

ACIPET

Adquisición de Datos de presión y temperatura por zona en sartas de inyección selectiva por medio de “Memory Recorder Dummy valve – MRDV”.

D. Calle, Rodatech. C.F. Berdugo, Ecopetrol. R. Perez, Consultor. F. Escobar, Consultor. H. Trujillo, Rodatech

Categoría: Marque con una “X”

- Artículo Técnico
- Tesis Pregrado
- Tesis Posgrado

Derechos de Autor 2022, ACIPET

Este artículo técnico fue preparado para presentación en el XIX Congreso Regional Colombiano de Petróleo, Gas y Energía organizado por ACIPET en Cartagena, Colombia.
Este artículo fue seleccionado para presentación por el comité técnico de ACIPET, basado en información contenida en un resumen enviado por el autor(es).

Resumen

Mejorar los factores de recobro se ha convertido en un objetivo clave en el desarrollo de los campos de petróleo, donde el método de recuperación secundaria es una alternativa que cada día cobra más fuerza, utilizando sartas de inyección de agua selectiva en búsqueda de un mejoramiento de eficiencia vertical y de barrido.

El monitoreo del caudal inyectado por zona en estos pozos puede ser adquirido a través de registros ILT, sin embargo, para entender con mayor detalle el comportamiento de inyección en fondo, se deben analizar las variables de presión y temperatura de anular, en la cara de la formación, las cuales no son entregadas por estos registros convencionales y que dan un mayor detalle de las propiedades del yacimiento.

De acuerdo con lo anterior se desarrolló el equipo "Memory Recorder Dummy Valve - MRDV", equipo en proceso de patente de diseño, ingeniería y desarrollo 100% colombiano, el cual permite tomar la información de las zonas aisladas, por medio de un sistema de válvula dummy instalada en el bolsillo del mandril de las sartas de inyección selectiva. Esta herramienta presenta tres secciones principales, una permite acceso de comunicación entre el area anular y la memoria instalada del dummy, la segunda, la adquisición de datos de presión y temperatura por medio de un sensor memorizado y la tercera, un sistema de ecualización que facilita su recuperación.

El “MRDV” fue corrida y probada exitosamente en el año 2021 en 4 pozos en el campo La Cira Infantas, un campo con amplio desarrollo en recobro secundario e inyección de agua selectiva, más de 100 años de historia en producción de petróleo y un referente nacional en el proceso de recuperación secundaria. Dentro de los principales logros de la operación fue, verificar que el diseño de la válvula dummy es estándar y opera de la misma manera que las valvulas o dummies convencionales instalados en este tipo de sartas, además se obtuvo la data de caída de presión y temperatura en un periodo de tiempo determinado en las zonas donde las mismas fueron instaladas, permitiendo observar que hubo una exitosa comunicación anular y un aislamiento de cierre en fondo, que permitió la interpretación de la información y determinar datos de yacimientos como permeabilidad, daño y almacenamiento.

Introducción

El desarrollo de un campo petrolero, en especial con método de recobro secundario, necesita un monitoreo constante para analizar su comportamiento y evaluar oportunidades que mejoren el factor de recobro. Conocer la presión y temperatura de reservorio es importante para determinar propiedades dinámicas de la formación, variables que pueden ser estudiadas en cualquier tiempo de la

vida del yacimiento, y dependiendo de su etapa productiva permite monitorear los parámetros durante la explotación. Con la información de presión, luego de su interpretación por medio del estudio integrado de yacimientos, se logra un mejor entendimiento del reservorio, para posteriormente definir alternativas aplicables a los pozos que permitan recuperar de la mejor manera el hidrocarburo in situ.

Para recobro secundario el mayor desarrollo se ha generado en inyección de agua con sartas selectivas, las cuales permiten tener una eficiencia vertical y de barrido mayor en el patrón. Estas sartas de acuerdo con su diseño presentan una limitante para la toma de data relacionada a pruebas de caída de presión, ya que en la mayoría de ellas solo tienen mandriles de salida inferior con válvulas cheques que impiden la comunicación anular.

Debido a lo anterior, se diseñó una herramienta que pueda ser alojada en el bolsillo del mandril estándar de inyección, que permita la toma de la información de anular con las siguientes características:

- ✓ Dimensiones de una válvula dummy estándar, que genere un aislamiento entre el anular y el área interna de la tubería.
- ✓ Apertura de la válvula cheque del mandril para conseguir la comunicación con el anular.
- ✓ Permite alojar un sensor memorizado que realice el registro y almacenamiento de la información recopilada con los datos de presión y temperatura.

Monitoreo y Seguimiento al proceso de Inyección.

La inyección de agua como recobro secundario se viene desarrollando en el país desde mediados del siglo XX, con pozos de sartas sencillas (un solo empaque), situación que ocasionaba inyección preferencial una zona o intervalo y no barriendo el petróleo total del yacimiento. Debido a esto, se desarrolló una nueva tecnología a finales del siglo XX e inicios del XXI con un completamiento de inyección que permitiera mejorar la eficiencia vertical y de barrido del pozo, y es allí, donde se crea el diseño de las sartas selectivas de inyección, la cual por medio de empaques de producción aísla perforados agrupándolos por zonas, y en mandriles se instalan las valvulas que permiten el paso de los fluidos controlando el caudal.

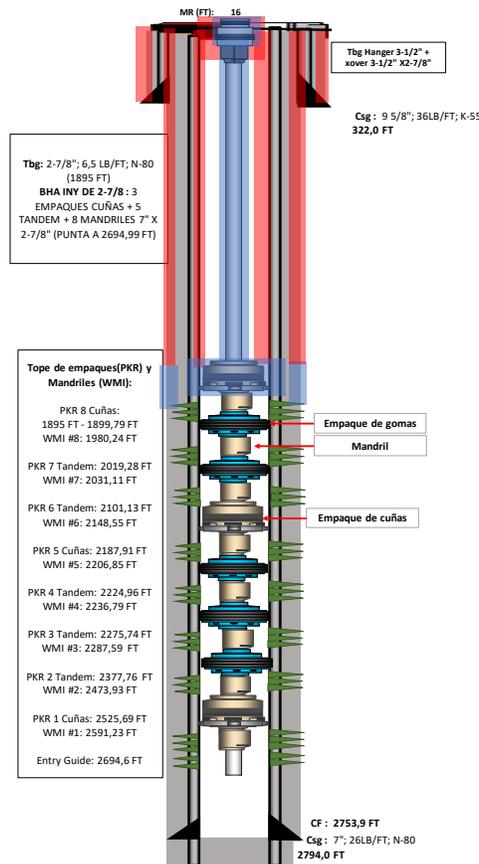


Figura 1. Sarta de inyección selectiva.

El caudal de agua inyectado por zona, y su distribución por intervalos pueden ser obtenido a través de ILT por sus siglas en ingles "Injection Logging Test", sin embargo las variables de presión y temperatura no son entregadas por este tipo de registros, datos importantes para entender mejor el comportamiento del proceso de inyección en fondo.

Realizar pruebas de caída de presión en sartas de inyección selectiva por su diseño presentaba un gran reto técnico, debido a que los mandriles de inyección normalmente usados en el país son de salida inferior y en ella se instala una válvula cheque (Ver figuras 2 y 3) que permite la salida del agua hacia la formación, pero impide que cualquier retorno de flujo de la misma hacia la sarta, este cheque que es normalmente cerrado impide la comunicación para desarrollar estas pruebas.

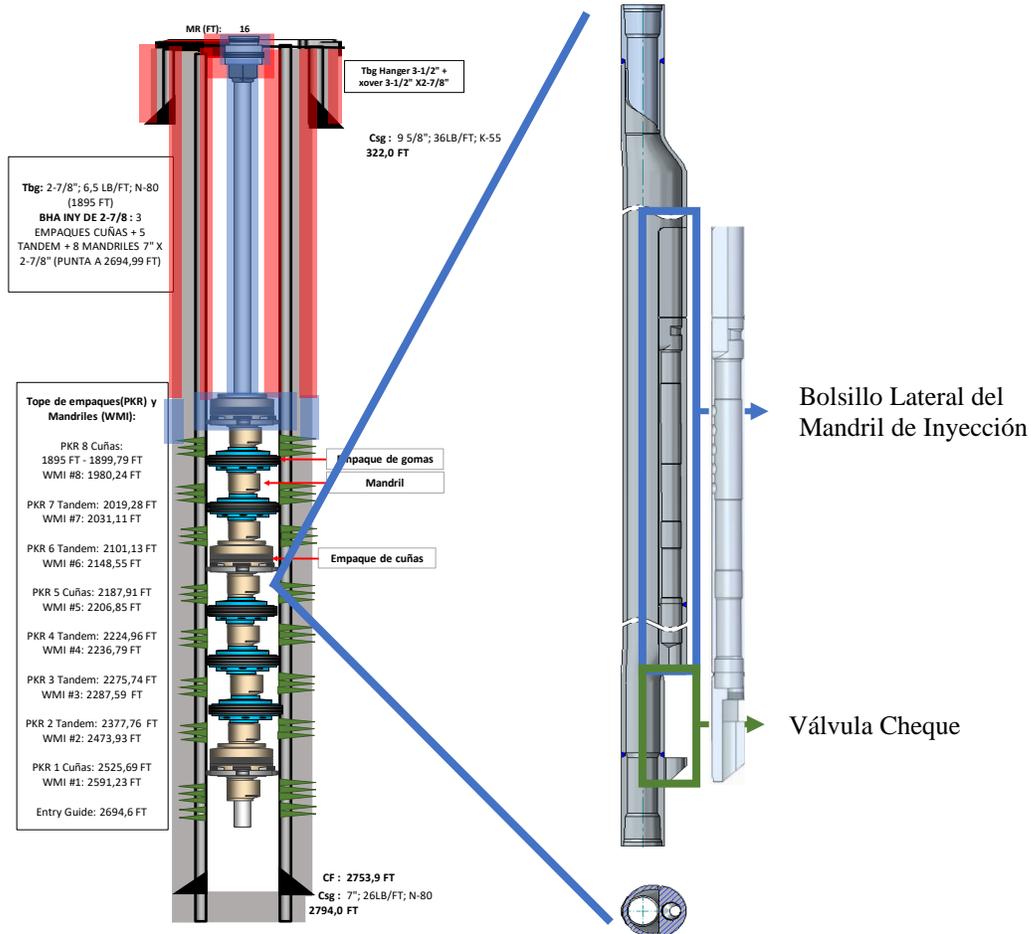


Figura 2. Ubicación de un mandril de inyección en la sarta de inyección.

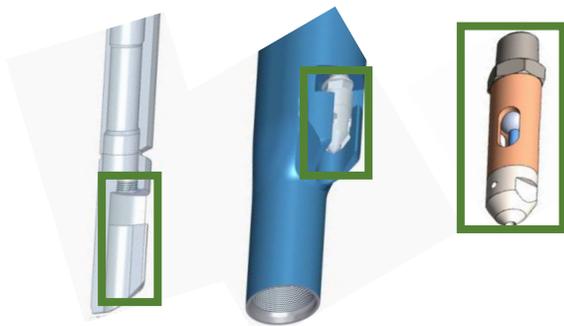


Figura 3. Ubicación de la válvula cheque del mandril de salida inferior

De acuerdo con lo anterior se vio la necesidad de desarrollar una herramienta que permitiera:

- ✓ Ser alojada y anclada en el bolsillo del mandril.
- ✓ Abrir la válvula cheque con el fin de generar la comunicación anular.
- ✓ Alojar un sensor memorizado para registrar y almacenar la data.
- ✓ Sistema de ecualización para una fácil recuperación de la válvula dummy.

Por lo anterior se decidió crear la memory recorder dummy valve (MRDV).

Memory Recorder Dummy Valve - MRDV.

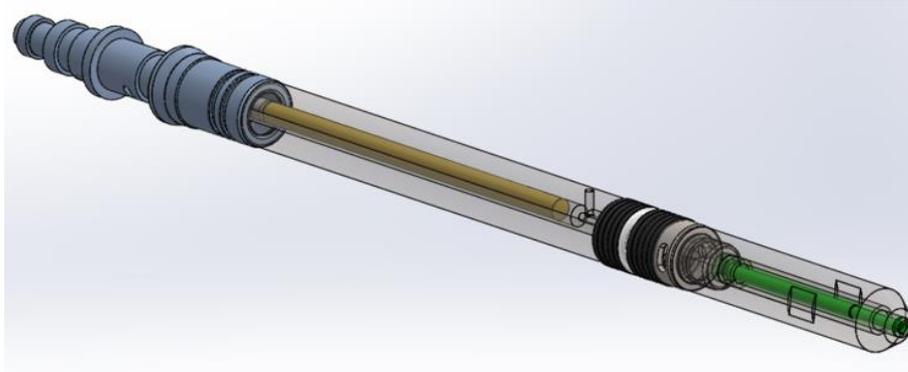


Figura 4. Diagrama de la Memory Recorder Dummy Valve - MRDV

La MRDV presenta tres sistemas (Ver figura 5) que permiten cubrir los requerimientos de la operaciones, los cuales se detallan a continuación:

- ✓ Latch RK Ecuilizable.
- ✓ Nariz Telescopica (Telescopic Nose)
- ✓ Alojamiento del sensor memorizado (Memory housing).

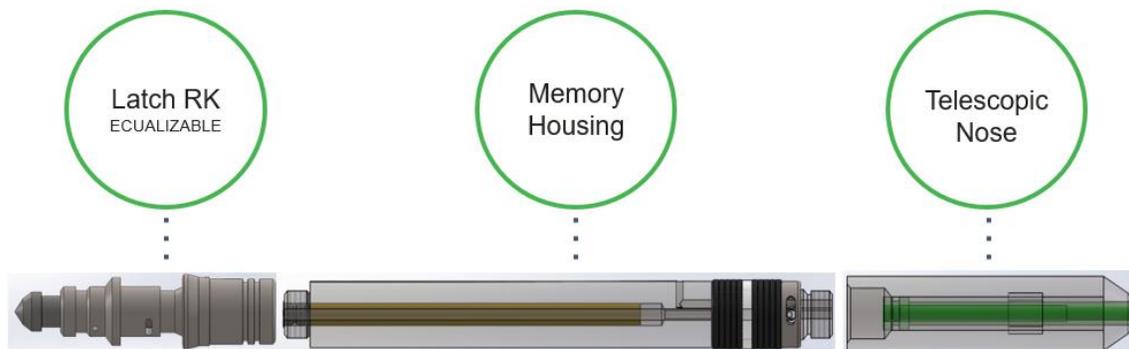


Figura 5. Diagrama de los 3 sistemas del MRDV

Latch RK Ecuilizable. Para cubrir la primera necesidad de que la herramienta se aloje se ancle en el bolsillo del mandril y permita su recuperación con sistema de ecualización, esta MRDV presenta las mismas dimensiones de un dummy o válvula estándar de 1 ½” de diámetro externo; además, tiene latch tipo RK ecuilizable estándar comúnmente usados para dummies o valvulas ciegas. Para lograr la ecuilización el cuerpo del dummy se debe tener un conducto de comunicación con el anular, que para un dummy convencional es

centrado, pero para el MRDV debe ser debidamente diseñado para poder alojar la memoria, la nariz telescópica y los conductos de los dos sistemas que se describen a continuación. (Ver figura 6).

Nariz Telescopica (telescopic Nose). Para cubrir la segunda necesidad de abrir la válvula cheque instalada en la parte inferior del mandril con el fin de generar la comunicación anular, se creó en la parte inferior del MRDV un vástago telescópico en dos secciones que al extenderse empuja la esfera del cheque, comprime el resorte de este y lo mantiene abierto. Este vástago se extiende por acción de la presión interna de la sarta, cuando la MRDV es instalada en el bolsillo, se genera el aislamiento debido al sello de los vpackings (Ver figura 6), y por un conducto estratégicamente diseñado lleva el efecto de la presión desde encima de los vpacking al vástago (ver figura 6). La presión necesaria para extender el vástago telescópico puede ser solo presión hidrostática, no se necesitan grandes diferenciales de presión para generar la acción.

Alojamiento de Sensor Memorizado (Memory Housing). Para cubrir la tercera necesidad de alojar un sensor memorizado para almacenar la data en la parte central del MRDV se encuentra una camisa en la cual se aloja y con unos conductos diseñados de comunicación entre esta y el área anular. Debido al aislamiento del MRDV que se genera por medio de los vpacking que aíslan la sarta interna del anular, la memoria solo lee información directamente de la cara de la formación. (Ver figura 6).

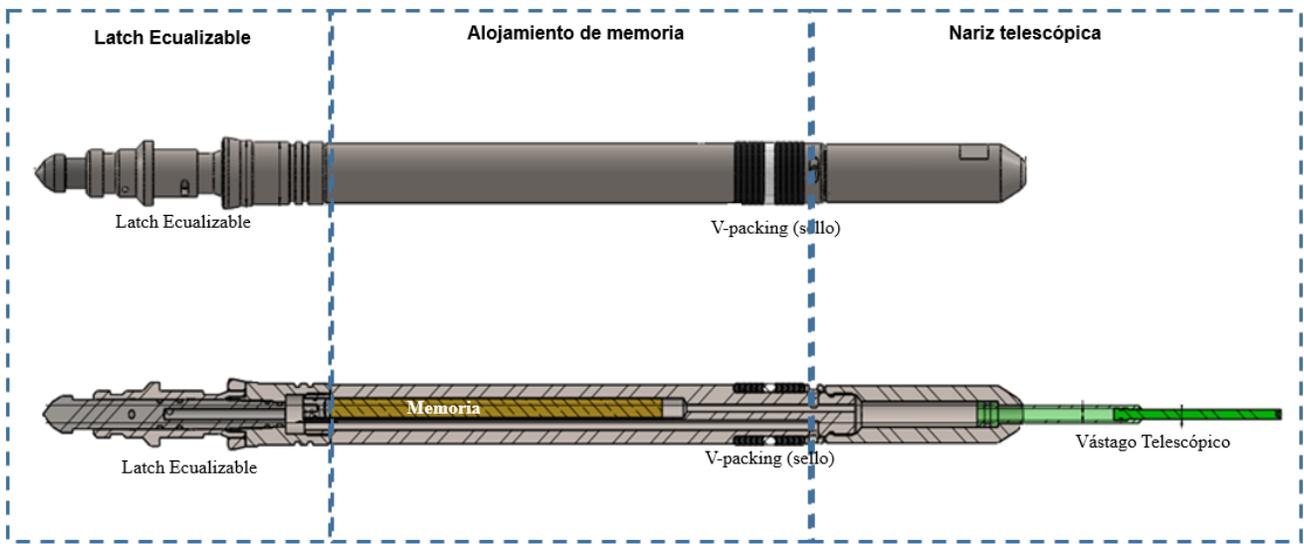


Figura 6. Descripción de los 3 sistemas del MRDV

Memoria. A continuación se presenta la descripción del sensor memorizado piezo resistivo utilizado en la MRDV. (Ver figura 7).

Seriales:

DC6810 – última Calibración:
24/09/2021

DC6809 – última Calibración:
24/09/2021

Presión:

- Presión rating (psi): up to 10 k
- Precisión (psi): ± 0.03% FS
- Resolución (psi): 0.0003% FS
- Drift (psi/año): <3

1/4" - 20 UNC Pin
0.443
1x 2000mAh Battery Pack
4.0
4.4
Ø0.50
0.7
1/4" - 20 UNC Box

Temperatura:

- Rating (C) – 150 (302 °F)
- Precisión (C) - ±0.5
- Resolución (C/año) – < 0.1

Características:

- Capacidad de muestreo: Hasta 1.000.000 Datos.
- Tamaño reducido de 0,5"

Aplicación:

- Memory Recorder Dummy Valve

Figura 7. Descripción de la memoria para la MRDV

Las Baterías de Lítio utilizadas en el Sensor Memorizado son AAA de 150C, 3.6 voltios y 0.7Ahr. Dado el tamaño el espacio en el Bolsillo del mandril, no es viable utilizar sensor memorizado más grande y por consiguiente, una batería más grande.

Características adicionales.

- ✓ La MRDV tiene dimensiones estándar tamaño de 1 ½” para ser ubicada en el bolsillo del mandril de inyección.
- ✓ Al tener dimensiones estándar la corrida y recuperación del MRDV se realiza con herramientas estándar de slick line, que comúnmente manejan los campos que tienen desarrollada la recuperación secundaria.
- ✓ Después de ser instalada la MRDV puede ponerse el pozo en inyección, ya que el aislamiento de este genera que la inyección no afecte la medición de la data.

Prueba Tecnológica del MRDV en Campo.

Se realizó la prueba de la tecnología del Memory Recorder Dummy Valve - MRDV en 4 Pozos con Sarta de Inyección Selectiva escogidos estratégicamente. en uno de los campos de mayor desarrollo de recobro secundario en el país, con el fin de Validar el correcto funcionamiento del mismo, Para esto se verificaron los siguientes puntos:

- ✓ Operación de Instalación y recuperación del MRDV.
- ✓ Correcta Recolección y Almacenamiento de la Data.
- ✓ Accionamiento del Vástago Telesópico.
- ✓ Aislamiento y sello del MRDV.
- ✓ Interpretación de la información de cada prueba.

A continuación se presenta la descripción y resumen de la operación de instalación y pesca de MRDV en los cuatro pozos donde se realizó la prueba del sistema.

Pozo	Mandril	Profundidad Mandril (ft)	Programación del sensor
Pozo 1	4	2501	DC6810 1 punto de P&T cada 3 segundos durante 9 días
Pozo 2	8	1800	DC6809 1 punto de P&T cada 3 segundos durante 7 días
Pozo 3	6	4180	DC6810 1 punto de P&T cada 3 segundos durante 7 días
Pozo 4	6	1184	DC6809 1 punto de P&T cada 3 segundos durante 7 días

Tabla 1. Descripción y resumen de los pozos donde se realizó la prueba tecnológica.

Operación de Instalación y Recuperación de la MRDV. Como se menciona anteriormente al ser la MRDV un dummy con medidas estándar se corrió con herramientas de slick line convencionales de manera exitosa. La velocidad de corrida y recuperación del MRDV no cambió respecto a una válvula convencional. A continuación en la figura 8 se muestra la verificación de la instalación con bloque de impresión.



Figura 8. Registro Fotográfico de Verificación de la Instalación.

Las MRDV fueron retiradas de manera exitosa solo una de ellas fue necesaria retirarla con Braided Line (Cable mas grueso que slick line el cual maneja tensiones mayores de trabajo), esto debido a que en la historia de este pozo y mandril lo comun es recuperar válvulas o dummies con Braided Line. Los MRDV se recuperaron sin ningún daño reportado, el vastago telescopico se recupero extendido y debido a esto se evidenció que accionó de manera exitosa. En la Figura 9. Se presenta el registro fotografico del vastago telescopico después de la recuperación.



Figura 9. Registro Fotografico de Vastago telescopico después de la recuperación.

Correcto Almacenamiento de la data. La información de data de presión y temperatura fue tomada de manera exitosa en los 4 pozos donde se evidencia la intalación y el retiro de la MRDV. En la igura 10, se muestra la grafica de presión y temperatura Vs tiempo de la prueba del Pozo 4.

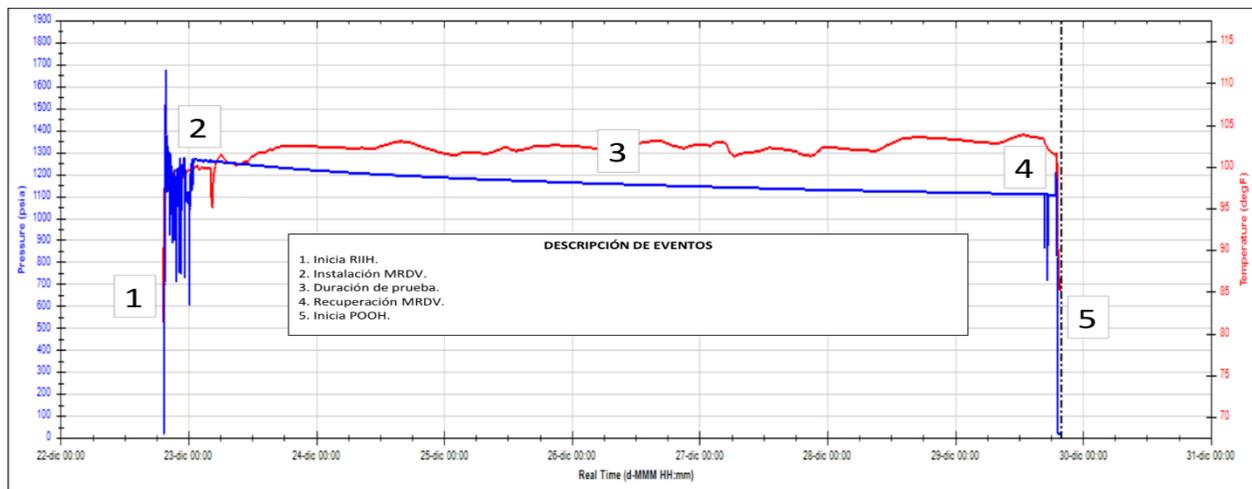


Figura 10. Grafico de Presión y Temperatura Vs Tiempo de la prueba del Pozo 4.

Los puntos represetados en la figura 10 son:

- ✓ **Punto 1.** Inicia la corrida de la MRDV.
- ✓ **Punto 2.** Caída de presión indicativo de un aislamiento de la presión de tubería y yacimiento en el momento de la ubicación del MRDV en el bolsillo del mandril.
- ✓ **Punto 3.** Se observa caída de presión estable durante la duración de la prueba.
- ✓ **Punto 4.** Se observa aumento leve de presión en el momento de la equalización del sistema de recuperación de la MRDV.
- ✓ **Punto 5.** Inicia el retiro de la sarta.

Accionamiento del Vastago Telesopico. De acuerdo a lo observado en las graficas de presión y temperatura vs tiempo de todas las pruebas (ver figura 10), se pudo determinar que el vastago telescopico actuo de manera adecuada extendiendose y abriendo la valvula cheque permitiendo tomar de manera exitosa la información. Ademas de la evidencia durante la recuperación del MRDV que tambien salio extendido.

Aislamiento y Sello del MRDV. De acuerdo a lo observado en las graficas de presión y temperatura vs tiempo de todas las pruebas (ver figura 10), se pudo determinar que existio un sello adecuado ya que la presión de inyección de los pozos no se observa que afecto en ningun momento la prueba de caída de presión.

Con el fin de confirmar en todos los pozos el flujo cero en los cuatro (4) mandriles con la corrida de un registro de trazador radioactivo. En tres de los cuatro pozos la prueba de Trazador fue exitosa. Cómo evidencia del correcto aislamiento Tubing-Anular, se presentan a continuación en la Tabla 2 el Registro Trazador exitoso realizado en el Pozo 4 previo a la instalación del MRDV y en la Tabla 3 el Registro Trazador realizado en el mismo pozo Posterior a la instalación de MRDV Tabla 2:

	Mandril	Profundidad disparo/lectura (ft)	Q Cruce (BWPD)	DQ Cruce (BWPD)	BWPD/FT	D Válvula
	Cálculo en tubería	500	1769			
7	Water Injection Mandrel (1115.7-1125.1) ft	1105	1610	562	46,83	3,25
6	Water Injection Mandrel (1184.6-1194.1) ft	1180	1048	52	0,93	2,75
5	Water Injection Mandrel (1319.7-1329.2) ft	1309	997	54	8,95	2
4	Water Injection Mandrel (1405.6-1415.1) ft	1402	943	0	0	3
3	Water Injection Mandrel (1536.5-1546.0) ft	1533	943	379	15,79	3,75
2	Water Injection Mandrel (1672.3-1681.8) ft	1660	564	0	0	3
1	Water Injection Mandrel (1756.9-1766.4) ft	1744	564	564	5,81	2,75
	CERO FLUJO	1988	-	0	0	

Tabla 2. Registro Trazador Radioactivo TRZ realizado en el Pozo 4 previo a la instalación del MRDV

	Mandril	Profundidad disparo/lectura (ft)	Q Cruce (BWPD)	DQ Cruce (BWPD)	BWPD/FT	D Válvula
	Cálculo en tubería	500	1146			
7	Water Injection Mandrel (1115.7-1125.1) ft	1085	1082	314	26,2	3,75
6	Water Injection Mandrel (1184.6-1194.1) ft	1180	768	0	0	DM
5	Water Injection Mandrel (1319.7-1329.2) ft	1309	768	0	0	DM
4	Water Injection Mandrel (1405.6-1415.1) ft	1402	768	55	3,26	3,5
3	Water Injection Mandrel (1536.5-1546.0) ft	1533	712	137	5,71	5
2	Water Injection Mandrel (1672.3-1681.8) ft	1660	575	116	3,52	4
1	Water Injection Mandrel (1756.9-1766.4) ft	1752	459	459	4,73	5,25
	CERO FLUJO	1988	-	0	0	

Tabla 3. Registro Trazador Radioactivo TRZ realizado en el Pozo 4 posterior a la instalación del MRDV

Adicional a lo anterior, se observa que en el Pozo 3, el MRDV no presentaba sello. Esta prueba con el TRZ fallida puede verse como un daño en el área pulida del mandril o mal sello en el conjunto mandril – Dummy, lo cual se pudo observar en las tablas 4 y 5 de los registros de trazador en el pozo 3 y la grafica de Presión Vs tiempo de la figura 11, donde se observa el incremento de la presión debido a la fuga, pero que a pesar de esta, en la prueba se logró estabilización de presión y por ende se pudo interpretar, generando buenos resultados. Ver figura 14.

	Mandril	Profundidad disparo/lectura (ft)	Q Cruce (BWPD)	DQ Cruce (BWPD)	BWPD/FT	D Válvula
	Cálculo en tubería	500	1984			
	Cálculo en tubería	3995	2010			
7	Water Injection Mandrel (4152.3-4160.7) ft	4150	1997	0	0	7
6	Water Injection Mandrel (4180.5-4189.2) ft	4182	1997	551	20,41	4,5
5	Water Injection Mandrel (4272.8-4281.2) ft	4270	1446	0	0	3,25
4	Water Injection Mandrel (4332.5-4341.0) ft	4329	1446	513	34,2	4,25
3	Water Injection Mandrel (4362.7-4371.1) ft	4360	933	455	18,2	4,75
2	Water Injection Mandrel (4424.3-4432.7) ft	4422	478	429	17,88	4
1	Water Injection Mandrel (4490.3-4498.8) ft	4485	49	49	2,88	4,5
	CERO FLUJO	4542	-	-	0	

Tabla 4. Registro Trazador Radioactivo TRZ realizado en el Pozo 3 previo a la instalación del MRDV

	Mandril	Profundidad disparo/lectura (ft)	Q Cruce (BWPD)	DQ Cruce (BWPD)	BWPD/FT	D Válvula
	Cálculo en tubería	500	1247			
	Cálculo en tubería	3991	1264			
7	Water Injection Mandrel (4152.3-4160.7) ft	4150	1299	0	0	SR
6	Water Injection Mandrel (4180.5-4189.2) ft	4178	1299	475	17,59	DM
5	Water Injection Mandrel (4272.8-4281.2) ft	4260	824	134	3,94	3,5
4	Water Injection Mandrel (4332.5-4341.0) ft	4310	690	0	0	4
3	Water Injection Mandrel (4362.7-4371.1) ft	4360	690	173	6,92	4,75
2	Water Injection Mandrel (4424.3-4432.7) ft	4422	517	415	17,29	4
1	Water Injection Mandrel (4490.3-4498.8) ft	4485	102	102	6	4,5
	CERO FLUJO	4542	-	-	0	

Tabla 5. Registro Trazador Radioactivo TRZ realizado en el Pozo 3 posterior a la instalación del MRDV

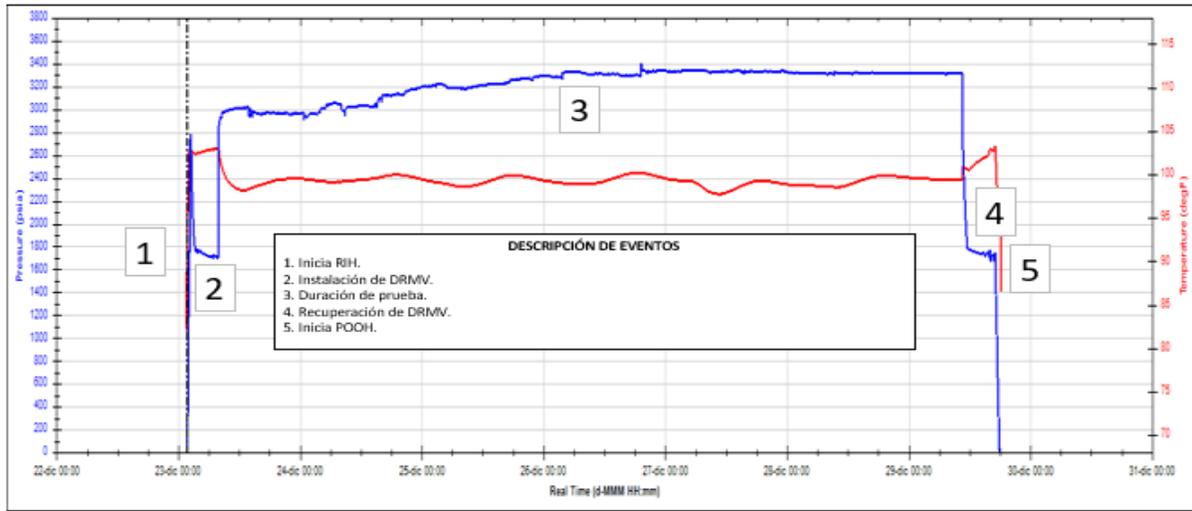


Figura 11. Grafico de Presión y Temperatura Vs Tiempo de la prueba del Pozo 3.

En el punto 3 de la figura 11, se puede observar que según los datos, sobre las 07:53 del 23/dic/2021 el sensor registra un incremento de presión paulatino, hasta estabilizarse el día 26/dic/21 en horas de la tarde.

Interpretación de la información de cada prueba.

La interpretación de la prueba fue realizada por el Doctor Freddy Humberto Escobar M., PhD., para el analisis se empleó el software TDST Versión 5.0 desarrollado por el interprete y los resultados fueron los siguientes.

La información suministrada por el operador se resume en la siguiente tabla algunos parámetros fueron estimados por correlaciones empíricas. (Ver Tabla 6).

PARAMETRO	VALOR
S_{wi} %	100
Salinidad del agua, ppm	1000 (valor asumido)
C_{wi} psi ⁻¹	3×10^{-6} (*)
B_{wi} rb/STB	1.0 (valor asumido)
μ_{wr} cp	0.7
C_g psi ⁻¹	2.83×10^{-6} (*)
h_i ft	51
ϕ_i %	19.4
r_{wi} ft	0.324
T_i °F	100
q_{iav} BPD	1107
t_{iav} hr	No reportada

(*) Estimado mediante correlación usando software TDSTvr5.0

Tabla 6. Información de entrada para la interpretación.

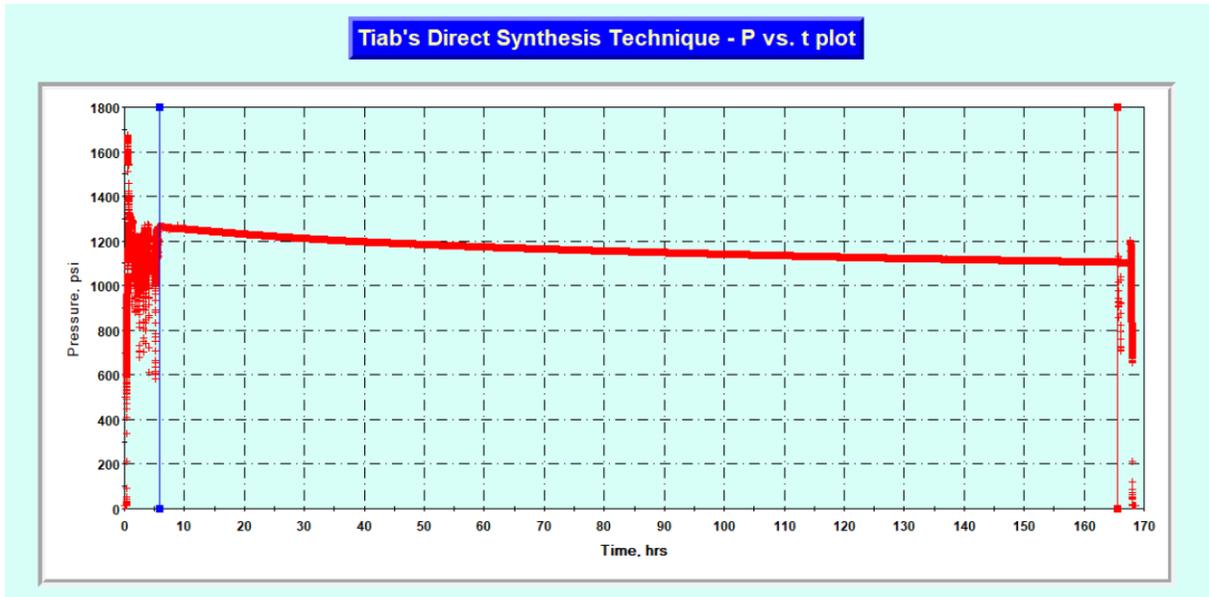


Figura 12. Grafico Total de presión de la prueba del Pozo 4.

La Fig. 12 muestra que el tiempo de inyección registrado es de solo 5 hr durante la corrida de la MRDV, lo cual ocasiona mucho efecto de superposición y por ende la derivada trabajada se utilizó en condiciones de declinación.

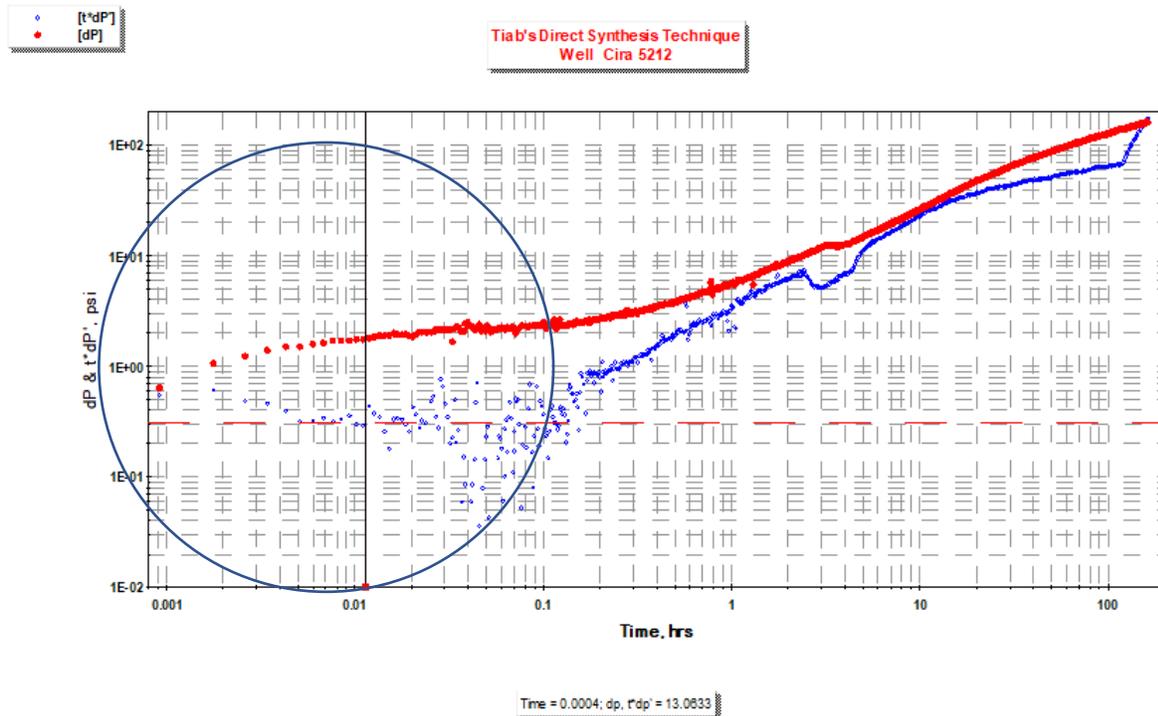


Figura 13. Derivada de presión (TDSTvr5.0) – Suavizamiento 0.3 ciclos log (CL)

En la figura13 se muestra la gráfica de la presión y la derivada de presión en función del tiempo usando un suavizamiento de 0.3 ciclos log. Los primeros dos ciclos logarítmicos (0.001 y 0.1 hr) muestran un flujo radial y un pozo estimulado, correspondiente a zonas de alta inyectividad. La permeabilidad y el daño estimados, corresponden a 3421.5 md y -4.9.

Además de lo anterior, también se puede observar que no hay efecto del almacenamiento, lo cual permite desarrollar una buena interpretación de la prueba.

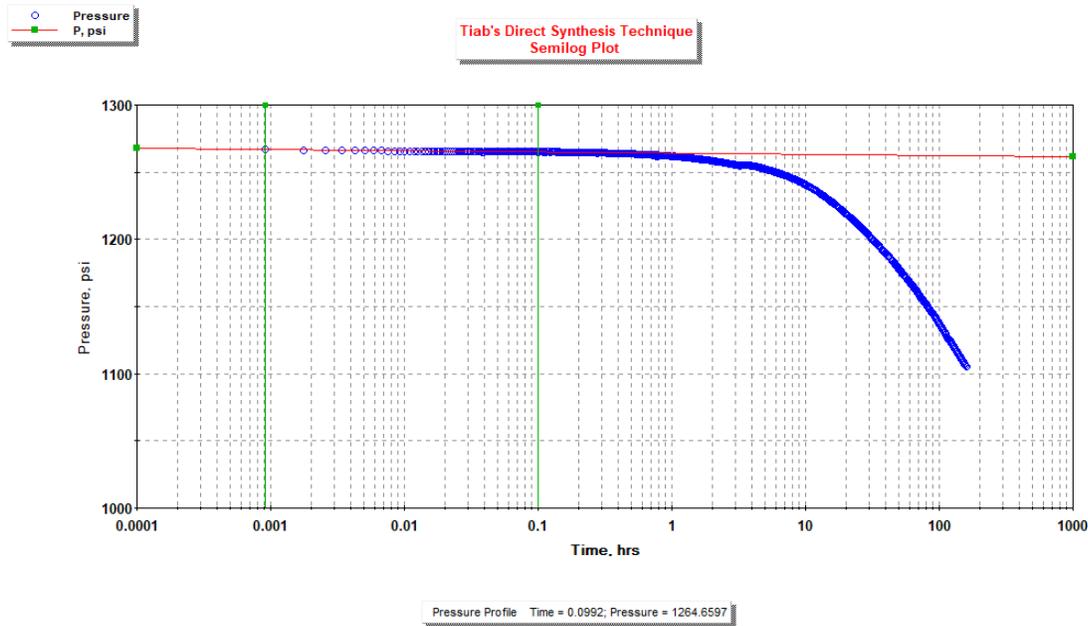


Figura 14. Gráfico semilog (TDSTvr5.0)

En la figura 14 se presenta el gráfico semi logarítmico y por el método convencional los valores de permeabilidad y daño son 3188.4 md y -4.4 respectivamente. En la Tabla 7 se presenta la comparación de resultados entre el metodo TDST y convencional.

Método	Permeabilidad	Daño
TDST	3421.5	-4.9
Convencional	3188.4	-4.4

Tabla 7. Comparación de resultados según el método de interpretación.

Se realizó también la grafica de la Derivada de presión de la prueba del Pozo 3. Con el fin de determinar como influia el efecto de la presión de inyección debido al no completo aislamiento del MRDV durante la prueba. (Ver figura 15).

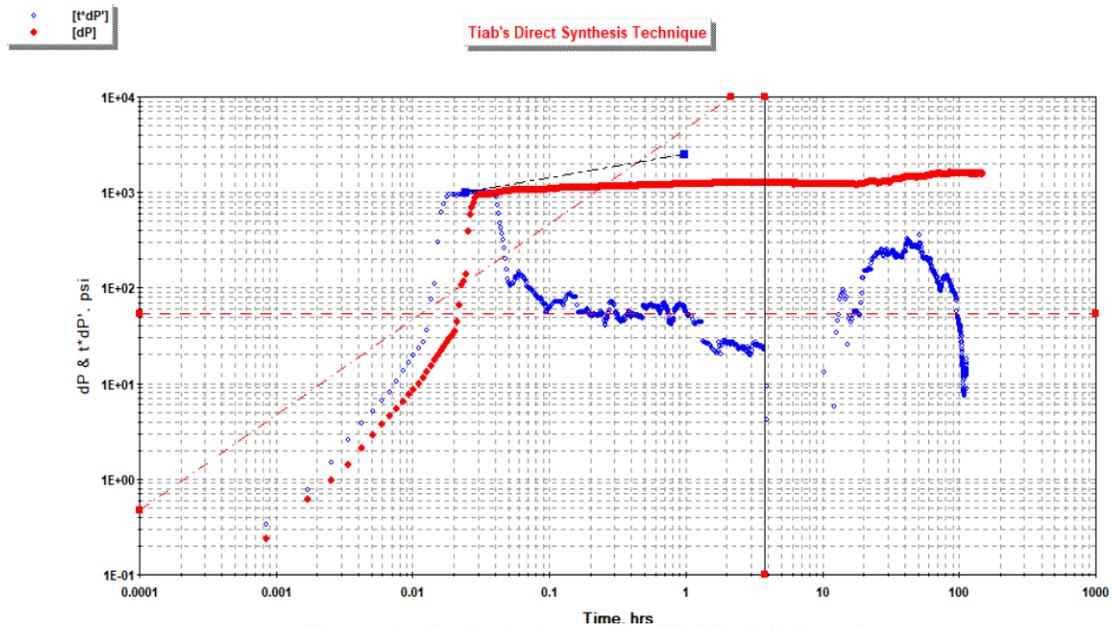


Figura 15. Derivada de presión (TDSTvr5.0) Pozo 3

La Figura 15 muestra la gráfica de la presión y la derivada de presión en función del tiempo del pozo 3. En la cual se puede observar que a las 0.1 horas, en los dos primeros ciclos logarítmicos presenta el efecto no tan dominante del almacenamiento. Además, permite distinguir dos flujos radiales, donde al finalizar el primero de éstos se puede apreciar el punto donde se encuentra el frente del agua e inicia la zona de petróleo. De la primera zona de flujo radial se puede estimar la permeabilidad efectiva al agua y de la segunda se puede estimar la permeabilidad efectiva al crudo. Si la permeabilidad absoluta es la misma se colige que la viscosidad del crudo es mayor que la del agua.

Además, se puede observar que a pesar tener un poco de influencia de la presión de inyección y no tener un sello hermético del MRDV, se evidencia muy poco almacenamiento, y se logra interpretar la prueba.

Análisis y Logros obtenidos con la tecnología.

Para el desarrollo técnico del diseño de la MRDV se tuvieron en cuenta las necesidades de información requerida para el control, seguimiento y/o monitoreo de la inyección de agua de los campos y el reto que generaba la configuración de la sarta de inyección selectiva al no poder contar con la comunicación anular y poder realizar las pruebas de caída de presión.

El diseño estratégico del MRDV con 3 sistemas y los conductos de comunicación de estos, permiten contar con una herramienta versátil, práctica y eficiente para cerrar las brechas de las necesidades de pruebas de caídas de presión por zona en pozos de inyección selectiva, permitiendo asegurar la toma de la información y correr en pozos de diferentes profundidades.

Es importante resaltar, que en pozos que presenten retornos y/o que tengan instalados cheques en los mandriles y estos hayan fallado, los mismos pueden encontrarse taponados por sedimentos, lo que significa que la lectura de presión será la contenida en el bolsillo del mandril y no la de yacimiento, pues es posible que la nariz telescópica no pueda abrir el cheque debido al bloqueo mecánico que el mismo presenta. Este riesgo es altamente minimizado con el sistema de nariz telescópica que tiene el “MRDV”.

En lecciones aprendidas de operaciones de otros campos con configuraciones de herramientas para el mismo propósito, se encontró una importante limitación en las válvulas en las que la nariz es sólida, ya que se genera dificultad para ingreso al bolsillo del mandril, y en algunas ocasiones la misma se doblaba o rompía el accesorio, situación que no garantizaba la apertura del cheque, la comunicación con la formación y que inclusive presentaba situaciones de pesca y pérdida del mandril, lo que permitió confirmar el alto valor agregado del diseño telescópico de la MRDV utilizada.

Una de las limitaciones de las tecnologías de registro de presión es la durabilidad de la pila y batería en fondo, la cual restringe la cantidad de datos obtenidos. Para esto, el “MRDV” cuenta con un sensor que puede registrar entre 7 y 10 días de datos con una tasa de un (1) segundo y entre 15 y 18 días a una tasa de ocho (8) segundos, logrando una mayor eficiencia y mayor cantidad de datos.

La prueba tecnológica en 4 pozos de la MRDV permitió evidenciar lo siguiente:

- ✓ Se verificó la robustez del diseño de la MRDV para este tipo de operaciones frente a trabajo repetido (golpes de martillo), altas tensiones y accionamiento del vástago telescópico, logrando que la memoria registrara de manera exitosa.
- ✓ Se garantizó el correcto asentamiento y sello de la MRDV en el Bolsillo del Mandril, solo en una prueba se observó un aislamiento no hermético, pero que, a pesar de esta, se logró desarrollar de manera exitosa la interpretación de la misma.
- ✓ Compatibilidad con herramientas de Slick Line convencionales en instalaciones de sartas de inyección selectiva.
- ✓ El servicio en campo prueba ser rápido, fácil y confiable de tal forma que una misma MRDV puede ser empleada en varios pozos o en varias zonas.
- ✓ La toma del trazador no afectó la lectura, ni generó ruido en la data recolectada. No fue necesario un tiempo de estabilización y el registro de la información empezó desde que se realizó la conexión de la batería en superficie hasta que se desconectó la misma nuevamente en superficie.
- ✓ Se logra realizar la prueba de caída de presión de diferentes arenas, entendiendo mejor las razones de la distribución vertical en los perfiles de inyección, y la preferencialidad de algunas subestructuras, además de ajustar los modelos de yacimientos.
- ✓ Se puede mitigar ampliamente el coeficiente de almacenamiento con la tecnología de la MRDV, el cual es típico y predominante en pozos inyectoros.
- ✓ Se garantiza el Cierre en Fondo para una correcta Interpretación de la Data obtenida que será únicamente de Anular.

Conclusiones

- ✓ Siempre de necesidades planteadas debidamente identificadas y conocidas, se generan las ideas de crear nuevas tecnologías que ayuden a solventarlas, gracias a esto se creó la MRDV, una herramienta que cubre las necesidades de toma de información en pozos con sartas de inyección selectiva a diferentes profundidades. Se trata de una solución tecnológica en proceso de patente de desarrollo e ingeniería 100% Colombiana.
- ✓ La MRDV es una herramienta que permite tomar información muy importante y hasta el momento no fácil de tomar, para conocer el comportamiento de la inyección de agua en el yacimiento, lo cual aporta muchísimo valor en el desarrollo de los campos con recobro secundario.
- ✓ La diferencia de la MRDV a una toma de prueba de presión convencional está en el almacenamiento, ya que la MRDV a tener el aislamiento y tomar la información en la cara de la formación no se ve afectada por la columna hidrostática del pozo y debido a esto con pocos periodos de tiempo se logra contar con data suficiente para ser interpretada.

Reconocimientos y agradecimientos

A Ecopetrol por su ayuda y compromiso de implementar esta tecnología siempre realizando un aseguramiento y calidad de la operación.