

REDUCCIÓN DE TIEMPOS OPERATIVOS EN LAS OPERACIONES DE PERFORACIÓN DE BAJO DEL TORO

Natalia Gallego Hernández/YPF/natalia.gallego@ypf.com

Sinopsis

En la zona de Bajo del Toro en la cuenca neuquina, el desafío más importante y significativo ha sido la reducción de los tiempos en las operaciones de perforación en la fase intermedia. La zona se caracteriza por las formaciones de alta compresibilidad que se atraviesan durante la perforación de la fase intermedia.

El presente trabajo aborda la implementación de soluciones técnicas y adaptativas para abordar los diversos desafíos encontrados en esta área. Se detallan las estrategias aplicadas, los obstáculos enfrentados y los logros obtenidos, destacando la importancia de aplicar enfoques específicos para los desafíos particulares de cada zona.

Entre las soluciones implementadas, se incluye la planificación de trayectorias direccionales según la compresibilidad de las formaciones a perforar, la optimización de los fluidos de perforación, y la implementación de trépanos que respondan a las exigencias características de la zona.

Planificación de trayectorias direccionales: El diseño de las trayectorias fue enfocado en la compresibilidad de las formaciones, priorizando la reducción del trabajo direccional en formaciones de alto UCS, adicionalmente el enfoque se basa en la experiencia acumulada de la zona y la tendencia de las formaciones.

Optimización de Fluidos de Perforación: Se llevó a cabo la modificación de las densidades de trabajo, especialmente en formaciones desafiantes. Esta estrategia se basa en ajustes a la reología, composición química de los fluidos, los cuales se enfocaron en el reforzamiento de las paredes del pozo con la implementación de técnicas y adición de materiales sellantes, el uso de lubricantes mecánicos mejorando la operación de entubación del tramo intermedia.

Implementación de trépanos especializados: Se utilizaron trépanos con cortadores optimizados para formaciones con alto UCS, logrando una notable mejoría en las velocidades de penetración.

Estas estrategias han permitido no solo reducir significativamente los tiempos operativos, sino también mejorar la eficiencia y la seguridad de las operaciones. Los tiempos de perforación se redujeron en un 30% en la fase intermedia y en un 10% en la aislación, comparado con operaciones anteriores en la misma zona.

En resumen, la combinación de estrategias adaptativas a la zona ha sido clave para superar los desafíos, dando como resultado operaciones más rápidas, seguras y eficientes, resultados que además se han traducido en una optimización de costos de alrededor de 7%

Introducción

Bajo del Toro es un área de desarrollo en la Cuenca Neuquina que ha presentado numerosos desafíos técnicos durante la perforación. Esta zona se caracteriza por formaciones con alta compresibilidad (UCS), condiciones mecánicas variables y zonas propensas a problemas operativos como asentamientos de casing y dificultades para el trabajo direccional. Estos obstáculos se han superado mediante la implementación de estrategias y técnicas específicas, adaptadas a las necesidades de cada etapa, lo que ha permitido optimizar las operaciones en esta área.

El objetivo de este trabajo es documentar y analizar las principales problemáticas encontradas en las fases iniciales de desarrollo y exponer las soluciones implementadas que permitieron mejorar significativamente los resultados operativos. Las estrategias aplicadas se enfocaron en cuatro pilares fundamentales: la optimización del diseño de trayectorias, el diseño del BHA direccional, el uso de trépanos adecuados al paquete litológico y la formulación de fluidos de perforación adaptados a las necesidades del área.

A partir del análisis de datos de 15 pozos perforados antes del último PAD, se identificaron los principales desafíos, y se propusieron acciones que fueron aplicadas progresivamente. Este enfoque permitió reducir tiempos de perforación, mejorar la eficiencia en la corrida de casing y disminuir las horas de NPT.

Para llevar a cabo la optimización operativa en la zona de Bajo del Toro, se realizó un análisis retrospectivo y comparativo sobre 15 pozos perforados. El enfoque se basó en la recopilación de datos operativos provenientes de informes diarios de perforación, curvas de parámetros, análisis de tiempo no productivo (NPT) y reportes de eventos técnicos, por medio de lo cual se identificaron los desafíos clave, se implementó la evaluación de las configuraciones existentes y los resultados asociados a estas y finalmente se realizó un análisis comparativo entre periodos antes y después de las optimizaciones.

Desarrollo

En particular, las formaciones perforadas durante la fase intermedia presentan valores de compresibilidad (UCS) que oscilan entre 13 KPSI⁻¹ y 20 KPSI⁻¹, lo que genera una respuesta mecánica difícil para trépanos con cortadores convencionales.

Estas condiciones han implicado desafíos operativos tales como:

- Bajas ROP
- Aumento de metros deslizados en las trayectorias direccionales
- Complicaciones durante la corrida de casing, como asentamiento o la necesidad de reacondicionamiento.

Indicadores Operativos Iniciales (Antes del Último PAD)

Durante la etapa previa al último PAD, se perforaron 15 pozos en los que se documentaron los siguientes indicadores para la fase intermedia:

- ROP promedio en fase intermedia: 23 m/h.
- Tiempo promedio por fase intermedia: 9.4 días
- Horas NPT totales acumuladas: 236 horas (Correspondientes a problemas de pozo durante la fase intermedia).
- Promedio de NPT por pozo: 15.7 horas.
- Porcentaje promedio de metros deslizados: superior al 20%

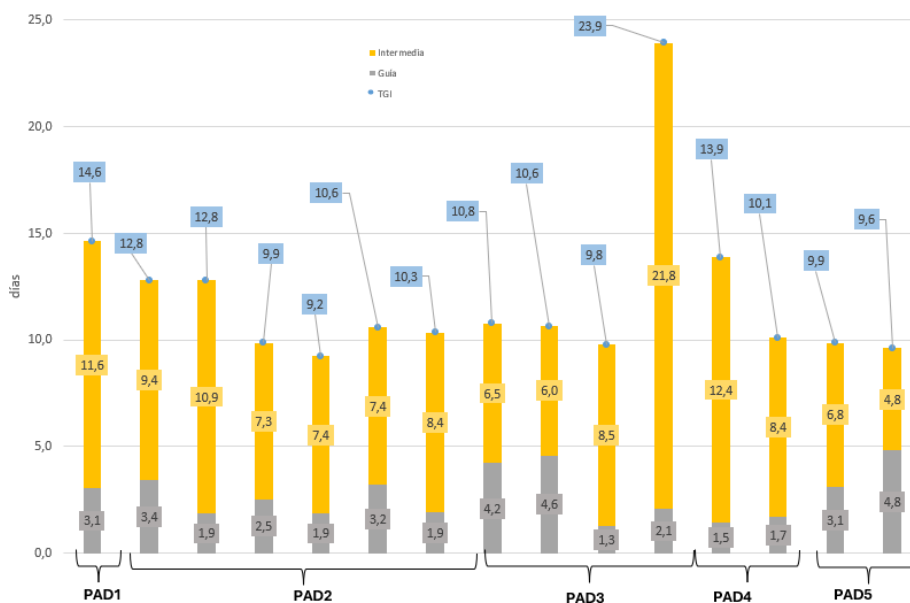
Además, los problemas recurrentes incluyeron:

- Alto torque
- Repetidos asentamientos durante la corrida de casing

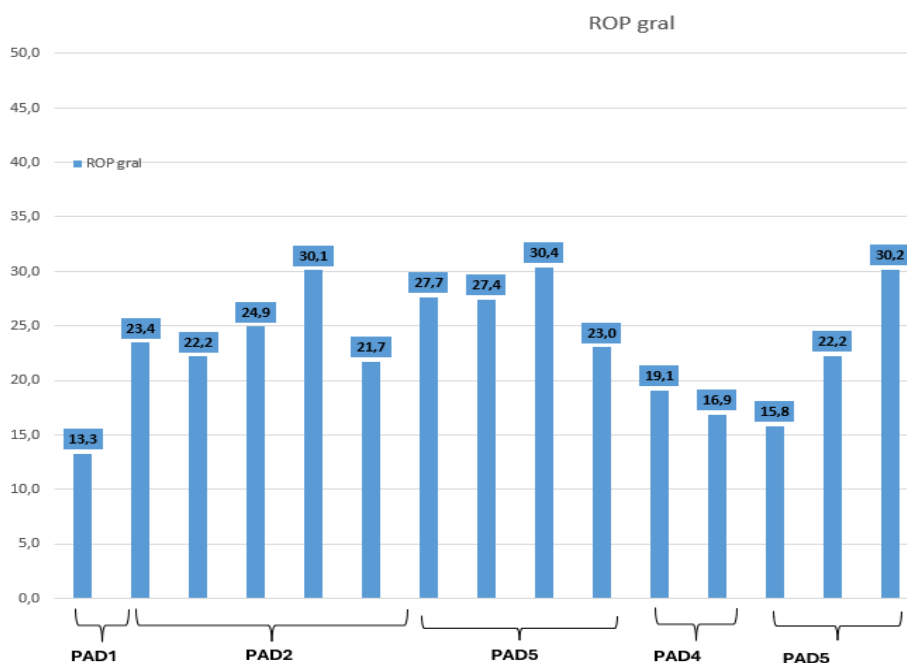
Estos factores elevaron tanto los tiempos como los costos operativos.

Tiempos de Perforación por Pozo (Fase Intermedia)

Los tiempos de perforación en la fase intermedia evidencian los desafíos asociados a la compresibilidad de la formación. Estas demoras resaltan la necesidad de mejorar nuestra estrategia para optimizar los tiempos. Se observan tiempos promedio de 9.4 días en la fase intermedia con una ROP promedio de 23m/h.



Las bajas velocidades de perforación (ROP) durante la etapa intermedia se debieron principalmente al bajo desempeño del trépano seleccionado y a la configuración del ensamblaje de fondo de pozo (BHA) direccional. Esta configuración incrementaba los metros deslizados, lo que afectaba directamente la ROP.



Estrategias implementadas para la optimización

a. Trépanos especializados

Se incorporaron trépanos con tecnología de diseño de back rakes agresivos y pasivos que permiten controlar la profundidad de corte sin limitar la ROP, diseñados específicamente para formaciones con alto UCS. Esta herramienta presentó una mejor resistencia, más alta ROP y una reducción de torque en los tramos con alto UCS.

En los pozos del PAD de estudio estos trépanos permitieron incrementos de ROP hasta 33m/h, esto es un promedio de 43% más.

b. Planificación de trayectorias direccionales

Se diseñaron las trayectorias de la fase intermedia para reducir el trabajo direccional en zonas críticas, las principales mejoras fueron:

- Disminución del porcentaje deslizado a menos de 12%.
- Utilización de motores configurados para operar a 700GPM.

c. Optimización del BHA

El BHA fue ajustado progresivamente en función de la trayectoria y tipo de formación, logrando mayor estabilidad y eficiencia en el control direccional.

El ensamblaje final permitió un mejor control direccional y una mayor agresividad de parámetros.

d. Optimización de fluidos de perforación

Se trabajó con formulaciones adaptadas a los desafíos relacionados al tipo de formación, especialmente formaciones como Quintuco, por lo cual se realizaron ajustes al fluido de perforación enfocados en el reforzamiento y la estabilidad de las paredes, implementando materiales sellantes, lubricantes mecánicos y técnicas que permitieron realizar las operaciones con éxito.

La estrategia consistió en:

- Iniciar con una densidad de 1050g/l y escalar progresivamente hasta 1200 g/l e incrementar a 1250g/l para realizar la maniobra.
- Aplicar píldoras de LCM (4m³ cada 90m desde 1300m)
- Uso de lubricantes mecánicos (20KG/m³) como refuerzo en la sección una vez se llega a TD.

Estas mejoras contribuyeron a estabilizar paredes, prevenir asentamientos y facilitar las operaciones de entubado.

Resultados finales

Tras la implementación de las estrategias, se logró una reducción del 39% en los tiempos de perforación. Además, el gap de performance con bloques de referencia pasó del 44% al 11%. También se observaron mejoras en el ROP, reducción del porcentaje de deslizado y reducción de NPT promedio por pozo.

Tabla comparativa entre pozos antes de optimización y después:

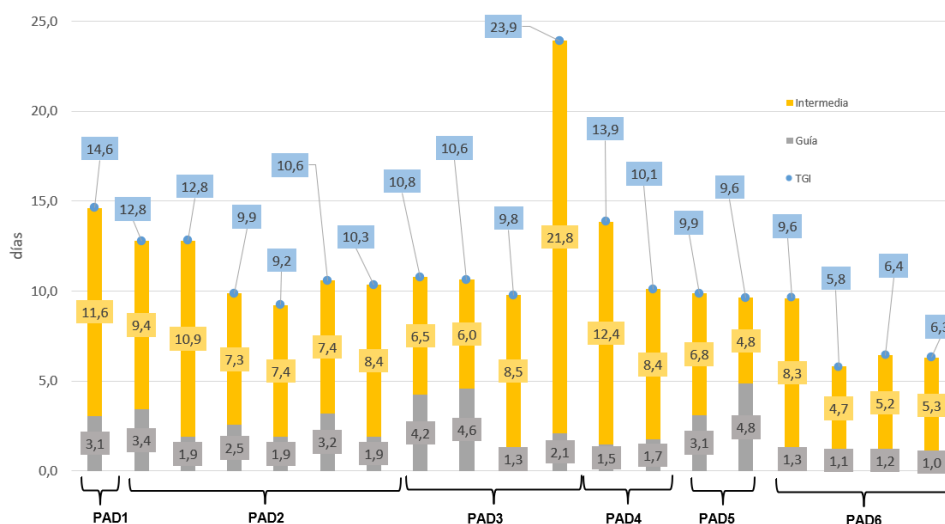
Indicador	Antes de optimización	Después de la optimización
Tiempo promedio depozo por día (Int)	9.4 días	5.8 días
ROP promedio	23m/h	33m/h
NPT promedio por pozo	15.7h	7,7 h
% Deslizado promedio	>20%	<12%

Comparando el comportamiento entre Bajo del Toro y bloques de referencia de alta eficiencia, se registró lo siguiente:

- Gap de ROP general antes de las estrategias: 44%
- Gap de ROP después del último PAD: 11%

Este cierre de brecha reafirma que la estrategia implementada y un continuo control en tiempo real de la operación posicionan a BDT como un bloque competitivo.

Los resultados obtenidos en los pozos durante las fases intermedias muestran una notable mejora en los tiempos operativos. El promedio de tiempo por fase intermedia se redujo a 5,8 días, en comparación con el promedio previo de 9,5 días



En relación con la velocidad de perforación (ROP) en la fase intermedia, los pozos que aplicaron las estrategias implementadas, como el cambio de trépano, las modificaciones en el fluido de perforación y el diseño direccional del BHA enfocado en tendencias y reducción del porcentaje de deslizamiento, mostraron un incremento promedio en su ROP

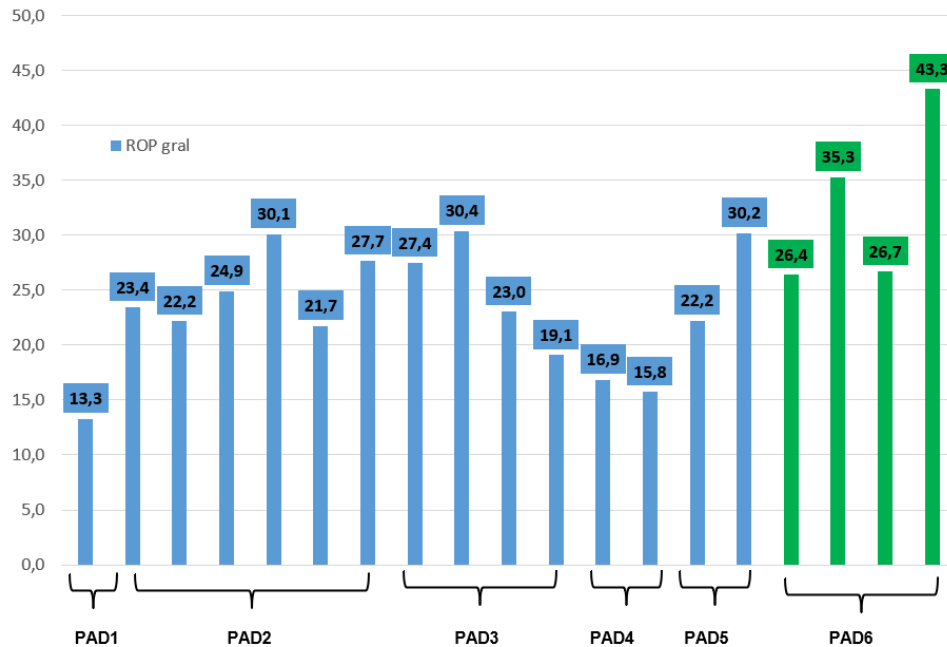
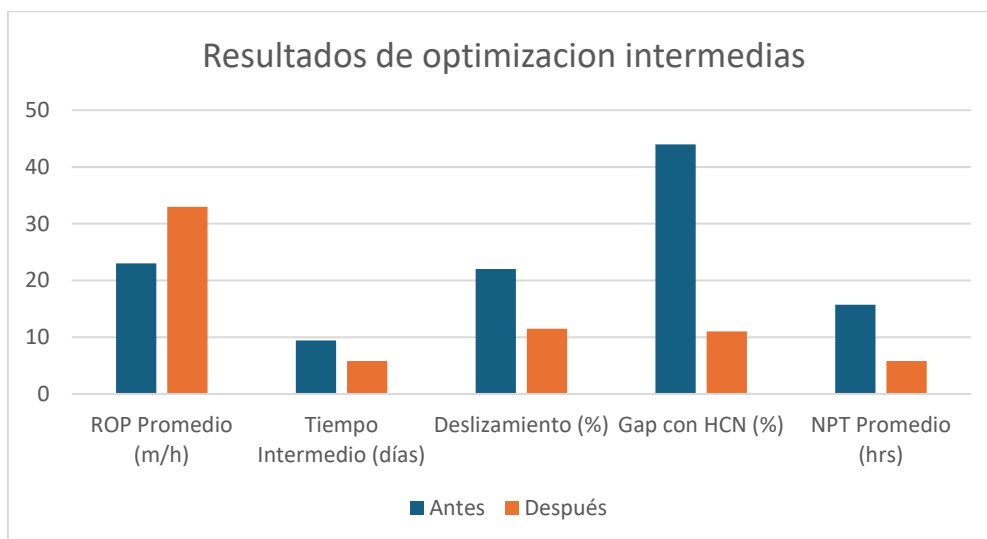


Tabla comparativa de KPI :

Indicadores operativos (KPI)			
KPI	Valor Inicial	Valor Final	Mejora estimada
ROP (Intermedia)	23m/h	33 m/h	10 m/h
Días promedio	9.4 días	5.8 días	38%
% deslizado	>20%	<12%	40%
NPT Promedio	15,7	7,7	8
GAP con otros bloques	44%	11%	33%

Comparación de Indicadores Operativos Antes y Después de la Optimización



Adicionalmente, se resaltan los bajos porcentajes de metros deslizados en los pozos que se implementaron los cambios en BHA direccional, los cuales se fueron modificando gradualmente enfocados en encontrar el optimo para cada tipo de trayectoria:

BHA Direccional usado en los primeros 3 pozos

BHA DIRECCIONAL POZO TIPOS					
Item	Descripcion	OD Estab	OD		ID
1	PDC BIT		8,75		0,25
2	MDF BH: 1.5° 6/7 -0,29rev con Float valve	8-3/8"	6,75	4,713	5,6
3	Estabilizador	8-1/4"	6,5	2,5	1,31
4	MWD MP		6,61	2,81	9,31
5	Pulser Sub		6,5	3,25	1,75
6	Filter Sub		6,5	2,51	1,65
7	9 X6-1/2" DC		6,5	2,31	52,5
8	Xover		6,56	2,37	1,17
9	15 X4-1/2" HWDP		4,5	3	135
10	4-1/2" DP		4,5	3	

BHA Direccional usado en el último pozo**BHA DIRECCIONAL POZO TIPO S**

Item	Descripcion	OD Estab	OD	ID
1	PDC BIT		8,75	0,25
2	MDF BH:1.5° 6/7 5E -0,29rev con Float valve	8-3/8"	6,75	4,713
3	Estabilizador	8-1/4"	6,5	2,5
4	MWD MP		6,61	2,81
5	Pulser Sub		6,5	3,25
6	Filter Sub		6,5	2,51
7	12 X 6-1/2" DC		6,5	2,31
8	Xover		6,56	2,37
9	15 X 4-1/2" HWDP		4,5	3
10	4-1/2" DP		4,5	3

Resumen pozos de PAD:

Pozo	POZO1		POZO2		POZO3		POZO4	
Fase	8-3/4"		8-3/4"		8-3/4"		8-3/4"	
Tipo de pozo	S		S		S		S	
Incl (Max. Tang)	26.29°		15.56°		14.77°		16.44°	
Azimuth	269.88°		249.24°		302.81°		110.76°	
Seccion vert	422		160.54		177.11		153.28	
Tangente	408		246		488		271	
DLS CURVA	2,5°		3°		3°		3°	
DLS DROP	0,70°		0,70°		0,70°		0,70°	
Camisa	8-3/8"		8-3/8"		8-3/8"		8-3/8"	
Estabilizador	8-1/4"		8-1/4"		8-1/4"		8-1/4"	
Bend Housing	1.5°		1.5°		1.5°		1.5°	
Seccion (m)	1976		1921		1914		1917	
Mod Perf	ROTA	DESLIZA	ROTA	DESLIZA	ROTA	DESLIZA	ROTA	DESLIZA
Metros	1738	238	1794	127	1821	93	1770	147
Tiempo	42,88	6,47	55,63	5,2	53,47	3,8	34.13	3,22
%	88	12	93	7	95	5	92	8
ROP	41	37	32	24	33	24	52	46
ROP Efectiva	40		31,6		32,8		51,3	
ROP General	28,7		20,3		21.0		27,3	
Tiempo perf	49,35		60,83		58,27		37,35	
DC 6-1/2"	9		9		9		12	
HWDP -1/2"	15		15		15		15	

CONCLUSIONES:

- La evaluación constante de los resultados en cada pozo permitió la identificación de oportunidades de mejora, las cuales se aplicaron progresivamente en cada pozo llegando a tener una mejor ROP tiempos de operación en el último pozo del PAD.
- Desde la segunda intermedia en adelante, se logró mejorar performance en todos los tiempos planos y ROP general, logrando estar por debajo de 6.5 días para TGI (Tiempo de guías e intermedias).
- Con la utilización de BHA acorde para las trayectorias, trépano diseñado para el paquete de formaciones atravesadas y un mapa de parámetros más agresivo en el último pozo, se logró pasar de un gap del 44% entre ROP general (BDTN vs Pad estándar) a un gap de 11%, que de lograr consistencia futura lo pone en el plano competitivo de los bloques de mayor desarrollo.
- Velocidad de respuesta ante problemas para replanificar y ejecutar, lograron enderezar los tiempos programados para el resto del PAD.
- La planificación de trayectorias direccionales enfocadas en zonas críticas redujo el porcentaje de deslizamiento por debajo del 12%, con impacto directo en los tiempos operativos.
- Por medio del control real time (RTIC) se realiza una evaluación constante para identificar rápidamente cualquier desviación en los parámetros operativos y tomar medidas correctivas de manera oportuna, lo cual ayudara en cumplir nuestro objetivo de reducir aun mas los tiempos.

Recomendaciones:

- Se recomienda continuar con la optimización de la operación mediante la implementación de tecnologías enfocadas en las necesidades de la zona y la revisión periódica de las estrategias utilizadas para asegurar la eficiencia y reducir los tiempos no productivos.
- Promover la colaboración entre diferentes disciplinas y equipos para abordar los desafíos de manera integral y aprovechar el conocimiento colectivo para encontrar soluciones innovadoras.
- Continuar con el uso de trépanos de alto desempeño con diseño específico para formaciones de alta UCS.
- Evaluar nuevos motores de fondo con mayores RPM y torque compatibles con caudales de 700 gpm o superiores.

CV:

Título y lugar de estudio: Ingeniera de petróleos, Universidad Nacional de Colombia

Trayectoria:

- Ingeniera de perforación en Occidental de Petróleo (OXY), company en proyectos del Magdalena medio y Arauca con OXY y Ecopetrol. (2009 – 2023).
- Ingeniera de ejecución en Bandurria sur con YPF (2023-2025)
- Ingeniera de performance en sala RTIC YPF (Actual)

Cargo actual en la empresa: Ingeniera de performance en sala RTIC YPF