

Récords en la construcción de pozos en aguas someras campo Yaxché

Gustavo Javier García Méndez

Protexa-PMM-Profluidos

Raúl Flores López

PEP

Ignacio Ramírez Martínez

Protexa-PMM

Artículo recibido en junio 2023-evaluado, aceptado y corregido en febrero de 2024

Resumen

Este trabajo presenta los resultados obtenidos de la optimización en el diseño y actividades de perforación y terminación que se ejecutaron en 9 pozos de alto ángulo y horizontales desde la estructura Yaxché Charly (Yaxché C), con el propósito de cumplir con los programas de producción comprometidos con la Dirección General de Pemex Exploración y Producción (PEP), el Programa Operativo Anual, El Plan de Negocios de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios, así como con la Estrategia Nacional de Energía.

Se contempla la descripción estructural de las arenas productoras a nivel Mioceno en la estructura Yaxché C, optimización de la geomecánica basada en el conocimiento de la geofísica y geología, la evolución de los estados mecánicos aplicando la metodología Visualización, Conceptualización, Diseño, Seguimiento y Evaluación (VCDSE) al diseño de perforación y terminación, así como las acciones claves involucradas para el buen desempeño en la construcción de los pozos.

El diseño mecánico del pozo tipo originalmente solicitado en el contrato constaba de 6 etapas, inclinación máxima: 78°, profundidad: 4,154 metros desarrollados, 953 m de desplazamiento, al ser optimizado se redujo a **cuatro etapas** con pozos horizontales y de alto ángulo, obtenido algunos de los siguientes récords en la construcción de pozos 23.08 días de perforación, índice de construcción (ICO) de 216 m/día, ritmo de penetración de 182 m/hr.

Palabras clave: Optimización, diseño, ángulo alto, horizontales, Yaxché, geofísica, geología, geomecánica, VCDSE, etapas, registros, días de perforación, tasa de construcción, tasa de penetración.

Records in the construction of wells in shallow water Yaxché field

Abstract

This work presents the results obtained from the optimization in the design and drilling and completion activities that were executed in 9 high-angle and horizontal wells from the Yaxché Charly (Yaxché C) structure, with the purpose of complying with the committed production programs with the General Director of Pemex Exploration & Production (PEP), the Annual Operational Program, the Business Plan of Petróleos Mexicanos and its Subsidiary Organizations, as well as with the National Energy Strategy.

The structural description of the producing sands at the Miocene level in the Yaxché C structure is contemplated, optimization of the geomechanics based on the knowledge of geophysics and geology, the evolution of the mechanical states applying the Visualization, Conceptualization, Design, Monitoring and Evaluation methodology. (VCDSE) to the design of drilling and completion, as well as the key actions involved for good performance in the construction of the wells.

The mechanical design of the type well originally requested in the contract consisted of 6 stages, maximum inclination: 78°, depth: 4,154 meters developed, 953 m displacement, when optimized it was reduced to four stages with horizontal and high angle wells, obtained some of the next records in well construction 23.08 days of drilling, construction index (ICO) of 216 m/day, penetration rate of 182 m/hr.

Keywords: Optimization, design, high angle, horizontals, Yaxché, geophysics, geology, geomechanics, VCDSE, stages, records, drilling days, construction rate, penetration rate.

Introducción

Por medio de un esquema de contrato integral se diseñaron y ejecutaron en 15 meses, 9 perforaciones y terminaciones de pozos de desarrollo horizontales y de alto ángulo desde la estructura Yaxché C para explotar las arenas certificadas del Mioceno Superior, con la plataforma autoelevable (PAE) HYSY 936, logrando récords en diferentes indicadores de perforación y terminación en el campo.

Se presenta la situación técnica original/previa al inicio del diseño y ejecución de los pozos, con información de geología, geofísica, geomecánica, diseño de perforación y terminación con los tiempos realizados, estados mecánicos ejecutados.

Se describen las actividades previas que se realizaron y que fueron el sustento para el diseño y ejecución de los trabajos con la información recopilada; se describen las acciones realizadas durante el diseño y ejecución; durante el proceso de ejecución se aplicó la metodología de la mejora continua, orientada hacia la optimización de los estados mecánicos.

Se muestra la comparativa de los tiempos de ejecución de perforación y de terminación ejecutados en el proyecto vs los anteriores del campo, principalmente en la estructura Yaxché A.

Se presentan los diferentes récords obtenidos, resultado de lo implementado, como son tiempos de perforación y terminación, reducción de NPT's, NPTI's e ICO; así mismo, se muestran diversos aspectos relevantes que también

se obtuvieron durante el desarrollo del proyecto en estos nueve pozos.

Planeación

Actividades previas

Al inicio del proyecto, como lo define la metodología VCDSE, se monitorea y recopila toda la información existente, donde Pemex compartió conocimientos muy importantes en las áreas de geociencias (sísmica), diseños de perforación y terminación, así como sus lecciones aprendidas en el Campo Yaxché a nivel Cenozoico; esta curva de aprendizaje fue vital para poder implementar las mejoras continuas a los diseños de perforación, terminación y ejecución efectiva durante la construcción de los pozos, y todo el desarrollo del proyecto.

Ubicación geográfica

El campo Yaxché se encuentra en el Golfo de México, frente a las costas de Tabasco, en tirantes de agua promedio de 21 m, **Figura 1**.

El bloque C fue descubierto en 1991, con la perforación del pozo Yaxché 1DL, que encontró hidrocarburos de 27° API. Se localiza a 13 km al NW de la Terminal Marítima Dos Bocas. La columna geológica de los pozos perforados, se encontraron presentes las rocas desde el Pleistoceno Reciente al Mioceno Superior.

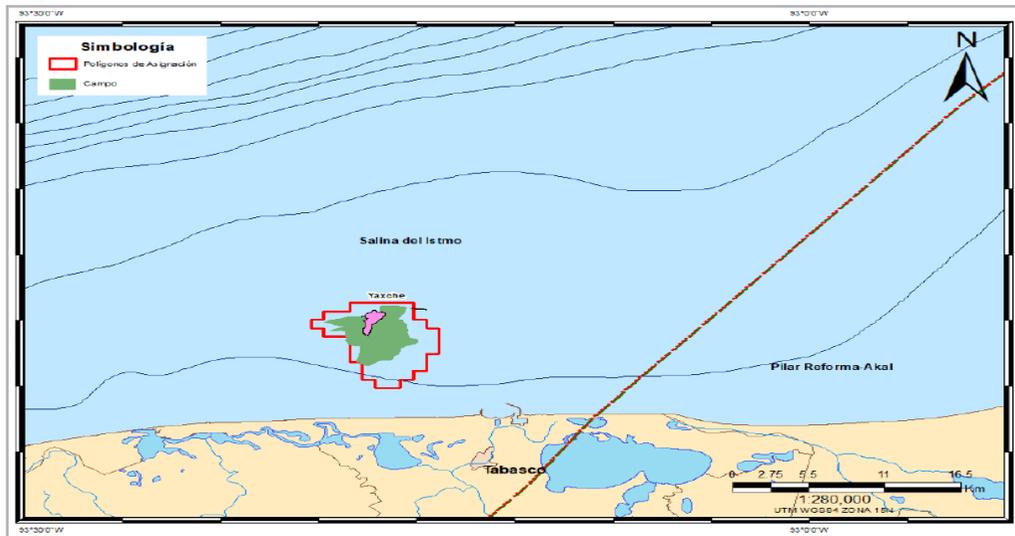


Figura 1. Ubicación geográfica del campo Yaxché.

Modelo estructural

Estructuralmente las areniscas del Mioceno Superior son: MS_100 (D), MS_120 (C Sup), MS_130 (C Inf), MS_140 (B), MS_150 (A Sup) y MS-160 (A Inf.); la parte más alta se encuentra hacia la porción sur del campo. El bloque estructural en donde se ubican los pozos perforados, está

limitado al oeste por una falla normal, con dirección NE-SW; al norte presenta una intrusión salina en la parte más baja de la estructura, al este está limitado por una falla normal con echado hacia la misma dirección; la parte sur del bloque, lo limita una falla normal con echado hacia la misma dirección, **Figura 2**.

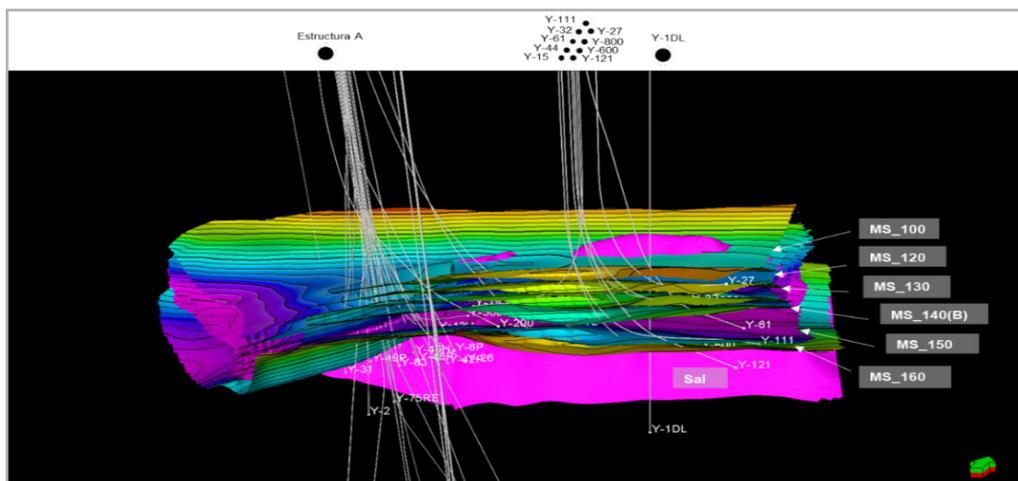


Figura 2. Modelo estructural del campo Yaxché.

Estratigrafía

El campo Yaxché a nivel Terciario, cuenta con seis (6) yacimientos de edad Mioceno Superior en la subdivisión MS-100 hasta la MS-160, los cuales están conformadas por una secuencia de cuerpos potentes de areniscas, separados por estratos relativamente delgados de lutitas intercalados de forma irregular.

Modelos geomecánicos

Personal de geomecánica del grupo multidisciplinario VCDSE de PEP, compartió diferente información muy importante para el inicio del desarrollo de los modelos geomecánicos y de estabilidad de pozos, la estructura Yaxché C, teniendo como base los modelos post perforación de los pozos de correlación, **Figura 3**.

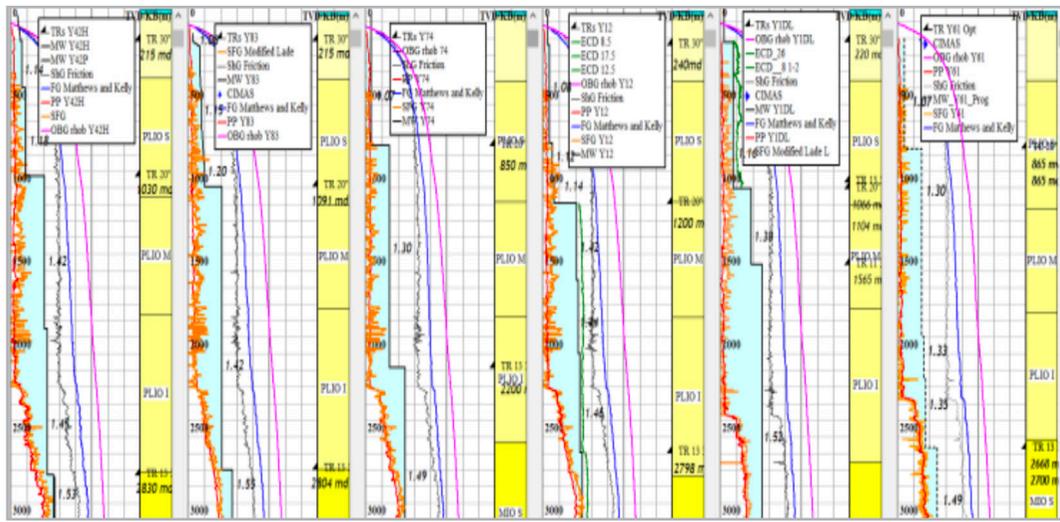


Figura 3. Modelos geomecánicos de pozos de correlación.

La problemática importante y de recurrencia que se tenía eran pegaduras por presión diferencial durante la perforación y/o durante la introducción de las tuberías de revestimiento, así como problemas operativos por los asentamientos de tuberías de revestimiento en diferentes zonas.

Tiempos de perforación y terminación históricos

Los tiempos de perforación y de terminación de incluyen en las **Figuras 4 y 5**.

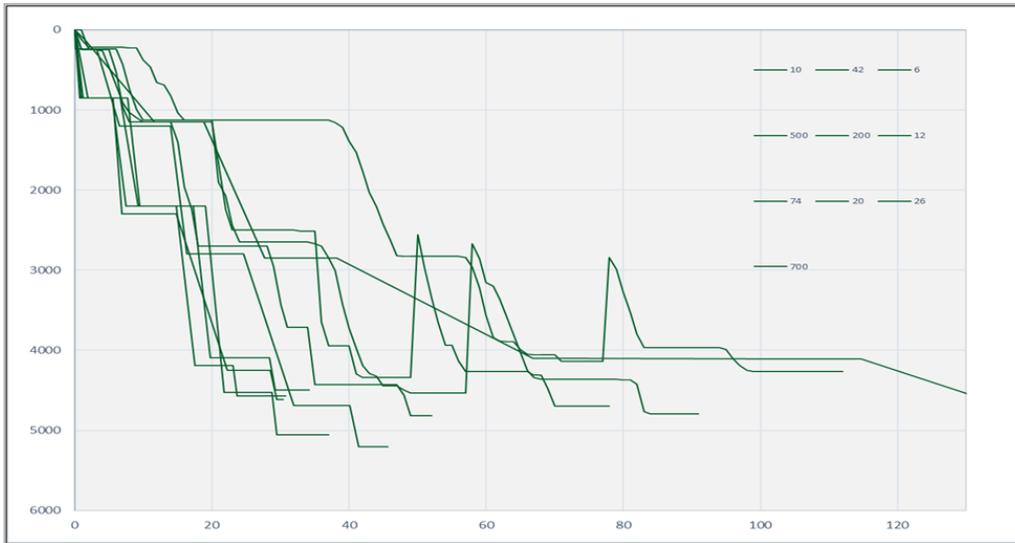


Figura 4. Tiempos de perforación campo Yaché A.

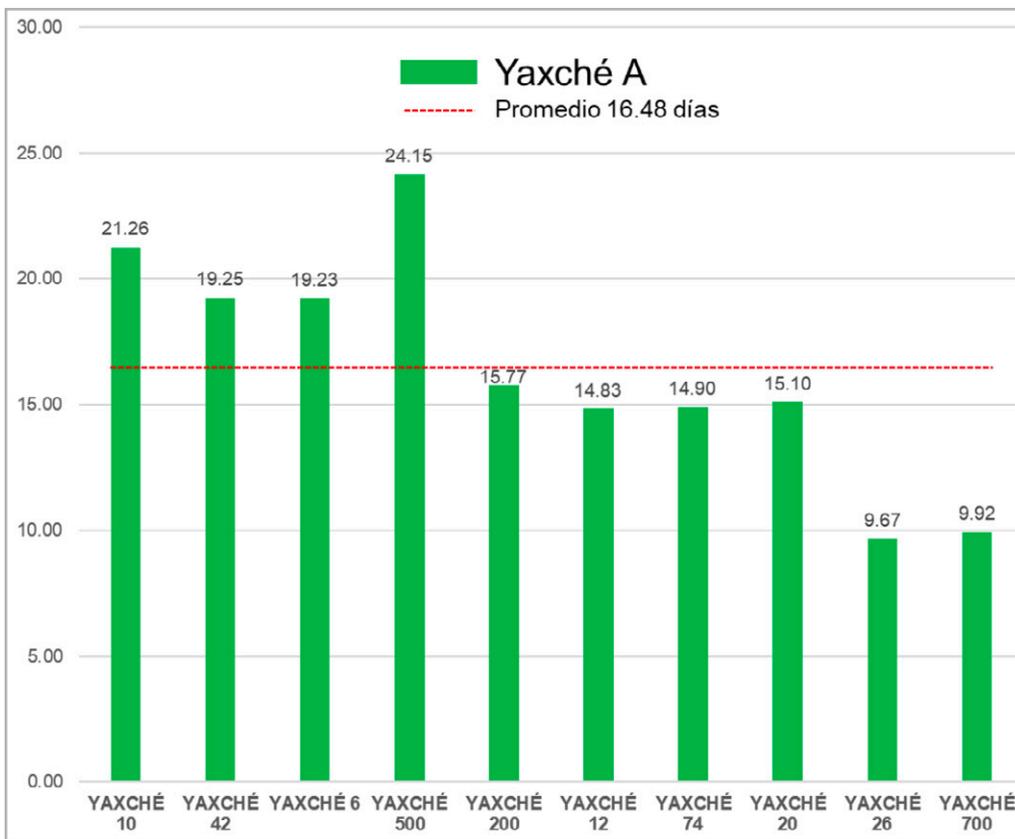


Figura 5. Tiempos de terminación campo Yaché A.

Estado mecánico del pozo tipo

El estado mecánico del pozo originalmente solicitado, constaba de 5 etapas y un agujero piloto. La profundidad programada para este pozo era de 4,154 md/ 3,655.25 mv, ángulo máximo: 78°, desplazamiento: 953.49 m, Dog

Leg (DL): 4°/30m, terminación sencilla con aparejo 3 ½", con accesorios: Válvula de Tormenta (VT), 4 mandriles de bombeo neumático (BN), camisa de circulación, mandril de inyección y porta sensor presión (P) y Temperatura (T), y tope No-Go, **Figura 6**.

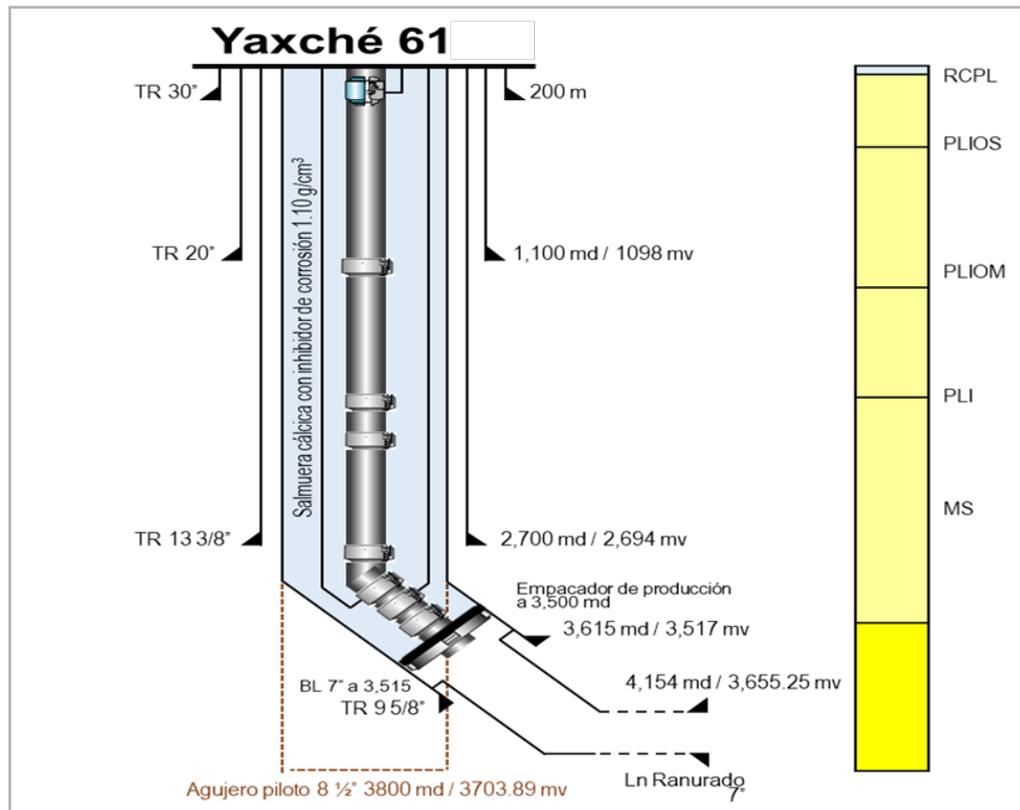


Figura 6. Estado mecánico pozo inicial, según ingeniería de referencia (IR).

Ejecución del proyecto

Control geológico de pozos

El seguimiento geológico de pozos de alto ángulo y horizontales, necesita de un gran sustento de información técnica geológica del campo y de pozos de correlación; analizando la información de geociencias en el área circundante a la localización, se define el espesor y la unidad litológica donde geonavegará el pozo, para este caso la mejor zona y en la cual producen la mayor parte de los pozos del campo son las unidades litológicas MS-120,

MS-130, MS-140, MS-150 y MS-160, posicionándolo en la mejor calidad de roca, mediante el seguimiento geológico interactivo planificado para la construcción de pozos, que combina tecnología y personas, para entregar pozos ubicados de manera óptima en un entorno geológico determinado para maximizar su rendimiento de producción en tiempo real, empleando las herramientas GR en barrena, MWD/LWD y registros de resistividad azimutales de geonavegación con radio de investigación somero y ultraprofundo, para mitigar todos los riesgos que implica la perforación de un pozo de alto ángulo (horizontal estratigráfico) y horizontal (Inclinación > 80°).

Análisis de la presión de poro en tiempo real geomecánico

Durante las operaciones de perforación de los pozos de correlación, se han identificado secciones del yacimiento aisladas o no comunicadas, con presiones originales o diferentes a las esperadas, por lo cual la caracterización de la magnitud de la presión de formación en diferentes unidades (MS_100-MS_160) del campo Yaxché tienen incertidumbre.

El análisis de la presión de poro en tiempo real fue un punto clave para ejecutar de forma segura y sin problemas las operaciones de perforación. Con la integración de la información y estudios especializados de geociencias en tiempo real, se obtienen los resultados siguientes:

- Interpretación sísmica estructural 3D
- Correlaciones estructurales y estratigráficas
- Evaluación litológica
- Registro de hidrocarburos
- Registros LWD, MWD, PWD, RMN
- Análisis de declinación de la presión por producción de pozos de correlación
- Pruebas MDT

Así como datos de la condición de perforación:

- Parámetros de perforación, reportes de fluidos de perforación y eventos de perforación y pozos de correlación.

Se evaluó la presión de formación, obteniendo diferencias de hasta 27.3% entre la magnitud de la presión de poro programada vs real.

Al definir la magnitud de la presión de formación en tiempo real fue posible determinar: un límite mínimo para la densidad del lodo que permitiera mantener el control del pozo y evitar problemas de injlujos.

Estimar un rango superior para la densidad del lodo, permitiendo así optimizar la presión diferencial en el agujero y evitar eventos de atrapamiento por presión diferencial de la sarta durante la perforación y/o introducción del liner.

El desarrollo del campo Yaxché C se llevó a cabo con la perforación de nueve pozos, todos ellos posicionados en arenas en proceso de explotación, es decir, con presión de poro diferente a la original. Con el análisis de la presión de poro en tiempo real se desarrollaron las operaciones de perforación de forma controlada y segura, eliminando el evento de pega por presión diferencial, el cual fue un problema muy común en el desarrollo de Yaxché A.

Evaluación del diferencial de presión en la etapa de yacimiento del pozo N.2 del proyecto Yaxché C. Con base a los escenarios de presión de poro y la de presión diferencial máxima permitida (500 psi), se establecieron densidades óptimas para una perforación controlada y con riesgo mínimo de pega por presión diferencial, **Figura 7**.

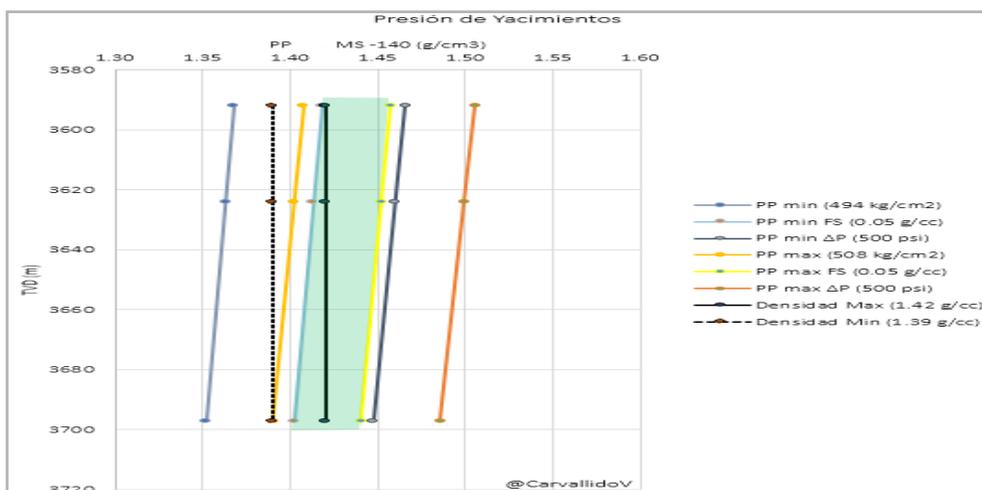


Figura 7. Evaluación del diferencial de presión en la etapa del yacimiento.

Actualización del modelo de estabilidad mecánica de pozos de alto ángulo y horizontales en formaciones depresionadas.

Con base en la información de geociencias e ingeniería de perforación, se actualizó el modelado de estabilidad mecánica en tiempo real, permitiendo optimizar la densidad del lodo para la perforación de las diferentes arenas productoras del campo Yaxché C.

La actualización del estudio se pudo definir en la forma siguiente:

- Profundidades adecuadas de asentamiento para aislar zonas de diferentes gradientes de presión, y evitar problemas de inestabilidad del agujero.
- Una perforación totalmente estable en pozos con una inclinación de hasta 94.2°.

- Aseguramiento de la introducción de los liners en el fondo del pozo.

La optimización de la densidad del lodo se comparó respecto a los valores programados, obteniendo diferencias de hasta 14.8%, reduciendo este valor a 0%, ya que, durante la perforación de 9 pozos de alto ángulo y horizontales, no se presentaron problemas de inestabilidad mecánica.

Optimización de los estados mecánicos

La selección de las profundidades de asentamiento de los proyectos pozo, se realizó con base en el análisis e integración de la información sísmica – estructural, litológica y geomecánica, complementada con datos reales derivados de los eventos ocurridos durante la perforación de los pozos de correlación del campo, **Figura 8**.

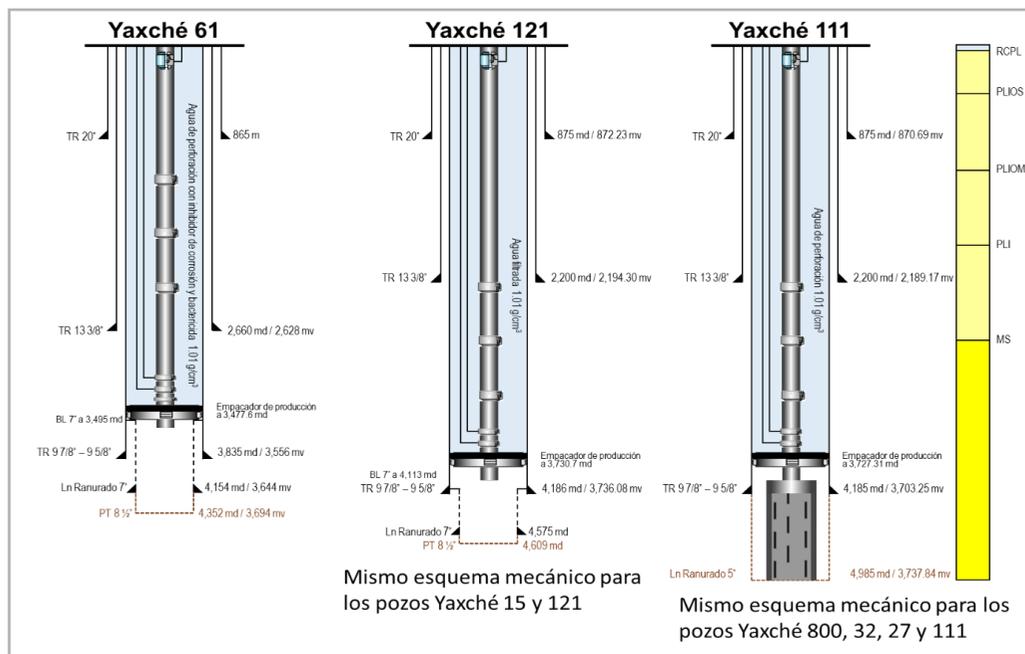


Figura 8. Optimización de los estados mecánicos.

Desde la planeación se evaluaron los elementos del diseño de perforación, asentamientos de TR's, cementaciones, direccional, tuberías de revestimiento, análisis de suaveo y surgencia, evaluación de los parámetros máximos disponibles en la plataforma, obteniendo una mejora considerable en tiempos del campo.

Empleando los estudios y optimización de Pemex respecto al efecto vending, se definió la utilización de la tubería de revestimiento de 20" como conductor.

En la parte de terminación de pozos se diseñó y utilizó aparejo de producción integral donde se logró la reducción en tiempos de terminación de 14.67 a 12 días, en los 4 primeros pozos; en los cinco pozos restantes con la introducción del liner ranurado de producción de 5" como cola en el empacador, se contribuyó en la reducción de tiempos de perforación. Con el arreglo de la introducción del aparejo en dos viajes y liner como cola, se logró una reducción de 16 a 11.81 días en los tiempos de terminación. Cabe mencionar que la eliminación de la camisa de circulación en la introducción del aparejo definitivo en dos viajes, permitió el ahorro del viaje con TF para su cierre.

Estrategias que impactaron en el desempeño exitoso del proyecto

Para la ejecución del proyecto en las perforaciones y terminaciones de los nueve pozos se realizó la aplicación de las estrategias siguientes:

1. Planeación y diseño con base en la aplicación de la metodología VCDSE
 - a. Se aplicó la metodología VCDSE integrando un equipo multidisciplinario especializado con pares técnicos de PMM, compañías de servicio y de Pemex.
 - b. Análisis, diagnóstico y realización de los diferentes modelos geomecánicos para el programa de perforación y terminación del proyecto pozo.
 - c. Evaluación de las correlaciones de pozo, sísmicas, así como la estratigrafía del área para dar consistencia a los modelos geológicos desde el punto de vista regional y local; mitigando la incertidumbre de estos modelos.
 - d. Se definió y trabajó con diferenciales de presión de máximo 500 psi erradicando problemática de pegaduras por presión diferencial.
- e. Análisis y optimización del modelo geomecánico para obtener las densidades de lodo idóneas y así erradicar las pegaduras por presión diferencial en las zonas productoras en operaciones de perforación e introducción de las tuberías de revestimiento.
- f. Se logró optimizar el desempeño del campo calibrando el modelo geomecánico con toma de puntos de presión usando registro MDT.
- g. Análisis y definición del modelo geomecánico para el asentamiento de las tuberías de revestimiento en la base de las lutitas al entrar en la zona productora.
- h. Con base en el análisis de las cargas del tubo conductor de 20" bajo el efecto bending, se eliminó la etapa del conductor de 30".
- i. Análisis y definición de los premodelos de geonavegación, con el objetivo de maximizar el contacto con la formación y aumento de la producción.
- j. Optimización del diseño de cementaciones de dos secciones a una sola operación, evitando la colocación de anillo de cemento en la etapa de 9 5/8".
- k. Se diseñó la aplicación de aparejos de producción integrales en un solo viaje para la reducción de tiempos.
- l. Reducción de tiempos de perforación metiendo liner ranurado de producción en las actividades de terminación.
- m. Para erradicar la pegadura por presión diferencial en la introducción del liner ranurado de 7", se cambió a liner ranurado de 5 1/2".
- n. Evaluación de trayectorias direccional reduciendo trabajos con motor de fondo a nivel superficial, permitiendo la reducción de tiempos.
- o. Control de calidad de los programas de perforación y terminación por parte de Pemex y realizando la perforación y terminación en papel.
2. Definición técnica y económica de proveedores y contratistas
 - a. Identificación a nivel nacional e internacional el mercado petrolero de los equipos, materiales y servicios.
 - b. Se difundió con los diferentes proveedores y contratistas el alcance del proyecto para la realización de sus propuestas técnicas.

3. Realización de requisiciones en tiempo y forma de equipos, materiales y servicios en apego a los programas de perforación y terminación autorizados y en cumplimiento a todas las normas técnicas y el control de los mismos desde la manufactura, logística y operación, por medio de certificaciones, inspecciones y pruebas.
4. Control de calidad de los equipos, materiales y servicios mediante:
 - a. Aplicación de las normas y procedimientos de diseño y operación que aseguraron el incremento de la eficiencia operativa.
 - b. Reuniones semanales para el monitoreo, entrega y análisis de certificados de calidad.
5. Logística de personal y equipo, materiales y servicios, enviando por anticipado las herramientas y personal, así como el uso de embarcaciones tipo spot.
6. Prácticas operativas
 - a. Continuidad del personal operativo durante la ejecución del proyecto.
 - b. Monitoreo de parámetros en tiempo real durante la perforación para el seguimiento, control y prevención oportuna de acontecimientos no deseados y base para la toma de decisiones oportunas.
 - c. Aplicación de la filosofía High Energy que consiste en la aplicación de los máximos parámetros permitidos de perforación, cambios de etapa.
 - d. Operaciones simultáneas para reducción de tiempos que no implicaban riesgos.
 - e. Armado y pruebas anticipadas de herramientas direccionales en el taller del proveedor y medio árbol de válvulas en cantiléver.
 - f. La utilización de herramienta Gyro While Drilling (GWD) en la primera etapa, ayudó a la reducción de tiempos y riesgo de colisión, además del uso de dos equipos de flotación (barreras) para asegurar una buena cementación.
 - g. Comunicación asertiva y trabajo multidisciplinario en las reuniones de cambio de etapa, así como la toma óptima de decisiones en tiempo real, con los especialistas del proyecto.
 - h. Introducción de liner ranurado durante las actividades del anclaje de empacador de producción.
7. Evaluación técnica de pozos terminados documentando las mejores prácticas y definiendo el modelo de mejora continua.
8. Generación de sinergia de trabajo en equipo entre las diferentes áreas de Pemex, compañías de servicios y PMM que contribuyeron la mejora del desempeño y éxito del proyecto.

Todas las estrategias mencionadas fueron esenciales, realizadas de forma integral desde la planeación, diseño, programación, compras, logística, operación, evaluación en un ciclo de mejora continua, y con el apoyo importante del personal técnico de Pemex.

Desempeño del proyecto

Comparativa de los tiempos de perforación y terminación realizados en los nueve pozos de la estructura Yaxché C.

Se obtuvo una reducción en tiempos desde el primer pozo Yaxché 61 realizado en 56.5 días, al último pozo Yaxché 111 realizado en 23.38 días, alcanzando una mejora del 58% en la estructura Yaxché C., **Figura 9**.

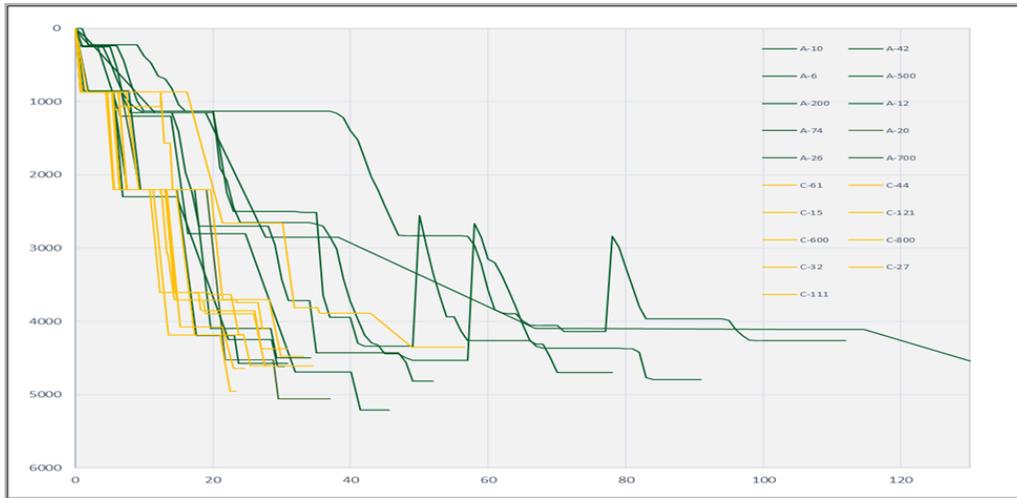


Figura 9. Tiempos de perforación campo Yaxché.

También se terminaron los nueve pozos del campo Yaxché estructura C. La **Figura 10** muestra la comparativa de tiempos de la estructura A vs C, donde se observa la disminución importante, obteniéndose como promedio en la estructura A 16.48 días y en la C 13.50 días.

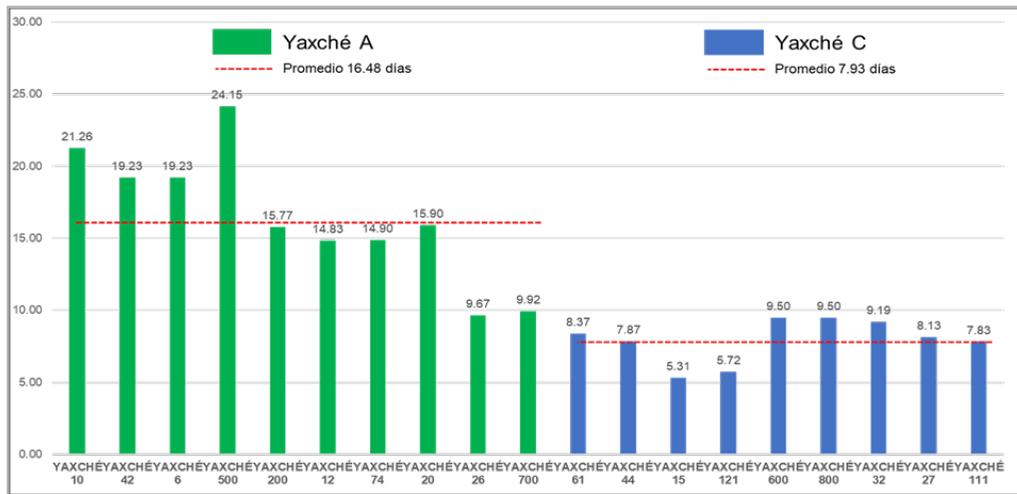


Figura 10. Tiempos de terminación Yaxché A vs C.

Lo anterior permitió alcanzar un desempeño muy relevante, generando diferentes récords del Campo Yaxché durante la construcción de los nueve pozos, que son:

Récords obtenidos

Se superó el récord de perforación en el campo Yaxché con el pozo horizontal Yaxché 111, al perforar 4,985 metros en 23.08 días; así mismo se obtuvieron récords de barrenas (ROP) de las cuatro etapas; adicionalmente se erradicó la pérdida de lodo (850 m³).

Se superó el índice de construcción al 2.4 veces más que el requerimiento del contrato, reducción de los tiempos de introducción de aparejos de producción integrales y de dos viajes, se minimizó el índice de incertidumbre de la columna geológica y del modelo geomecánico, se redujo el tiempo de terminación básica con aparejo integral 1.5 veces y con aparejo de dos viajes a 1.34 veces.

- ✓ Se logró la optimización de los tiempos limpios, iniciando con 46.89 días en el primer pozo, hasta el último con 23.08 días, logrando un 51% en la reducción de tiempo.
- ✓ Se logró la reducción en los NPT's durante la perforación del 37.13 % en el primer pozo a 0.003 % en el último pozo.
- ✓ Se logró incrementar la eficiencia en la ejecución durante la perforación, al disminuir un 28% los NPTI's en el último pozo.
- ✓ Se logró en el último pozo un incremento en el índice de construcción de 164 m/día programado a 216 m/día ejecutado, obteniendo un desempeño del 131.63 %.
- ✓ Se logró reducir el tiempo de terminación básica en el campo Yaxché C en los primeros cuatro pozos, con aparejo integral de 8.41 días programados a 5.32 días reales y los últimos 5 pozos con aparejo de dos viajes y liner ranurado, en la terminación de 10.5 días programados a 7.83 días reales.

Así mismo la inercia de los trabajos diseñados y realizados generaron diferentes aspectos relevantes en el campo Yaxché durante la construcción de los pozos y son:

- ✓ Se obtuvo una reducción del índice de incertidumbre de la columna geológica del 25% al 0%.
- ✓ Se redujo la incertidumbre de los modelos geomecánicos del 35% al 0% con respecto a la presión del yacimiento de la arena productora MS-160.
- ✓ Se redujo la incertidumbre en la arena MS-160 de la densidad de lodo en la etapa del yacimiento del 25%

al 0%, con la integración de la información en tiempo real para la actualización del modelo de estabilidad mecánica para pozos de alto ángulo y horizontales.

- ✓ Se geonavegó un total de 6,667 m; la longitud máxima fue de 814 md dentro del yacimiento, en un espesor de 16 mv.
- ✓ Se logró erradicar las problemáticas relacionadas a pegas por presión diferencial e influjos durante la perforación, introduciendo tuberías de revestimiento, con el ajuste de geomecánica en tiempo real y análisis de diseño.
- ✓ Se implementó en esta estructura Yaxché C el corte de núcleo en la arena objetivo en pozos de alto ángulo (76.5°) y formaciones poco consolidadas, obteniendo en cuatro corridas una recuperación del 95%.
- ✓ Se logró la introducción de 5,042 m de liner ranurado de 7" y 5" en agujero descubierto, de los cuales se introdujeron 2,818 m de 5" como cola del empacador.

Conclusiones

Contar con información técnica oportuna proporcionada por personal especializado de Pemex, fue vital para el éxito en el desempeño en la construcción de los nueve pozos en la estructura Yaxché C.

La base del logro de los resultados se debió a la planeación y optimización del diseño de los pozos bajo la metodología VCDSE, programación efectiva de la logística de equipos, materiales, servicios (EMS) y personal, la aplicación efectiva de mejores prácticas operativas, así como el aprovechamiento de la curva de aprendizaje de los pozos anteriores, erradicando problemáticas existentes en el campo.

Se obtuvieron reducciones de tiempos en la ejecución con la optimización de la logística en el número de viajes para personal y equipos, así mismo, con la realización de operaciones simultaneas durante las etapas de perforación y terminación, así como, el prearmado de herramientas previo al envío a la localización.

El seguimiento oportuno y eficiente de las operaciones en tiempo real durante la ejecución conjuntamente con el monitoreo de los KPI's, permitió la toma de decisiones idóneas para la erradicación de problemas históricos de pegadura por presión diferencial y pérdida de fluidos, logrando la reducción de tiempos de perforación y terminación.

Una parte importante para la optimización continua de la planeación y operación, fue la aplicación del proceso de mejora continua durante todo el proyecto.

Se observó que la contratación en esquema integral es muy aceptable y eficiente, generando una inercia de trabajo en equipo optimizando todos los procesos.

Nomenclatura

API.	American Petroleum Institute
BN.	Bombeo Neumático
DL.	Dog Leg (Pata de perro)
FIT.	Formation Integrity Test (Prueba de integridad de la formación)
GWD.	Gyro While Drilling
KPI's.	Key Performance Indicators (Indicadores clave de desempeño)
LOT.	Leak Off Test (Prueba de admisión)
LWD.	Logging While Drilling
Md.	Metros desarrollados
MDT.	Modular Formation Dynamics Tester (Probador de formación)
MS.	Mioceno Superior
Mv.	Metros verticales
MWD.	Measurement While Drilling
P.	Presión
PEMEX.	Petróleos Mexicanos
PMM.	Perforaciones Marítimas Mexicanas
PWD.	Pressure While Drilling
NPT's.	Non productive time (tiempos no productivos)
NPTI's.	Non productive time invisible (Tiempos no productivos invisibles)
T.	Temperatura
TF.	Tubería Flexible
VT.	Válvula de tormenta

Agradecimientos

A la dirección de la división energía Grupo Protexa, a los diversos departamentos de perforaciones marítimas mexicanas involucrados en la ejecución del proyecto, por el esfuerzo, dedicación y compromiso que desempeñaron en cada una de las actividades para la obtención de estos resultados y logros.

A las diferentes áreas de Petróleos Mexicanos, como Grupo Multidisciplinario de Intervenciones a Pozos GMIP-APLT, Gerencia de Ingeniería e Intervenciones a Pozos de Explotación Terrestre GIIPET, Gerencia de Ejecución y Seguimiento de Pozos de Desarrollo, por su gran apertura en la aportación de información, conocimiento y disposición en transmitir las lecciones aprendidas en los pozos ya realizados.

Referencias

Agencia de Seguridad Energía y Ambiente (ASEA).

Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH).

Informes finales geológicos pozos del campo Yaxché.

Informes finales perforación y terminación pozos del campo Yaxché.

Manual de diseño perforación documento interno de PMM.

Procedimiento de diseño de terminación y reparación documento interno de PMM.

Procedimiento de geociencias documento interno de PMM.

Procedimiento de ingeniería de proyectos documento interno de PMM.

Semblanza de los autores

Gustavo Javier García Méndez

Ingeniero Químico Industrial por el Instituto Politécnico Nacional, Maestría en Administración.

Diplomado en Ingeniería Petrolera para no petroleros por el Tecnológico de Monterrey. Ha trabajado por más de 25 años en proyectos de perforación y fluidos para la industrial Oil and Gas (Protexa) y 2 años en industria petroquímica, (Celanese mexicana).

Ha dirigido proyectos estratégicos de perforación de pozos offshore para Petróleos Mexicanos logrando récords de perforación en el campo Yaxché del activo Litoral.

Coautor de varias patentes nacionales e internacionales sobre el Sistema espumado base agua para perforar zonas con baja presión y alta temperatura.

Raúl Flores López

Ingeniero Petrolero por el Instituto Politécnico Nacional, tiene una Maestría en Geociencias por el Instituto Politécnico Nacional.

Durante 12 años laboró en plataformas marinas ejecutando operaciones y realizando reingenierías en sitio y 5 años en el Activo de Producción Litoral Tabasco de la Región Marina Suroeste.

Como Coordinador de Intervenciones a Pozos del APLT (Activo de Producción Litoral Tabasco de la Región Marina Suroeste), dirigió proyectos en perforación y terminación de pozos en tiempos récords, mediante la aplicación de la filosofía de excelencia operativa, optimizando el diseño en pozos del APLT logrando la reducción de tiempos y costos en los campos: Yaxche, Xanab, Pokche, Octli, Mulach, Tlacame, Teekit, Teca, Tlamatini, Kab, Kax, entre otros.

Actualmente es Coordinador del Grupo Multidisciplinario de Ingeniería de Intervenciones a Pozos de Nuevos Desarrollos, aplicando la metodología en las fases VCDSE.