

PERFORADOR AUTOMATICO PRODUCE MEJORAS EN LA PERFORMANCE DE PERFORACION EN YACIMIENTOS DE LA CUENCA DEL GOLFO SAN JORGE

Luis Avila (UNAS –REPSOL YPF); Octavio Durango (PASON D.G.S. S.A.).

Sinopsis

La Cuenca del Golfo San Jorge está caracterizada por presentar gran cantidad de reservorios lenticulares de poco espesor. Es así que para mantener los niveles de producción esperados, es necesaria una alta actividad de perforación de pozos. En los yacimientos que Repsol YPF explota en la cuenca, los pozos van desde los 1000 m a los 3000 m de profundidad atravesando distintas formaciones productivas.

En los yacimientos El Trébol, Cañadón Perdido y Escalante un sistema de perforación automatizada controlada electrónicamente ha mostrado importantes resultados en mejorar la eficiencia de la perforación.

Se ha obtenido disminución en las horas totales de rotación, aumentando las tasas de penetración, incrementando la vida útil de los trépanos, mejorado del caliper de pozo, menor fatiga para el perforador y mayor seguridad en el proceso de perforación.

Esto lo logra el Autodriller electrónico a través de que permite la posibilidad de configurar varios parámetros de control simultáneamente, entre los cuales está el peso sobre el trepano, presión diferencial y tasa de penetración.

El mejor rendimiento se observa en la formación productora Mina El Carmen que esta constituida por tobas con intercalaciones de areniscas cuarzosas lenticulares, en la misma se reflejan tasas de penetración superior en un 55% a un pozo perforado convencionalmente, menor desgaste de los trépanos (principalmente PDC) llegando a mayores profundidades, con un uso del sistema de perforación automatizada superior al 90% del total del tiempo de perforación de los pozos.

La nueva generación de controladores electrónicos de freno automatizados disponibles para equipos de perforación en tierra, mejoran la eficiencia de la perforación y evitan problemas en la misma.

La nueva generación de controladores electrónicos de freno automatizados disponibles para equipos de perforación en tierra, mejoran la eficiencia de la perforación y evitan problemas en la misma.

Introducción

Diseño del Sistema

La nueva generación de controladores electrónicos de freno automatizados disponibles para equipos de perforación en tierra, mejoran la eficiencia de la perforación y evitan problemas en la misma.

El Autodriller Electrónico actúa sobre la palanca del freno del malacate con un control preciso, utilizando una retroalimentación del peso del gancho, presión diferencial y la rotación del tambor del malacate. Se fijan umbrales digitales absolutos para el peso sobre el trepano (WOB) y/o presión diferencial. El sistema aplica peso sobre el trépano hasta llegar al peso y/o presión diferencial deseado, luego se perfora manteniendo estos umbrales. Se han logrado excelentes resultados con trépanos PDC, perforación direccional y con formaciones intercaladas (duras/blandas). El sistema ayuda a reducir el zapateo del trepano y las vibraciones asociadas.

El perforador puede fijar el valor de peso y presión diferencial deseado para los dos parámetros, y el sistema controla por peso, presión diferencial, o los dos al mismo tiempo. El Autodriller perfora basado en estos umbrales, maximizando así la tasa de penetración.

El sistema ofrece un peso aplicado consistente y estable (Figura 3). El control preciso del peso aplicado permite mejores tasas de penetración y menos desgaste de la sarta de perforación, motor del fondo y trépano. El control del peso aplicado puede ser tan preciso como 0,2 Klb, permitiendo a

los perforadores direccionales ajustar la orientación de la herramienta (toolface) en incrementos precisos. El sistema permite una presión diferencial estable y consistente, los perforadores direccionales puede mantener el toolface más fácilmente y los ahogos del motor de fondo son minimizados. Así se ahorra un costoso tiempo que los perforadores direccionales normalmente pierden reorientando la posición del toolface. (Nota: En el Área analizada en este estudio no se usó motor de fondo ni perforación direccional).

Para mejorar la seguridad el sistema incluye dos interruptores de emergencia, uno en la casilla del maquinista (doghouse) y otro en la consola del perforador.

El reemplazo del control manual de la palanca de freno por accionamiento automático mecánico permite que el peso aplicado se pueda mantener prácticamente estable y controlado (Figura 3), optimizando el rendimiento del trépano y reduciendo las vibraciones en la sarta de perforación y el equipo de perforación en sí.

Una sarta (BHA) más estable puede reducir la necesidad de grandes correcciones direccionales, por ejemplo: menos patas de perro y mejor control del toolface. Mejorando el control de los parámetros de perforación (peso, RPM y tasa de penetración) se reduce la posibilidad de desviaciones en la perforación del pozo vertical, así también mejorando la calidad del pozo permitirá maximizar la tasa de penetración mientras se mantiene el ángulo del pozo deseado. A estos beneficios podemos agregar el movimiento suave de la palanca del freno y la reducción en vibraciones de la sarta de perforación y el equipamiento en la superficie del equipo, reduciendo así el mantenimiento de ambos.

El estado estable logrado por la retroalimentación constante permite que el trépano mantenga un contacto óptimo con la superficie de corte, reduciendo vibraciones (zapateo). Eso es especialmente crítico para trépanos nuevos que se tienen que asentar cuidadosamente (hasta marcar su huella).

El control múltiple de los parámetros de perforación permite el rápido cambio de los parámetros de control: peso aplicado (WOB), presión diferencial o tasa de penetración. La configuración del control de parámetros múltiples es sencilla. El perforador entra el umbral del parámetro requerido en la interfase digital ubicada en la casilla del perforador o en la casilla del maquinista (doghouse). La computadora constantemente monitorea los valores y los compara con los umbrales fijados de los parámetros de control. El autodriller electrónico responde automáticamente e instantáneamente, cambiando el parámetro específico de control. El perforador selecciona que parámetro es el primario de control. Cuando se encuentra una sección de perforación rápida (un drilling break) normalmente es muy difícil que el perforador reaccione suficientemente rápido para frenar la tasa de penetración. Cuando se usa el control múltiple de parámetros el límite de la tasa de penetración evita este problema. Cuando se detecta la perforación rápida, el sistema de control cambia de control por peso a control por tasa de penetración cuando se pasa el umbral de tasa de penetración. Luego, el sistema sigue perforado a la máxima tasa de penetración fijada, hasta que la penetración cae por debajo del umbral de la tasa de penetración, el sistema entonces cambia de nuevo automáticamente a control por peso sobre el trepano, logrando así mejorar la eficiencia de la perforación.

Resultados de Campo

El autodriller electrónico permite la posibilidad de configurar varios parámetros de control simultáneamente (control múltiple de parámetros), por ejemplo, peso sobre el trepano (WOB), presión diferencial, tasa de penetración (ROP) y además el valor máximo de presión de bombas permitiendo perforar a una tasa de penetración máxima sin pasar los valores predeterminados de peso y presión. Si por alguna razón tal como dureza de la formación, mala limpieza del pozo etc., el peso aplicado o presión de bombas llega al valor máximo configurado, el autodriller electrónico reduce la tasa de penetración hasta que los parámetros llegan a su estado normal nuevamente.

Este control múltiple de parámetros ha sido especialmente beneficioso en los yacimientos El Trébol, Cañadón Perdido y Escalante.

En el yacimiento Cañadón perdido los pozos tipos son de 2700 m, se usa trépano un tricono de 12 ¼" para perforar hasta los 250 m, luego se entuba y cementa el casing guía de 9 5/8". Posteriormente se usan trépanos PDC de 8 ½" u 8 ¾" para perforar hasta los 2700 m. Después de correr los perfiles eléctricos se entuba el pozo con casing de 5 ½".

En el yacimiento El Trébol los pozos tipos son de 2950 m, se usa trépano un tricono de 12 ¼" para perforar hasta los 600 m, luego se entuba y cementa el casing guía de 9 5/8". Posteriormente se usan trépanos PDC de 8 ½" u 8 ¾" para perforar hasta los 2950 m. Se entuba con casing de 5 ½".

En el yacimiento Escalante los pozos tipos son de 2700 m, se usa trépano un tricono de 12 ¼" para perforar hasta los 500 m, luego se entuba y cementa el casing guía de 9 5/8". Posteriormente se usan trépanos PDC de 8 ½" u 8 ¾" para perforar hasta los 2700 m. Se entuba con casing de 5 ½".

Se observaron resultados de inmediato desde la implementación del autodriller electrónico, ya que hubo una mejora significativa comparada con pozos similares perforados previamente. Las figura 4-5-6 muestran estas mejoras en todos los yacimientos mencionados.

El peso aplicado fue mucho mas constante y preciso comparado con la perforación manual, logrando asi una mejor tasa de penetración y disminución en el desgaste del trépano.

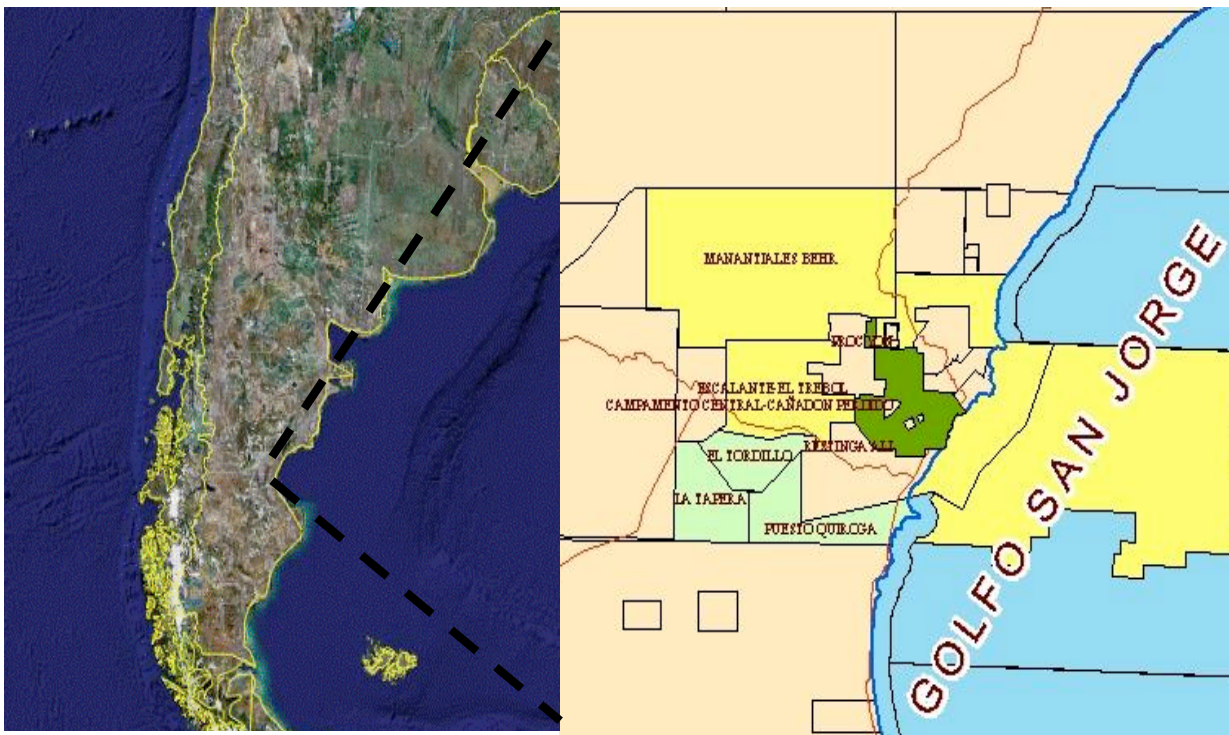


Fig. 1: Yacimientos Cañadón Perdido, El Trébol y Escalante

FORMACION	YAC. CAÑADON PERDIDO	YAC. EL TREBOL	YAC. ESCALANTE
	BASE (m)	BASE (m)	BASE (m)
TERCIARIO	715	1116	1005
Fm YACIMIENTO EL TREBOL	1465	1730	1582
Fm COMODORO RIVADAVIA	1860	2542	2180
Fm MINA EL CARMEN	2590	2950	2600
Fm D129	2700		

Tabla 1: Las formaciones atravesadas por yacimientos.

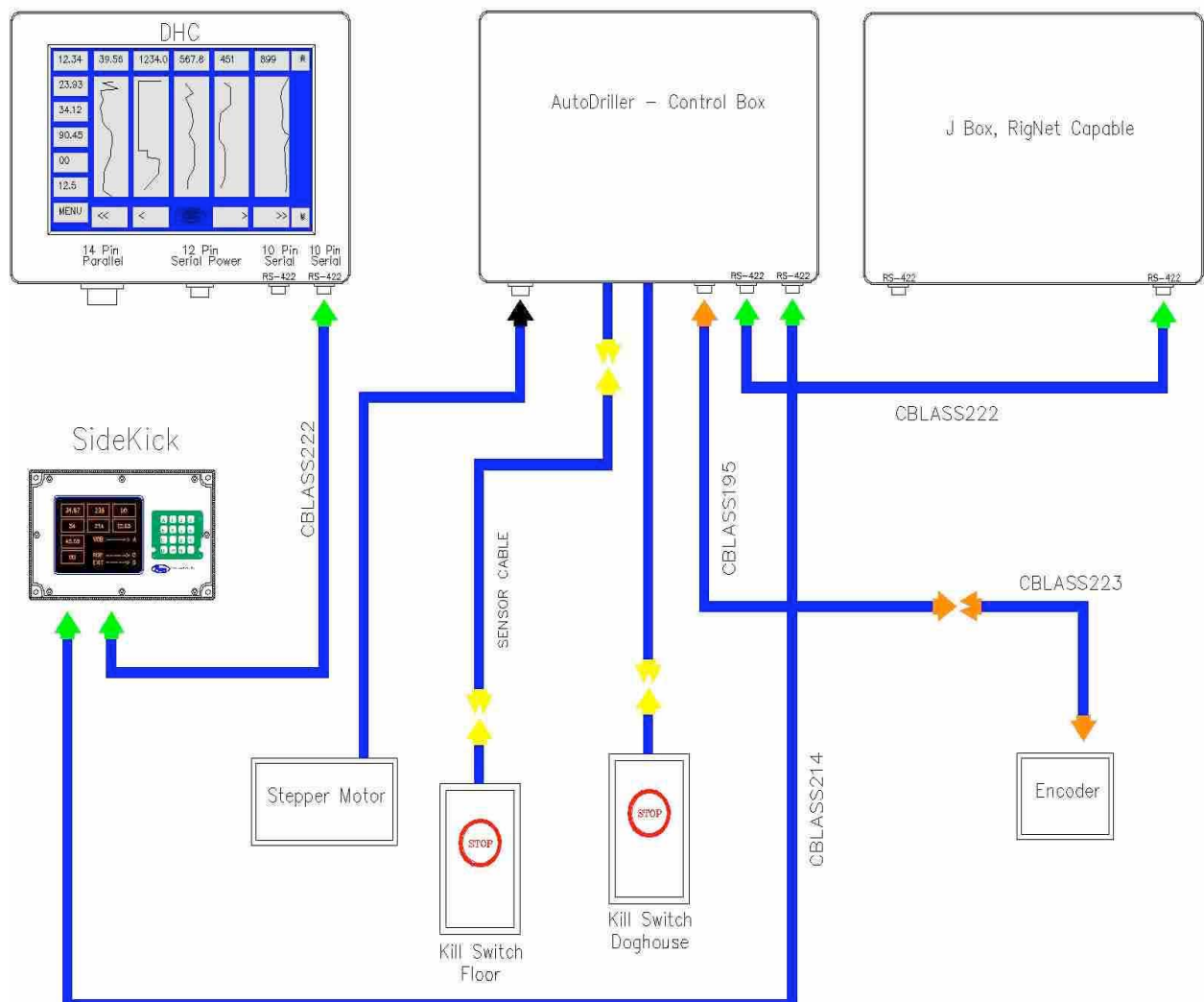
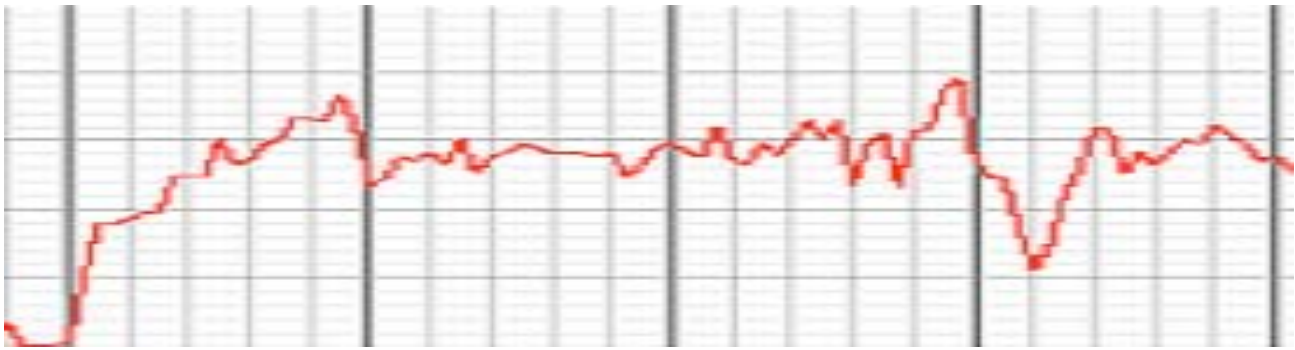


Fig. 2: Esquema del Sistema

MANUAL



PERFORADOR AUTOMATICO

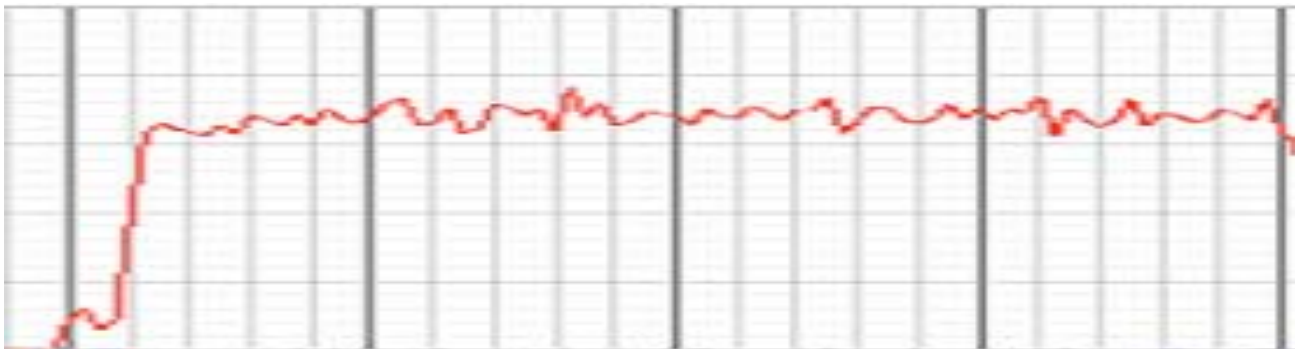


Fig. 3: Comparativo del peso aplicado (Manual vs. Autodriller)

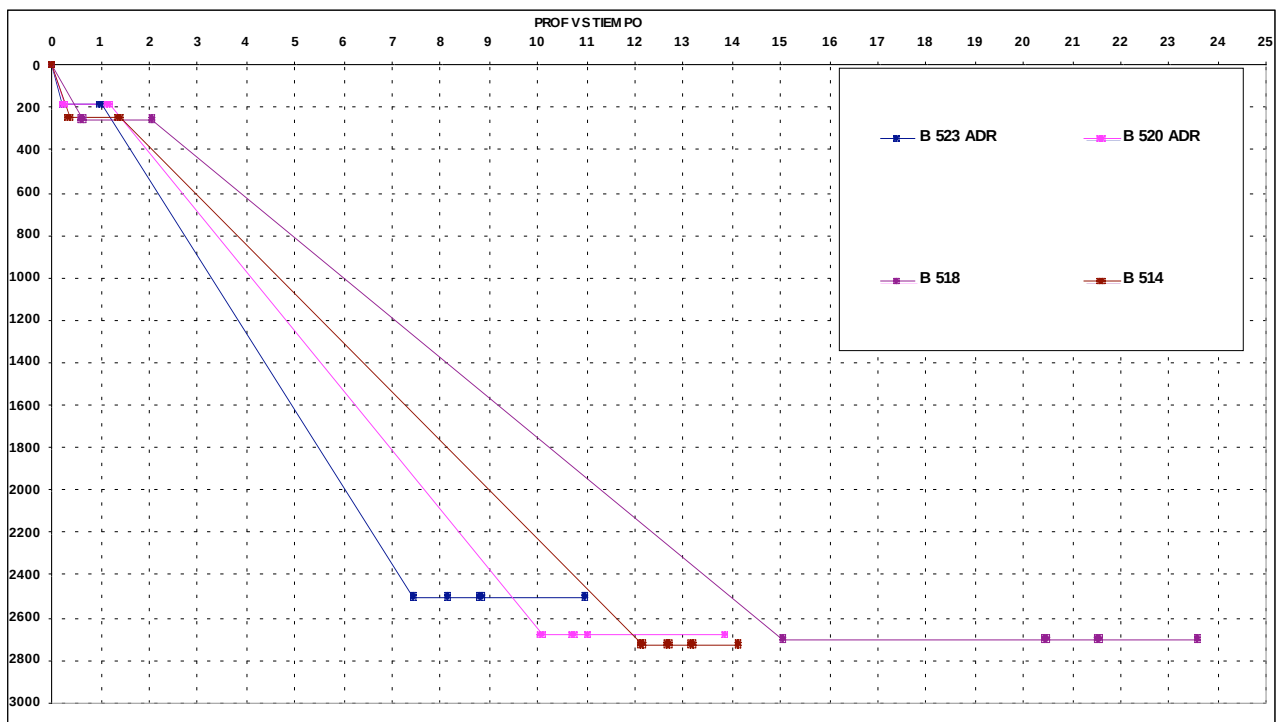


Fig. 4: Mejoras en la Perforación para pozos del yacimiento Cañadón Perdido.

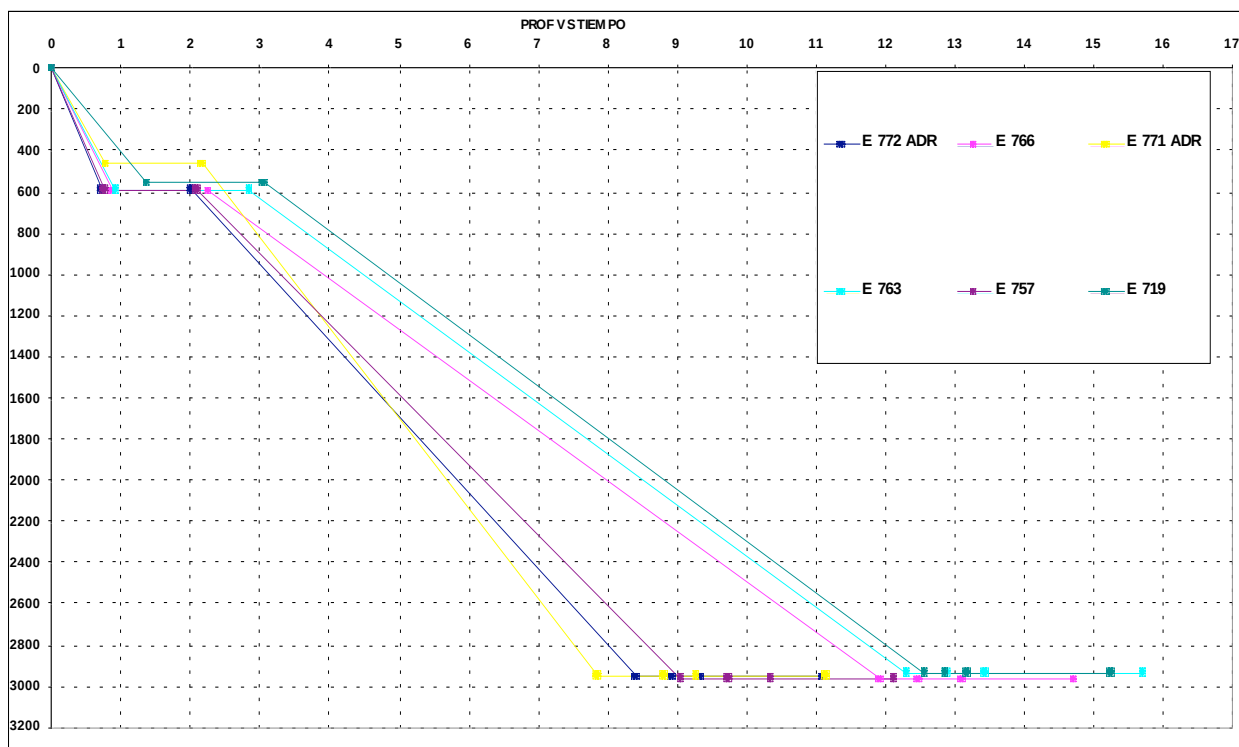


Fig. 5: Mejoras en la Perforación para pozos del yacimiento El Trébol.

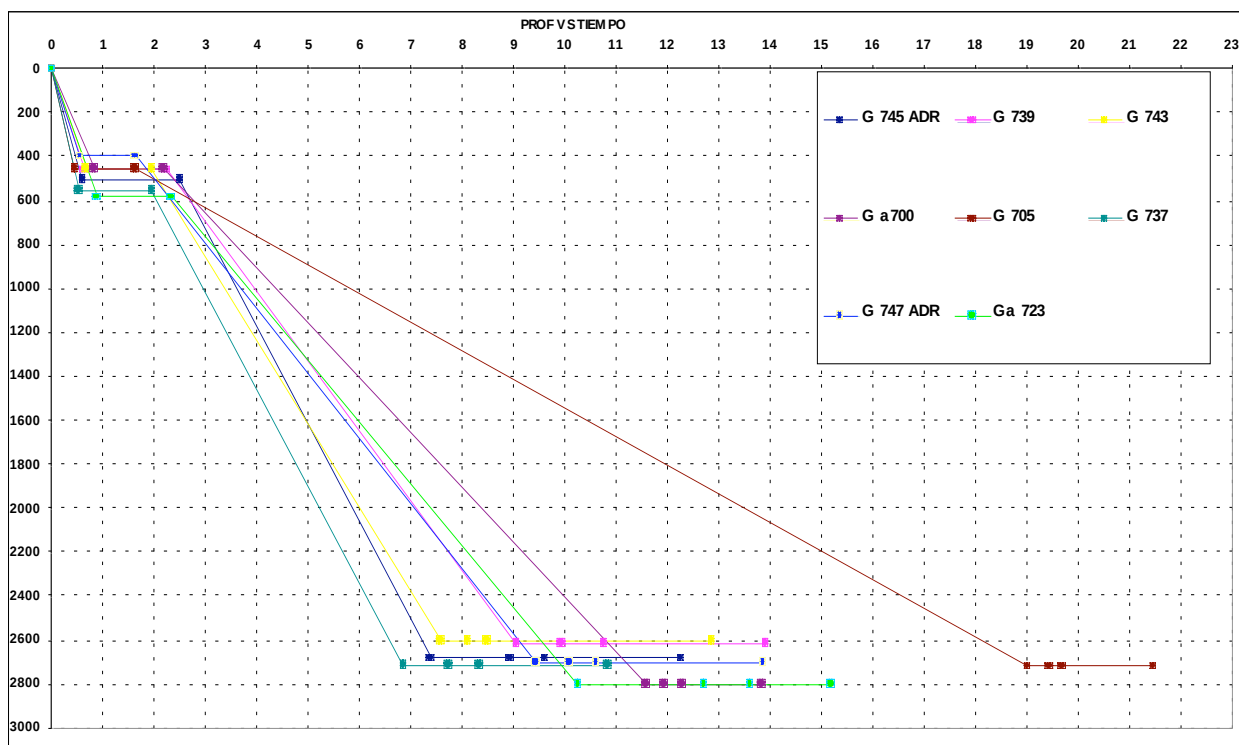


Fig. 6: Mejoras en la Perforación para pozos del yacimiento Escalante.

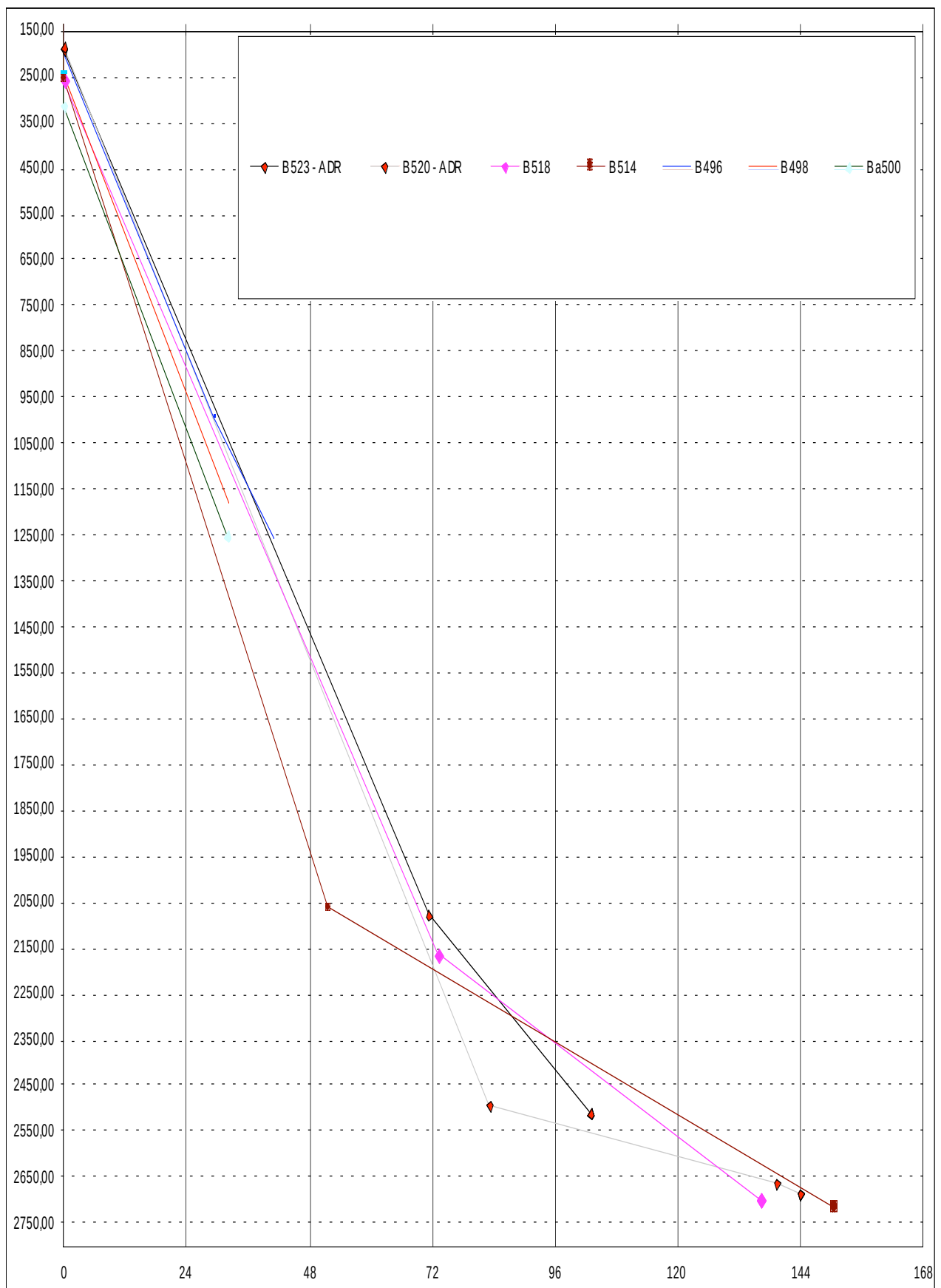


Fig. 7: Horas de rotación para pozos de Cañadón Perdido.

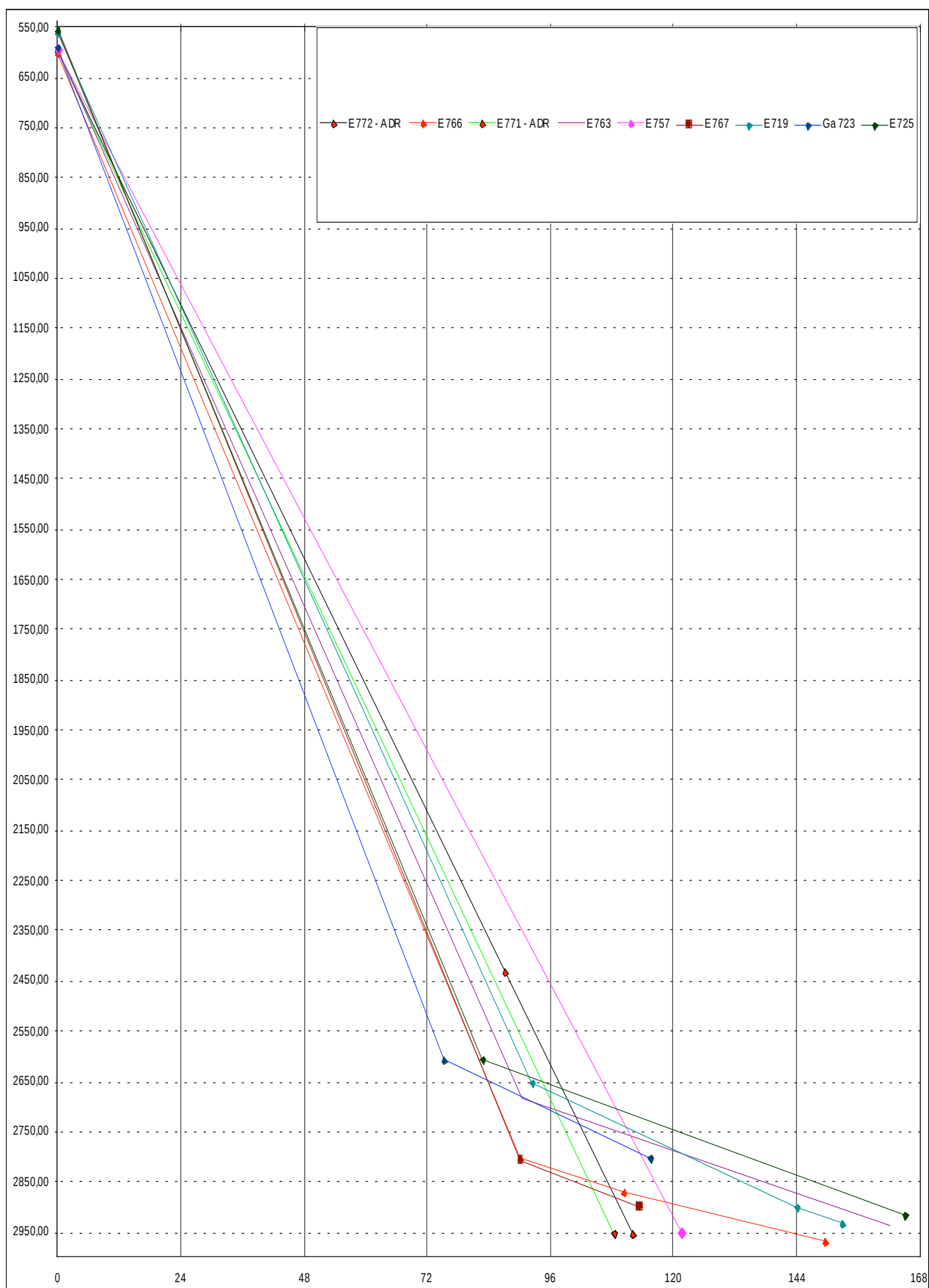


Fig. 8: Horas de rotación para pozos El Trébol.

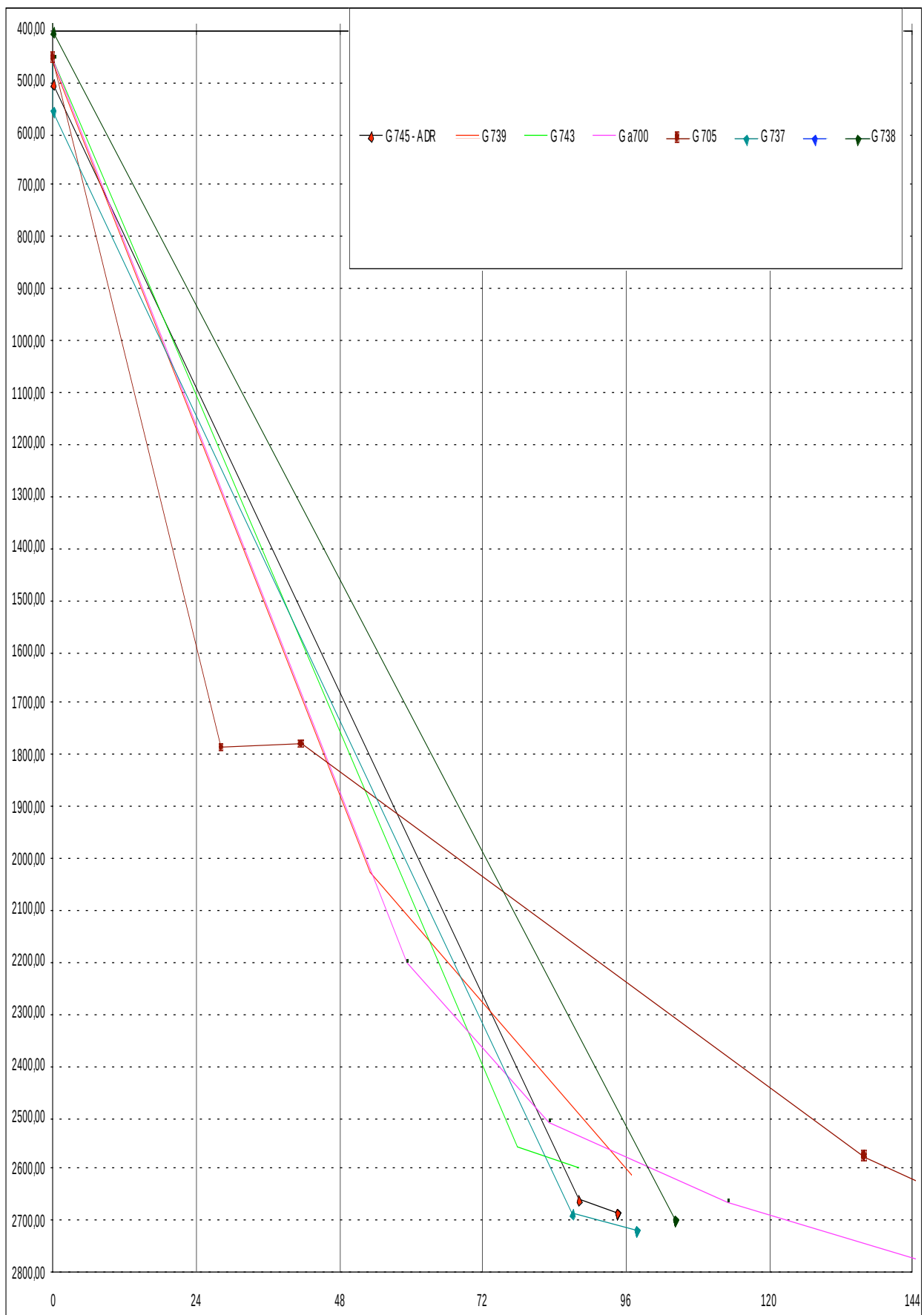


Fig. 9: Horas de rotación para pozos Escalante.

Comparación Pozos promedios por yacimiento y por Formaciones:

	CAÑADON PERDIDO sin ADR									
	Rotación Sin ADR		Mtrs Sin ADR		Hras Cbio trep		HRS ROT.	PROM. MTS	ROP	HRAS rot+Viaje
FORMACION	B 518	B 514	B 518	B 514	B 518	B 514				
EL TREBOL	21,50	18,25	630	793						
CDRO RIVADAVIA	23,00	9,75	560	329						
MEC	46,75	70,25	534	649	25,50	25,50				
Totales	91,25	98,25	1724,00	1771,00	25,50	25,50	94,75	1747,50	18,44	120,25

	EL TREBOL sin ADR									
	Rotación Sin ADR		Mtrs Sin ADR		Hras Cbio trep		HRS ROT.	PROM. MTS	ROP	HRAS rot+Viaje
FORMACION	E 766	E 763	E 766	E 763	E 766	E 763	19,88	619	31,14	19,88
EL TREBOL	21,00	18,75	635	603						
CDRO RIVADAVIA	37,25	45,25	806	852						
MEC	72,00	86,75	414	418	29,25	23,50				
Totales	130,25	150,75	1855,00	1873,00	29,25	23,50				
							140,50	1864,00	13,27	166,88

	ESCALANTE sin ADR									
	Rotación Sin ADR		Mtrs Sin ADR		Hras Cbio trep		HRS ROT.	PROM. MTS	ROP	HRAS rot+Viaje
FORMACION	G 739	G 743	G 739	G 743	G 739	G 743	17,38	579	33,32	17,38
EL TREBOL	19,75	15,00	606	552						
CDRO RIVADAVIA	32,75	21,00	619	603	15,50					
MEC	33,50	40,50	412	440		20,25				
Totales	86,00	76,50	1637,00	1595,00	15,50	20,25	81,25	1616,00	19,89	99,13

CAÑADON PERDIDO con ADR											diferencia horas totales
Rotación Con ADR			Mtrs Con ADR		Hras Cbio trep		HRS ROT.	PROM. MTS	ROP	HRAS rot+Viaje	
FORMACION	B 520	B 523	B 520	B 523	B 520	B 523	21,63	778	35,95	21,63	1,75
EL TREBOL	18,25	25,00	802	753	0,00	0,00					
CDRO RIVADAVIA	8,00	10,75	318	355	0,00	0,00					
MEC	31,25	55,75	558	638	0,00	15,50					
Totales	57,50	91,50	1678,00	1746,00	0,00	15,50	74,50	1712,00	22,98	82,25	-38,00

EL TREBOL con ADR											diferencia horas totales
Rotación Con ADR			Mtrs Con ADR		Hras Cbio trep		HRS ROT.	PROM. MTS	ROP	HRAS rot+ Viaje	
FORMACION	E 771	E 772	E 771	E 772	E 771	E 772	22,88	635	27,76	22,88	3,00
EL TREBOL	18,50	27,25	633	637	0,00	0,00					
CDRO RIVADAVIA	41,50	53,75	786	822	0,00	14,00					
MEC	39,00	18,00	409	391	0,00	0,00					
Totales	99,00	99,00	1828,0 0	1850,0 0	0,00	14,00	99,00	1839,00	18,58	106,00	-60,88

ESCALANTE con ADR											diferencia horas totales
Rotación Con ADR			Mtrs Con ADR		Hras Cbio trep		HRS ROT.	PROM. MTS	ROP	HRAS rot+Viaje .	
FORMACION	G 745		G 745		G 745		19,50	556	28,51	19,50	2,13
EL TREBOL	19,50		556								
CDRO RIVADAVIA	33,00		744								
MEC	22,75		360								
Totales	75,25	0,00	1660,0 0	0,00	0,00	0,00	75,25	1660,00	22,06	75,25	-23,88

Comparación Pozos más rápidos por yacimiento y por Formaciones:

CAÑADON PERDIDO sin ADR				
FORMACION	Rotación	Mtrs	Hras Mbra	ROP
	B 518	B 518	B 518	
EL TREBOL	21,50	630		29,30
CDRO RIVADAVIA	23,00	560		24,35
MEC	46,75	534	25,50	11,42
Totales	91,25	1724,00	25,50	18,89

EL TREBOL sin ADR				
FORMACION	Rotación	Mtrs	Hras Mbra	ROP
	E 757	E 757	E 757	
EL TREBOL	21,25	624		29,36
CDRO RIVADAVIA	37,25	802		21,53
MEC	60,50	409	0,00	6,76
Totales	119,00	1835,00	0,00	15,42

FORMACION	ESCALANTE sin ADR				
	Rotación	Mtrs	Hras Mbra	ROP	HRAS rot+Viaje
	G 737	G 737	G 737		
EL TREBOL	21,75	664		30,53	21,75
CDRO					
RIVADAVIA	26,00	653		25,12	26,00
MEC	30,75	364		11,84	30,75
Totales	78,50	1681,00	0,00	21,41	78,50

CAÑADON PERDIDO con ADR								
FORMACION	Rotación	Mtrs	Hras Mbra	HRS ROT.	PROM. MTS	ROP	HRAS rot+Viaje	diferencia horas totales
	B 520	B 520	B 520					
EL TREBOL	18,25	802	0,00	18,25	802	43,95	18,25	-3,25
CDRO RIVADAVIA	8,00	318	0,00	8,00	318	39,75	8,00	-15,00
MEC	31,25	558	0,00	31,25	558	17,86	31,25	-28,25
Totales	57,50	1678,00	0,00	57,50	1678,00	29,18	57,50	-46,50

EL TREBOL con ADR								
FORMACION	Rotación	Mtrs	Hras Mbra	HRS ROT.	PROM. MTS	ROP	HRAS rot+Viaje	diferencia horas totales
	E 772	E 772	E 772					
EL TREBOL	27,25	637	0,00	27,25	637	23,38	27,25	6,00
CDRO RIVADAVIA	53,75	822	14,00	53,75	822	15,29	60,75	23,50
MEC	18,00	391	0,00	18,00	391	21,72	18,00	-42,50
Totales	99,00	1850,00	14,00	99,00	1850,00	18,69	106,00	-13,00

ESCALANTE con ADR								
FORMACION	Rotación	Mtrs	Hras Mbra	HRS ROT.	PROM. MTS	ROP	HRAS rot+Viaje	diferencia horas totales
	G 745	G 745	G 745					
EL TREBOL	19,50	556		19,50	556	28,51	19,50	-2,25
CDRO RIVADAVIA	33,00	744		33,00	744	22,55	33,00	7,00
MEC	22,75	360		22,75	360	15,82	22,75	-8,00
Totales	75,25	1660,00	0,00	75,25	1660,00	22,06	75,25	-3,25

Análisis para el yacimiento Cañadón Perdido

SIN ADR

- Los pozos seleccionados para este estudio tienen una profundidad promedio de 2658 m.
- No aplica
- La ROP promedio es de 18,44 m/hr
- La sección de 1830 - 2400 m la ROP promedio es de 10,11 m/hrs.
- El total de horas de perforacion en el pozo promedio @ 2690 es de 120,25 horas

CON ADR

Los pozos seleccionados para este estudio tienen una profundidad promedio de 2690 m.

El % de uso del ADR es de 78

La ROP promedio es de 22,98 m/hrs.

La sección de 1830 a 2400 m la ROP promedio es de 13,75 m/hrs.

El total de horas de perforacion es 82,25 horas @ 2690 m

Análisis para el yacimiento El Treból

SIN ADR

Los pozos seleccionados para este estudio tienen una profundidad promedio de 2960 m.

No aplica

La ROP promedio es de 13,27 m/hr

La sección de 2542 - 2858 m la ROP promedio es de 5,24 m/hrs.

El total de horas de perforacion en el pozo promedio @ 2959 es de 167 horas

CON ADR

Los pozos seleccionados para este estudio tienen una profundidad promedio de 2960 m.

El % de uso del ADR es de 90

La ROP promedio es de 18,58 m/hrs.

La sección de 2542 - 2956 m la ROP promedio es de 14 m/hrs.

El total de horas de perforacion es 106 horas @ 2959 m

Análisis para el yacimiento Escalante

SIN ADR

- Los pozos seleccionados para este estudio tienen una profundidad promedio de 2700 m.
- No aplica
- La ROP promedio es de 19,89 m/hr
- La sección de 2200 - 2700 m la ROP promedio es de 11,51 m/hrs.
- El total de horas de perforacion en el pozo promedio @ 2700 es de 100 horas

CON ADR

Los pozos seleccionados para este estudio tienen una profundidad promedio de 2700 m.

El % de uso del ADR es de 84

La ROP promedio es de 22,06 m/hrs.

La sección de 2200 a 2700 m la ROP promedio es de 15,82 m/hrs.

El total de horas de perforacion es 76 horas @ 2700 m

Análisis Final:

- **Con la aplicación del perforador automatico se ayudo a disminuir las horas de rotación en pozos promedios de diferentes zonas en mas de 20 horas, proyectandolo a 2.2 pozos por mes es equivalente a mas de 44 horas de ahorro.**
- **Estos tiempos son basados en hrs de perforacion incluyendos tiempos de de conexion.**
- **Si se tienen en cuenta las maniobras ahorradas esos tiempos se duplican.**
- **En el intervalo que comprende la formacion Mina El Carmen se puede observar tasa de perforación de 14.5 m/hrs**
- **Se observa un mejor diametro promedio del hoyo.**
- **Debido a que el comportamiento del peso sobre el trepano con el ADR es lineal se garantiza un esfuerzo de corte constante y ajusta al cambio de dureza generand`o un hoyo con mejor geometria, disminuyendo la generación de problemas como apoyo, pata de perro, empaquetamientos, entre otros.**

Conclusiones

El Sistema de Perforación Automatizada Controlada Electrónicamente, instalado en el equipo de perforación ha logrado mejoras significantivas comparadas con la perforación manual. Las horas de rotación promedios se han reducido en un 25%. El desgaste del trepano, especialmente en trépanos PDC se ha reducido dramáticamente. El control múltiple de los parámetros (monitoreando varios parámetros de perforación simultáneamente y cambiando el control instantáneamente entre ellos) ha permitido mejorar la tasa de penetración.

El maquinista puede optimizar muchos aspectos del proceso de la perforación y no tener que concentrarse solamente en la acción repetitiva de controlar la palanca del freno. En el futuro, se espera mejorar mas este proceso de automatización, (por ejemplo control de la maniobra, pruebas de penetración automáticas, control del torque, evitar pérdidas de circulación por empaquetamientos) para optimizar más aun el proceso de la perforación y mejorar la calidad del pozo.

El Sistema Autodriller electrónico ha alcanzado o superado las expectativas de la empresa operadora, por esto se tomó la decisión de implementar el uso del sistema en forma permanente en todas las campañas de perforaciones futuras de pozos profundos. El sistema es muy fácil de instalar y la operación esta diseñada para que cualquier perforador lo pueda aprender rápidamente. Creemos que este tipo de sistema será parte estándar de los equipos de perforación del futuro.