

Transformación Digital en la Gestión de Integridad de Pozos, Implementación de un Ecosistema Integrado de Herramientas Digitales

Autores: Guillermo Ceballos / Naae Vazquez, Pan American Energy, gceballos@pan-energy.com,
NvazquezHernandez@pan-energy.com

Sinopsis

La gestión efectiva de integridad de pozos demanda una transformación en la forma en que capturamos, procesamos y utilizamos la información crítica a lo largo del ciclo de vida del pozo, esto nos permite enfrentar los desafíos crecientes relacionados con la necesidad de optimizar recursos limitados y la urgencia de prevenir incidentes que comprometan la seguridad, el medio ambiente y la continuidad operacional.

Las metodologías tradicionales basadas en hojas de cálculo fragmentadas, documentación dispersa en múltiples sistemas y procesos manuales intensivos han demostrado ser insuficientes para gestionar la complejidad y el volumen de información requerido para una toma de decisiones informada y oportuna.

Este trabajo presenta la implementación de un ecosistema digital integral compuesto por tres plataformas complementarias que componen la gestión de integridad de pozos mediante la automatización inteligente y la colaboración estructurada.

Introducción

En la industria energética, la gestión eficaz de la integridad de los activos y la seguridad de procesos son pilares fundamentales para la excelencia operativa. La fragmentación de la información crítica y la falta de trazabilidad en los trasposos de responsabilidad representan riesgos latentes que pueden derivar en incidentes graves.

En respuesta a esta necesidad, se han desarrollado e implementado las plataformas DSOR, DWHO y WIMS CWP. Estos sistemas funcionan como un ecosistema integrado diseñado para registrar, monitorear y gestionar los puntos críticos de control. A través de workflows automatizados, estas herramientas aseguran la correcta transferencia de información entre las distintas áreas de la organización, facilitando no solo el inicio de tareas operativas, sino también el traspaso formal de custodia (handover) de los pozos. El objetivo central es garantizar la disponibilidad de datos de integridad fiables, mitigando así la ocurrencia de eventos de seguridad de procesos y preservando la salud de los activos a largo plazo.

Desarrollo

El primer módulo es el Statement of Requirement (SOR) donde se define la identidad técnica del pozo a perforar, especificando todas sus características geológicas, de ingeniería y de completación, lo que comúnmente llamamos el DNI del pozo donde se define las características del cómo va a ser nuestro pozo.

El SOR es un documento estratégico que establece los objetivos fundamentales y los parámetros de diseño de un pozo. Actúa como un contrato técnico entre el equipo de subsuelo (geólogos y reservoristas) y el equipo de perforación y completación.

Definir un SOR sólido evita "bandazos" durante la ejecución y asegura que el pozo sea apto para su propósito (Fit for Purpose). Sus funciones principales son:

Evita que el equipo de perforación diseñe un pozo basado en suposiciones. El SOR aclara si el pozo es exploratorio (donde importa recolectar datos) o de desarrollo (donde importa la eficiencia de costos y la productividad a largo plazo).

Al definir las presiones esperadas, temperaturas y posibles riesgos geológicos (zonas de pérdida de circulación, fallas, etc.), el SOR permite que el diseño de la trayectoria y el programa de lodos sean robustos frente a imprevistos.

Un SOR bien definido evita el "over-engineering" (gastar de más en materiales innecesarios) o el "under-engineering" (diseñar un pozo que falle prematuramente). Permite seleccionar los materiales (metalurgia, cemento) exactos para la vida útil prevista.

El SOR es el insumo principal para el SOR. Sin un SOR claro, el ingeniero de perforación no puede calcular correctamente:

El estado mecánico del pozo (casings).

El tipo de completación (inteligente, con empaque de grava, etc.).

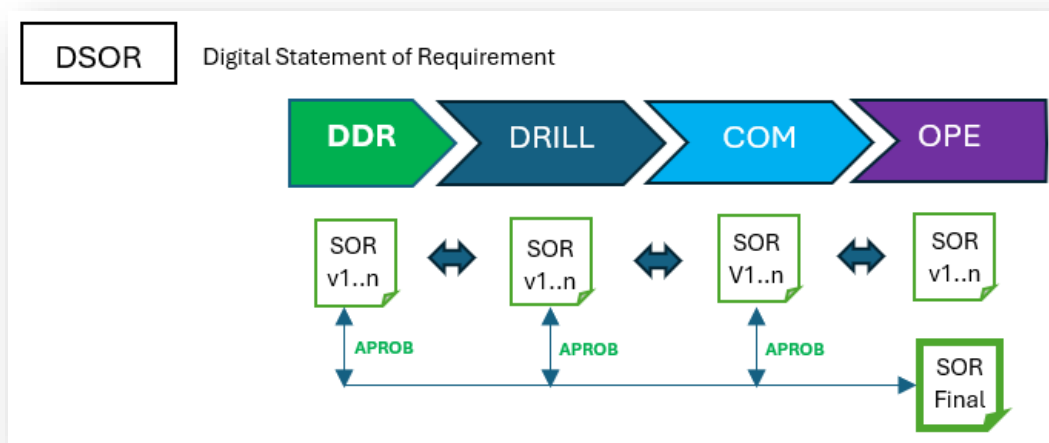
La arquitectura del pozo (vertical, direccional o comercial).

Antiguamente el SOR se completaba:

- en Excel con Carga manual (mayor tiempo gestión)
- nos encontrábamos con Ambigüedad de Datos
- Archivos dispersos en Discos compartidos, Sharepoint y/o Servidor de Mail
- Inconsistencia del proceso de Inicio a FIN, nos encontrábamos con Sor que entre lo que decía Perforación no coincidían con lo que planificaba Completación para la siguiente etapa.

Hoy el Digital SOR corre sobre una plataforma AWS en la nube que desarrollamos en conjunto con Halliburton Argentina. Es un desarrollo en la nube, con acceso desde Internet, donde todos los sectores que participan pueden hacerlo al mismo momento, sin inconvenientes y permanecen informados de los cambios que efectúan los otros sectores hasta llega a la aprobación final por parte de los responsables de cada área.

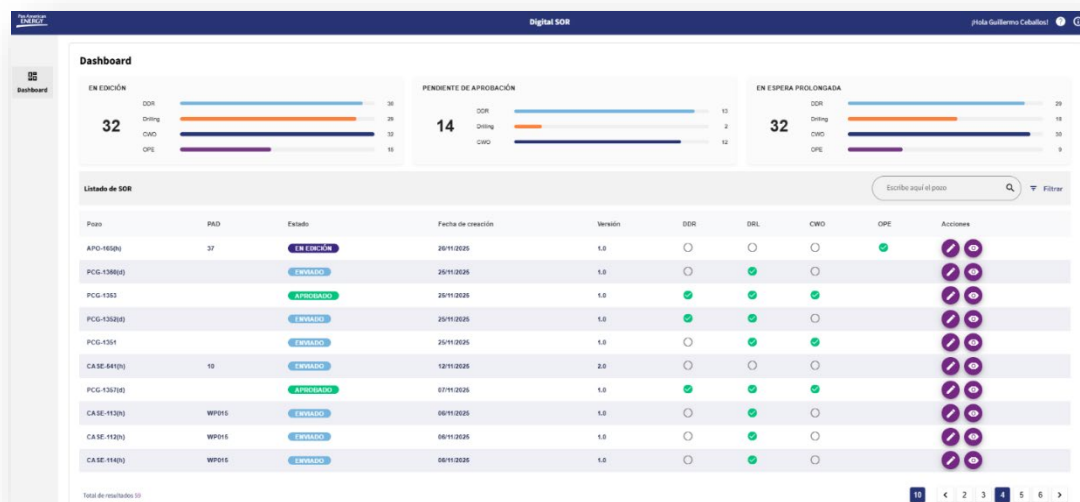
Además, se pueden gestionar adendas (versiones actualizadas de una versión aprobada), se pueden duplicar SOR lo cuál es muy práctico para los pozos que pertenecen a un mismo pad. Posee un BPM (Business Process Management) donde va registrando quienes, a que hora y en que sección accedieron los diferentes equipos que editan y aprueban el SOR para llevar un control de quienes participan en la decisión de los contenidos.



Esta plataforma permite:

- Optimizar proceso
- Procesos claros y trazables
- Establecer reglas de negocio
- Historial de SOR digitales
- Búsqueda de pozos en GIS
- Conexión con otros sistemas Zafiro / OW / DWHO
- Precarga de contenido
- Agilizar carga de información
- Carga de información en simultaneo
- División de responsabilidades del SOR
- Estandarización de SOR para todas las UGs
- Validación de contenido
- Generación de datos estadísticos
- Seguimiento de DSOR
- Notificación vía mail de estados

Dashboard



- Trazabilidad y seguimiento
- Historial de DSOR
- Agilizar búsqueda
- Indicadores

Listado de pozos

Pozo	Yacimiento	Formación/Objetivo	Última versión	Último estado	Acciones
+ Aca-103(h)	AGUADA CANEPA		V1.3	ACEPTADO	[Iconos]
+ Aca-104(h)	AGUADA CANEPA		V1.0	EN EDICIÓN	[Iconos]
+ Aca-107(h)	AGUADA CANEPA		V1.0	EN EDICIÓN	[Iconos]
+ Aca-108(h)	AGUADA DE CASTRO		V1.0	EN EDICIÓN	[Iconos]
+ Aca-109(h)	AGUADA DE CASTRO		V1.0	EN EDICIÓN	[Iconos]
+ APO-113(h)	AGUADA PICHANA OESTE	L1A	V1.0	EN EDICIÓN	[Iconos]
+ APO-114(h)	AGUADA PICHANA OESTE	L1A	V1.0	EN EDICIÓN	[Iconos]
+ APO-115(h)	AGUADA PICHANA OESTE	L1A	V1.0	EN EDICIÓN	[Iconos]
+ APO-116(h)	AGUADA PICHANA OESTE	L1A	V1.0	EN EDICIÓN	[Iconos]
+ APO-117(h)	AGUADA PICHANA OESTE	L1A	V1.0	EN EDICIÓN	[Iconos]

Total de resultados 100

- Conexión con GIS
- Búsqueda de pozos
- Versiones del SOR
- Reglas de creación de SOR
- Generar Adendas

SOR - Datos generales

PCG-1354(d) v 1.0

DATOS GENERALES DATOS GEOLOGICOS ESTRATEGIAS TEMAS DE PERFORACIÓN TEMAS DE CAWO

Información del pozo

Yacimiento (campo obligatorio): Cafedón Grande

Designación - Asset: 10

Bloque: CGE

PAD:

Cantidad de Pozos/PAD:

Formación (campo obligatorio): Comodoro Rivadavia

Intervalo/capa/lending: Otro

Tipo de pozo (campo obligatorio): Productor Secundaria

Método de perforación: Convencional

Geometría: Dirigido

Profundidad final TVD: 2610 m

MD (m): 2643 m

TVDs (m): 2072 m

Tipo de producción (campo obligatorio): Petróleo

Sistema de extracción: Bomba Electrosumergible (BES)

Clasificación del pozo (campo obligatorio): Desarrollo

- Agilizar carga de información
- Estandarizar DSOR para todas las UGs
- División de responsabilidades por tipo de usuario
- Participantes editores
- Asignación de PAD
- Precarga de información
- Duplicar DSOR

Si el diseño del pozo fuera la construcción de una casa, el SOR no es el plano arquitectónico, sino la lista de necesidades del dueño: "Necesito una casa para 5 personas, con calefacción central, que soporte terremotos y que dure 50 años".

El segundo componente es una plataforma de Handover Digital (DWHO) que opera de forma continua durante todo el ciclo de vida del pozo, desde la planificación inicial hasta su abandono final. Originalmente se tenía una planilla que poseía 10 paginas en scroll con información que había que cargar a mano para ir compartiendo este proceso con todas las áreas intervinientes

HandOver de Pozo es un proceso transversal que cubre todo el ciclo de vida del pozo (activo), con el objetivo de formalizar la transferencia de la responsabilidad de gestión desde un equipo a otro, asegurando la calidad de la información y permita tomar decisiones ágiles y eficientes.

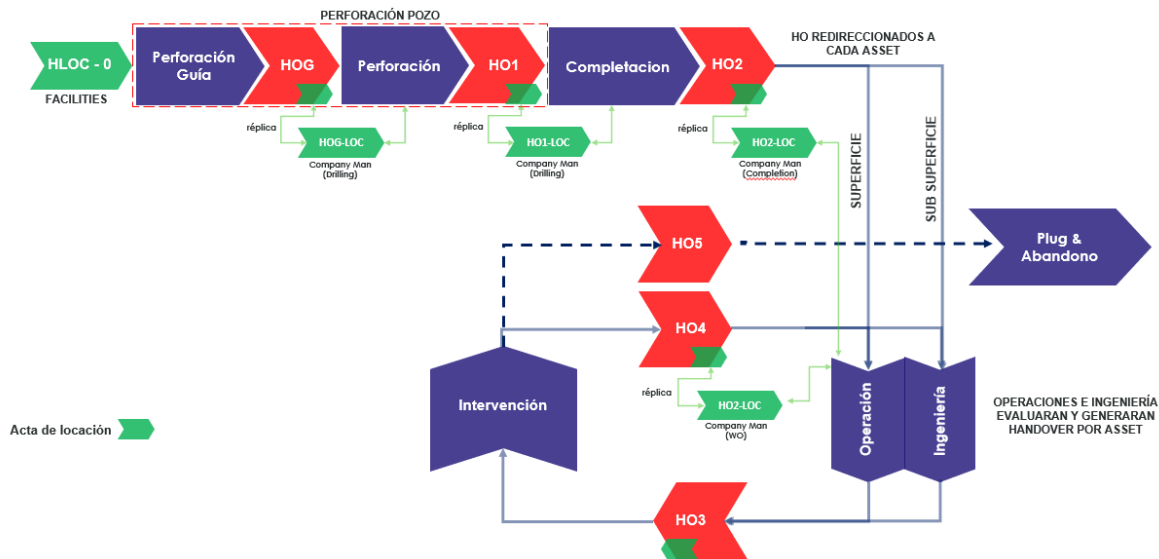
Promueve la integración, estandarización de un lenguaje común entre equipos multidisciplinarios, enfocados en la reducción de NPT's, riesgo operacional, minimizar la ocurrencia de incidentes de seguridad de procesos en los pozos.

Objetivos, documentar de manera digital el proceso de transferencia y la trazabilidad en tiempo real, de manera de automatizar el flujo de trabajo con sus entregables eliminando tareas manuales, generando alertas preventivas de integridad de pozos, e información relevante para incorporar en los Reportes a los entes de Aplicación.

DWHO reduce el tiempo de preparación de la información de 90 minutos (papel) a 5 minutos (digital); proporciona un estimado de ahorro de a 300 mil dólares por año del tiempo de nuestros Ingenieros, FF, supervisores, Superintendentes y Companys. Cada colaborador del Upstream puede acceder a la información con la cual se entrega el pozo en las fases correspondientes. Además, contiene Tableros PBI de gestión disponibles, para fácil seguimiento.

Esta herramienta se integra directamente con los sistemas corporativos oficiales, extrayendo automáticamente información crítica de las bases de datos institucionales a través de APIs que gestionan la información desde y hacia la plataforma para automatizar el proceso. Nos conectamos a Sistemas corporativos como OpenWells (Eventos en pozos), Zafiro (producción), Wirelines (gestión de inyectoras), SAP (Laboratorio H2S y CO2)

La automatización elimina la dependencia de procesos manuales propensos a errores y pérdida de información, asegurando que cada transición entre fases operacionales, cambios de responsabilidad o intervenciones en el pozo cuente con un registro completo, actualizado y trazable de la condición del activo.



Identificamos en reiteradas oportunidades problemas operativos por la falta de información entre los sectores a la hora de transferir el pozo al siguiente sector dentro del ciclo de vida del pozo. Algunos sectores transferían la información con un HO en Excel pero que no quedaba registrado en una base corporativa para consulta, los criterios técnicos no eran homogéneos. Salimos con la idea de generar un documento digital que contuviera toda la información requerida por parte del receptor del pozo luego de una actividad.



Al iniciar el proceso de análisis del problema, revisamos toda la información disponible en las carpetas compartidas y sharepoint sobre HO pasados, ninguno coincidía con el otro en formato e información que contenían.

Los criterios técnicos para completarlos eran disímiles, carecían de identificación por prioridad o importancia, en algunos HO contenían información y en otros faltaban

Encontramos múltiples versiones que no se sabían cuál era el último que era el vigente.

Al realizar un relevamiento con los usuarios que realizaban estos archivos nos encontramos que en promedio demoraban 90 minutos en conseguir toda la información, entrando a los diferentes sistemas oficiales y bajando el dato para procesarlo en los Excels.

Al identificar la necesidad de tener una herramienta digital, nos planteamos de qué manera podríamos tener la precarga de la mayoría de la información. La conclusión fue conectarnos a todas las bases corporativas posibles para que el usuario no tuviese que volver a cargar la info que ya contienen en las bases de datos. Solo debería cargar datos adicionales que no estuviesen en ningún otro sistema o subir documentación (fotos, pdf y excels) para registrar el traspaso. El porcentaje de carga no debería superar el 10% de la información total del HO y no demorar más de 5 a 8 minutos.

Situación inicial



Al analizar y constatar que necesitábamos que el sistema tuviese una pre carga de toda la información requerida, se analizaron los sistemas corporativos y cuales contenían la mayoría de la información a importar, en este caso casi el 85% de la información proviene de OpenWells, con los cuál luego de analizar la posibilidad de desarrollar algo local, con el mismo equipo de TI decidimos contratar al equipo de desarrollo de Landmark (Halliburton Argentina) con una propuesta de desarrollo utilizando metodología agiles, algo nuevo si pensamos hace 4 años atrás. Fue el primer software de la compañía en utilizar esta metodología. Se realizo una semana de Discovery Week con todas las áreas involucradas en el ciclo de vida del Handover (Drilling, Completion, Operaciones, Ingeniería de operaciones, DDR, Workover y Pulling. Se delíneo la información requerida para cada Handover entre el sector que envía y el que recibe. Cada área involucrada nombró a un referente de desarrollo.

Se realizaron entre 2021 y 2023, 42 sprints (15 días de desarrollo), con temas que incluyen HO para equipos Guía, Acta de locación digital, cambio de Distritos a Assets en GSJ, Entrega de locación por parte de los Company Man, como para nombras alguno de los desarrollos más importantes.

En el caso de Acta de locación, surgió la necesidad en un foro de seguridad en NQN donde se solicitó que incluyéramos esta funcionalidad junto a los datos del pozo.

Eliminar el papel y generar una recepción digital.

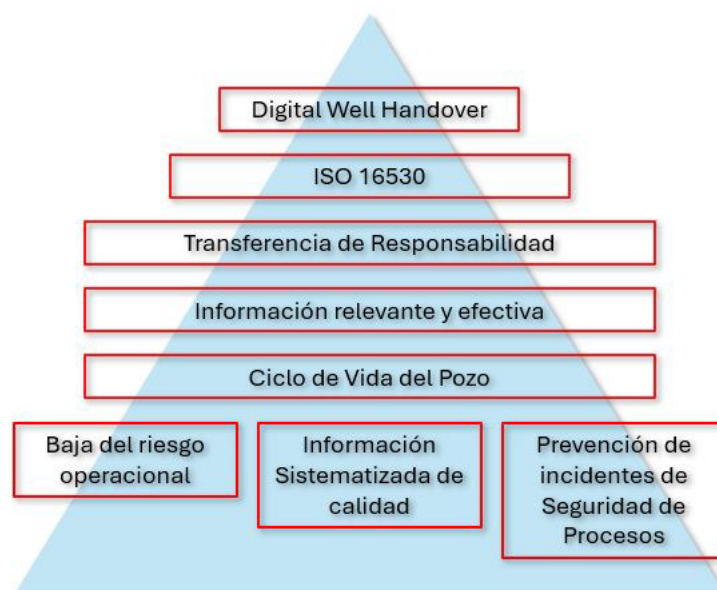
DWHO está basado en la norma ISO 16530-2 de Well Integrity donde se indica que cada compañía debe tener un sistema de gestión de transferencia de información entre las áreas que componen el ciclo de vida del pozo.

Con respecto a los temas ambientales el DWHO contempla los HO de locación gestionados por los company man, al momento de entregar la locación y desmontar el equipo. Se tuvieron en cuenta todos los puntos que requieren las áreas que reciben el HO para que sean advertidos por el área que entrega y registren la gestión correspondiente.

En el caso de HO5 de abandono, se contempla toda la información que el Upstream requiere para informar a la secretaria de energía de la provincia que corresponda, con el detalle de tapones de abandono, fotos y documentación para presentar al organismo.

Uno de los principales puntos a cuidar del proceso de digitalización es que los usuarios no le generen mayor trabajo, sino todo lo contrario. Información rápida y con precarga para que sea útil y ágil el uso de la herramienta.

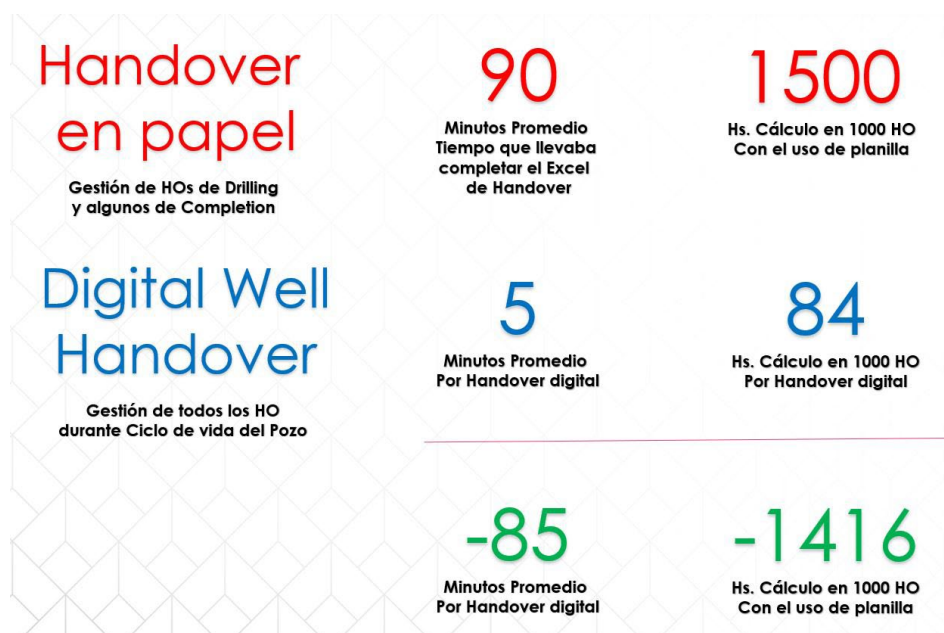
El tiempo de creación, carga y envío del HO debía ser ágil y intuitivo, por esto mismo se trabajó con varios especialistas de UX/UI los cuales generaron diferentes alternativas de interfaz de usuario, las cuales fueron votadas por ellos y finalmente quedó el sistema actual de tarjetas con bandejas al estilo del correo.



Se logró bajar el tiempo de generación de Handover de 90 minutos a 5 de promedio en cada uno de las variantes. Esto equivale a usd 300k de ahorro x cada 1000 handovers, en referencia al valor hora

promedio de nuestro personal operativo / ingeniería, unos 20k la hora (dato suministrado por RRHH).

Además del rédito económico, se valora el registro de la actividad que anteriormente se perdía en archivos y hoy queda registrado (Business Process Management) toda la información con los responsables de envío y de recepción de la información, generando un historial que sirve como base para tomar decisiones futuras del pozo, ya sea de nuevas intervenciones o para definir el abandono definitivo del pozo.



La participación de todos los niveles de la compañía hace que el proyecto sea adoptado desde el principio como propio por las áreas que lo utilizan y lo gestionan. Continuamente llegan a la cuenta de soporte nuevos pedidos de mejoras que faciliten y agreguen valor al proceso.

Por otro lado, las mejoras que se tienen previstos para 2024 y 2025 hace que muchos sectores nuevos van a participar del proceso, facilitando la transferencia de información sobre workflows que hoy son manuales, requieren mucho tiempo de preparación y tiempo de nuestros colaboradores.

A la par del desarrollo de la aplicación se escribió y se compartió con todas las gerencias del Upstream un procedimiento de DWHO para que quede registrado el proceso completo y acordado entre las áreas.

Se dictaron a cada una de las áreas más de 40 capacitaciones, con ejemplos en la herramienta, utilizando el ambiente de test para ser lo más real posible para cuando tengan que realizarlo en el ambiente productivo. Además, cada capacitación es orientada al público, tipo de HO para revisar / aprobar, y se les comparte una guía práctica para que puedan gestionarlo de manera independiente al momento de tener que usar la aplicación.

Se realizaron más de 30 reuniones de definición con los expertos y referentes de cada área, desde que el proyecto comenzó.

Se generó y puso a disposición una cuenta de soporte especial para envío de mails

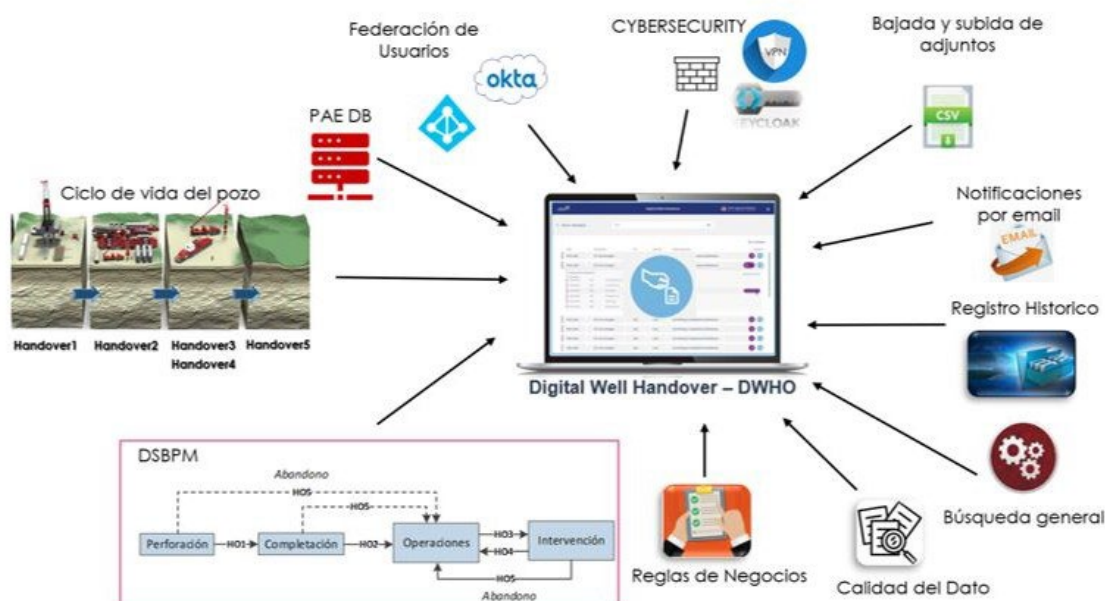
Cada semana se envía una comunicación de avance con acceso al tablero de Power BI con los indicadores de gestión de la aplicación.

Por último, se implementó un boletín de mejoras para comunicar a los usuarios las modificaciones que se implementan en el ambiente de producción, así están todos enterados y pueden sacarle mayor provecho.

La primera reacción al encontrarnos con el problema fue consultar a diferentes empresas de software si había algo parecido que nos sirviera para cubrir esta necesidad. Evaluamos varios, incluyendo el DSWIMS del mismo proveedor, una solución compleja para registro de integridad de los pozos durante el ciclo de vida del pozo. Luego de analizar esta solución incluyendo al proveedor, decidimos que lo mejor era desarrollar a medida una solución más acorde a nuestra necesidad.

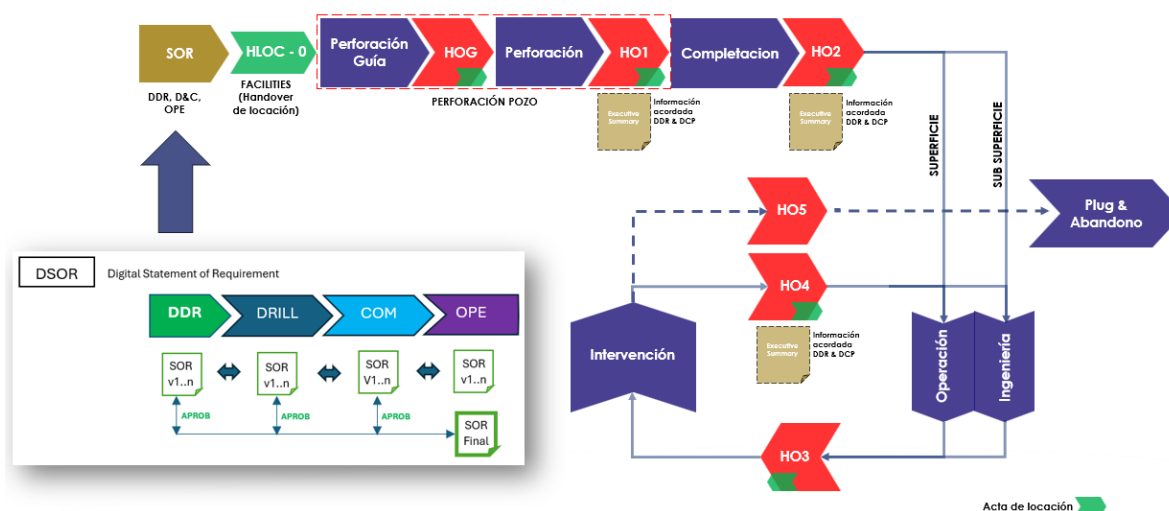
DWHO como Innovación

- Primer proyecto de PAE / Proveedor externo, utilizando metodología Ágiles.
- Primera implementación en Latinoamérica íntegramente desarrollado en la Nube.
- Sistema que gestiona la precarga de información proveniente de los sistemas corporativos y genera resumen de información para la toma de decisión.
- Registro de paso a paso a través de un BPM, éste nos permite el envío de notificaciones de mails para avisar sobre demoras en el proceso, aprobaciones, responsables y registro histórico de información, durante el ciclo de vida del pozo.
- Reducción del tiempo de gestión de horas a minutos.
-
- Eliminación de registros en papel (Acta de locación) hacia registro digital con firma con usuario corporativo.
- Infraestructura sin precedentes uniendo servidores locales de PAE con un espacio dedicado en la nube



Al comenzar a usar la aplicación las mismas áreas fueron identificando posibles mejoras / agregados al proceso. Así sucedió con el HLOC de Facilities que gestionaban la información por mail y hoy lo realizan íntegramente por la aplicación.

DIGITAL SOR & DIGITAL WELL HANDOVER



WIMS CWP

El tercer componente es el Sistema Colaborativo de Gestión de Integridad de Pozos, denominado Espacio Colaborativo WIMS por sus siglas en inglés.

La integración entre el DSOR, DWHO y el sistema WIMS crea un ecosistema donde la información fluye entre sistemas, eliminando silos de datos y asegurando que cada decisión se tome con el contexto completo del historial y la condición actual del pozo.

WIMS Collaborative Workplace (CWP) es una plataforma digital desarrollada "In-House" por Pan American Energy en colaboración entre los equipos de Tecnología Operacional, Well Integrity y Operaciones. Esta herramienta representa un avance significativo en la implementación de Sistemas de Gestión de Integridad de Pozos (WIMS - Wells Integrity Management System), permitiendo gestionar de manera integral más de 6,200 pozos a través de una arquitectura modular que integra múltiples fuentes de datos.

La plataforma captura datos de diferentes bases de datos corporativas, telemetría de campo y datos ingresados manualmente, con capacidad de procesar información y entregar resultados específicos para el sistema de gestión de integridad de pozos. Su actualización diaria y su capacidad de análisis en tiempo real la convierten en una herramienta clave para la prevención de incidentes de control de pozo y la optimización de recursos operacionales.

Métricas Clave del Sistema:

Indicador	Valor
Total de Pozos Evaluados	6,200
Pozos Activos	5,094
Pozos Fluyentes (con análisis de riesgo)	499
Pozos con monitoreo PA en tiempo real (UG NQN)	250+
Pozos con Riesgo Medio y acciones en curso	50

Definición y Propósito

El WIMS Collaborative Workplace (CWP) es un Sistema Colaborativo de Gestión de Integridad de Pozos, una plataforma modular especializada diseñada para abordar cada aspecto crítico del proceso de gestión de integridad. Constituye una aplicación desarrollada a medida por el equipo de Tecnología Operacional que comprende desde la recopilación de variables de pozos, el almacenamiento en un modelo de datos diseñado específicamente para la aplicación, hasta su procesamiento para la generación de nueva información a partir de algoritmos especializados.

La integridad del pozo se refiere a la aplicación de medidas técnicas y operativas para garantizar que un pozo pueda realizar su función prevista de manera eficiente y segura durante todo su ciclo de vida. La expectativa fundamental es mantener constantemente dos envoltentes de barrera de pozo en óptimas condiciones para evitar incidentes de control de pozo.

Contexto y Necesidad

La pérdida de contención de un pozo puede darse durante la perforación, terminación, producción, reacondicionamiento, intervención o abandono. Es por ello que resulta vital contar con un Sistema de Gestión de Integridad de Pozos (WIMS), con la finalidad de evitar el flujo no intencional de fluidos desde el yacimiento hacia otra formación, el lecho marino o la superficie, para todo el ciclo de vida del activo.

Pan American Energy opera más de 6,200 pozos de O&G con presiones en boca de pozo que van desde 0 hasta 7,000 psi, en activos convencionales, no convencionales y offshore distribuidos en operaciones en el Golfo de México, activos de gas en Salta (NOA), desarrollos Shale en Vaca Muerta (Neuquén), y operaciones en Cerro Dragón (Chubut), el mayor campo petrolero de Argentina.

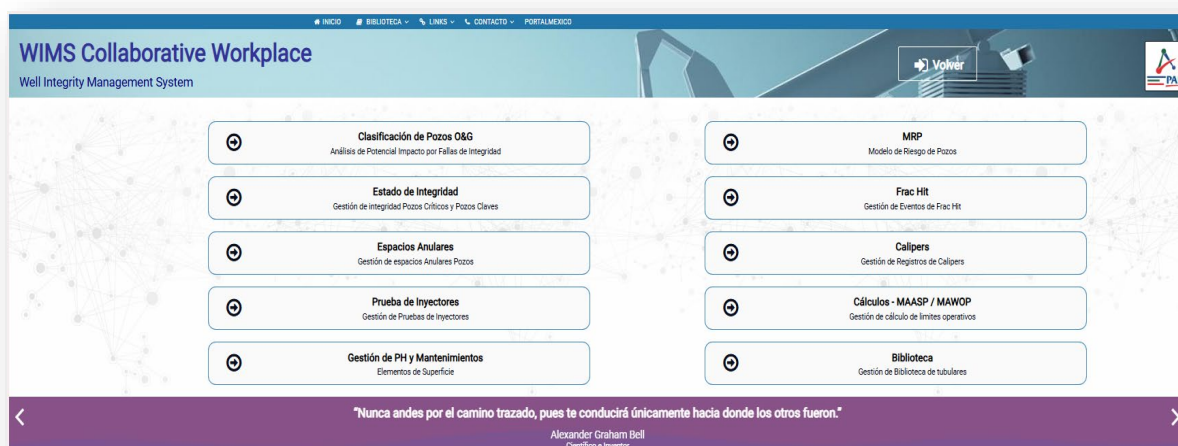
Arquitectura Tecnológica

La arquitectura del WIMS CWP se fundamenta en los siguientes pilares tecnológicos:

- Software a medida: Desarrollo personalizado según las necesidades específicas de la operación.
- Web API: Interfaces de programación que permiten la integración con múltiples sistemas.
- Experiencia e Interfaz de Usuario: Diseño centrado en el usuario para facilitar la adopción y uso efectivo.
- Metodología Ágil (Scrum): Desarrollo iterativo con feedback constante de usuarios y stakeholders.
- Arquitectura robusta y escalable: Infraestructura preparada para el crecimiento.
- Integración con IA: Exploración de tecnologías de Inteligencia Artificial Generativa para anticipar/detectar fallas.

Módulos del Sistema

El sistema integra nueve módulos funcionales que trabajan de manera sinérgica para proporcionar una visión holística y accionable del estado de integridad de la población completa de pozos. Cada módulo alimenta al Modelo de Riesgo de Pozo (MRP), que consolida toda la información para generar una estimación diaria de riesgo.



Clasificación de Pozos O&G

Este módulo permite clasificar los aproximadamente 6,200 pozos entre Críticos y No Críticos en base a condiciones operativas y potenciales impactos ambientales, en Seguridad de Procesos y/o downtime de producción.

Información que necesita:

- Condiciones operativas del pozo (presión, temperatura, tipo de producción)
- Ubicación geográfica y sensibilidad ambiental de la zona
- Potencial impacto en Seguridad de Procesos y downtime de producción

Información que provee:

- Categorización de pozos para optimizar recursos de monitoreo, inspecciones y pruebas
- Priorización de pozos con capacidad de generar alto impacto en personas, medio ambiente y reputación

Estado de Integridad

Proporciona un marco estandarizado para analizar el estado de las envolventes de barreras, componentes críticos y sistemas de seguridad, generando diagnósticos consistentes y comparables entre diferentes activos.

Información que necesita:

- Datos de estructura del pozo (casings, tubings, completaciones)
- Estado de cada elemento de barrera (WBE - Well Barrier Element)
- Resultados de inspecciones y pruebas previas

Información que provee:

- Registro y seguimiento del estado de integridad de envolventes de barrera primaria y secundaria
- Diagnósticos consistentes y comparables entre diferentes activos

Gestión de Espacios Anulares

Uno de los avances más significativos del sistema. Incorpora capacidades de detección y respuesta temprana para la gestión de presiones de espacios anulares mediante monitoreo por telemetría, siendo herramienta clave para el diagnóstico de integridad.

Información que necesita:

- Telemetría en tiempo real de presiones anulares (Anular 1, 2, 3)
- Presión de boca de pozo (WHP - Wellhead Pressure)
- Límites operativos MAASP y MAWOP calculados

Información que provee:

- Dashboard digital con estado de cada espacio anular y alarmas según límites operativos
- Clasificación: $< 80\%$ MAWOP (normal), $\geq 80\%$ MAWOP (alerta), $> 80\%$ MAASP (crítico/desfogue)
- Protocolos de investigación para determinar tipo de presión (térmica, migración de gas, comunicación)

Gestión de Pruebas de Hermeticidad (PH) y Mantenimientos

Transforma la planificación reactiva en estrategia proactiva basada en la condición real de los activos. Automatiza cronogramas de intervención, seguimiento de cumplimiento regulatorio y documentación de resultados para elementos de superficie.

Información que necesita:

- Reportes de pruebas de hermeticidad y mantenimientos (carga manual)
- Especificaciones técnicas de árboles y cabezales de producción

Información que provee:

- Registro, control y cumplimiento de mantenimientos/pruebas de elementos de barrera
- Cronogramas automatizados de engrase de válvulas y pruebas de funcionalidad

Cálculos MAASP/MAWOP

Estandariza bajo los códigos API-RP 90 e ISO 16530-1 el cálculo de las presiones límites operativas de cada espacio anular.

Definiciones clave:

- MAASP (Maximum Allowable Annular Surface Pressure): Límite máximo que si se supera puede causar falla mecánica o fracturar formación.
- MAWOP (Maximum Allowable Wellhead Operating Pressure): Límite operativo con márgenes de seguridad. Siempre menor a MAASP.

Información que necesita:

- Resistencias mecánicas de los distintos WBE y presiones de formación
- Presiones hidrostáticas de fluidos contenidos y datos de estructura del pozo

Información que provee:

- Cálculo y actualización dinámica de límites operativos por cada espacio anular

Calipers (Registros de Integridad de Tubulares)

Mantiene un historial detallado de degradación de material en componentes críticos como tubulares de producción y revestimientos, permitiendo predecir vida útil remanente y planificar intervenciones antes de fallas catastróficas.

Información que necesita:

- Registros de integridad de tubulares (caliper logs)
- Datos de corrosividad de fluidos (H₂S, CO₂) de análisis de laboratorio

Información que provee:

- Historial detallado de degradación por zonas y velocidad de corrosión
- Estimación de vida útil remanente de tubulares

Frac Hit

Módulo especializado para el seguimiento de pozos receptores de frac hit en formaciones no convencionales. Estas interferencias pueden alcanzar presiones de hasta 12,000 psi en desarrollos no convencionales de Argentina.

Información que necesita:

- Ubicación de pozos, distancias y cronograma de operaciones de fracturamiento
- Monitoreo en tiempo real de presiones en pozos receptores

Información que provee:

- Identificación de pozos en riesgo y monitoreo de indicadores tempranos

- Control de implementación del Proceso de Gerenciamiento de Riesgo por Frac Hit

Resultados obtenidos:

Indicador	Valor
Pozos Receptores Monitoreados	236
Pozos Impactados por Frac Hit	108
Pozos con Pérdida de Integridad por Frac Hit	0

Biblioteca de Tubulares

Gestiona la información técnica de referencia de los tubulares utilizados en los pozos, proporcionando datos estandarizados para los cálculos de integridad y parámetros de entrada para MAASP/MAWOP.

Modelo de Riesgo de Pozo (MRP)

El módulo central del sistema, que integra información de todos los módulos para entregar una estimación diaria de Riesgo de Pozo. Este modelo semicuantitativo considera probabilidad de falla y consecuencias potenciales en seguridad, impacto ambiental y pérdidas económicas.

Información que necesita:

- Datos consolidados de todos los módulos anteriores
- Condición de integridad de WBE de superficie y subsuelo
- Sensibilidad ambiental de la ubicación y datos de producción

Información que provee:

- Nivel de riesgo diario: Bajo, Medio, Significativo, Alto
- Riesgo de Superficie (impacto ambiental/seguridad) y Subsuelo (producción)
- Señales hacia equipos de Wells Integrity y Operaciones con acciones según nivel de riesgo

Flujo de Datos e Integración

Fuentes de Datos

WIMS CWP captura datos de diferentes fuentes para construir una visión integral:

Fuente	Sistema	Tipo de Datos
Base datos producción	Zafiro	Presiones, caudales, WHP
Base datos estructura	OpenWells	Eventos, casings, tubings
Registros integridad	PAE/Wirelines	Caliper logs, CBL
Telemetría campo	SCADA/RTU	Presiones tiempo real
Análisis laboratorio	SAP	H2S, CO2

Conexión con Otras Aplicaciones

- Digital SOR: Plataforma para definición de requerimientos de diseño de pozos nuevos.
- DWHO (Digital Well Handover): Sistema de transferencia digital de pozos entre sectores.
- GIS: Visualización espacial de pozos y sus riesgos.
- Power BI: Tableros de gestión disponibles para seguimiento de indicadores.

Beneficios de WIMS Collaborative Workplace

Beneficios Operacionales

- Reducción de tiempos de inactividad no planificados: Abordar proactivamente posibles fallos minimiza paradas inesperadas.
- Optimización de costos: Inspección basada en riesgo reduce actividades de mantenimiento innecesarias.
- Mejor asignación de recursos: Concentración en pozos de alto riesgo.
- Intervalos de inspección extendidos: Evaluación de riesgo real permite alargar intervalos en pozos de bajo riesgo.

Beneficios en Seguridad

- Prevención de incidentes de control de pozo: Detección temprana de anomalías permite actuar antes de escalamiento.
- Cero pérdidas de integridad por Frac Hit: 0 pérdidas de integridad en 108 pozos impactados monitoreados.
- Reducción de eventos de well control: Tendencia decreciente en incidentes desde 2022.

Beneficios Estratégicos

- Comunicación actualizada y transparente: Toda la organización tiene acceso a información de riesgos actualizada.
- Gestión por excepción: Centrada en aspectos más críticos, fundamental con recursos limitados.
- Aplicación sistémica de estándares: API-RP 90, ISO 16530 aplicados de manera consistente.

Conclusiones

La implementación del ecosistema digital integrado por DSOR, DWHO y WIMS CWP representa un cambio de paradigma en la gestión del ciclo de vida de los pozos, marcando la transición de procesos manuales y fragmentados hacia una operación basada en datos, trazabilidad y colaboración en tiempo real. Este trabajo ha demostrado que la digitalización no es meramente una actualización tecnológica, sino una estrategia fundamental para garantizar la integridad de los activos y la excelencia operativa.

En primer lugar, la adopción del Digital Statement of Requirement (DSOR) ha permitido estandarizar la identidad técnica de los proyectos desde su concepción, asegurando diseños Fit for Purpose y eliminando las ambigüedades que históricamente derivaban en ineficiencias de costos o riesgos de seguridad. Al establecer un "contrato técnico" digital y colaborativo, se mitiga la incertidumbre geológica y de ingeniería antes de iniciar la perforación.

En segundo lugar, la plataforma Digital Well Handover (DWHO) ha resuelto la crítica problemática de la transferencia de custodia. Al reducir los tiempos de gestión de 90 a 5 minutos y asegurar el cumplimiento de la norma ISO 16530-2, la herramienta no solo ha generado ahorros operativos significativos, sino que ha garantizado que la responsabilidad se transfiera junto con la información precisa y validada. La automatización de la captura de datos desde sistemas corporativos elimina el error humano y asegura la continuidad de la información entre fases operativas.

Finalmente, la integración con el WIMS Collaborative Workplace (CWP) cierra el ciclo mediante una vigilancia perpetua y proactiva de la salud del pozo. La capacidad de monitorear variables críticas en tiempo real, calcular límites operativos (MAASP/MAWOP) dinámicamente y gestionar riesgos complejos como los Frac Hits con una tasa de éxito del 100% en la preservación de la integridad, valida la eficacia del modelo. La centralización de más de 6,200 pozos en un Modelo de Riesgo (MRP) unificado permite a la organización pasar de una gestión reactiva a una gestión por excepción, optimizando recursos y focalizando esfuerzos en los activos que realmente lo requieren.

En definitiva, la sinergia entre estas tres plataformas constituye un activo intelectual y operativo invaluable. Se ha logrado dismantelar los silos de información, democratizar el acceso a datos críticos y establecer una cultura de seguridad de procesos robusta. Este ecosistema demuestra que la integración de metodologías ágiles, interoperabilidad de sistemas y un enfoque centrado en el usuario son las claves para enfrentar los desafíos de eficiencia y seguridad en la industria petrolera moderna.

Referencias Normativas

- API-RP 90: Annular Casing Pressure Management
- ISO 16530-1: Well Integrity - Part 1: Lifecycle governance
- ISO 16530-2: Well Integrity - Part 2: Well Integrity for the Operational Phase
- API-581: Risk Based Inspection
- API RP 754: Process Safety Performance Indicators

Título:

Ingeniero en sistemas de UCEMA (Buenos Aires)

Trayectoria: Cuenta con una experiencia integral de 30 años que une dos mundos: la tecnología de la información y la operación de yacimientos hidrocarburíferos. Lleva 19 años desempeñándose en PAE. Se desempeñó en DDDR, Gestión del Conocimiento y RRHH, donde diseñó e implementó las escuelas técnicas del ELC. Se desempeñó como Especialista en Integridad de Pozos. Hoy capitaliza su background informático y operativo para diseñar herramientas tecnológicas que optimizan la seguridad de procesos y la salud de los activos.

Cargo Actual: Asset Health & Planning Engineer

Título: Ingeniero Petrolero-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Trayectoria: Ingeniero Petrolero egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con más de 15 años de experiencia en las áreas de ingeniería de producción e integridad de pozos, desempeñando actualmente la posición de Ingeniero Sr en Integridad de Pozos en la gerencia de Integrity COE para los campos petroleros de México y Argentina operados por PAE.

Cargo Actual: Sr. Engineer Well Integrity