

Tabla 1. Desempeño de las mechas usadas en el hoyo de un pozo. Récord de mechas

Mechas	Record de mechas								
	Hora de rotación, h	Tasa de penetración, pie/h	PSM, M lbf/pulg ²	Velocidad de Rotación, rpm	Densidad del lodo, lpg	Viscosidad plástica, cP	Punto Cedente, lb/100 pie ²	Potencia Hidráulica en la mecha, HP/pulg ²	Gravedad específica de la formación
1	35	50	35	120	9,5	20	15	2,5	1,80
2	24	45	34	113	9,6	23	18	2,8	1,70
3	37	43	33	110	9,5	26	18	2,4	1,80
4	34	38	36	115	9,5	22	19	2,5	1,90
5	23	35	35	110	9,6	28	17	2,7	1,76
6	22	33	37	112	9,7	21	18	2,5	1,67
7	8	23	35	113	10,0	25	15	2,9	1,93
8	20	21	34	115	9,7	27	16	2,5	1,70
9	18	19	32	110	9,9	24	17	2,5	2,10
10	19	18	30	111	9,9	22	18	2,4	2,00

El récord anterior lo tomamos de una aplicación en un hoyo cuyo diámetro, tipo de formación, tipo de mecha y fase continua del fluidos no se suministra.

En este estudio se calculan los cuartiles para las dos propiedades nombradas y se analizan los mejores desempeños de las mechas usadas en el hoyo, correspondientes al cuarto cuartil, donde ocurre el mejor desempeño operacional de las mechas evaluadas.

En la tabla 2 se presenta la data de la variable Horas de rotación por cada mecha, ordenadas en forma creciente, y se calculan los cuartiles correspondientes. Los valores se presentan en forma gráfica en la figura 1.

Tabla 2. Horas de rotación

Horas de rotación, h	Qi
8	
18	
19	
19,25	1
20	
22	
22,50	2 (mediana)
23	
24	
31,50	3
34	
35	
37	

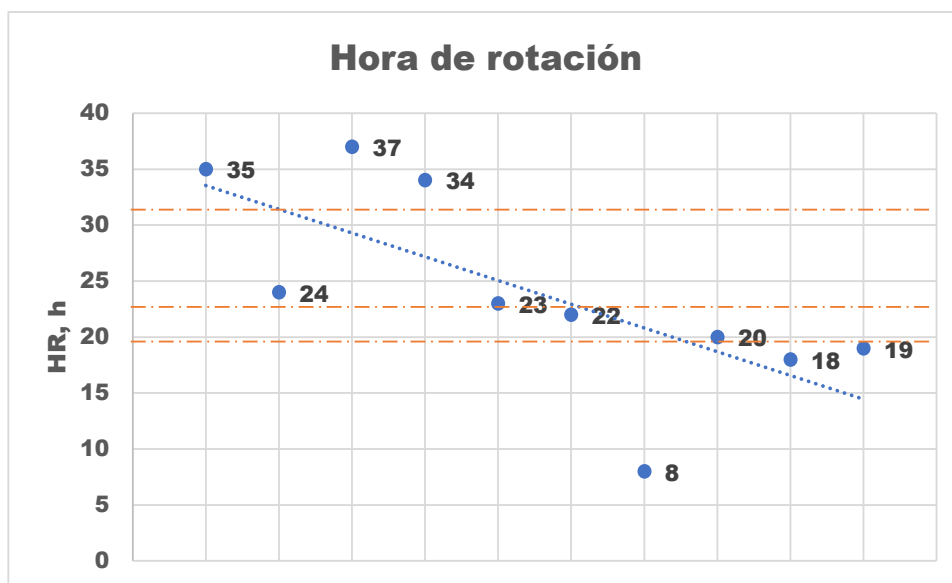


Figura 1. Horas de rotación

En la tabla 3 se presenta la data de la variable Tasa de penetración por cada mecha, ordenadas en forma creciente, y se calculan los cuartiles correspondientes. Los valores se presentan en forma gráfica en la figura 2.

Tabla 3. Tasa de penetración

Tasa de penetración, pie/h	Qi
18	
19	
21	
21,50	1
23	
33	
34,00	2 (mediana)
35	
38	
41,75	3
43	
45	
50	

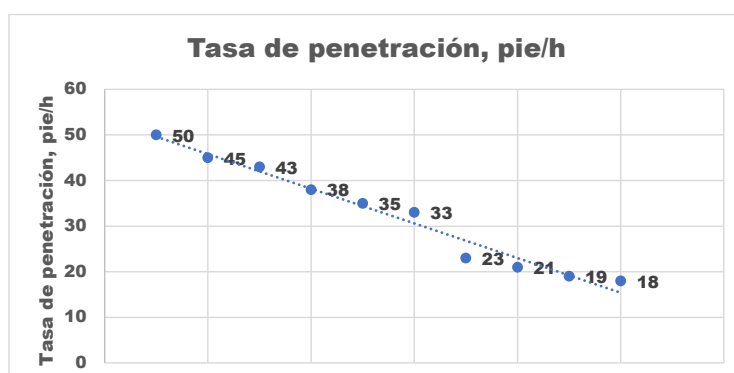


Figura 2. Tasa de rotación

Como ya se determinaron los cuartiles de las variables base, el siguiente paso es combinarlas para confrontarlas en una sola gráfica. Esto define cuatro áreas de desempeño en ambas variables, presentados en la figura 3.

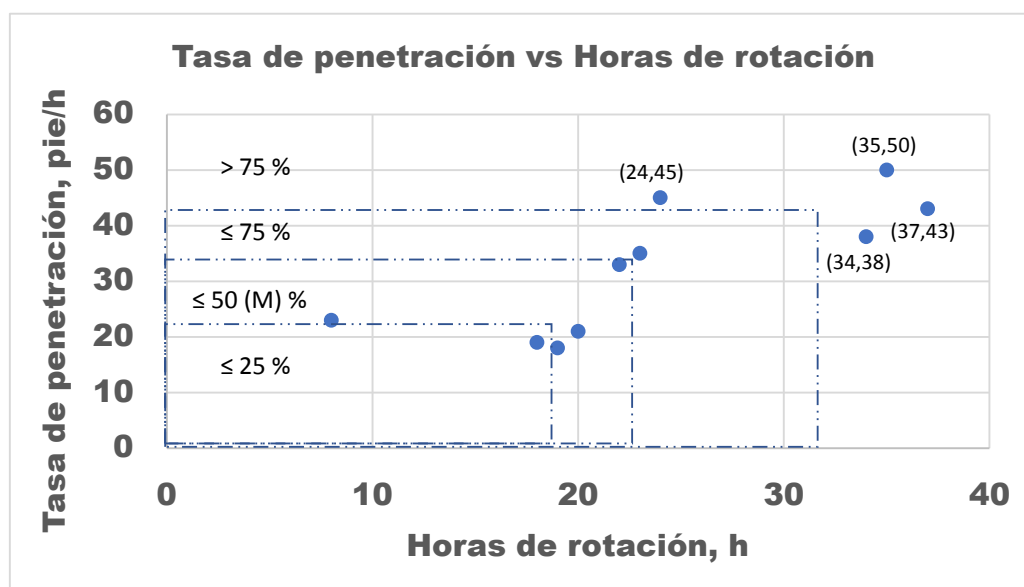


Figura 3. Data evaluada de Horas de rotación y Tasa de penetración por mecha

En la tabla 4 se reporta el desempeño de las mejores mechas (que están en el cuarto cuartil) junto a las variables operativas para determinar la influencia que las variables operativas causan que esas mechas hayan hecho el mejor desempeño registrado en el récord de mechas analizado.

Mechas	Hora de rotación, h	Tasa de penetración, pie/h	PSM, M lbf/pulg ²	Velocidad de Rotación, rpm	Densidad del lodo, lpg	Viscosidad plástica, cP	Punto Cedente, lb/100 pie ²	Potencia Hidráulica en la mecha, HP/pulg ²	Gravedad específica de la formación
1	35	50	35	120	9,5	20	15	2,5	1,80
2	24	45	34	113	9,6	23	18	2,8	1,70
3	37	43	33	110	9,5	26	18	2,4	1,80
4	34	38	36	115	9,5	22	19	2,5	1,90

Tabla 4. Mechas con mejor desempeño en horas de rotación y tasa de penetración, y las variables operacionales aplicadas en sus corridas

El rango de duración de las mechas de mejor desempeño estuvo entre 24 y 37 horas de rotación, con un promedio de 32,5 horas. La tasa de penetración de las mechas con mejor desempeño osciló entre 38 y 50 pies por hora, con un promedio de 44 pies por hora.

Se presenta el análisis de horas de rotación de las mechas de mejor desempeño con respecto a las variables operativas la tabla 4.

Tabla 5. Horas de rotación vs Peso sobre la mecha

Hora de rotación, h	PSM, M lbf/pulg ²
37	33
35	35
34	36
24	34
32,5	34,5

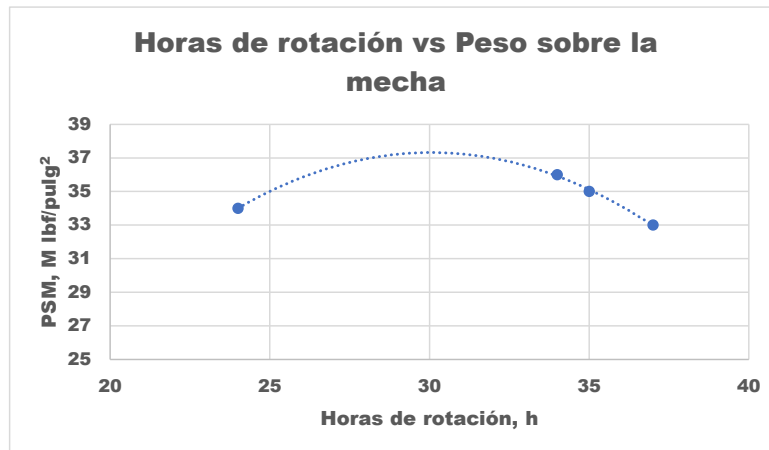


Figura 4. Horas de rotación vs Peso sobre la mecha

El rango de trabajo del Peso sobre la mecha estuvo entre 33 y 36 M lb/pulg², con un promedio de 34,5 M lb/pulg². De la figura 4, se observa que hay un punto máximo en 37,35 M lb/pulg² de PSM para un tiempo de rotación de la mecha de 30,07 horas. El mejor desempeño lo tuvo la relación 33 M lb/pulg² para 37 h de rotación de esa mecha.

Tabla 6. Velocidad de rotación vs RPM

Hora de rotación, h	Velocidad de Rotación, rpm
37	110
35	120
34	115
24	113
32,5	114,5

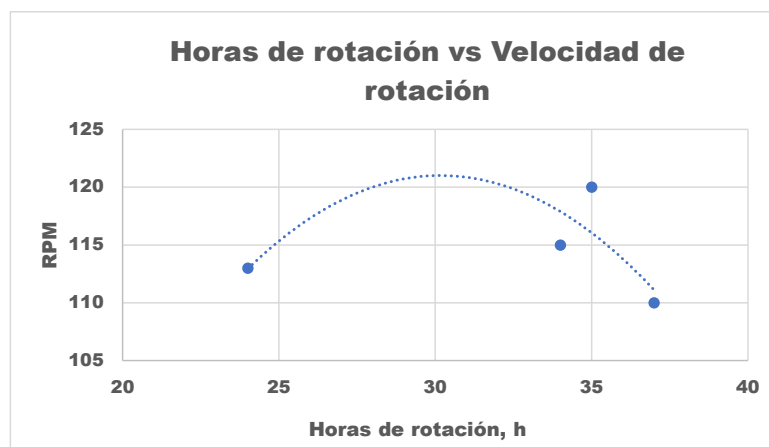


Figura 5. Horas de rotación vs Velocidad de rotación

El rango de trabajo de la Velocidad de rotación de la mecha estuvo entre 110 y 120 rpm, con un promedio de 114,5 rpm. De la figura 5, se observa que hay un punto máximo en 121,05 rpm para un tiempo de rotación de la mecha de 30,17 h. El mejor desempeño lo tuvo la relación 110 rpm y 37 h de rotación.

Tabla 7. Horas de rotación vs Densidad del lodo

Hora de rotación, h	Densidad del lodo, lpg
37	9,5
35	9,5
34	9,5
24	9,6
32,5	9,525

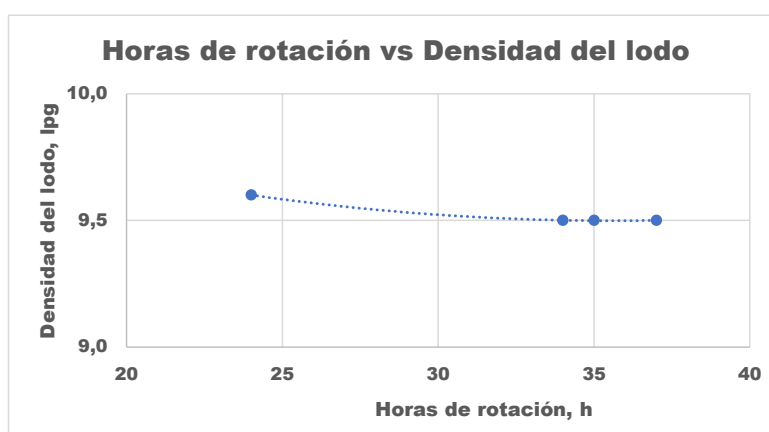


Figura 6. Horas de rotación vs Densidad del lodo

El rango de trabajo de la densidad del lodo osciló entre 9,5 y 9,6 lpg con un promedio de 9,525 lpg. De la figura 6, se puede observar que hay un punto mínimo en 9,55 lpg para un tiempo de rotación de la mecha de 33,5 h. El mejor desempeño lo tuvo la relación 9,5 lpg y 37 h de rotación.

Tabla 8. Horas de rotación vs Viscosidad Plástica

Hora de rotación, h	Viscosidad Plástica, cP
37	26
35	20
34	22
24	23
32,5	22,75

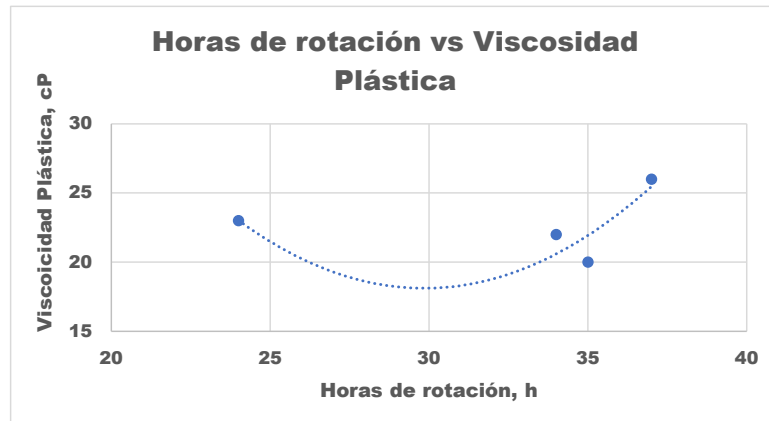


Figura 7. Horas de rotación vs Viscosidad Plástica

El rango de trabajo de la Viscosidad Plástica estuvo entre 20 y 26 cP, con un promedio de 22,75 cP. De la figura 7, se puede observar que hay un punto mínimo en 18,11 cP para un tiempo de rotación de la mecha de 29,85 h. El mejor desempeño lo tuvo la relación 26 cP y 37 h de rotación.

Tabla 9. Horas de rotación vs Punto Cedente

Hora de rotación, h	Punto Cedente, lb/100 pie ²
37	18
35	15
34	19
24	18
32,5	17,5

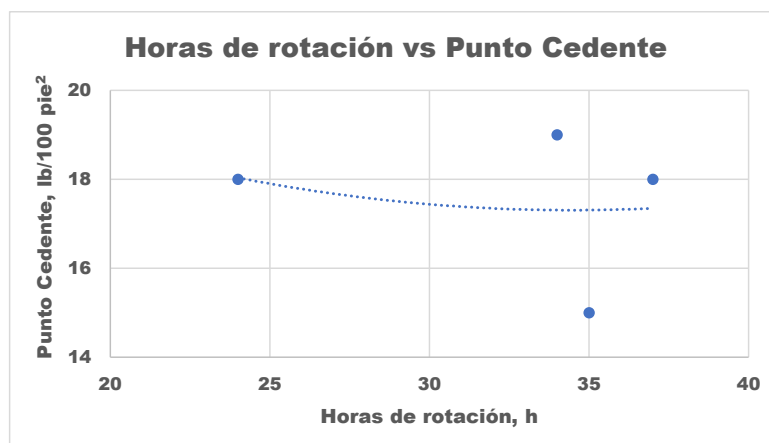


Figura 8. Horas de rotación vs Punto Cedente

El rango de trabajo del Punto Cedente estuvo entre 15 y 19 lb/100 pie², con un promedio de 17,5 lb/100 pie². De la figura 8, se puede observar que hay un punto mínimo en 17,35 lb/100 pie² para un tiempo de rotación de la mecha de 34,28 horas. El mejor desempeño lo tuvo la relación 18 lb/100 pie² y 37 h de rotación.

Tabla 10. Horas de rotación vs Potencia hidráulica en la mecha

Hora de rotación, h	Potencia Hidráulica en la mecha, HP/pulg ²
37	2,4
35	2,5
34	2,5
24	2,8
32,5	2,55

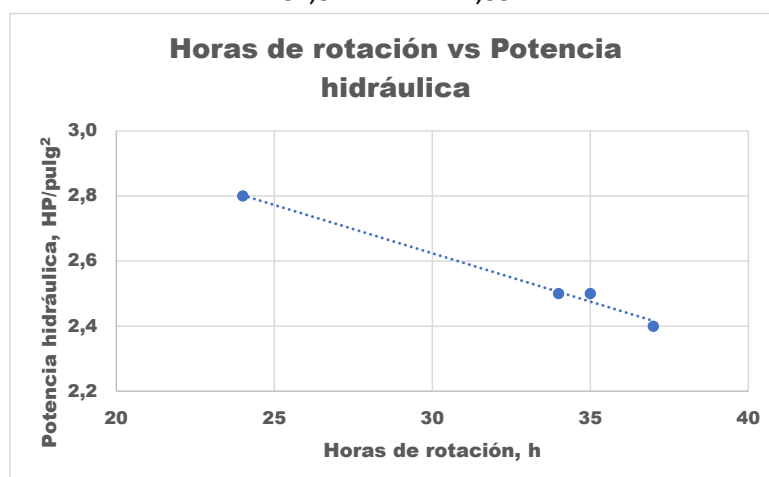


Figura 9. Horas de rotación vs Potencia Hidráulica en la mecha

El rango de trabajo de la Potencia hidráulica aplicada en la mecha estuvo entre 2,4 y 2,8 HP/pulg², con un promedio de 2,55 HP/ pulg². De la figura 9, se puede observar que el mejor desempeño estuvo en la relación 2,4 HP/pulg² para una duración de la mecha de 37 h de rotación.

Tabla 11. Horas de rotación vs Gravedad específica de la formación

Hora de rotación, h	Gravedad específica de la formación
37	1,80
35	1,80
34	1,90
24	1,70
32,5	1,80

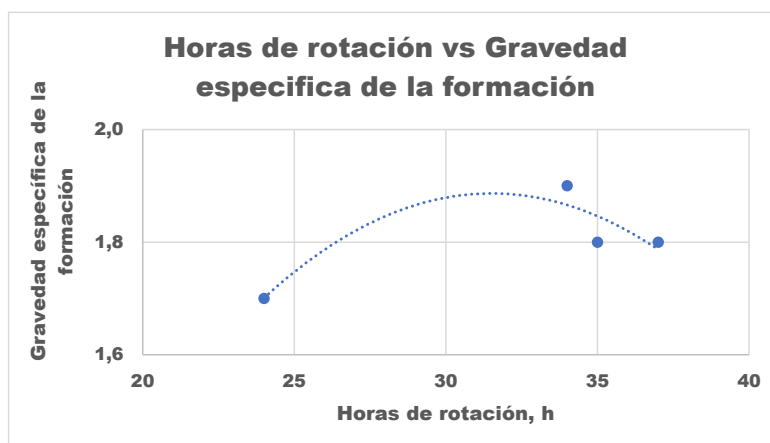


Figura 10. Horas de rotación vs Gravedad específica de la formación

El rango de la gravedad específica de la formación fue de 1,7 y 1,9, con un promedio de 1,8. De la figura 10, se puede observar que hay un punto máximo 1,89 para una duración de la mecha de 31,28 h. El mejor desempeño lo tuvo la relación 1,8 para 37 h de rotación.

Se presenta el análisis de horas de rotación de las mechas de mejor desempeño con respecto a las variables operativas la tabla 4.

Tabla 12. Tasa de penetración vs Peso sobre la mecha

Tasa de penetración, pie/h	PSM, lbf/pulg ²
50	35
45	34
43	33
38	36
44	34,50

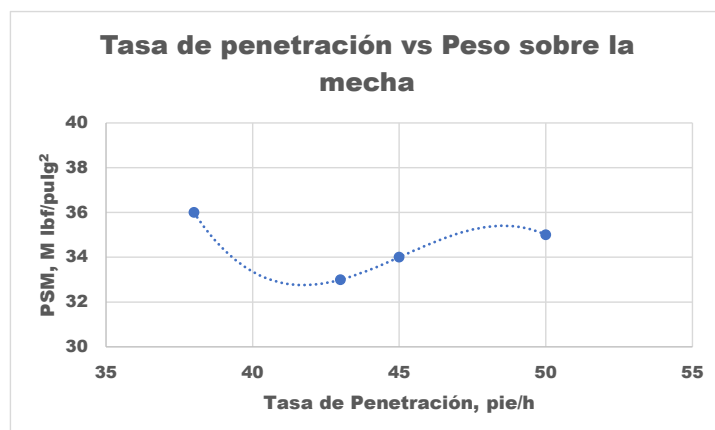


Figura 11. Tasa de penetración vs Peso sobre la mecha

El rango del peso sobre la mecha estuvo entre 33 y 36 M lb/pulg² con un promedio de 34,50 M lbf/pulg². De la figura 11, se puede observar que hay un mínimo en 42,31 pie/h para un peso sobre la mecha 32,83 M lbf/pulg² y un máximo en 47,79 pie/h para un peso sobre la mecha de 35,70 M lbf/pulg². El mejor desempeño lo tuvo la relación 50 pie/h para 35 M lbf/pulg².

Tabla 13. Tasa de penetración vs velocidad de rotación

Tasa de penetración, pie/h	Velocidad de Rotación, rpm
50	120
45	113
43	110
38	115
44	114,50

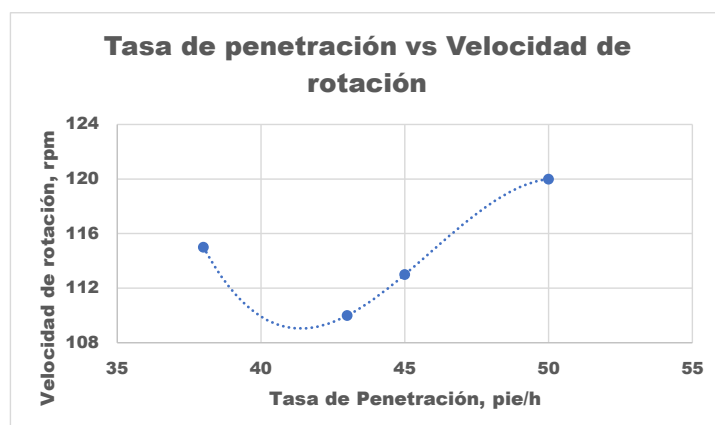


Figura 12. Tasa de penetración vs Velocidad de rotación

El rango de la velocidad de rotación estuvo entre 110 y 120 rpm con un promedio de 114,5 rpm. De la figura 12, se puede observar que hay un mínimo en 41,71 pie/h para una velocidad de rotación de 109,40 rpm y un máximo en 49,84 pie/h para una velocidad de rotación de 120,76 rpm. El mejor desempeño lo tuvo la relación 50 pie/h para 120 rpm.

Tabla 14. Tasa de penetración vs Densidad del lodo

Tasa de penetración, pie/h	Densidad del lodo, lpg
50	9,5
45	9,6
43	9,5
38	9,5
44	9,53

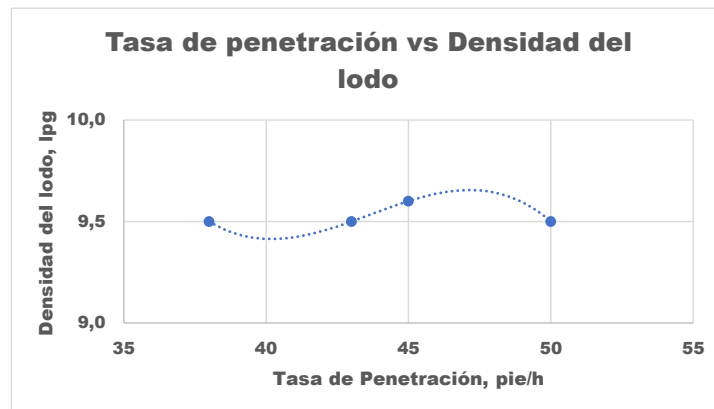


Figura 13. Tasa de penetración vs Densidad del lodo

El rango de la densidad del lodo estuvo entre 9,5 y 9,6 lpg con un promedio de 9,53 lpg. De la figura 13, se puede observar que hay un mínimo en 41,69 pie/h para 9,44 lpg, y un máximo en 46,72 pie/h para 9,68 lpg. El mejor desempeño lo tuvo la relación 50 pie/h para 9,5 lpg.

Tabla 15. Tasa de penetración vs Viscosidad Plástica

Tasa de penetración, pie/h	Viscosidad plástica, cP
50	20
45	23
43	26
38	22
44	23

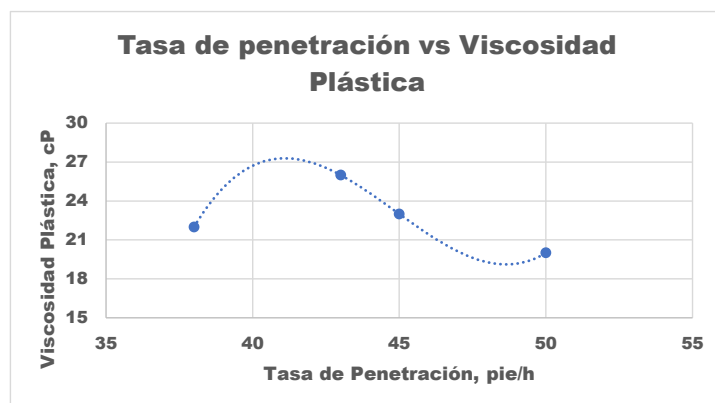


Figura 14. Tasa de penetración vs Viscosidad Plástica

El rango de la Viscosidad Plástica estuvo entre 20 y 26 cP, con un promedio de 23 cP. De la figura 14, se observa que hay un máximo en 41,10 pie/h para 27,64 cP, y un mínimo en 48,64 pie/h para 19,67 cP. El mejor desempeño lo tuvo la relación 50 pie/h para 20 cP.

Tabla 16. Tasa de penetración vs Punto Cedente

Tasa de penetración, pie/h	Punto Cedente, lb/100 pie ²
50	15
45	18
43	18
38	19
44	18

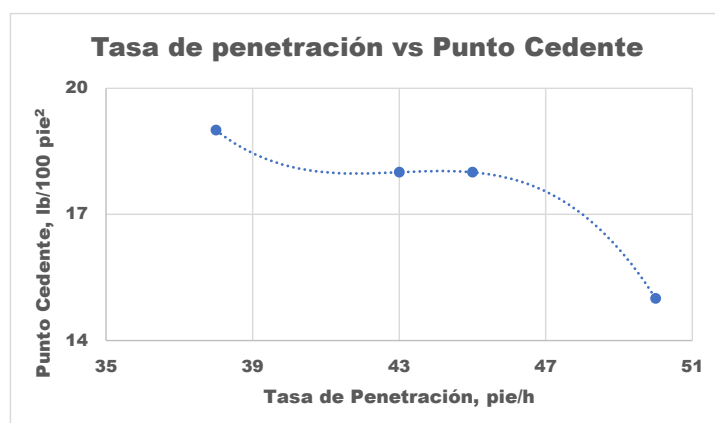


Figura 15. Tasa de penetración vs Punto Cedente

El rango del Punto Cedente estuvo entre 15 y 19 lb/100 pie², con un promedio de 18 lb/100 pie². De la figura 15, se observa que hay un mínimo en 40,64 pie/h para 18,30 lb/100 pie², y un máximo en 45,58 pie/h para 18,34 lb/100 pie². El mejor desempeño lo tuvo la relación 50 pie/h para 15 lb/100 pie².

Tabla 17. Tasa de penetración vs Potencia Hidráulica en la mecha

Tasa de penetración, pie/h	Potencia Hidráulica en la mecha, HP/pulg ²
50	2,5
45	2,8
43	2,4
38	2,5
44	2,55

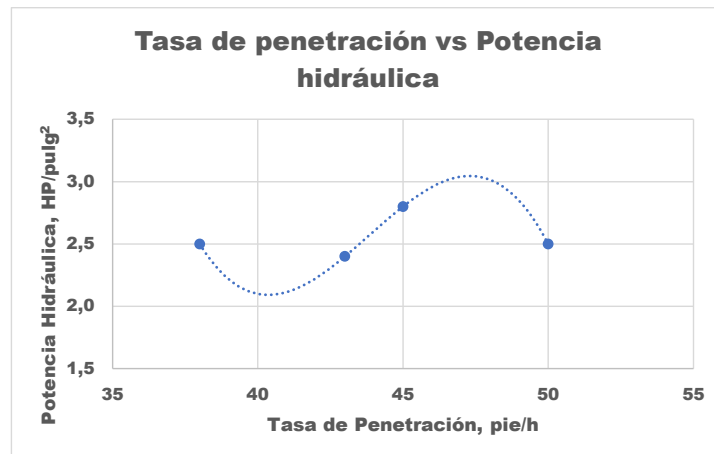


Figura 16. Tasa de penetración vs Potencia Hidráulica en la mecha

El rango de Potencia Hidráulica en la mecha estuvo entre 2,4 y 2,8 HP/pulg², con un promedio de 2,55 HP/pulg². De la figura 16, se puede observar que hay un mínimo en 39,85 pie/h para 2,19 HP/pulg², y un máximo en 48,04 pie/h para 3,07 HP/pulg². El mejor desempeño lo tuvo la relación 50 pie/h para 2,5 HP/pulg².

Tabla 18. Tasa de penetración vs Gravedad específica de la formación

Tasa de penetración, pie/h	Gravedad específica de la formación
50	1,80
45	1,70
43	1,80
38	1,90
44	1,80

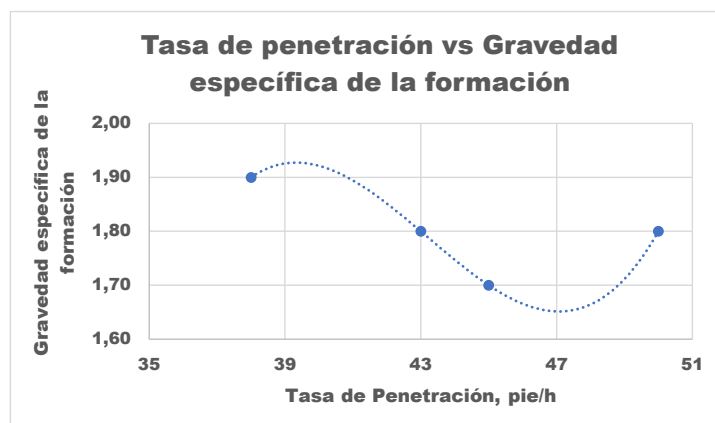


Figura 17. Tasa de penetración vs Gravedad específica de la formación

El rango de gravedad específica de la formación cortada estuvo entre 1,7 y 1,9, con un promedio de 1,8. De la figura 17, se puede observar que hay un máximo en 39,8 pie/h para 1,92 de gravedad específica de la formación, y un mínimo en 47,34 pie/h para 1,63. El mejor desempeño lo tuvo la relación 50 pie/h para 1,8.

Análisis y validez del método de cuartiles para analizar holísticamente el desempeño de la mechas de perforación.

Aunque pudiera verse tedioso hacer el análisis de cuartiles con las variables operativas en la construcción de pozos, con las herramientas actuales de Inteligencia Artificial se puede realizar el escrutinio, en un análisis holístico, donde se incorpore data geológica, propiedad de los fluidos, hidráulica del lodo, análisis de elementos estructurales y configuración de los hoyos y de la sarta, limpieza del espacio anular, y otros, que completen el cuadro combinatorio de las variables Vida útil de las mechas y Tasa de penetración con lo que hemos llamado en este trabajo las variables operativas, lo que permitiría definir los rangos de desempeño óptimo de estos atributos en la construcción de pozos de hidrocarburos.

Ese estudio podría complementarse con un análisis económico, al determinar el rango óptimo del desempeño de las mechas en cada hoyo, y el tiempo efectivo de perforación en la construcción de los pozos analizados.

Conclusiones

Se demuestra la viabilidad de emplear la herramienta estadística de los cuartiles para analizar el desempeño de las mechas de perforación en la construcción de pozos de petróleo

Si se amplía los elementos faltantes como datos de la geología local, estructura del hoyo, el tipo de mecha usado y otros eventos ocurridos durante las operaciones de perforación, se puede tener un método más robusto.

Sin embargo, este ejemplo de aplicación de cuartiles demuestra lo útil del método para analizar y clasificar el desempeño de las mechas durante la perforación de pozos de hidrocarburos y definir el rango propicio de las variables operativas y su entorno geológico.

Bibliografía

1. Análisis del desempeño de las mechas de perforación en hoyos. José Gregorio Tovar Silva. PDVSA Intevep, S.A. Gerencia de Proyectos de Perforación. Los Teques, 1997.
2. Función cuartil. [Función CUARTIL - Soporte técnico de Microsoft](#)
3. https://www.uaeh.edu.mx/division_academica/educacion-media/repositorio/2010/6- semestre/estadistica/cuartiles-deciles-y-ercentiles.pdf
Estadística. - Cuartiles, Deciles, Percentiles. Escuela Superior Tepeji del Río. Mg Sc: Silvia Ayala Hernández. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, México.
4. Probabilidad y Estadística. <https://www.probabilidadyestadistica.net/cuartiles/>. Academia Balderix.net
5. Cómo calcular cuartiles para datos agrupados. <https://application.unisima.net/Z32UNI3/2023-A/87105/GUIA-CUARTILES-DECILES-PERCENTILES%20datos%20Agrupados.pdf>
6. Cálculos de cuartiles. <https://www.cesspanguipulli.cl/wp-content/uploads/2020/10/CLASE-08-10-Cuantiles.pdf>
7. Cuartiles, deciles y percentiles: Cálculo, aplicaciones y prácticas resueltas para «enseñar y aprender». Esmeralda Ballesteros Doncel. Departamento de Sociología. Facultad de Ciencias Políticas y Sociología. Universidad Complutense de Madrid. Junio de 2012
8. Cuartiles. Qué son y sus aplicaciones. <https://encicloeconomia.net/estadistica/cuartil/>. Última actualización: 12 de agosto 2025.
9. Qué son los cuartiles y como aplicarlos. Mateo Esquivel. <https://tesisymasters.mx/cuartiles/>.
10. Hidráulica y reología de fluidos de perforación. Edgard Martinez. Mud logging School. 1986.
11. SPE Text book. Series Vol. 12. Fundamentals of Drilling Engineering. Editors: Robert F. Mitchell Halliburton Stefan Z. Miska University of Tulsa. © Copyright 2011 Society of Petroleum Engineers
12. Stuck Pipe Prevention (SPP) Hole cleaning. SLB. K&M Technology Goup. Houston, TX.