

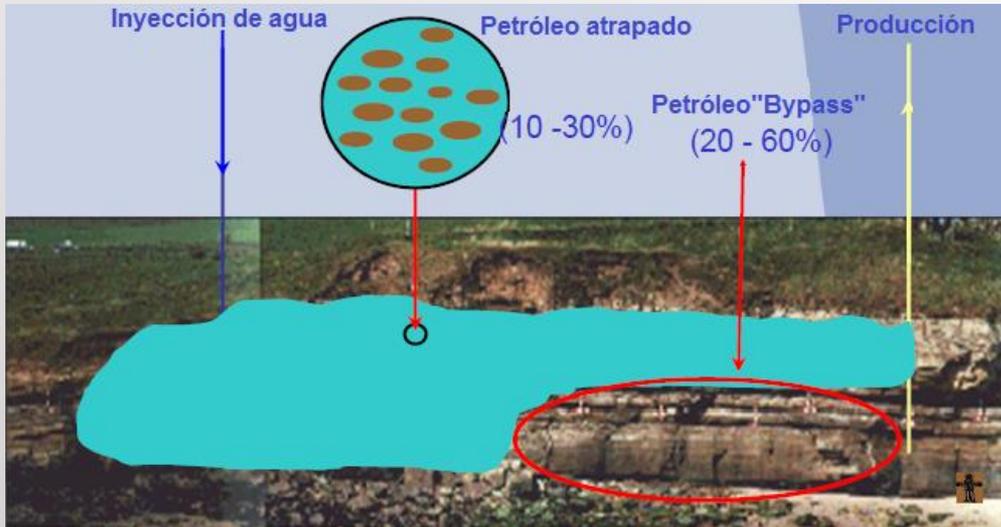
Recuperación de petróleo por medio de nanofluidos utilizando distintas estrategias de inyección.

Paulo Díaz Toro, Daniela Renta, Marcelo Cabrera, Belén Barrios, Adrián Tichno

**Laboratorio de Ensayos Especiales- InLab S.A.
2018**



Contexto

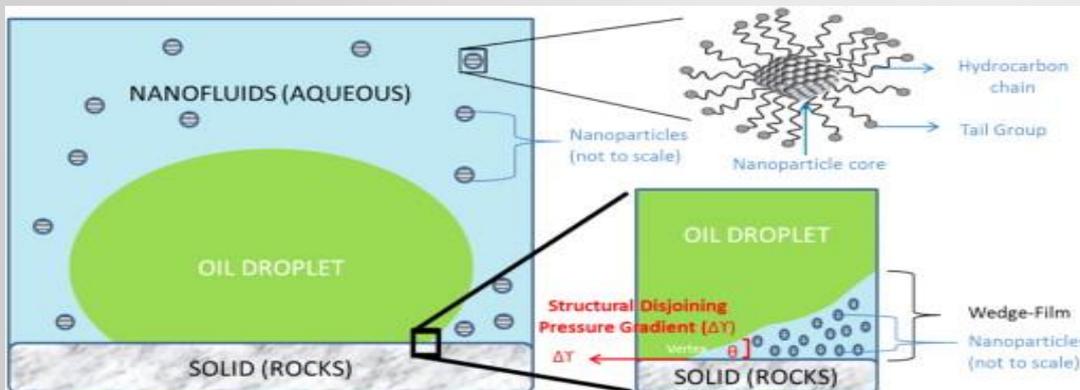


Ventajas de los nanofluidos

- + Alterar la mojabilidad de la roca
- + Disminuir las fuerzas capilares
- + Disminuir la TIF agua-petróleo
- + Disminuir la viscosidad del petróleo

++ Mayor penetración

Incremento en la recuperación de
petróleo





Objetivos

Evaluación de un producto utilizado para la recuperación asistida de petróleo, que fue desarrollado en base a tecnología de nanofluidos.

La evaluación se desarrollo priorizando dos aspectos:

- **Caracterización del producto:** Ensayos en vaso abierto.
- **Evaluación de desempeño:** Medición del factor de recobro a través de ensayos de flujo en medios porosos reales.



Desarrollo experimental

Caracterización del producto:

Ensayos en vaso abierto para estudiar la interacción petróleo-solución de nanofluido.

- Caracterización de los fluidos (petróleo, agua de inyección, nanofluido).
- Estudio de la interacción petróleo-solución de nanofluido.
 - Mediciones de TIF del petróleo antes y después del contacto.
 - Viscosidad del petróleo antes y después del contacto.
 - Medición de la turbidez de la fase acuosa.



Formulación óptima del producto.

Evaluación de desempeño:

Ensayos de flujo en medios porosos reales para determinar el factor de recobro.

- Caracterización del medio poroso real.
- Ensayos de flujo con dos estrategias de inyección.
 - Flujo continuo del producto en *sandpack (cutting)*.
 - Pulsos del producto en pleno diámetro.



Resultados experimentales

Caracterización del producto y de los fluidos

Propiedades de los fluidos de pozo

Agua de inyección

Salinidad (Cl⁻): 1896 ppm

Dureza (Ca⁺⁺-Mg⁺⁺): 123 ppm

pH: 8.4

Petróleo

Densidad @ 20 °C: 0.8932 g/cm³

°API: 26.9

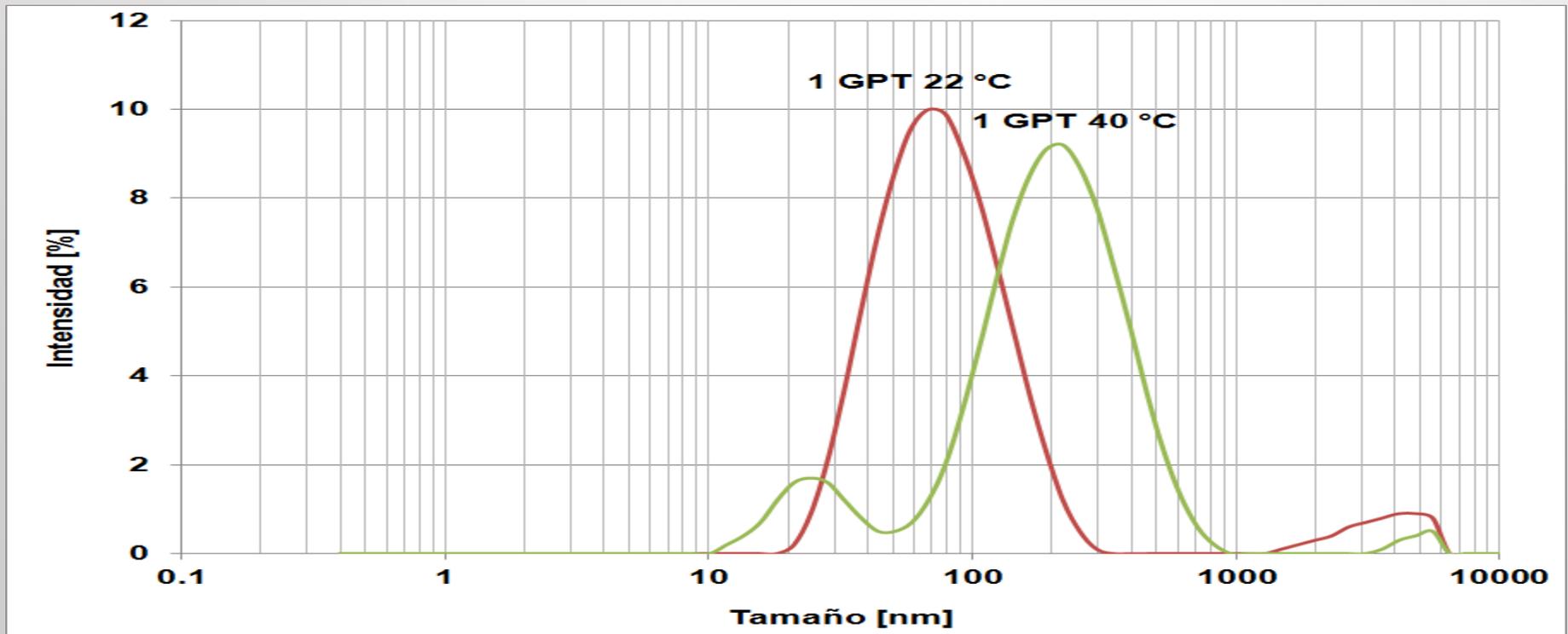
Viscosidad @ 20 °C: 379.9 cP



Resultados experimentales

Caracterización del producto y de los fluidos

Distribución de tamaño de partículas para el producto EOR (nanofluido)





Resultados experimentales

Estudio de la de la interacción petróleo-solución de nanofluido

Muestras:

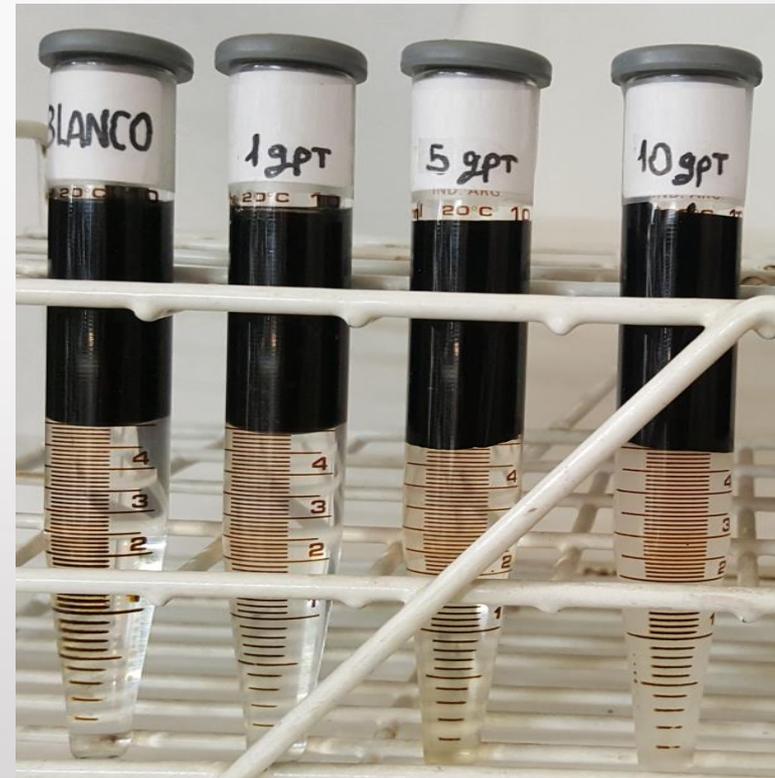
- Solución de nanofluido (entre 0 y 26 GPT) – petróleo deshidratado.

Ensayo:

- Calentamiento por 1 hora a 40 °C.
- Agitación mecánica por 10 min.
- Calentamiento por 24 horas a 40 °C.

Mediciones:

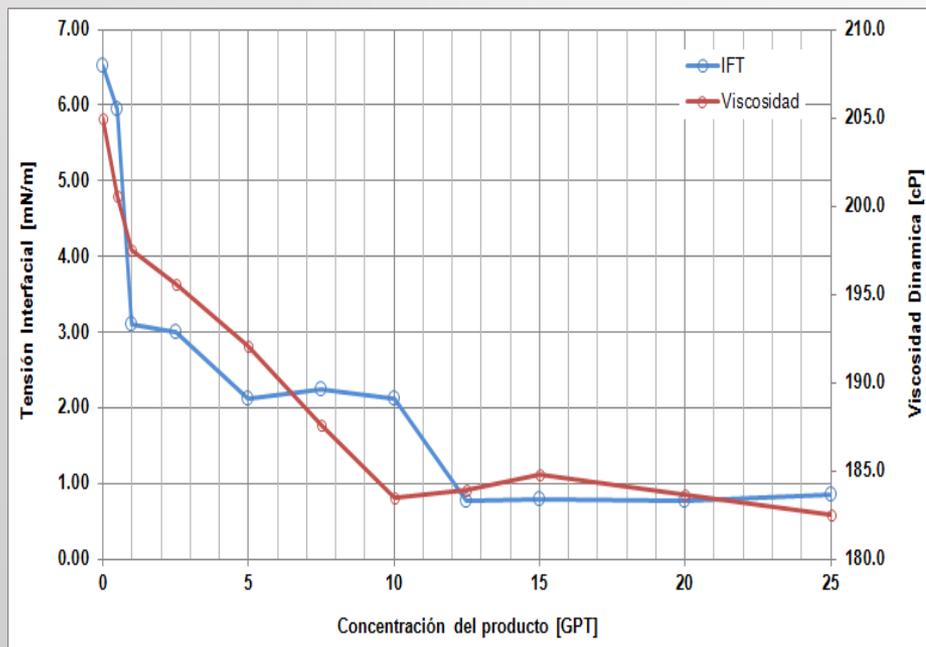
- Viscosidad dinámica (*Brookfield*)
- Tensión interfacial (*Spinning-Drop*)
- Turbidez (Espectrofotometría) a muestras seleccionadas.





Resultados experimentales

Estudio de la de la interacción petróleo-solución de nanofluido



Turbidez [UNT] a 40 °C				
	Blanco	1 GPT	5 GPT	10 GPT
Antes			57	
Después	57	238	612	644

1 GPT del producto



- TIF: disminuyó un 50 % aprox.
- Viscosidad: disminuyó un 3% aprox.
- Turbidez: Aumento significativo



Resultados experimentales

Evaluación de desempeño. Ensayos de barrido en sandpack con inyección continua.

Sandpack:

- Plugs desagregados ($POIS = 25.9 \text{ cm}^3$)

Ensayo:

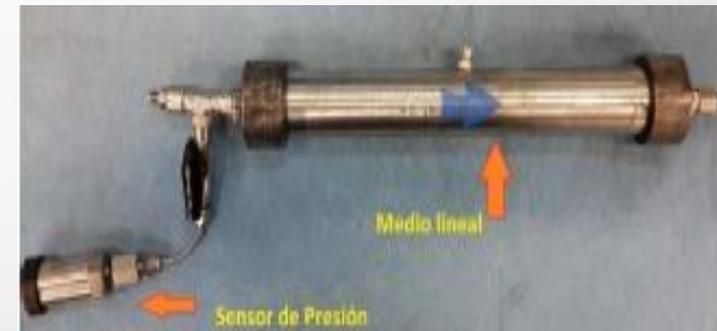
- Barrido con agua de inyección ($k_w = 13.4 \text{ mD}$)
- Barrido con petróleo muerto hasta $S_{wir} = 60.7 \%$
- Barrido con agua, secundaria $S_{or} = 14.2 \%$
- Barrido con petróleo muerto hasta $S_{wir} = 60.1 \%$
- Barrido con agua (secundaria) hasta 1 VP. $S_{or} 12.1 \%$
- Barrido con el nanofluido (1 GPT)

Condiciones:

- Caudal: 1 ft/día
- Temperatura: 40 °C

Mediciones:

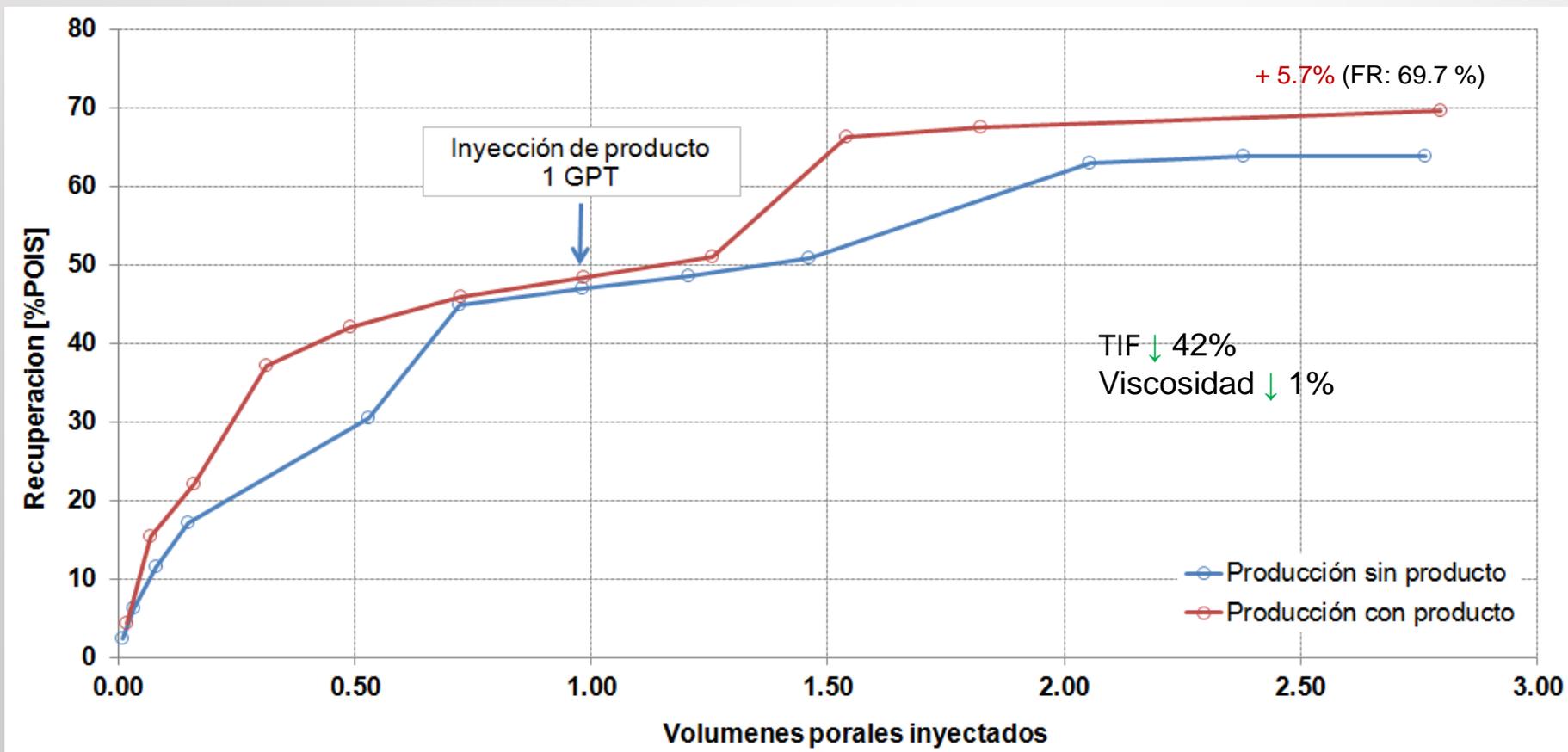
- Curva de producción
- Viscosidad y TIF antes y después de la inyección del nanofluido
- Concentración del producto





Resultados experimentales

Evaluación de desempeño. Ensayos de barrido en sandpack con inyección continua.





Resultados experimentales

Evaluación de desempeño. Ensayos de barrido en pleno diámetro con inyección en pulsos.

Pleno diámetro:

- 2/3 de pleno diámetro ($POIS = 37.4 \text{ cm}^3$)

Ensayo:

- Barrido con agua de inyección ($k_w = 91.9 \text{ mD}$)
- Barrido con petróleo muerto hasta $S_{wir} = 52.7 \%$
- Barrido con agua, secundaria $S_{or} = 24.0 \%$
- Barrido con petróleo muerto hasta $S_{wir} = 53.2 \%$
- Barrido con agua (secundaria) hasta 2.3 VP. $S_{or} = 22.0 \%$
- *Batch*: 0.02 VP producto – 0.02 VP agua x 6
- Reposo x 16 horas + 1 VP agua
- Reposo x 64 horas + 0.8 VP agua
- Barrido 0.02 VP producto + 16 horas de reposo + 3 VP agua

Condiciones:

- Caudal: 1 ft/día
- Temperatura: 40 °C
- NOBP: 1480 PSI

Mediciones:

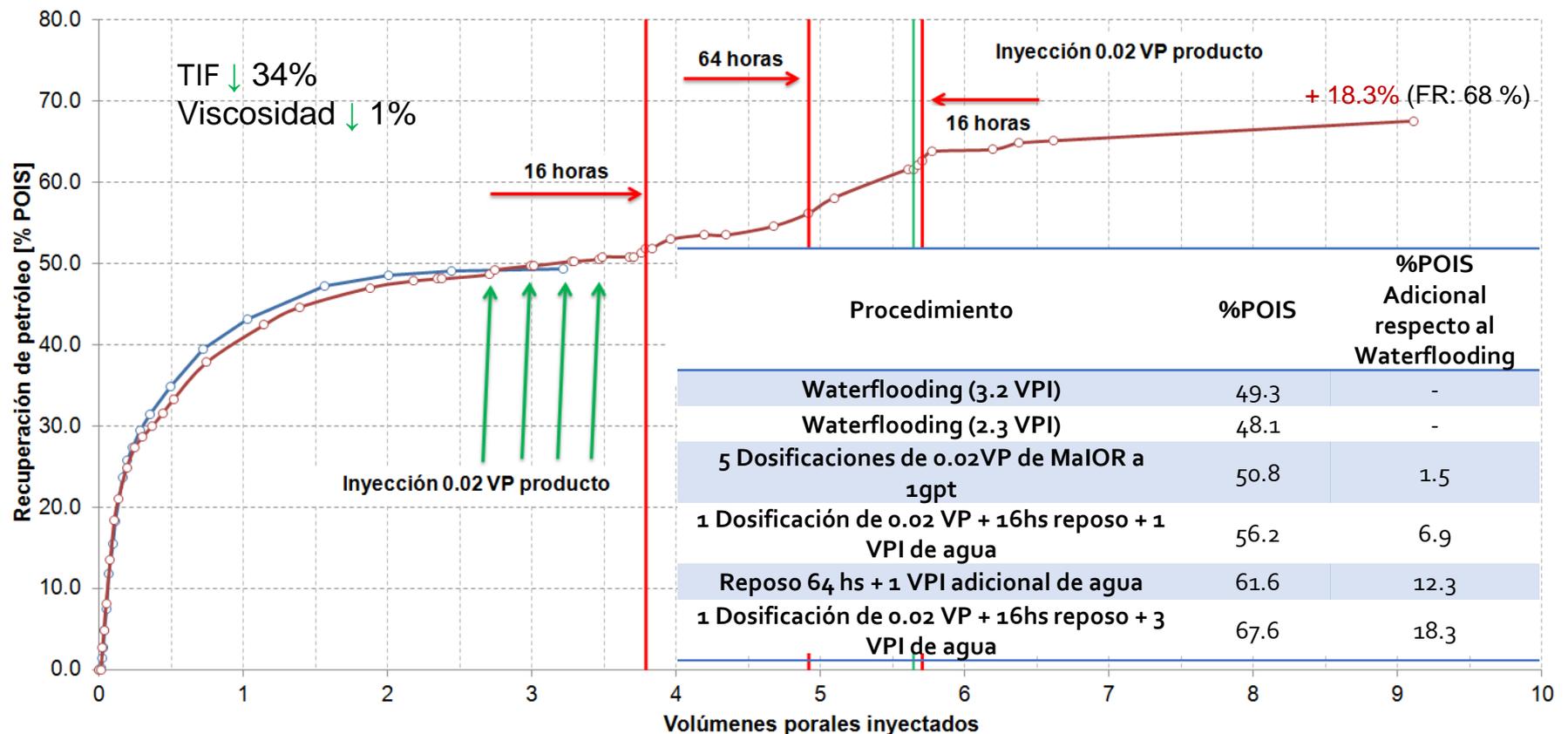
- Curva de producción y TIF antes y después de la inyección del nanofluido





Resultados experimentales

Evaluación de desempeño. Ensayos de barrido en pleno diámetro con inyección en pulsos.





Conclusiones

El producto, desarrollado en base a tecnología de nanofluidos, mostró un buen desempeño durante los ensayos de laboratorio, ya que logró incrementar los valores de recuperación de petróleo respecto al *waterflooding*.

	Recuperación adicional de petróleo respecto al <i>waterflooding</i> (POIS)
Inyección continua	+ 5.8%
Inyección en pulsos	+ 18.3%

Estos porcentajes fueron logrados debido a que parámetros como la viscosidad del petróleo y la tensión interfacial petróleo-agua de inyección, fueron afectados de manera positiva (disminución de los valores en ambos casos).

Finalmente, la estrategia de inyección permitió agregar un parámetro relevante como el tiempo de actividad del producto, el cual impactó de manera favorable y significativa en los porcentajes de recuperación.



5ª Jornada de
**Recuperación Mejorada
de Petróleo - EOR**

12 y 13 septiembre - Buenos Aires



INSTITUTO ARGENTINO
DEL PETRÓLEO Y DEL GAS

Gracias por la atención

Dr. Paulo César Díaz Toro

pdiaz@inlab.com.ar

Laboratorio de ensayos especiales

InLab S.A.

2018