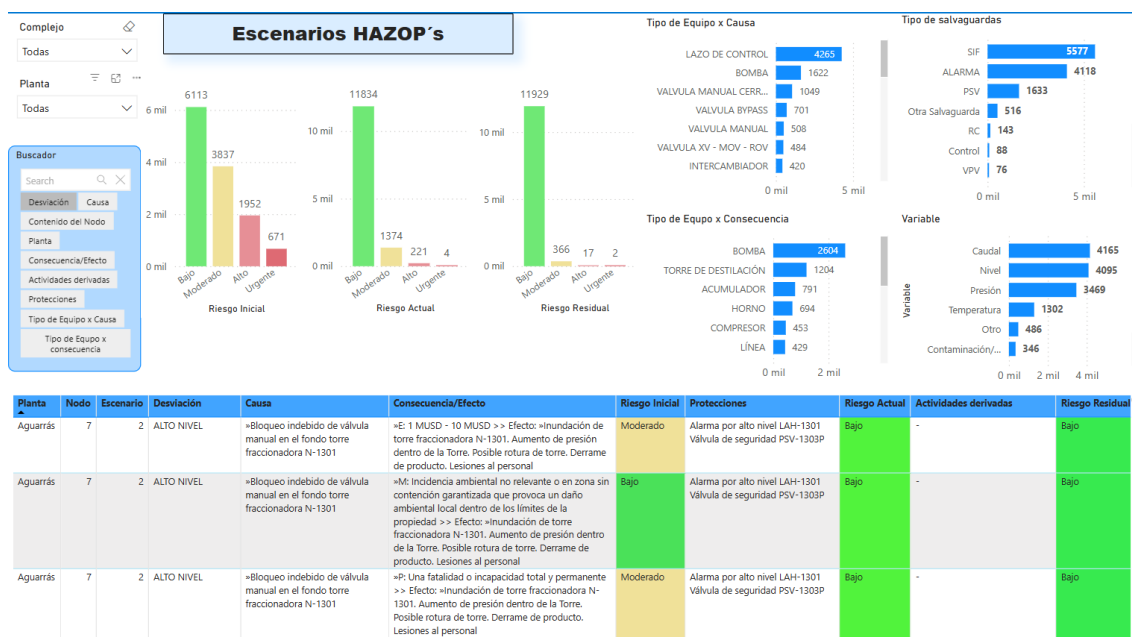


Ilustración 1: Visualización Operativa de Tablero HAZOP

Referencias

IEC 61882:2016 – Hazard and Operability Studies (HAZOP Studies)

Norma internacional que define la metodología HAZOP, incluyendo desviaciones, causas, consecuencias, salvaguardas y evaluación de riesgos.

CCPS – Center for Chemical Process Safety

Libros como “Guidelines for Hazard Evaluation Procedures” y “Guidelines for Risk Based Process Safety” son pilares en la industria para estructurar análisis de riesgo.

Breve Cv de los autores

Reynoso Marin, Tito Ignacio Lautaro

Ingeniero Industrial, UNT

Jefe de Planta de producción de Lineal Alquíl Benceno, YPF

Schanton, Kevin Jair

Ingeniero Medioambiental, UNR

Jefe de Seguridad de los Procesos, YPF