



ENSAYOS POST FRACTURA MEDIANTE EL USO DE JET PUMP

Pablo Mozzoni, Ruben Pamich, PAE, pmozzoni@pan-energy.com

Ruben Pamich, PAE, rpamich@pan-energy.com

- **Sinopsis**

Se planteó como objetivo reemplazar el Ensayo Post Fractura realizado mediante la técnica de pistoneo (*Swabbing*), con el fin de reducir tiempos operativos, minimizar riesgos y evitar las demoras asociadas al pistoneo en zonas con aporte de arena y geles de fractura. Para ello, se implementó el uso de *Jet Pump*, una herramienta habitualmente utilizada en producción de pozos, aplicada en este caso a zonas fracturadas que requerían limpieza post fractura.

La metodología tradicional de ensayo de limpieza post fractura consiste en agrupar dos o tres fracturas con un distanciamiento máximo de 300 metros y ensayar mediante la técnica de pistoneo (*Swabbing*). Esta técnica se basa en introducir un cable con una copa de pistoneo, que se sumerge en el fluido y se profundiza hasta un máximo de 200 metros antes de extraerlo. El caudal típico de extracción mediante *Swabbing* es de aproximadamente 2.400 litros por hora.

Por otro lado, la técnica con *Jet Pump* permite operar en todo el pozo o bien en fracturas específicas, alcanzando caudales de extracción de entre 6.000 y 12.000 litros por hora. Esto permite disminuir los tiempos de operación y reducir el riesgo de aprisionamiento de la copa, frecuente en el *Swabbing*.

Conclusiones

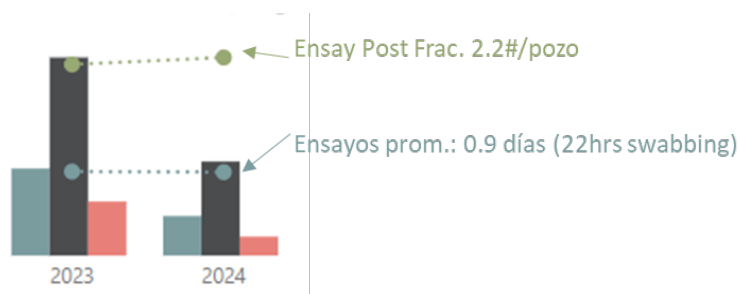
- La aplicación de la técnica con *Jet Pump* permitió reducir los tiempos de intervención en hasta un día por pozo. Esta mejora de tiempos permitió adelantar producción y disminuir los costos de intervención.
- Se logró poner en producción los pozos sin inconvenientes posteriores, con una limpieza eficiente de las fracturas.
- No se detectó incremento de relleno en fondo debido a esta técnica ni se registraron herramientas aprisionadas.

- **Introducción**

Cantidad de ensayos por pistoneo – Configuración de ensayos

Las intervenciones de completación y reparación de pozo constan muchas veces de ensayos PRE y POST Fractura. El ensayo PRE, se utiliza generalmente para confirmar la producción de la zona y confirmar la fractura a realizar. Los ensayos POST generalmente solo cumplen un rol de limpieza de fluido de fractura, lograr que la zona fracturada se despresurice y se produzca la arena inicial que siempre genera una capa fracturada.

Con la evolución del yacimiento y en busca de ser más eficientes con el tiempo del equipo de WO, se agruparon varias fracturas y se logró ensayar en grupos de fracturas. Por ejemplo, un pozo con 6 fracturas se agrupaba las mismas en 2 o 3 grupos dependiendo su distanciamiento. En esta primera mejora se disminuyó de 6 posibles ensayos a 2 o 3 ensayos post fractura.



Estadística 2024 Ensayos Post Fractura

Con esta metodología promedió en el 2024 para los ensayos Post Fractura 2.2 Ensayos por completación y dentro de esos días 0,9 días de pistoneo.

Complejidad del pistoneo Post Fractura.

Una vez finalizados los bombeos de fractura se inicia la fase de ensayos post fractura. La misma consta de fijar tapón y packer recuperable con tubing 2 7/8, aislando las fracturas a ensayar, y pistoneando (swabbing) con copas de goma por el interior del tubing extrayendo el fluido más la arena de fractura. Estos son así porque las fracturas se despresurizan y devuelven una cierta cantidad de arena al reacomodarse el stress de la zona con una primera producción.

El pistoneo de zonas fracturadas trae los siguientes riesgos operativos y de seguridad asociados:

- ✓ Aprisionamiento de copa de pistoneo por presencia de Arena.
- ✓ Aprisionamiento de BHA de ensayo por presencia de arena y dificultades de circulación (admisiones).
- ✓ Rotura de cable en superficie (Lubricador).
- ✓ Rotura de equipamiento en superficie (desgaste de freno).



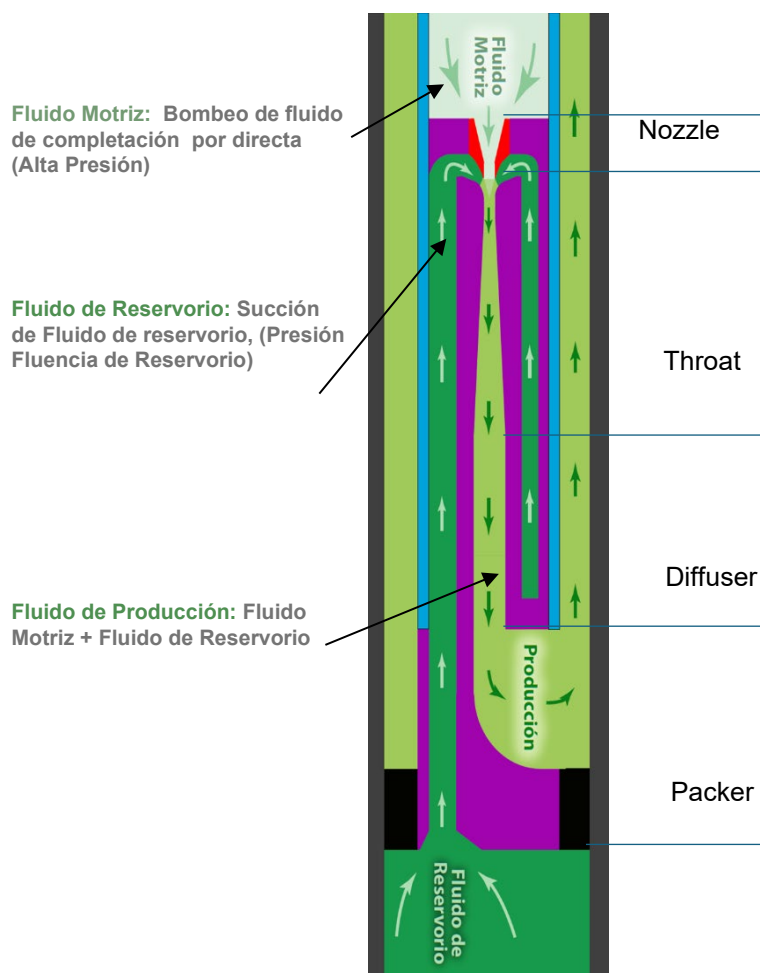
Presencia de Arena en copa

Cada uno de estos riesgos trae aparejado NPT (none production time), además se dificulta la finalización del ensayo por la presencia de arena en copa (imagen superior).

Concepto Jet Pump. Funcionamiento.

¿Como funciona la Jet Pump? la Jet Pump a diferencia del pistoneo, no ocupa partes móviles y su acción de bombeo se realiza por medio de transferencia de energía entre el fluido motriz y los fluidos producidos. Operan bajo el principio de Venturi (Bernoulli). El fluido motriz a alta presión entra en la tobera de la bomba, la presión se reduce debido a su alta velocidad lo que genera que el fluido del reservorio se introduzca en la cámara y se mezcla con el fluido motriz.

En el difusor, la energía en forma de alta velocidad es convertida en una alta presión. Suficiente para bombear la mezcla de fluidos a la superficie.



Esquema funcionamiento Jet Pump



Desarrollo

▪ Piloto

Para conceptualizar la Jet Pump se rescató la experiencia previa de ensayos iniciales de formación (Pre Fractura) realizados con esta tecnología en el año 2010, en el caso mencionado se observaron complejidades operativas y económicas que hicieron inviable el proyecto.

La idea original que nos planteamos fue la de lograr realizar ensayos post fractura con el criterio de limpieza, agrupando todas las fracturas y aprovechando la capacidad de la bomba JP para producir todo el pozo. También se debería lograr disminuir los tiempos totales de la fase para que el proyecto sea económicamente rentable.

Durante el piloto se propusieron los siguientes objetivos:

- Desarrollar la metodología: Establecer la Secuencia operativa ideal/correcta.
- Utilizar equipamiento de equipo de WO, sin adicionales.
- Cumplir el objetivo de Limpieza de arena Post-Fractura:
 - Despresurizar zonas fracturadas, extraer fluido inyectado.
 - Asegurar limpieza de arena.
- Reducir tiempos de ensayos: disminuir tiempos comparando los tiempos de la misma FASE aplicando JP. Verificar que no aumenta el relleno de fondo de pozo en forma desmedida.

▪ Desarrollo Piloto

Desarrollar la metodología - Establecer Secuencia operativa ideal/correcta

Se establece una configuración como se indica en el esquema inferior.

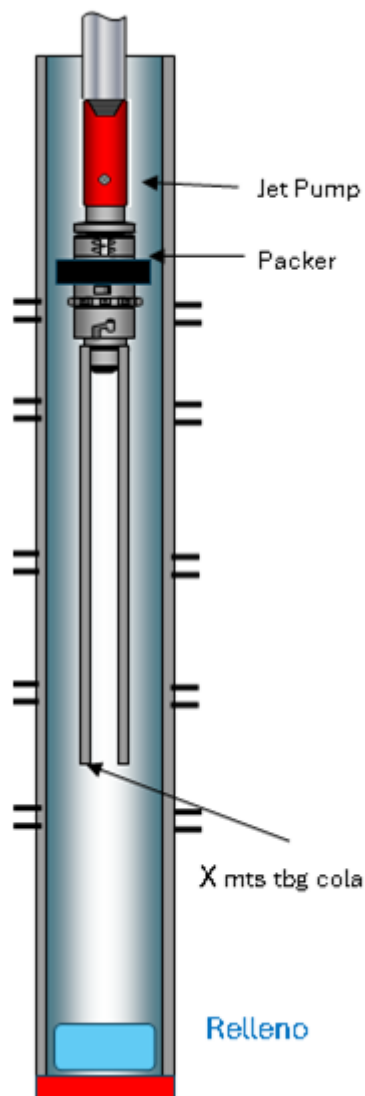
Entendiendo que finalizadas las fracturas se saca del pozo el BHA de fractura y se arma un BHA de ensayo de la siguiente forma:

Packer + Union de seguridad + Jet Pump + Tubing 2 7/8: Como se observó del funcionamiento de la JET PUMP, es necesario que la misma este acompañada por un packer para poder producir el fondo del pozo y no se auto anule. Se establece que para no aplicar presiones de bombeo al Casing, el bombeo para producir la Jet Pump se realizará por la directa y se producirá por el anular CSG_TBG por encima del packer.

Una vez activada la bomba por el bombeo en la directa de los Tubing, la presión disminuirá por debajo de la JP y las Fracturas + los punzados abiertos comenzarán a producir.

Se asume que primero responderán las capas sobrepresurizadas por las fracturas. Estas zonas devolverán fluido de fractura + arena de fractura, la configuración de caños de cola genera la velocidad de fluido necesaria en el anular para que la arena sea arrastrada sin dificultad.

Esquema Ensayo con Jet Pump



Utilizar equipamiento de equipo de WO, sin adicionales

Para el montaje en superficie se armó un circuito cerrado: Pileta de Ensayo, Directa TBG, Anular CSG_TB G, Ecológico y Pileta de Ensayo

Se debe verificar la bomba previa al ensayo con una eficiencia verificada de bombeo del 90%.

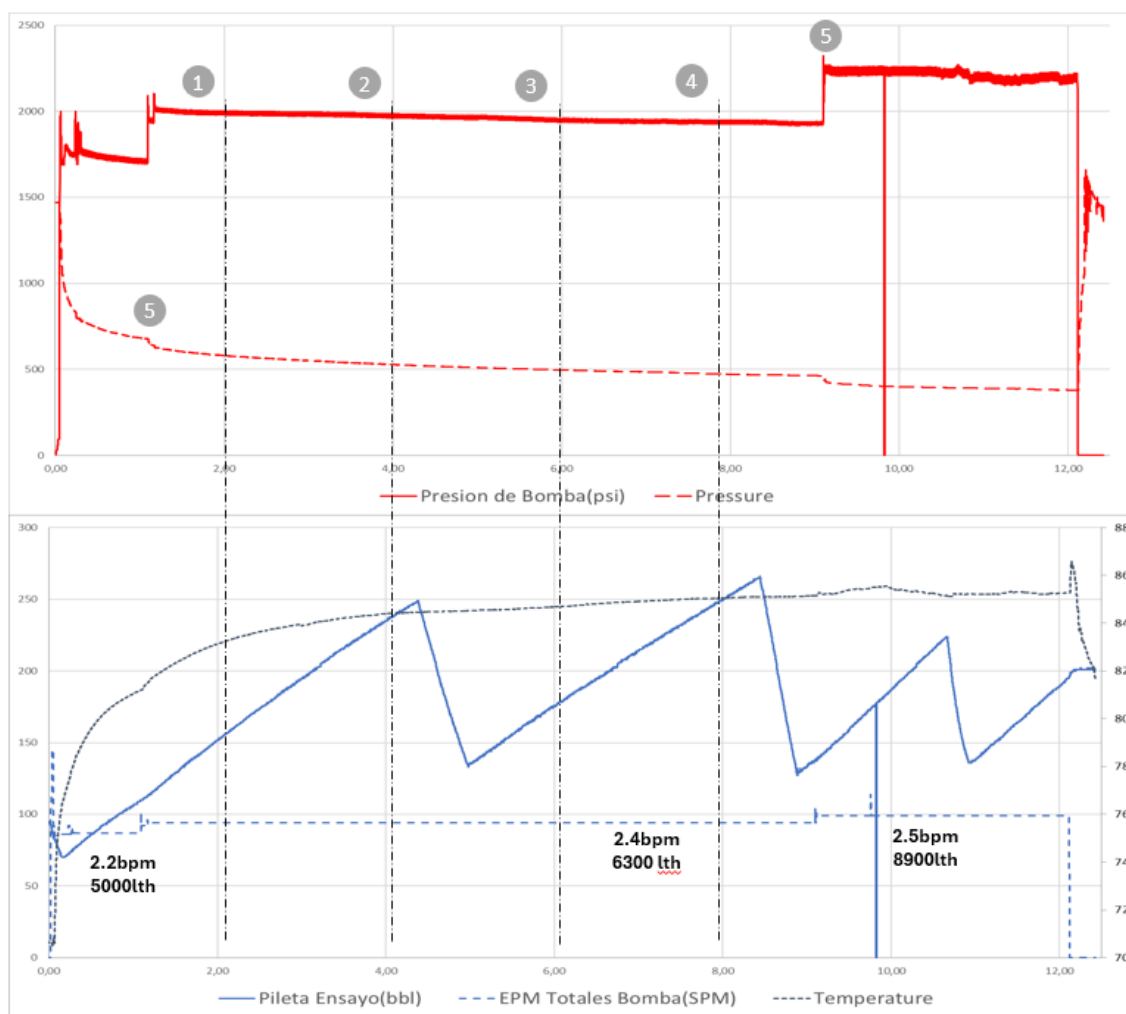
Debe existir una pileta adicional para transvasar el fluido producido, para ello se debe afectar un camión de vacío (Chupa) a la operación.

El circuito cerrado permite una clara evaluación de la producción del pozo, en general el packer se fija por sobre las capas punzadas, y con un anular hermético y sin admisiones, se observa claramente que el incremento de la pileta de ensayo es solo y exclusivamente por la producción de la bomba.

Durante el piloto se alcanzaron valores de bombeo objetivo de 8-12hrs, pero con dos paradas de mantenimiento. Se establece un bombeo típico de ± 2 bpm con hasta 2000psi máximo de presión, obteniéndose >4000 lth de producción promedio durante el ensayo.

Cumplir el objetivo de Limpieza de arena Post-Fractura:

El ensayo post fractura denominado de “Limpieza” no busca determinar el tipo de fluido de formación, su objetivo es lograr que la formación se despresurice, remover el fluido de fractura en la inmediación y que se produzca la arena de fractura que pueda llegar a dañar la futura instalación de producción. Durante el piloto se utilizaron memorys de registro que permitieran fundamentar lo anteriormente indicado.



Gráficos de un ensayo JP + Memory

Punto 1: luego de 2 horas de activada la bomba se observa que la presión desciende al 38%de la inicial (Presión Hidrostática), la producción estabiliza a 5000litros por hora.

Punto 2: Se deja de observar sólidos en superficie (arena de Fractura) a la 4ta hora de bombeo. Se utiliza el camión de vacío para evacuar fluido de la pileta.



Punto 3: A la sexta hora de bombeo disminuye a 500psi, producción estabilizada en 6300litros por hora.

Punto 4: a la octava hora se observa temperatura y presión de fondo estabilizadas. Una vez alcanzada las 12 horas se corta el ensayo.

Puntos 5: Para cada incremento de Caudal, se observa disminución de presión de fondo, incremento de presión de superficie, e incremento de la producción.

Reducir tiempos de ensayos:

Siendo el objetivo reducir los tiempos operativos, es necesario comparar los tiempos de la misma FASE aplicando Jet Pump vs los ensayos convencionales.

Verificar que no aumenta el PBD en forma desmedida.

Luego de 10 pozos con ensayos con esta metodología se concluyó el piloto:

- No se observó decantamiento importante (máx. 6mts). Tampoco se observó arena en superficie durante el ensayo en forma abundante. (Máximo 3hrs)
- La mejor configuración se presenta como la más práctica cubriendo todas las fracturas. En general con 600mts de caño de cola se cubre la mayoría de los bombeos. Aumentar a mayores longitudes puede generar mayor contrapresión a las fracturas del fondo.
- En ningún caso se manifestó un problema de producción posterior. Si bien hay buenos resultados, todavía se está evaluando la producción en las zonas complejas en PEM.
- El porcentaje de volumen recuperado no se considera importante en un ensayo del tipo de limpieza, la despresurización de todas Las Fracturas al mismo tiempo (2hrs...38% hidrostática) y la ausencia de arena en superficie se consideran indicadores suficientes para bajar sin problema una instalación posterior.

POZO	Horas Ensayo	Horas FASE	Volumen Recuperado (m3)	Frac	Porcentaje Inyectado	Instalación Final Bajada	Aumento PBD	Días Ahorrados	BHA – Caños de Cola	Hrs con Arena	Caudal Prod. Promedio 3 horas (m3/h)
PXX-123	12	17,2	32,3	3	37%	BM	NO	0,4	600mt	1	3,80
PXX-124	12	23,6	82,2	2	87%	BES	NO	0,4	300mt	3	6,76
PXX-125	8	16,2	31,8	4	24%	PCP	NO	1,3	200mt	3	7,00
PXX-126	8	20,2	47,4	7	20%	BES	NO	1,2	400mt	3	6,17
PXX-127	9	19,1	63,4	5	25%	BM	NO	2,0	600mt	no observa	10,69
PXX-128	12	32,7	83,3	6	30%	BES	-	0,7	400mt	2	6,37
PXX-129	13	36,3	49,1	7	12%	BM	5	0,3	450mt	1	4,10
PXX-130	8	21,2	37,36	4	26%	BM	NO	1,0	450mt	no observa	4,5
PXX-131	9	23,2	60,12	7	22%	BES	1	1,1	350mt	no observa	7,00
PXX-132	12	21,5	45,4	5	30%	BM	1	1,0	440mt	no observa	4,5

Tabla resultados del piloto



▪ Implementación - Resultado

Una vez finalizado el protocolo de prueba y habiendo alcanzado los objetivos de este, se realizó la implementación en el yacimiento, según los siguientes lineamientos operativos:

1. En base a la profundidad de fijado del packer se seleccionará el criterio de y presiones de Bombeo. La presión se establecerá al inicio de la operación y será la referencia para buscar el correcto accionamiento de la JP.

Profundidad Bomba JP	Presión Bombeo (psi)
Prof <1800	1800
1800 > Prof	2000

2. Criterio para la selección del BHA
 - a. Utilizando un máximo de 600mts de caño de cola, se tratará de cubrir la fractura más profunda a ensayar y el punzado abierto superior (priorizamos que el retorno de la bomba no pase por zonas punzadas).
 - b. Si por distanciamiento no fuera posible lo anterior, utilizando también un máximo de **600mt de caño de cola**, se deberá priorizar cubrir todas las zonas fracturadas fijando el packer por debajo de punzados abiertos sin fractura.
3. Se deberá trabajar armando un Circuito Cerrado (Pileta de ensayo, bomba, pozo, ecológico, pileta de ensayo). Siempre con fluido limpio,) sin partículas en suspensión. Es necesario colocar algún elemento que recopile del retorno las muestras de arena.
4. Es necesario tener en locación un camión de vacío (chupa) para transvasar fluido de la pileta de ensayo a otra pileta. Prever que el pozo producirá por lo menos 7m3/h en un ensayo de 8 horas son (56m3).
5. Se deberá asegurar que la Bomba esté en condiciones con una eficiencia mayor al 90% (chequear la misma pre-inicio del ensayo), se podrá hacer una parada de mantenimiento cada 4 hrs.
6. Se ensayarán zonas exclusivamente sin gas.
7. Los tiempos de ensayos establecidos son:

Tiempos de ensayo de Limpieza Con JP	
# Fracturas	Horas Ensayo
6 > Frac	12hr
3 >= FRAC <= 6	8hr
3 < Frac	6hr



▪ **Conclusiones**

- En los primeros 31 pozos donde se aplicó esta metodología de ensayo, se alcanzó una disminución promedio de la Fase “Ensayo Fractura” de 0.9 días en promedio.
- Se eliminaron los riesgos de trabajar con cable de pistoneo y arena de fractura.
- No se observó incremento de PBD. No se produjeron problemas post puesta en marcha.
- Mayor eficiencia en la limpieza de la fractura facilitó en algunos casos la puesta en marcha (PEM) en algunas zonas de petróleos pesados.

▪ **Agradecimientos**

Daniel Daziano – PAE
Sebastián Scalisi – PAE
Hector R. Soto – PAE
Pablo Mas – PAE
Josefina Bertolone - PAE
Acosta, Cristian - Texproild
Gustavo Osovnika - Texproild
Guerrero, Leonardo - Texproild

▪ **Abreviaturas**

PRE : Ensayo pre-fractura hidráulica.
POST: Ensayo post-fractura hidráulica.
PEM : Puesta en marcha.
PBD : Máxima profundidad alcanzada.
CSG : Casing.
TBG : Tubing.
WO : Workover.
BHA : Bottom Hole Assembly .
JP : Jet Pump.
BPM : Barrels per Minute.
Hrs : Horas.
PCP : Progressive Cavitation Pump.
BES : Bomba Electro Sumergible.
BM : Bombeo Mecánico.
FRAC : Fractura.
PROF : Profundidad.



▪ **Autores:**

Pablo E Mozzoni

Título y lugar de estudio: · Ing Industrial Orientación Mecánica – Universidad Nacional del Sur

Trayectoria: 6 años de experiencia en Fractura y Cementación en San Antonio - 18 años de experiencia en Completion & Workover en PAE

Cargo actual en la empresa: Especialista CON&WO

Reinaldo Ruben Pamich

Título y lugar de estudio: · Ing Mecánico – Universidad Nacional del Comahue

Trayectoria: 12 años de experiencia Herramientas de pesca y Rental en Weatherford - 6 años de experiencia en Completion & Workover en PAE

Cargo actual en la empresa: Especialista de herramientas CON&WO