



RECUPERACIÓN TERCIARIA EN ARGENTINA

DIEGO G. PEREZ

OCTUBRE 2019



TRANSFORMAMOS
VIDAS A TRAVÉS DE LA
ENERGÍA

YPF

YPF

TRANSFORMAMOS VIDAS A TRAVÉS DE LA ENERGÍA



NOTA LEGAL

Declaración bajo la protección otorgada por la Ley de Reforma de Litigios Privados de 1995 de los Estados Unidos de América ("Private Securities Litigation Reform Act of 1995").

Este documento contiene ciertas afirmaciones que YPF considera constituyen estimaciones sobre las perspectivas de la compañía ("forward-looking statements") tal como se definen en la Ley de Reforma de Litigios Privados de 1995 ("Private Securities Litigation Reform Act of 1995").

Dichas afirmaciones pueden incluir declaraciones sobre las intenciones, creencias, planes, expectativas reinantes u objetivos a la fecha de hoy por parte de YPF y su gerencia, incluyendo estimaciones con respecto a tendencias que afecten la futura situación financiera de YPF, ratios financieros, operativos, de reemplazo de reservas y otros, sus resultados operativos, estrategia de negocio, concentración geográfica y de negocio, volumen de producción, comercialización y reservas, así como con respecto a gastos futuros de capital, inversiones planificados por YPF y expansión y de otros proyectos, actividades exploratorias, intereses de los socios, desinversiones, ahorros de costos y políticas de pago de dividendos. Estas declaraciones pueden incluir supuestos sobre futuras condiciones económicas y otras, el precio del petróleo y sus derivados, márgenes de refino y marketing y tasas de cambio. Estas declaraciones no constituyen garantías de qué resultados futuros, precios, márgenes, tasas de cambio u otros eventos se concretarán y las mismas están sujetas a riesgos importantes, incertidumbres, cambios en circunstancias y otros factores que pueden estar fuera del control de YPF o que pueden ser difíciles de predecir.

En el futuro, la situación financiera, ratios financieros, operativos, de reemplazo de reservas y otros, resultados operativos, estrategia de negocio, concentración geográfica y de negocio, volúmenes de producción y comercialización, reservas, gastos de capital e inversiones de YPF y expansión y otros proyectos, actividades exploratorias, intereses de los socios, desinversiones, ahorros de costos y políticas de pago de dividendos, así como futuras condiciones económicas y otras como el precio del petróleo y sus derivados, márgenes de refino y marketing y tasas de cambio podrían variar sustancialmente en comparación a aquellas contenidas expresa o implícitamente en dichas estimaciones. Factores importantes que pudieran causar esas diferencias incluyen pero no se limitan a fluctuaciones en el precio del petróleo y sus derivados, niveles de oferta y demanda, tasa de cambio de divisas, resultados de exploración, perforación y producción, cambios en estimaciones de reservas, éxito en asociaciones con terceros, pérdida de participación en el mercado, competencia, riesgos medioambientales, físicos y de negocios en mercados emergentes, modificaciones legislativos, fiscales, legales y regulatorios, condiciones financieras y económicas en varios países y regiones, riesgos políticos, guerras, actos de terrorismo, desastres naturales, retrasos de proyectos o aprobaciones, así como otros factores descriptos en la documentación presentada por YPF y sus empresas afiliadas ante la Comisión Nacional de Valores en Argentina y la Securities and Exchange Commission de los Estados Unidos de América y, particularmente, aquellos factores descriptos en la Ítem 3 titulada "Key information– Risk Factors" y la Ítem 5 titulada "Operating and Financial Review and Prospects" del Informe Anual de YPF en Formato 20-F para el año fiscal finalizado el 31 de Diciembre de 2017, registrado ante la Securities and Exchange Commission. En vista de lo mencionado anteriormente, las estimaciones incluidas en este documento pueden no ocurrir.

Excepto por requerimientos legales, YPF no se compromete a actualizar o revisar públicamente dichas estimaciones aún en el caso en que eventos o cambios futuros indiquen claramente que las proyecciones o las situaciones contenidas expresa o implícitamente en dichas estimaciones no se concretarán.

Este material no constituye una oferta de venta de bonos, acciones o ADRs de YPF S.A. en Estados Unidos u otros lugares.

RECUPERACION TERCIARIA EN ARGENTINA

01 OPORTUNIDAD DE EOR

02 EL MUNDO Y LA HISTORIA

03 ARGENTINA Y LA ESTRATEGIA YPF

04 MAS TEMPRANO QUE TARDE

05 EL PILOTO DE CAMPO

06 BARRERAS EN LA EJECUCIÓN

07 EL PRIMER PASO

08 CONCLUSIONES



TRANSFORMAMOS
VIDAS A TRAVÉS DE LA
ENERGÍA

OPORTUNIDAD DE EOR

Oportunidad de EOR

IOR Improved Oil Recovery

EOR Enhanced Oil Recovery

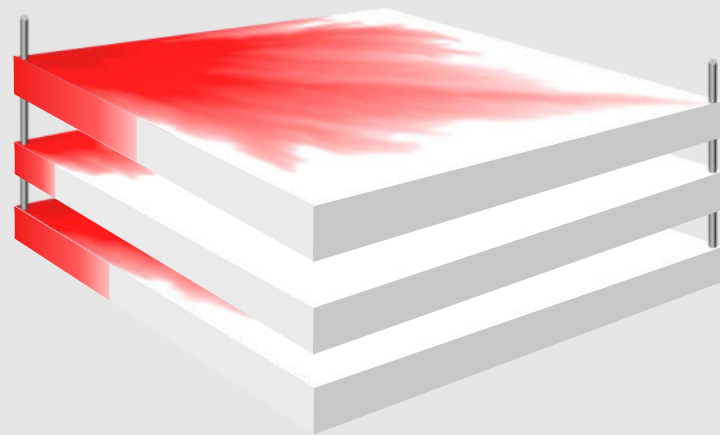
polímeros

- ↑ Viscosidad
- ↑ Viscoelasticidad
- ↓ Permeabilidad

Eficiencia de barrido

- area
- vertical
- microscópica

PRODUCCIÓN
Primaria | Secundaria | Terciaria

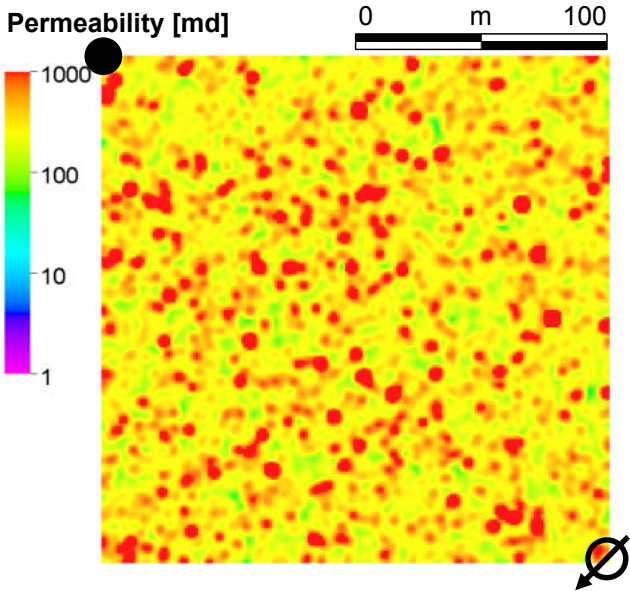


Oportunidad de EOR

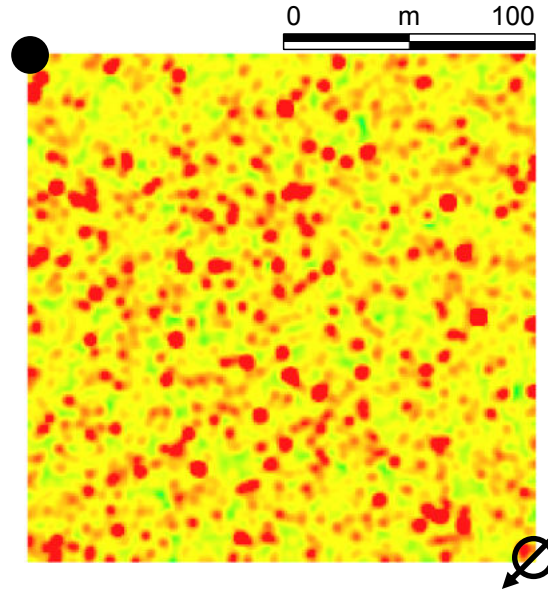
$$RF = \eta_a \cdot \eta_v \cdot \eta_m$$

Eficiencia de barrido areal: η_a

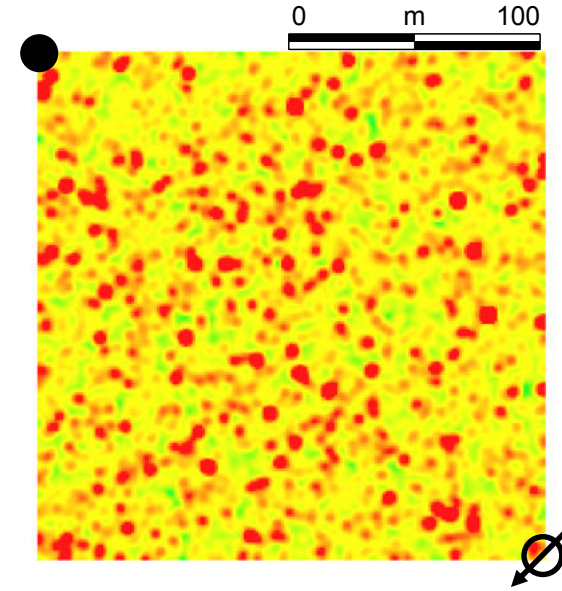
Waterflood (secondary)



Polymerflood (secondary)



Polymerflood (tertiary)

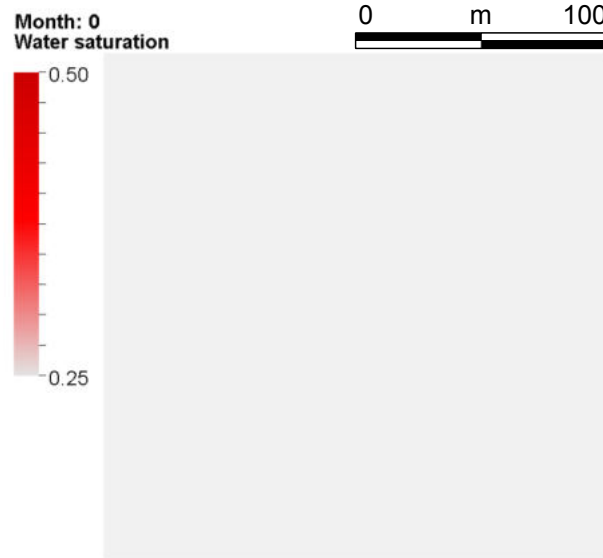


Oportunidad de EOR

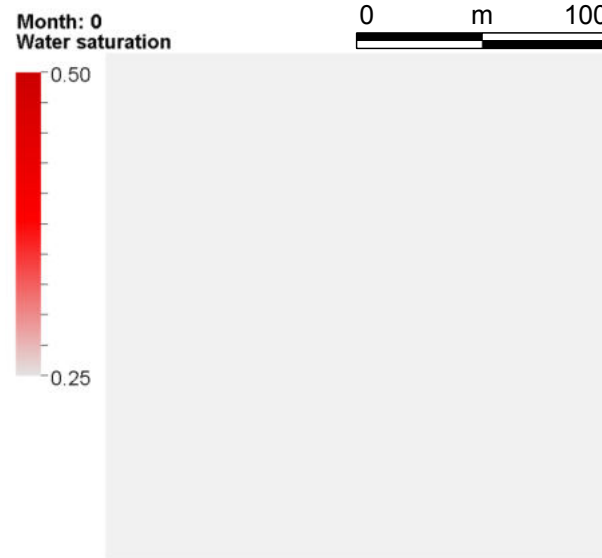
$$RF = \eta_a \cdot \eta_v \cdot \eta_m$$

Eficiencia de barrido areal: η_a

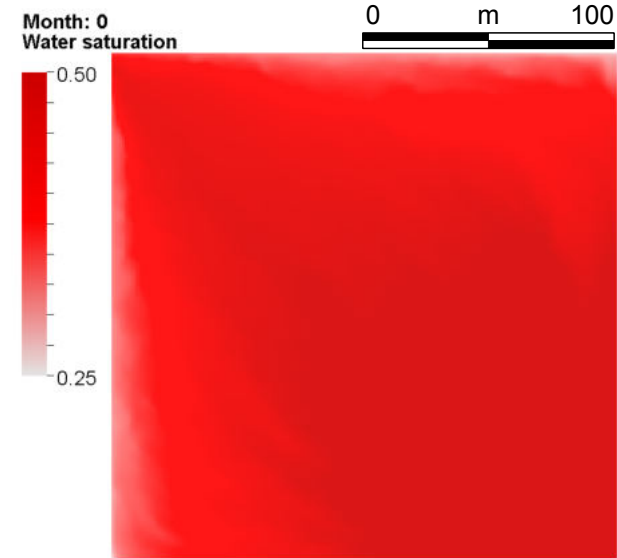
Waterflood (secondary)



Polymerflood (secondary)



Polymerflood (tertiary)

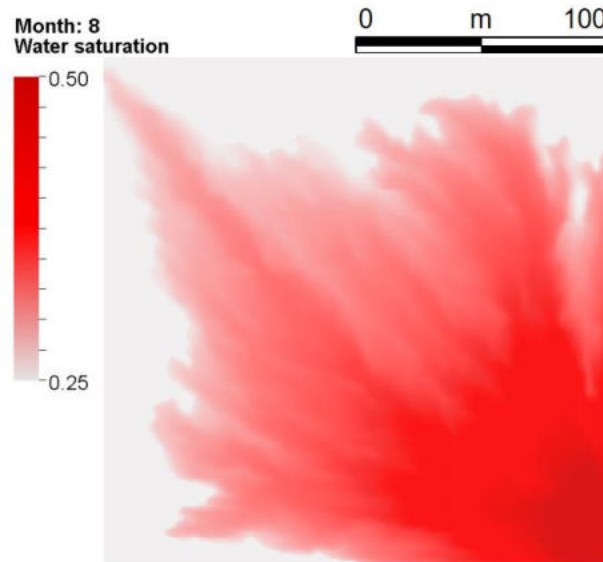


Oportunidad de EOR

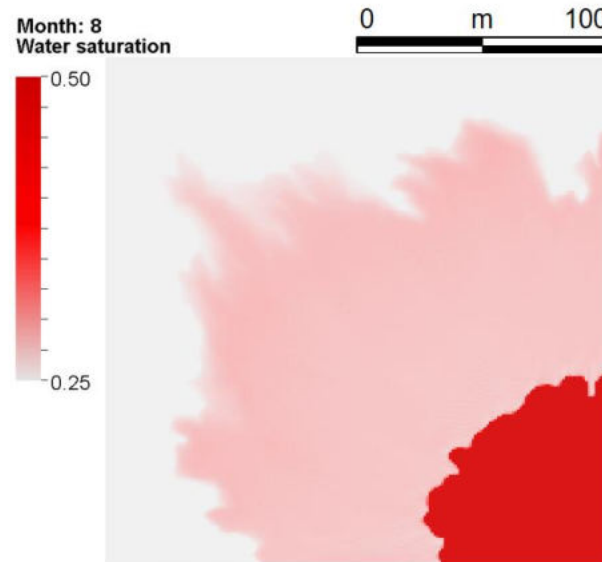
$$RF = \eta_a \cdot \eta_v \cdot \eta_m$$

Eficiencia de barrido areal: η_a

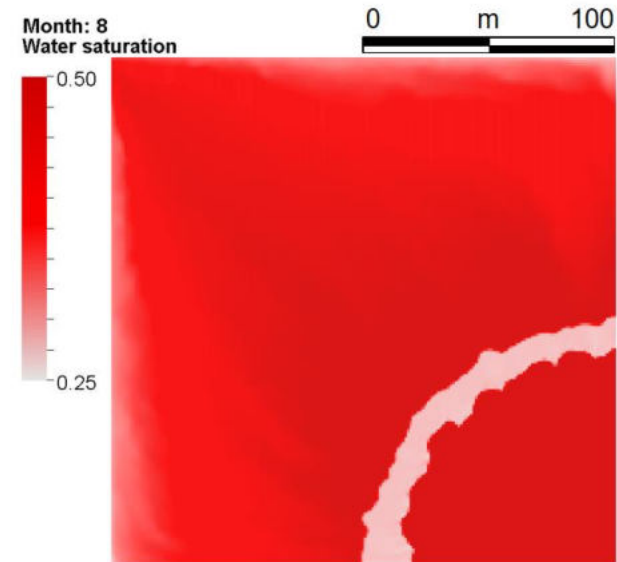
Waterflood (secondary)



Polymerflood (secondary)



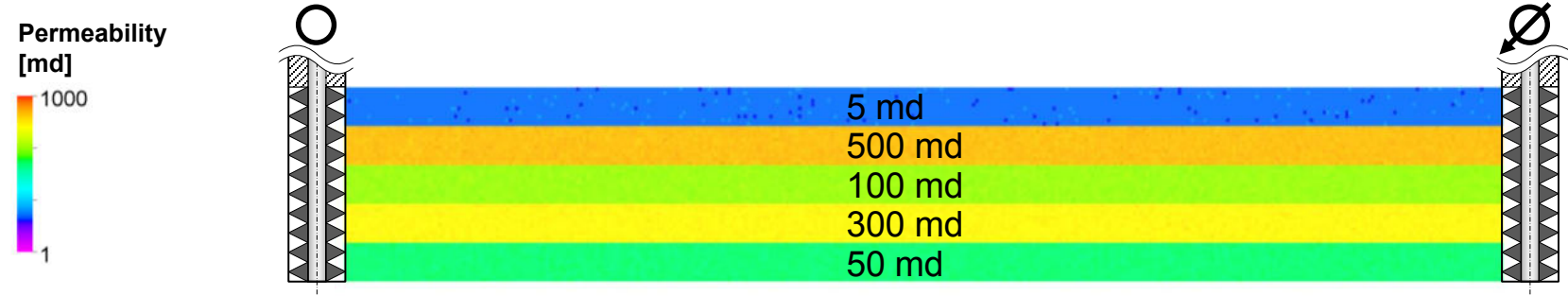
Polymerflood (tertiary)



Oportunidad de EOR

$$RF = \eta_a \cdot \eta_v \cdot \eta_m$$

Eficiencia de barrido vertical: η_v

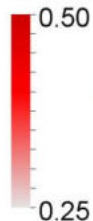


Oportunidad de EOR

$$RF = \eta_a \cdot \eta_v \cdot \eta_m$$

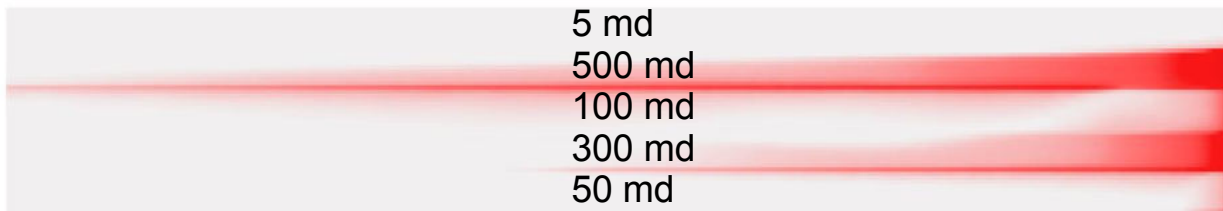
Eficiencia de barrido vertical: η_v

0.019 PV injected
Water saturation

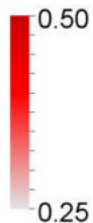


Waterflood (secundaria)

5 md
500 md
100 md
300 md
50 md



0.008 PV injected
Water saturation



Polymerflood (secundaria)

5 md
500 md
100 md
300 md
50 md



1:100 relación de permeabilidad analizada

1:10 relación objetivo

Oportunidad de EOR

$$RF = \eta_a \cdot \eta_v \cdot \eta_m$$

Eficiencia de barrido vertical: η_v 0.358 PV injected
Water saturation

Waterflood (secundaria)

0.335 PV injected
Water saturation

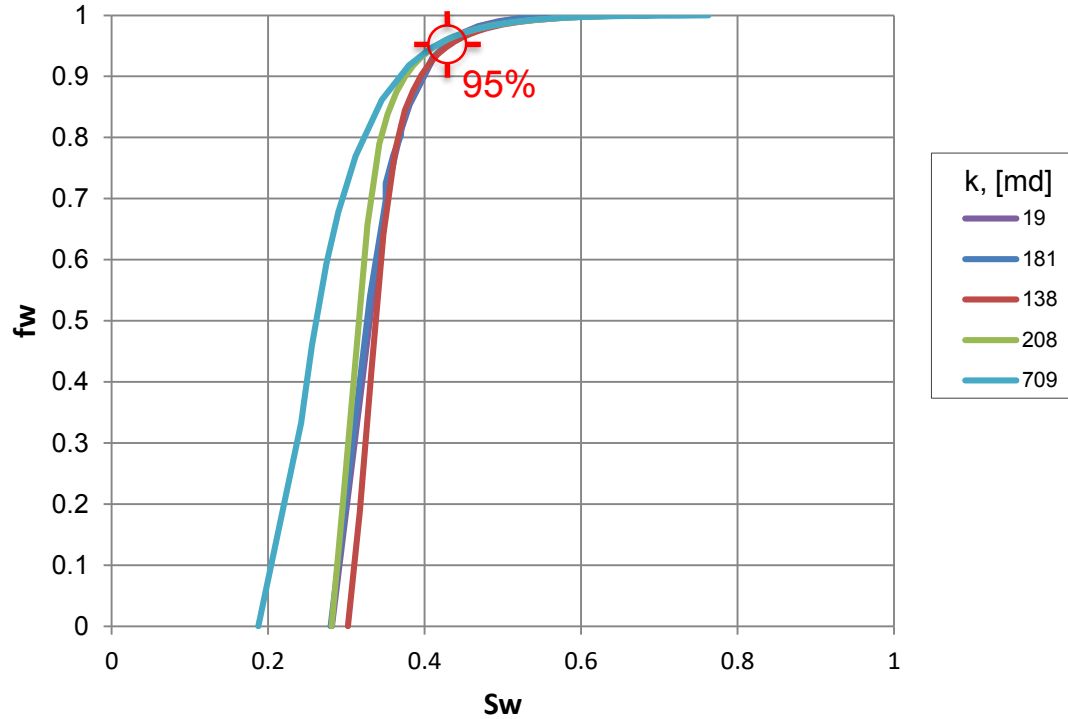
Polymerflood (secundaria)



Oportunidad de EOR

$$RF = \eta_a \cdot \eta_v \cdot \eta_m$$

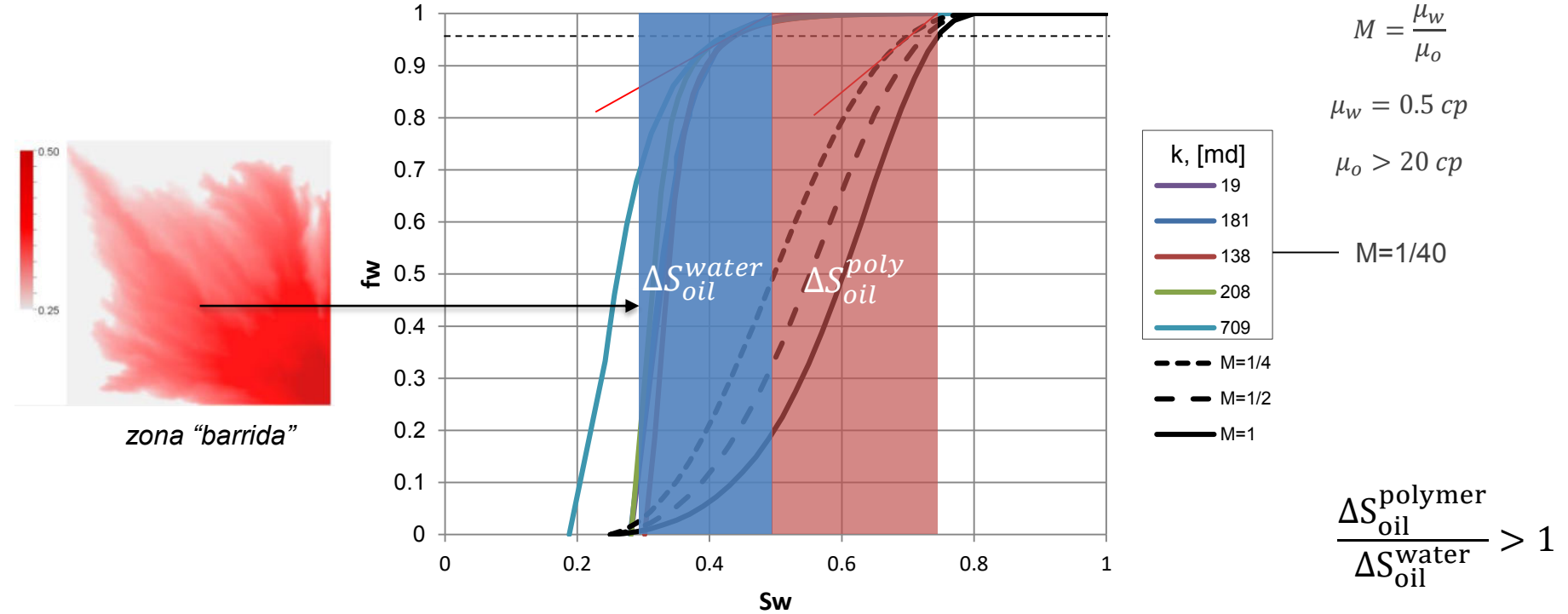
Eficiencia de barrido microscópica: η_m



Oportunidad de EOR

$$RF = \eta_a \cdot \eta_v \cdot \eta_m$$

Eficiencia de barrido microscópica: η_m

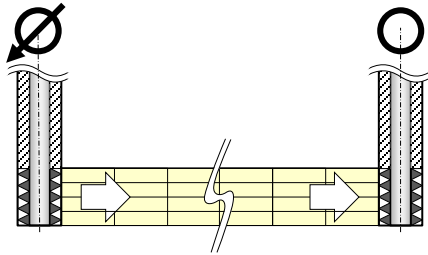


Oportunidad de EOR

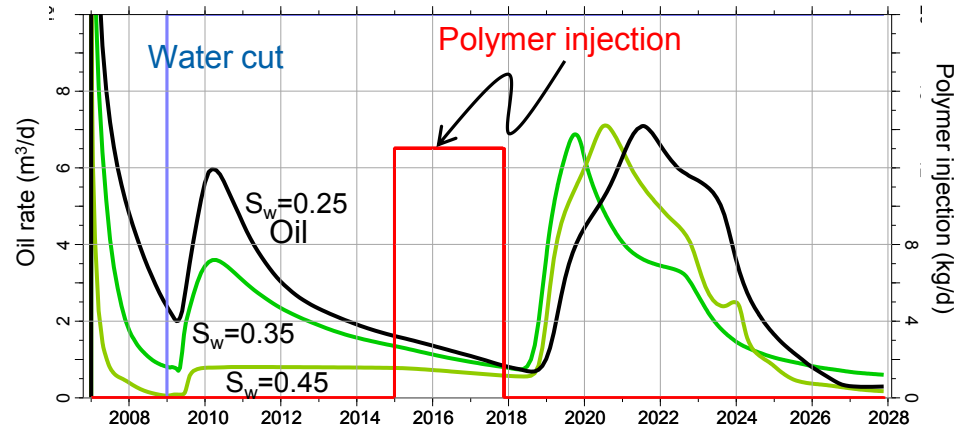
$$RF = \eta_a \cdot \eta_v \cdot \eta_m$$

Eficiencia de barrido microscópica: η_m

Sensibilidad a s_w



2D modelo conceptual (80cp oil)





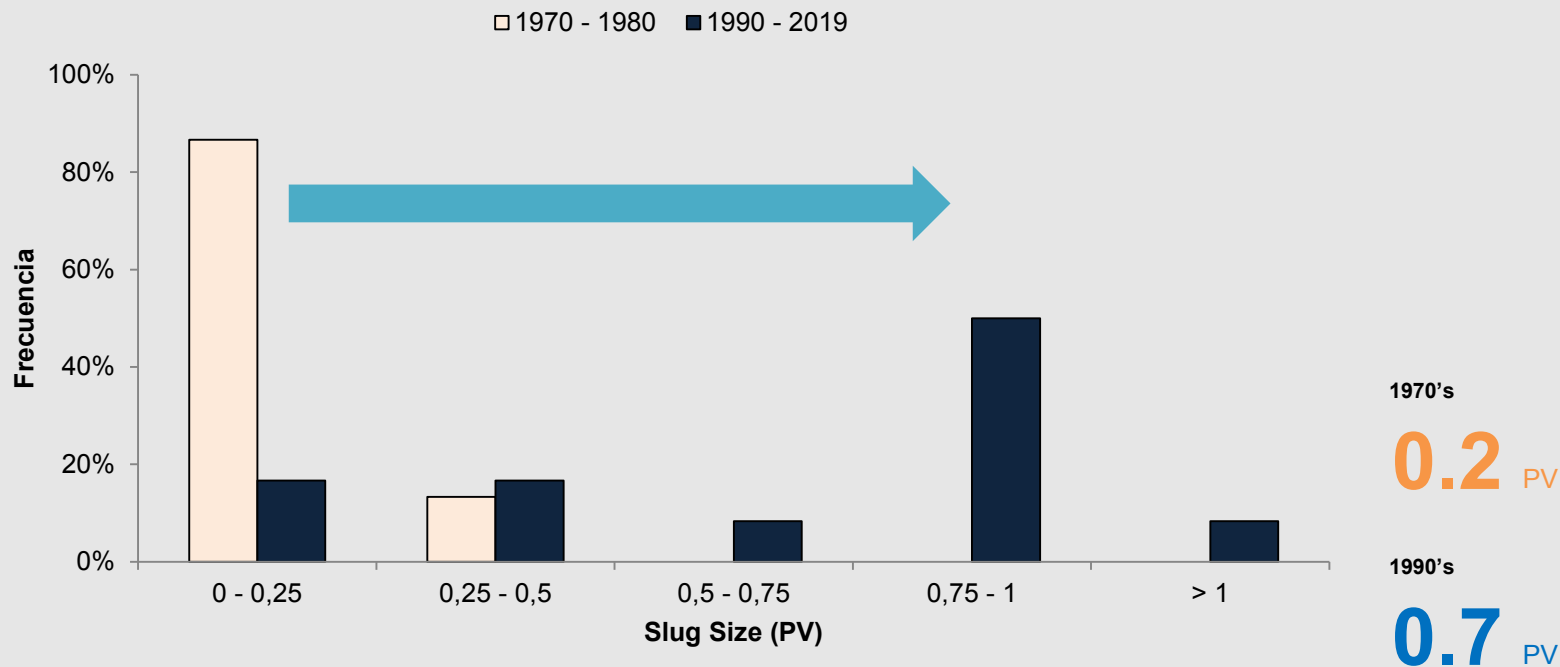
YPF

TRANSFORMAMOS
VIDAS A TRAVÉS DE LA
ENERGÍA

EL MUNDO, ANÁLISIS HISTÓRICO

ANÁLISIS HISTÓRICO

SLUG SIZE



En base a datos publicados en la SPE. Modificado de SPE 179543, Seright (2017)

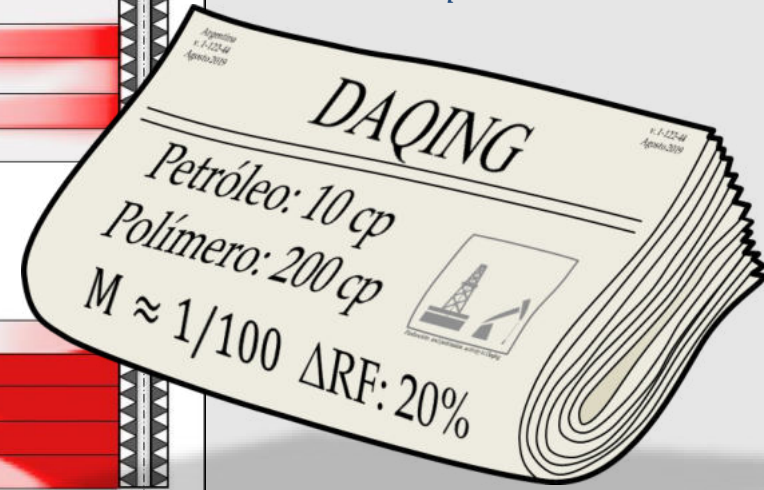
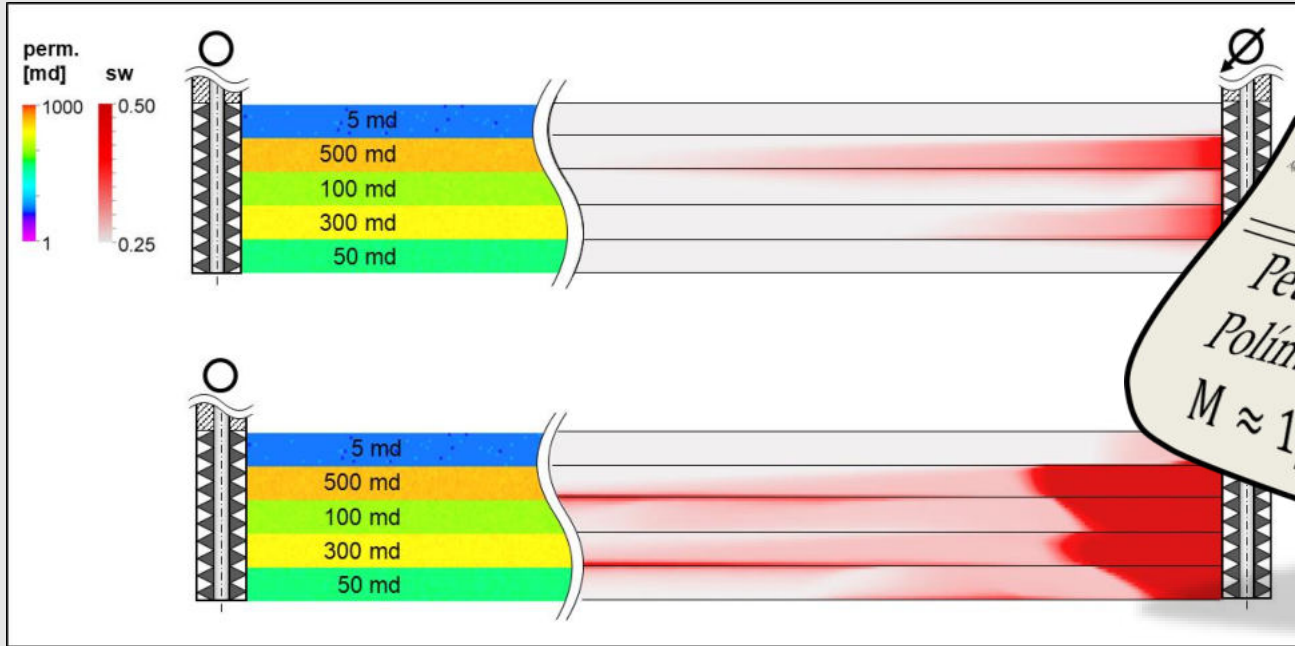
ANÁLISIS HISTÓRICO

VISCOSIDAD DEL POLÍMERO

Cuál es la viscosidad óptima

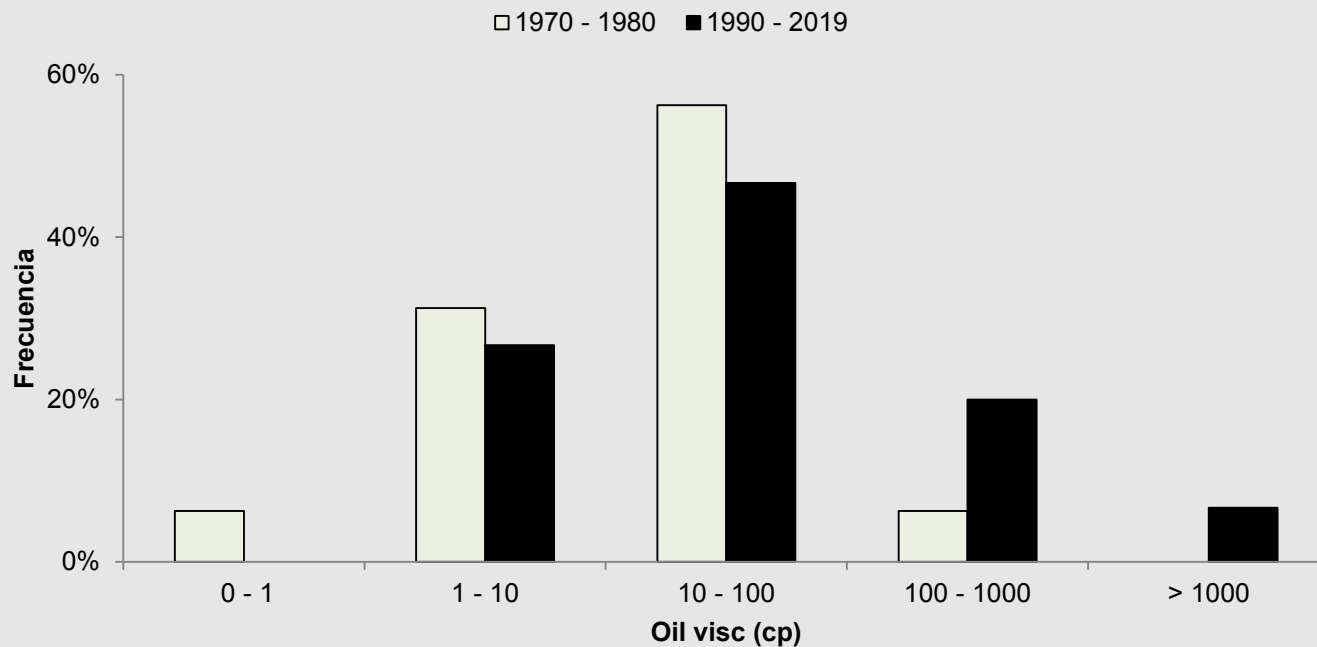
$$M = \frac{kr_w}{kr_o} \cdot \frac{\mu_o}{\mu_p} \approx 1 ?$$

$$\frac{kr_w}{kr_o} \cdot \frac{\mu_o}{\mu_p} \cdot \frac{k_{max}}{k_{min}} \approx 1$$



ANÁLISIS HISTÓRICO

VISCOSIDAD DEL PETRÓLEO



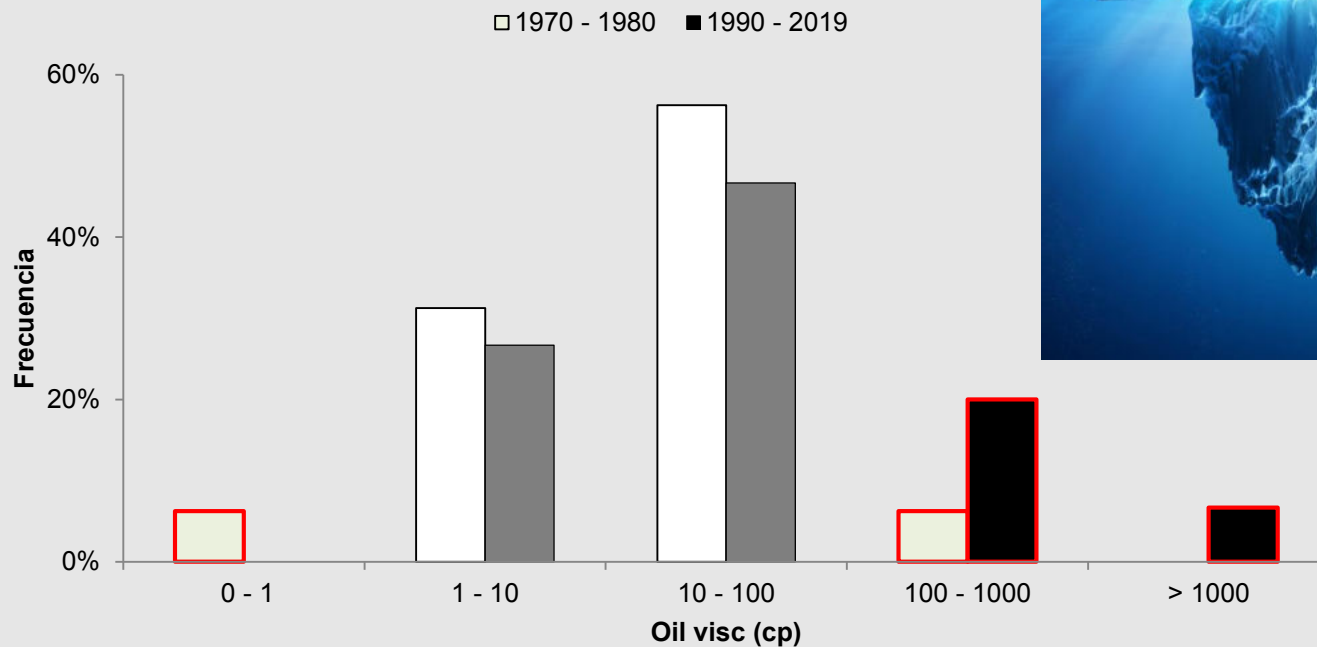
1970'
30 CP

1990'
200 CP

En base a datos publicados en la SPE. Modificado de SPE 179543, Seright (2017)

ANÁLISIS HISTÓRICO

VISCOSIDAD DEL PETRÓLEO



1970'

30_{CP}

1990'

200_{CP}

En base a datos publicados en la SPE. Modificado de SPE 179543, Seright (2017)

ANÁLISIS HISTÓRICO

1970's

30 cp

Viscosidad media del petróleo

6x

1990's

200 cp

Viscosidad media del petróleo

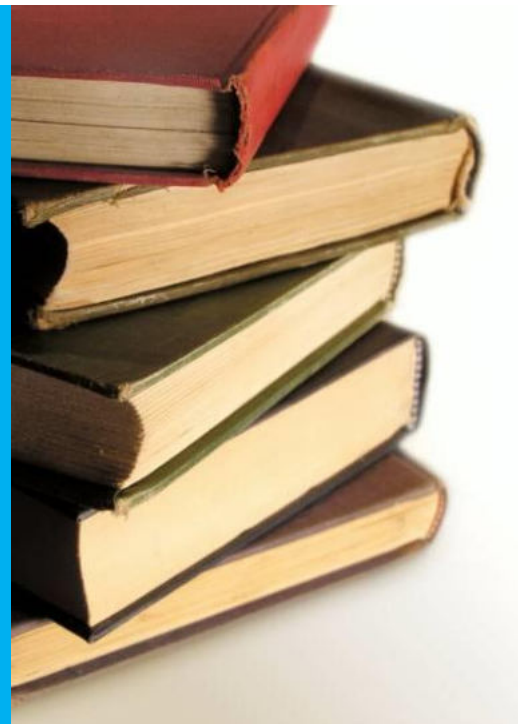
0.2 PV

Volumen medio de polímero

3x

0.7 PV

Volumen medio de polímero

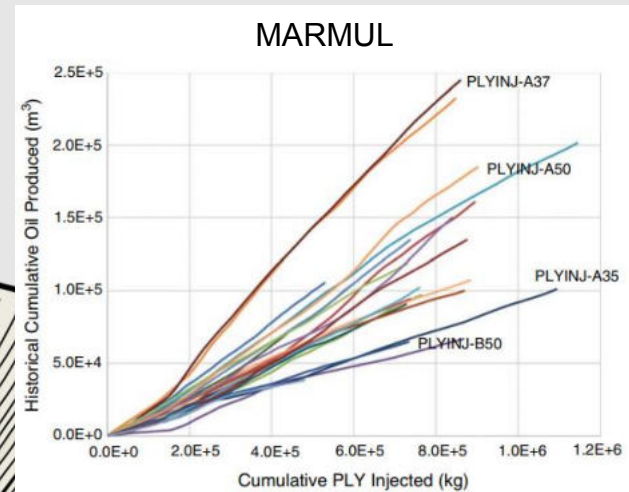
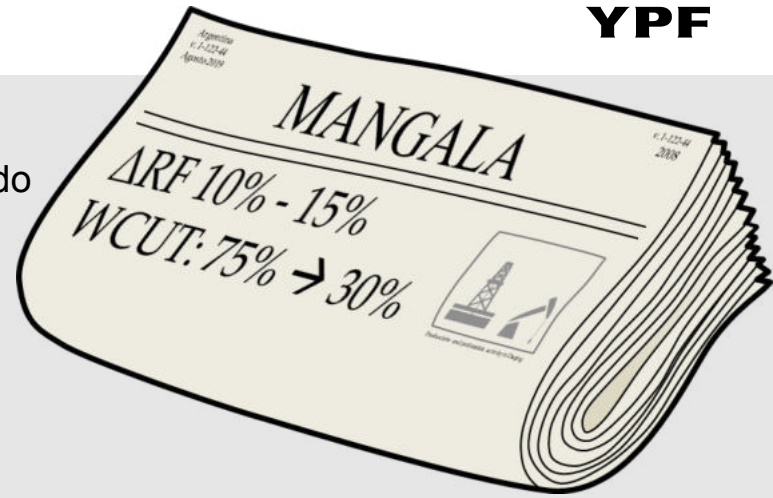


CRITERIOS DE SCREENING

CASOS: MARMUL, PELICAN LAKE Y DAIQING ~ 1 PV inyectado

Campo	País	μ_{oil} (cp)	μ_{poly} (cp)
Daqing ('96)	China	10	45
Daqing ('08)	China	10	200
Marmul	Oman	~85	15
Mangala	India	9 -20	20
Pelican Lake	Canada	~1650	150

Tomado de Seright, Wang et al. (2008) y (2011), Delaplace et al. (2013), Prasad et al. (2014), Al-saadi et al. (2012), Thakuria et al. (2013)



Marmul, Choudhri et al. PDO OMAN, p.324

CRITERIOS DE SCREENING

CASOS: MARMUL, PELICAN LAKE Y DAIQING ~ 1 PV inyectado

Campo	País	μ_{oil} (cp)	μ_{poly} (cp)
Daqing ('96)	China	10	45
Daqing ('08)	China	10	200
Marmul	Oman	~85	15
Mangala	India	9 -20	20
Pelican Lake	Canada	~1650	150

Tomado de Seright, Wang et al. (2008) y (2011), Delaplace et al. (2013), Prasad et al. (2014), Al-saadi et al. (2012), Thakuria et al. (2013)

Criterios de Screening	1978	2016
Temperatura	< 95 °C	< 140°C
Viscosidad petróleo	< 200 cp	< 10000 cp
Rel. de movilidad (M)	> 1	---

Tomado de Chang (1978), Thomas (2016)

Precio del petróleo ajustado por inflación

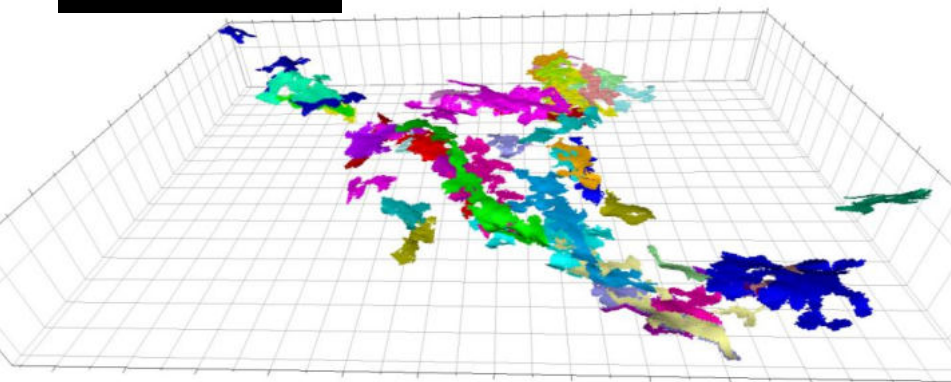


YPF

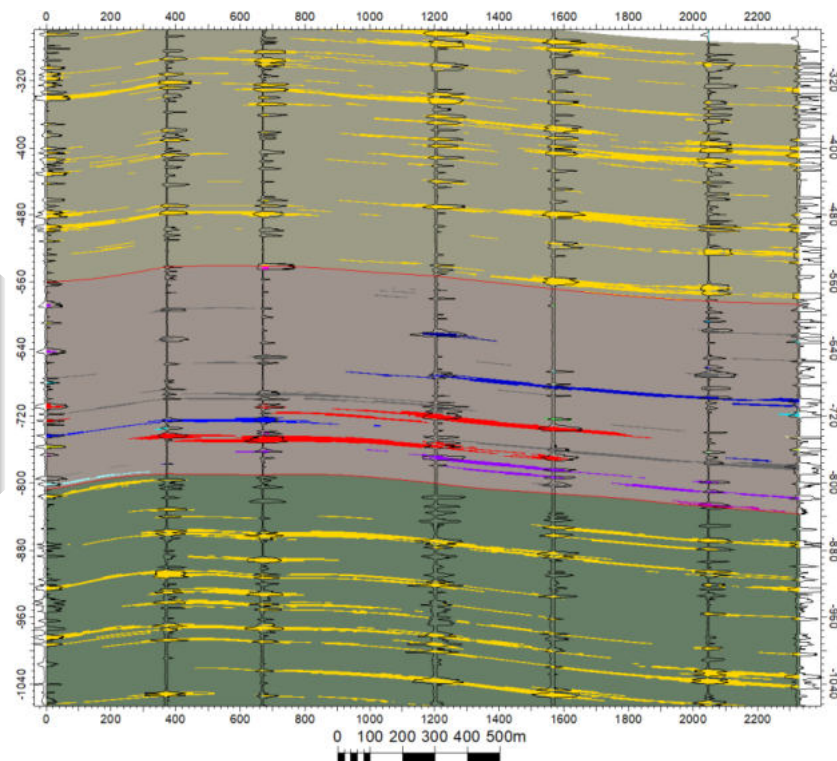
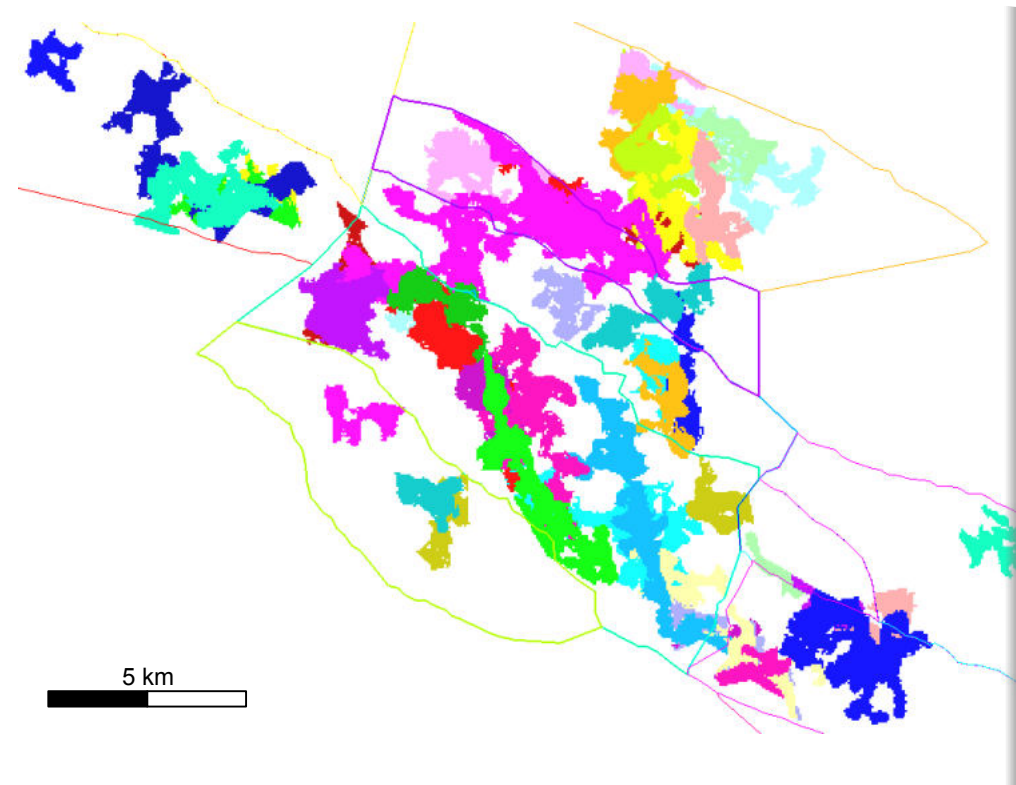
TRANSFORMAMOS
VIDAS A TRAVÉS DE LA
ENERGÍA



ARGENTINA Y LA ESTRATEGIA DE YPF

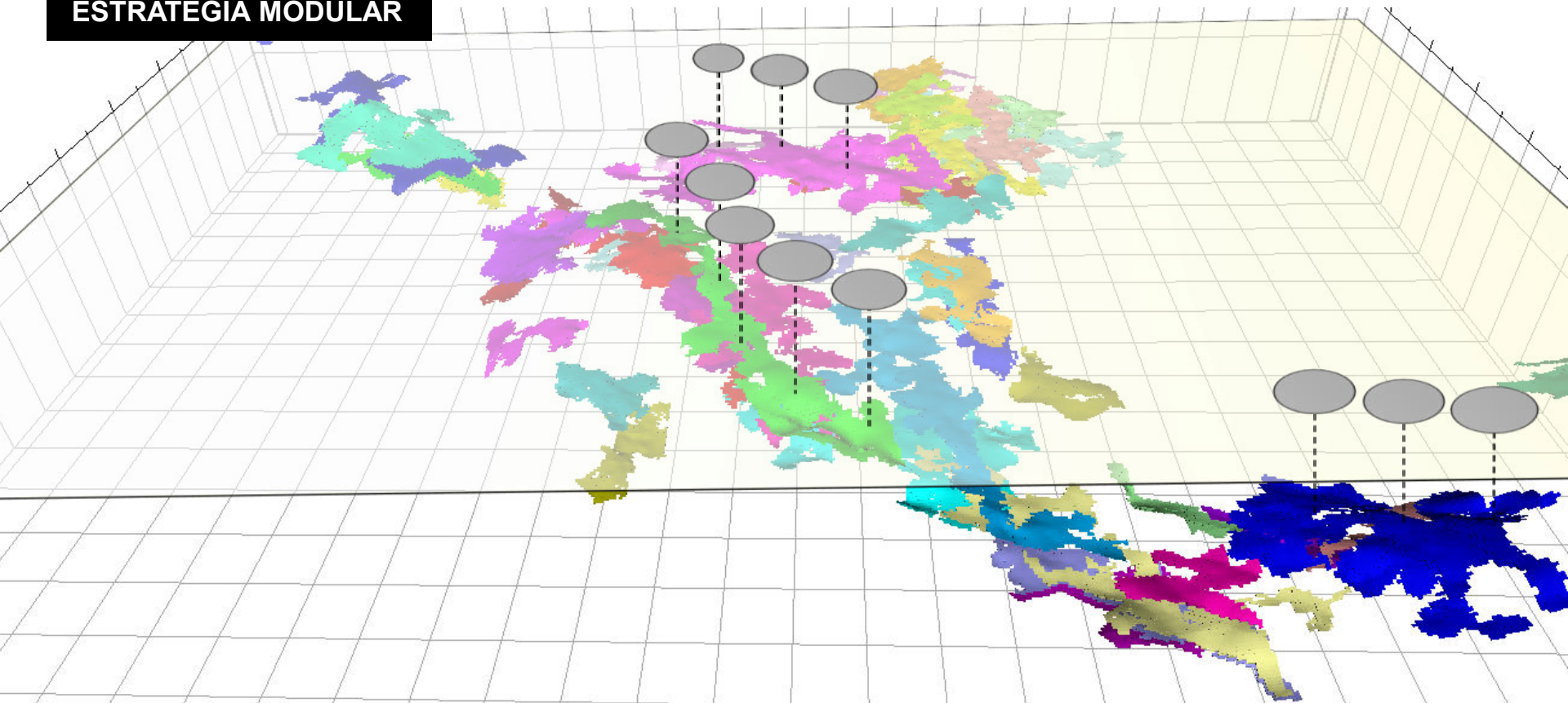
ESTRATEGIA**ESTRATEGIA MODULAR - MÓVIL**

PRINCIPALES RESERVORIOS CONECTADOS

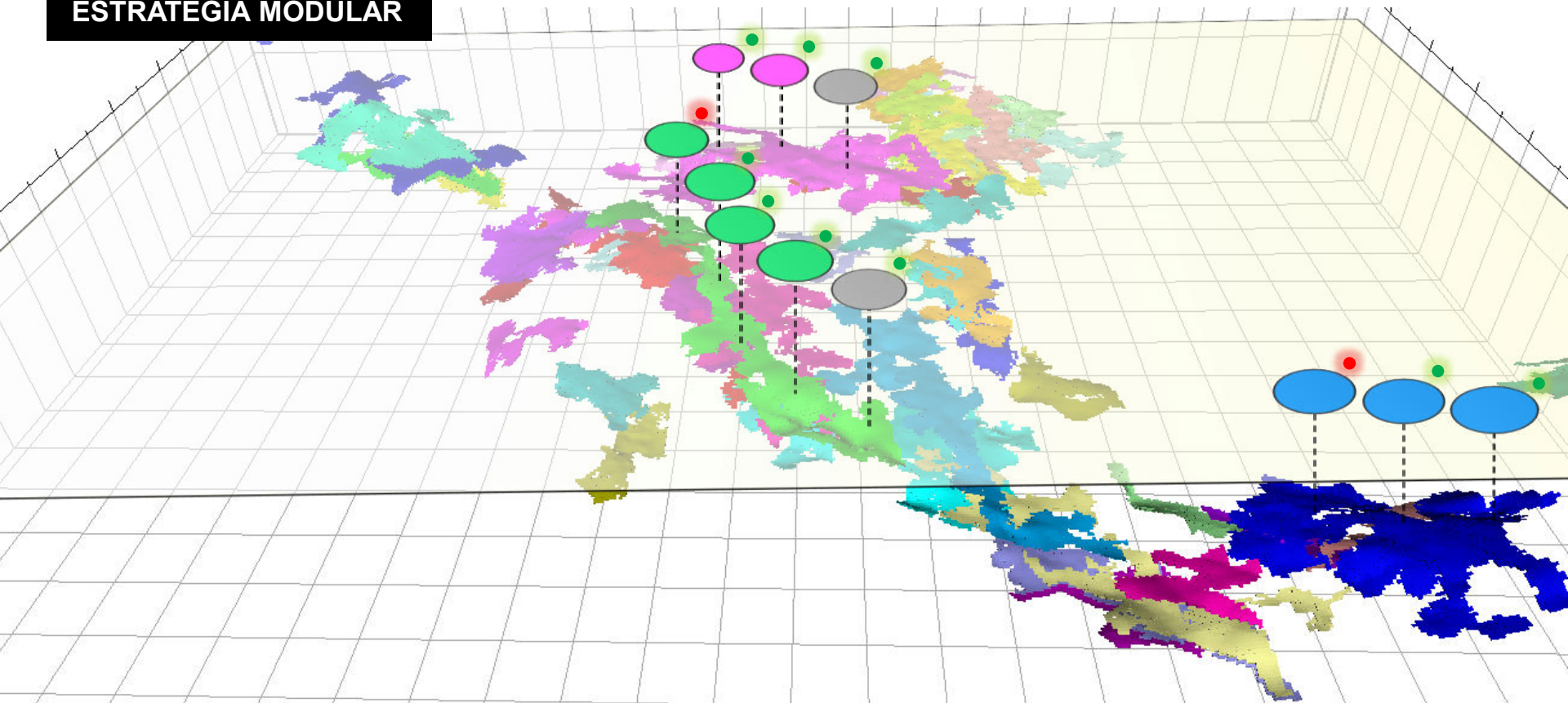


Depósitos fluviales: arquitectura y conectividad compleja

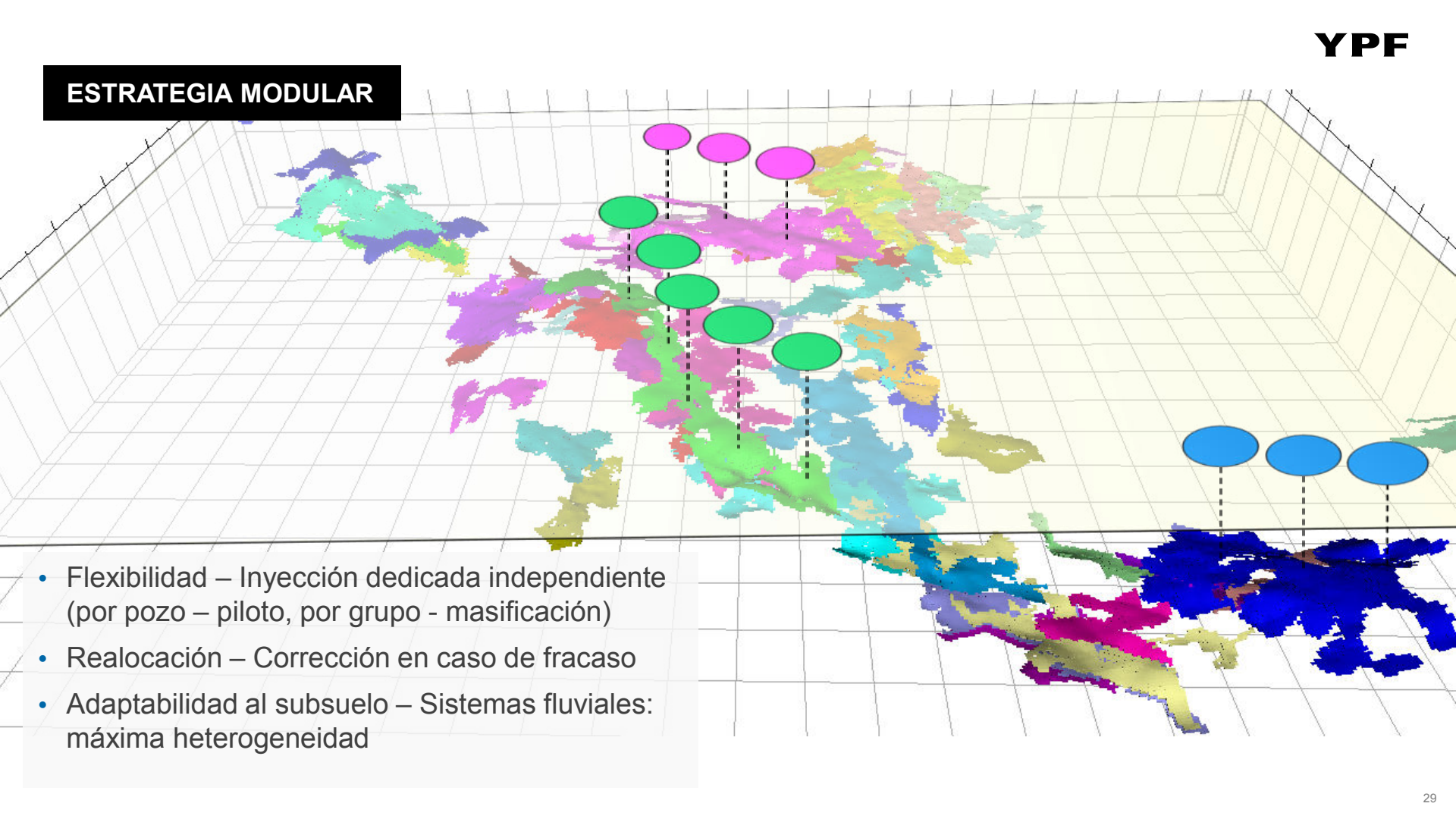
ESTRATEGIA MODULAR



ESTRATEGIA MODULAR



ESTRATEGIA MODULAR

- 
- Flexibilidad – Inyección dedicada independiente (por pozo – piloto, por grupo - masificación)
 - Realocación – Corrección en caso de fracaso
 - Adaptabilidad al subsuelo – Sistemas fluviales: máxima heterogeneidad

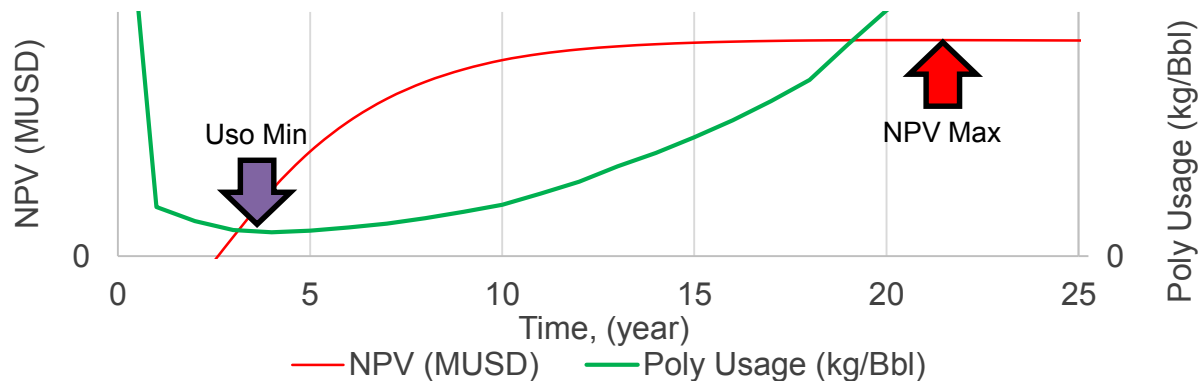
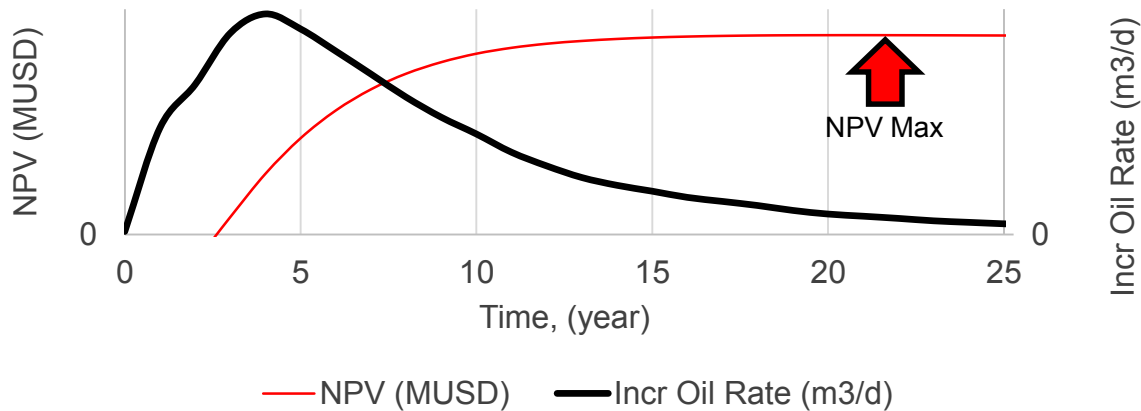


YPF

TRANSFORMAMOS
VIDAS A TRAVÉS DE LA
ENERGÍA

MÁS TEMPRANO QUE TARDE

MAS TEMPRANO QUE TARDE

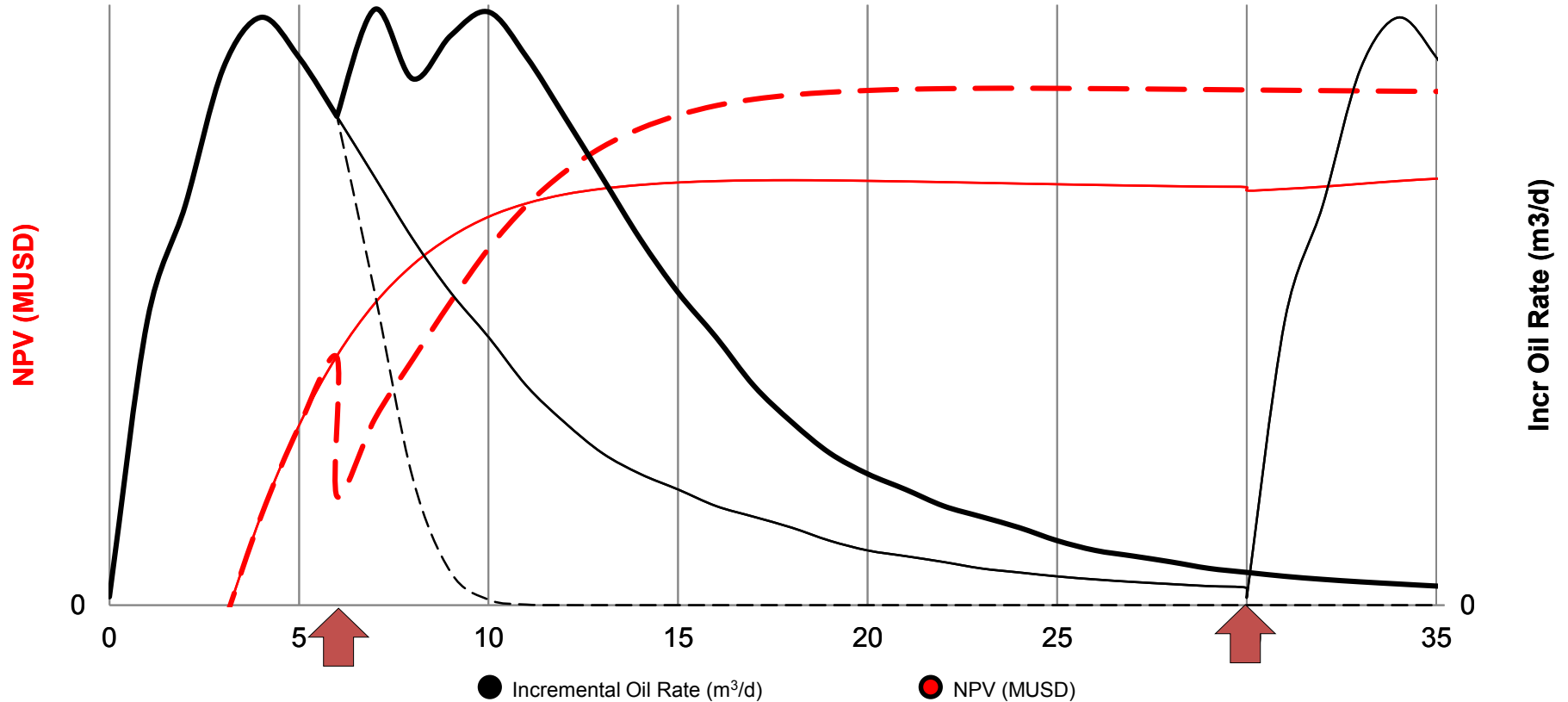


... una cuestión económica

YPF

MAS TEMPRANO QUE TARDE

NPV Evolution

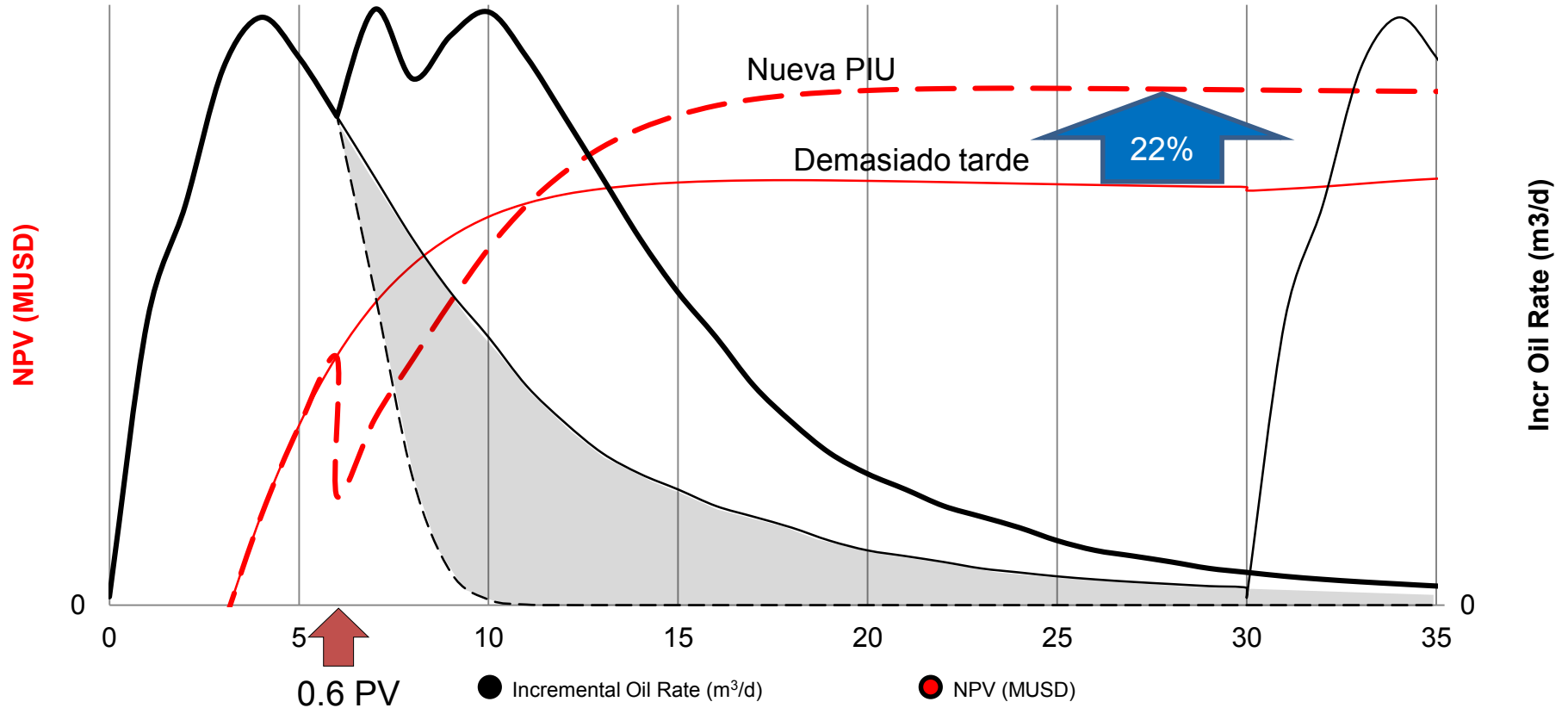


... una cuestión económica

YPF

MAS TEMPRANO QUE TARDE

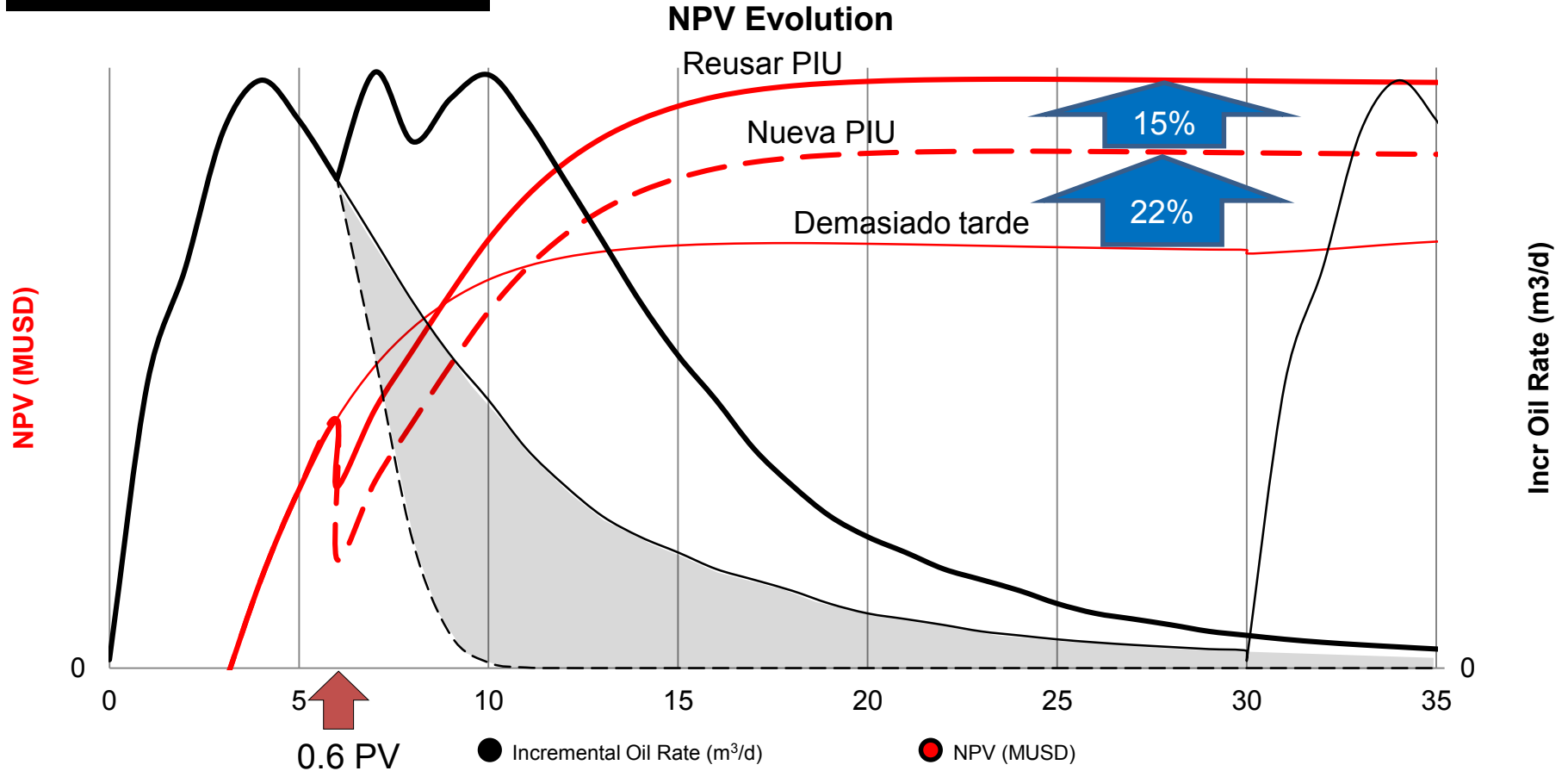
NPV Evolution



... una cuestión económica

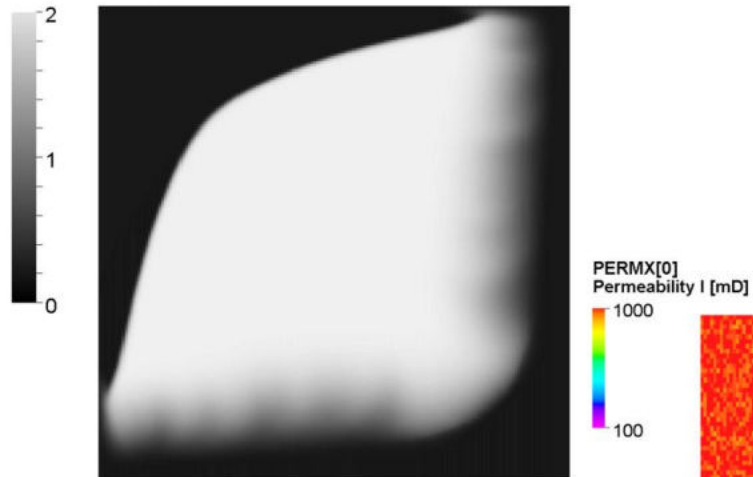
YPF

MAS TEMPRANO QUE TARDE



MAS TEMPRANO QUE TARDE

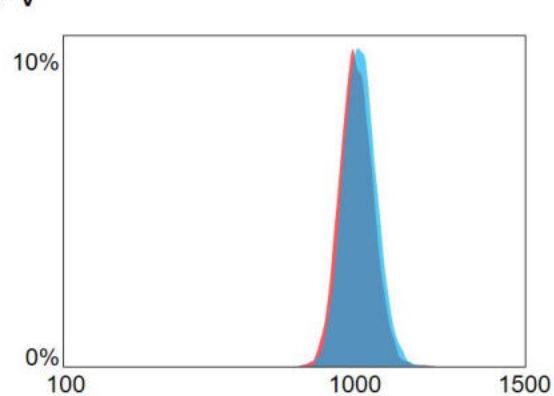
0.688 PV injected
Concentration [kg/sm3]



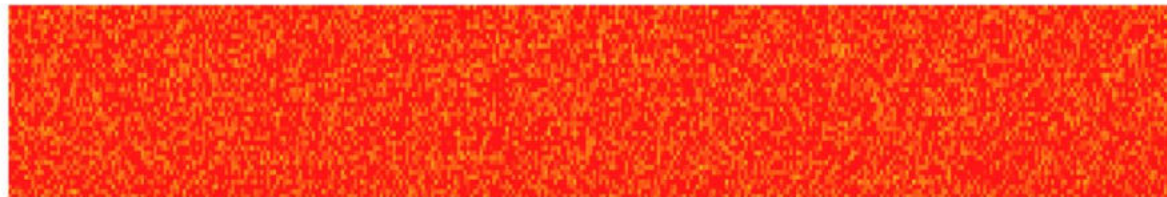
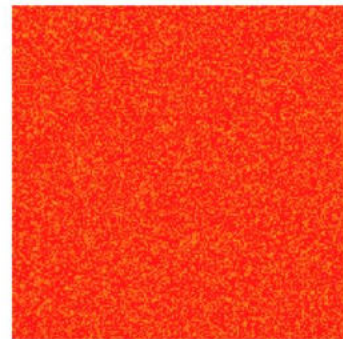
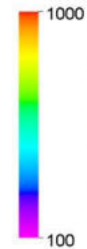
0.701 PV injected
Concentration [kg/sm3]



0.6 PV

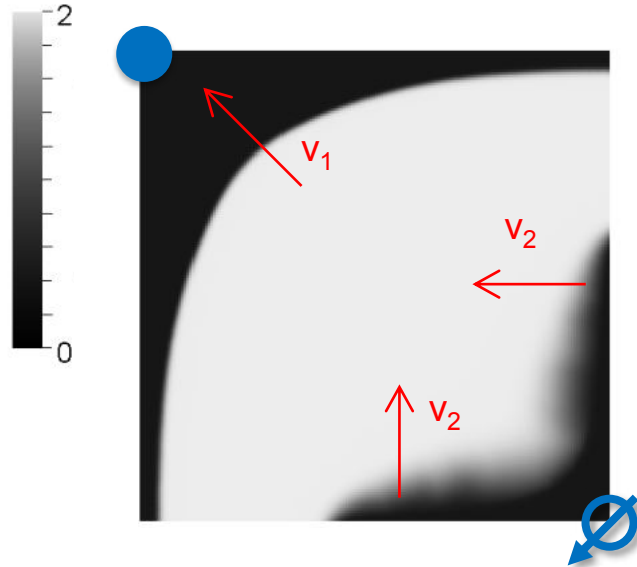


PERMX[0]
Permeability I [mD]

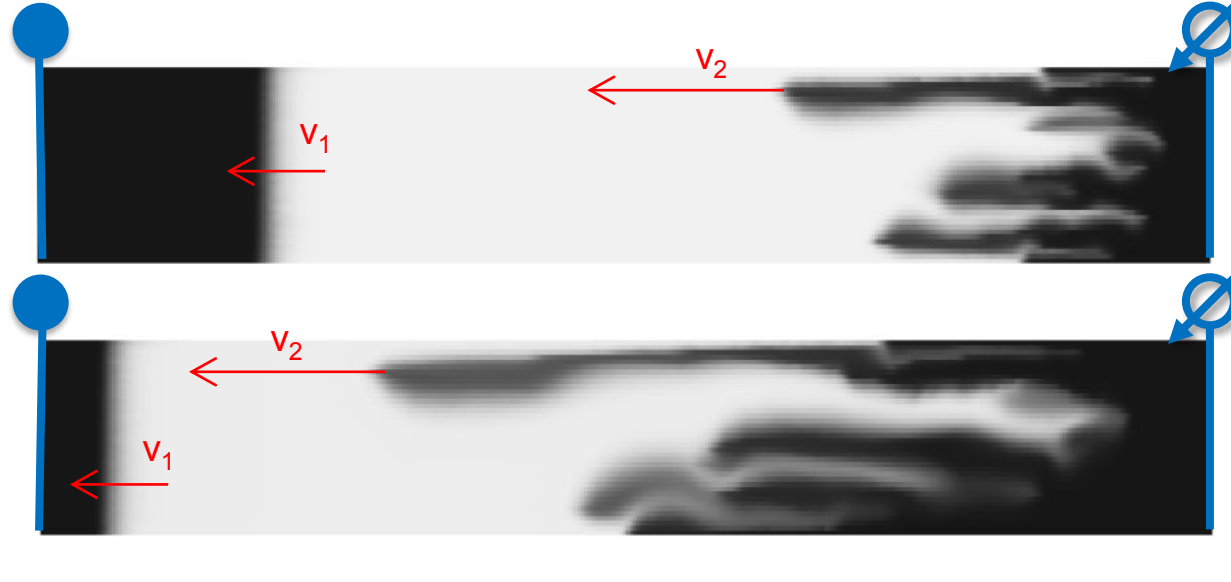


MAS TEMPRANO QUE TARDE

Polymer cell concentration (POLYMER)
Concentration [kg/sm3]



Planta: 200 x 200 m



Sección transversal: 180 x 10 m

Velocidad media de dedos 2 veces la velocidad del frente (2.5 veces el más rápido) → Inyección de agua inicia al 60% PV



“

SI NO TIENES TIEMPO DE HACERLO BIEN,
¿CUÁNDO TENDRÁS TIEMPO
DE HACERLO DE NUEVO?

”

— John Wooden



YPF

TRANSFORMAMOS
VIDAS A TRAVÉS DE LA
ENERGÍA

EL PILOTO DE CAMPO

EL PILOTO DE CAMPO

Bala de plata

“Sweet spot”

Objetivo, aprendizaje, decisiones,
incertidumbres, estadística

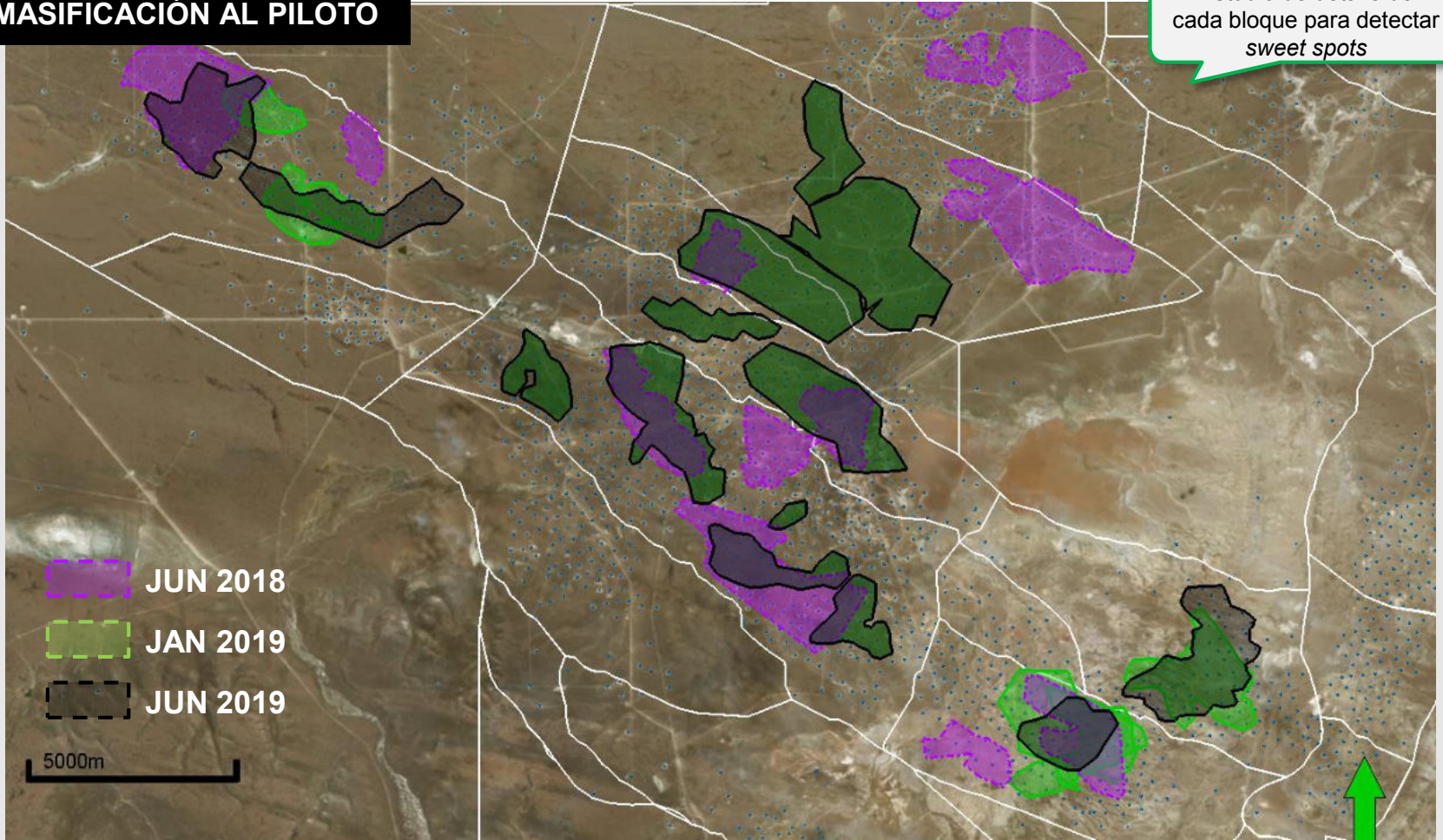
Metodología clara de extrapolación

Estrategia caso de negocio vs piloto



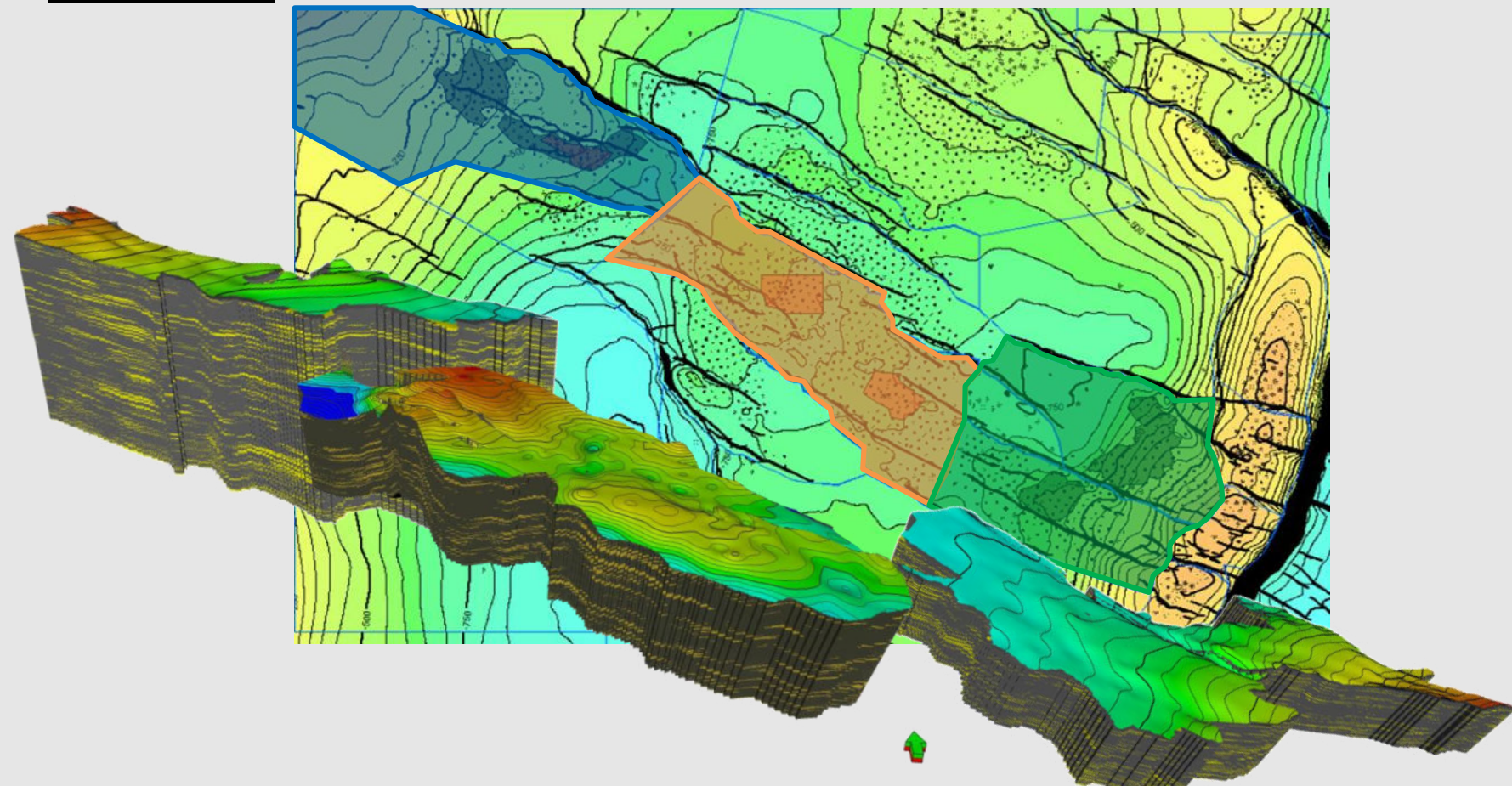
DE LA MASIFICACIÓN AL PILOTO

Estudio de detalle de cada bloque para detectar *sweet spots*

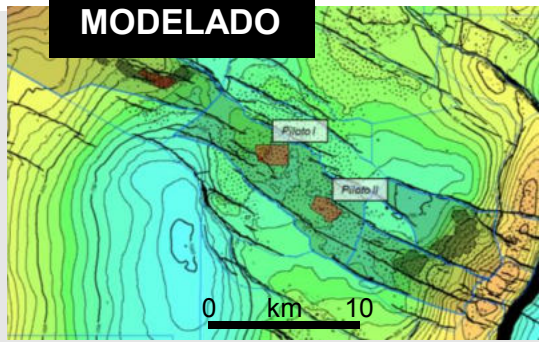


MODELADO

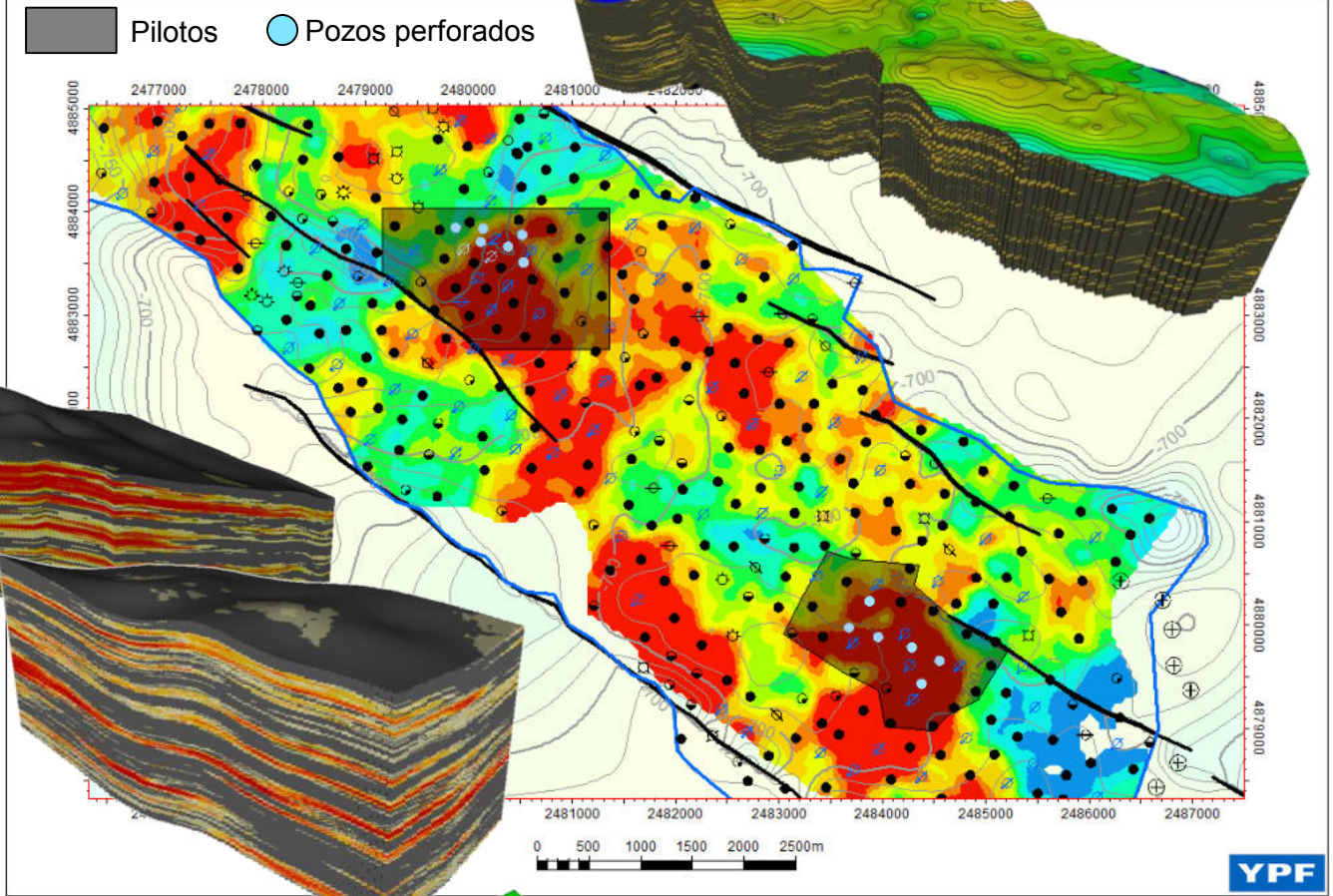
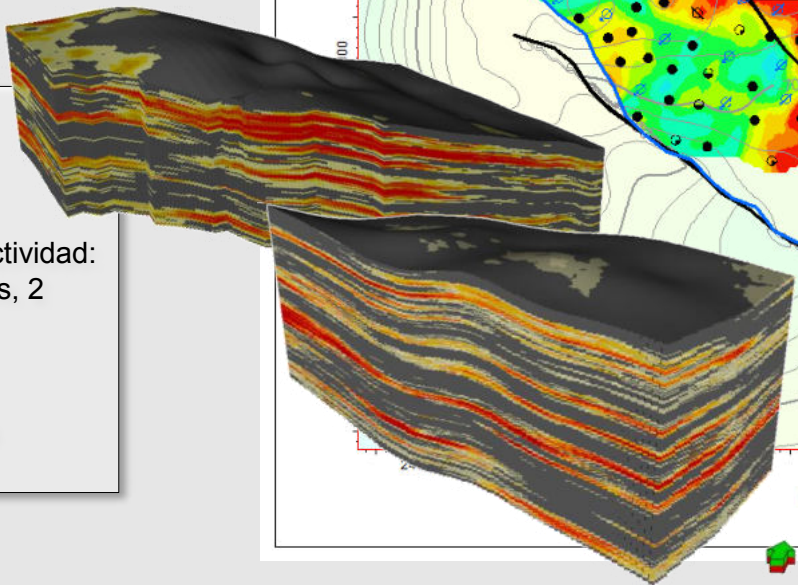
0 km 10



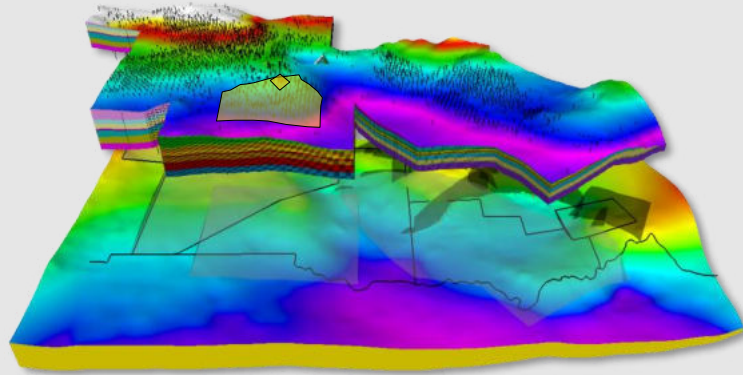
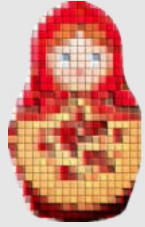
MODELADO



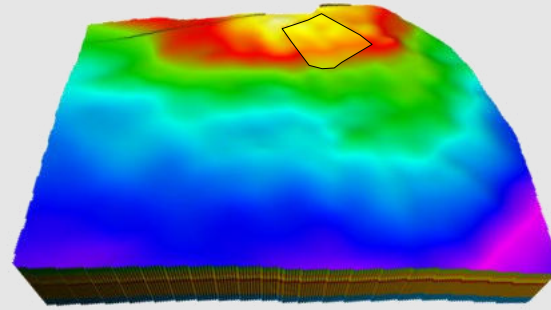
- Piloto I**
- 8 pozos
 - 6 WO
 - 1 corona, 72m
 - Prueba de Inyectividad: 3 meses, 3 pozos, 2 ciclos
- Piloto 2**
- 6 nuevos pozos
 - 10 WO



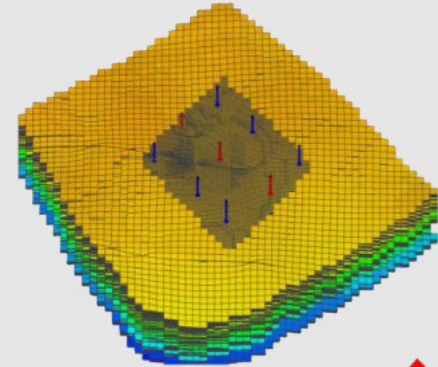
MODELADO



- 3D Static full-field models
- >3000 pozos
- (50x50x1)m



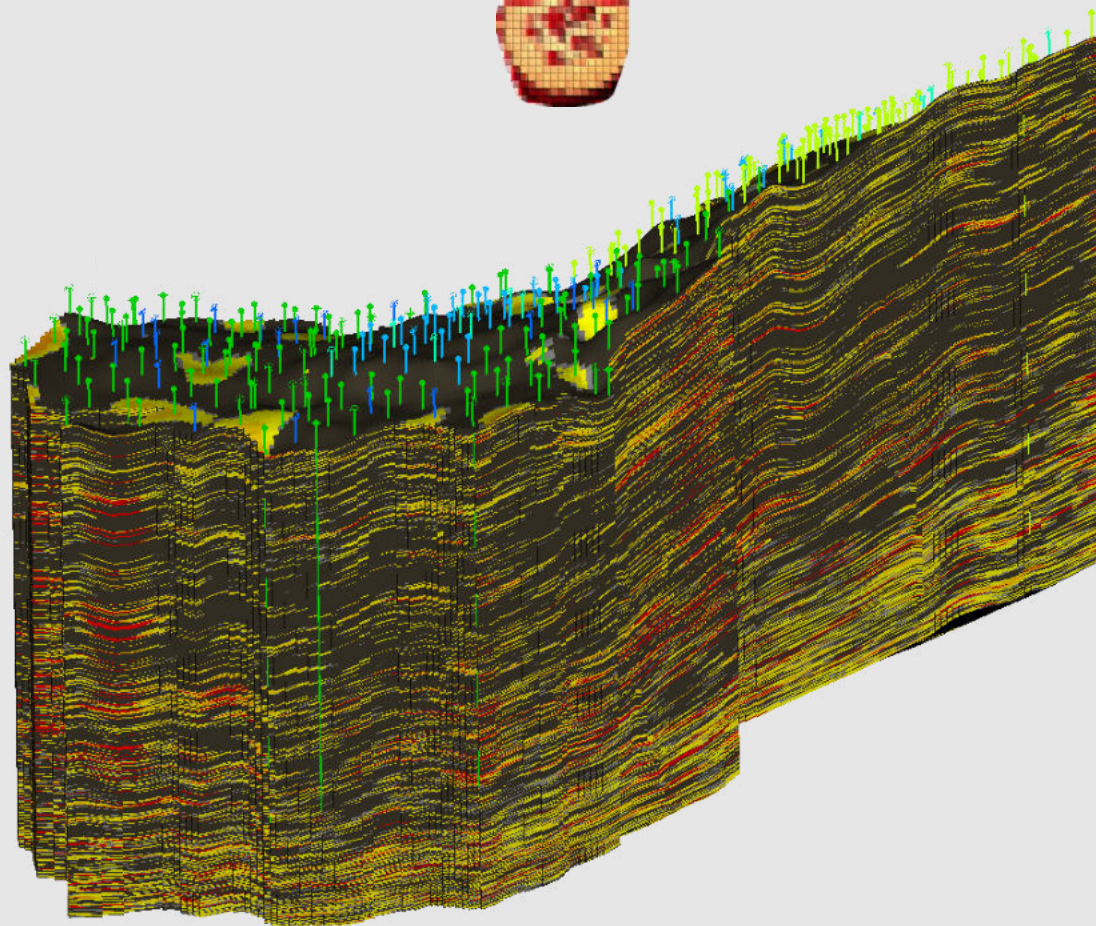
- 3D business case model
- >100 pozos
- (25x25x0,8)m



- 3D sector model
- 18 pozos
- (25x25x0,8)m

- LGR
- 9 pozos
- (5x5x0,8)m

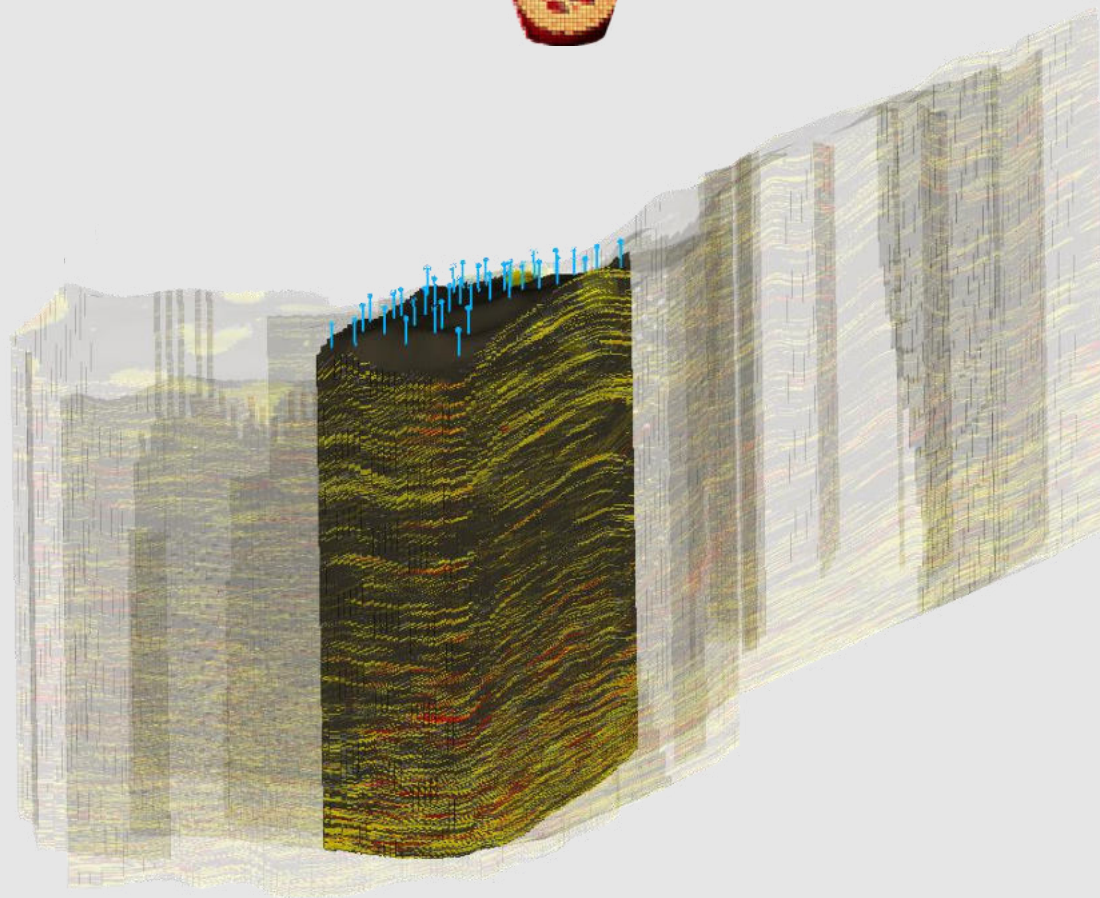
MODELADO



PRIMARIA
~10 km



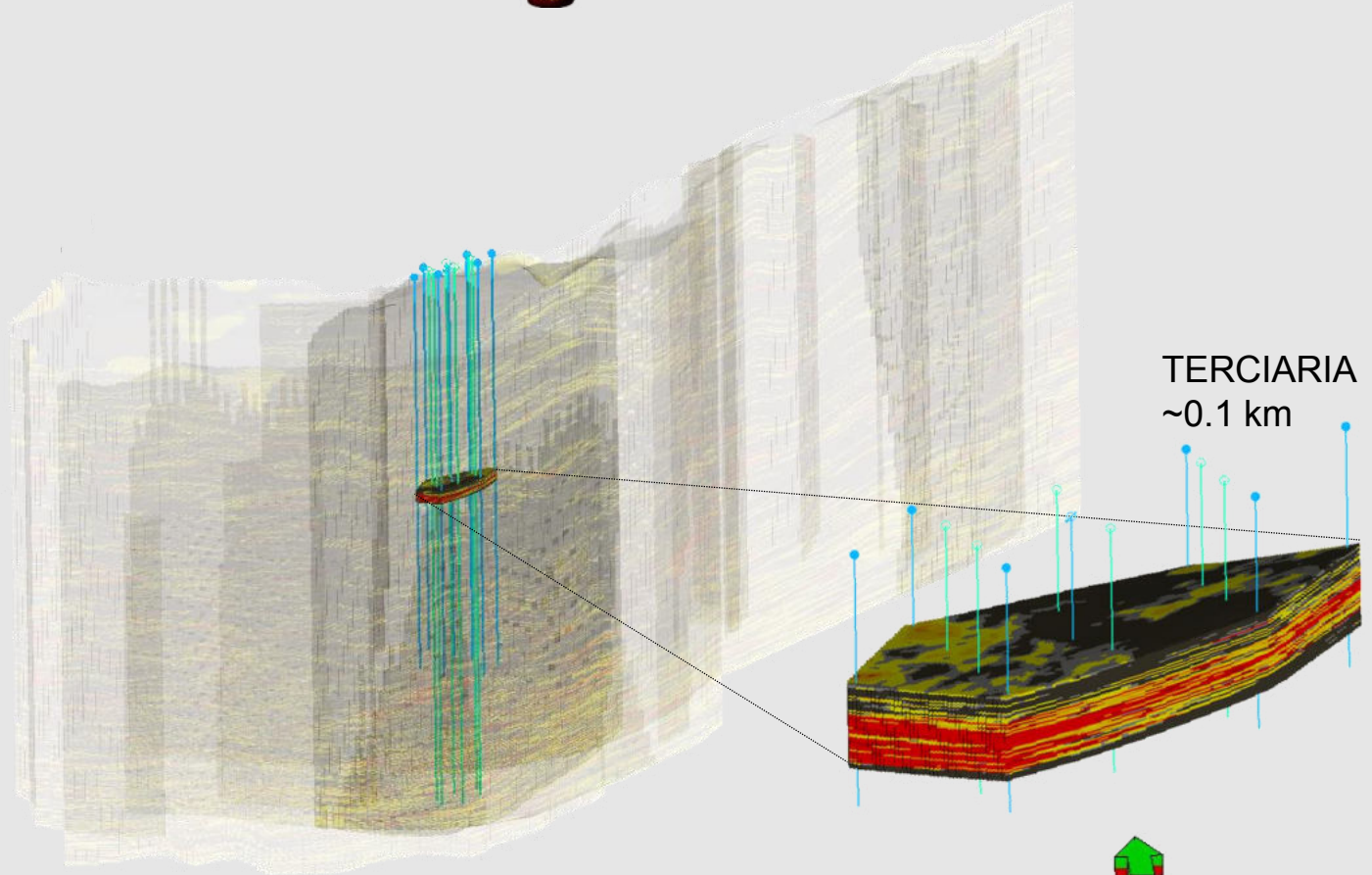
MODELADO



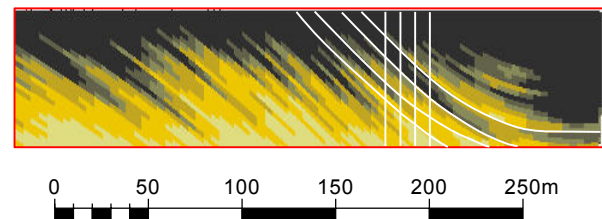
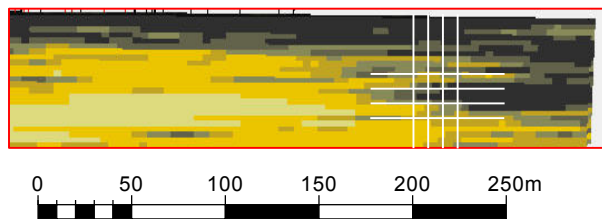
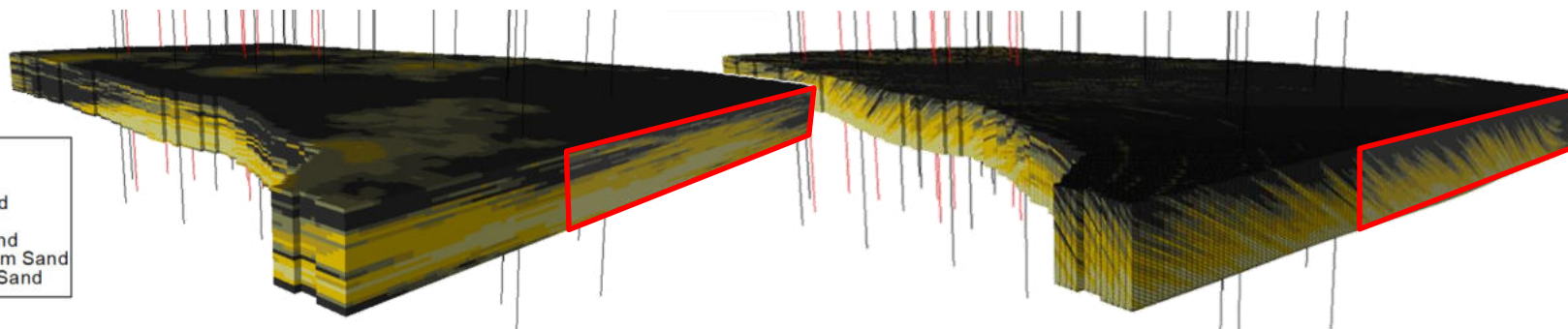
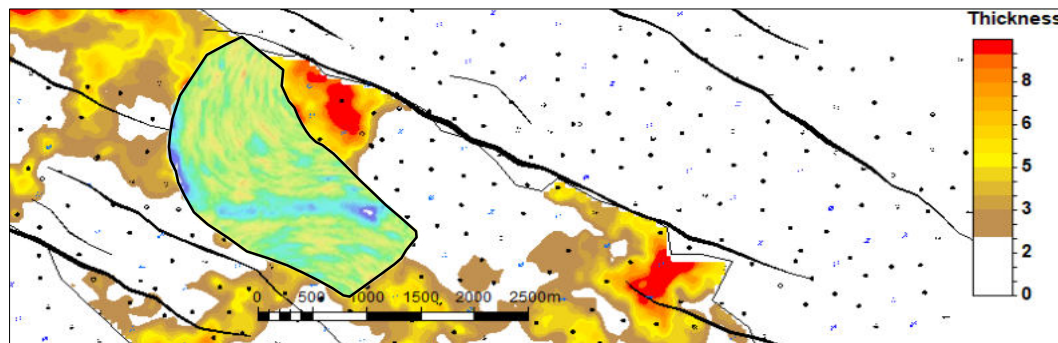
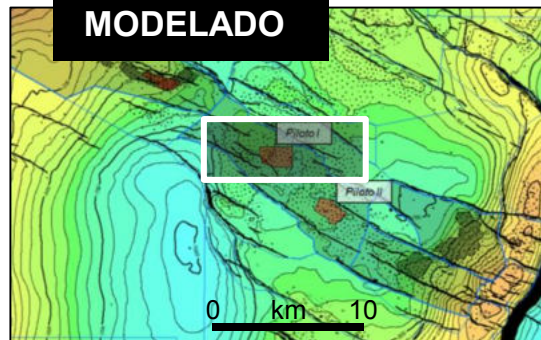
SECUNDARIA
~1 km



MODELADO

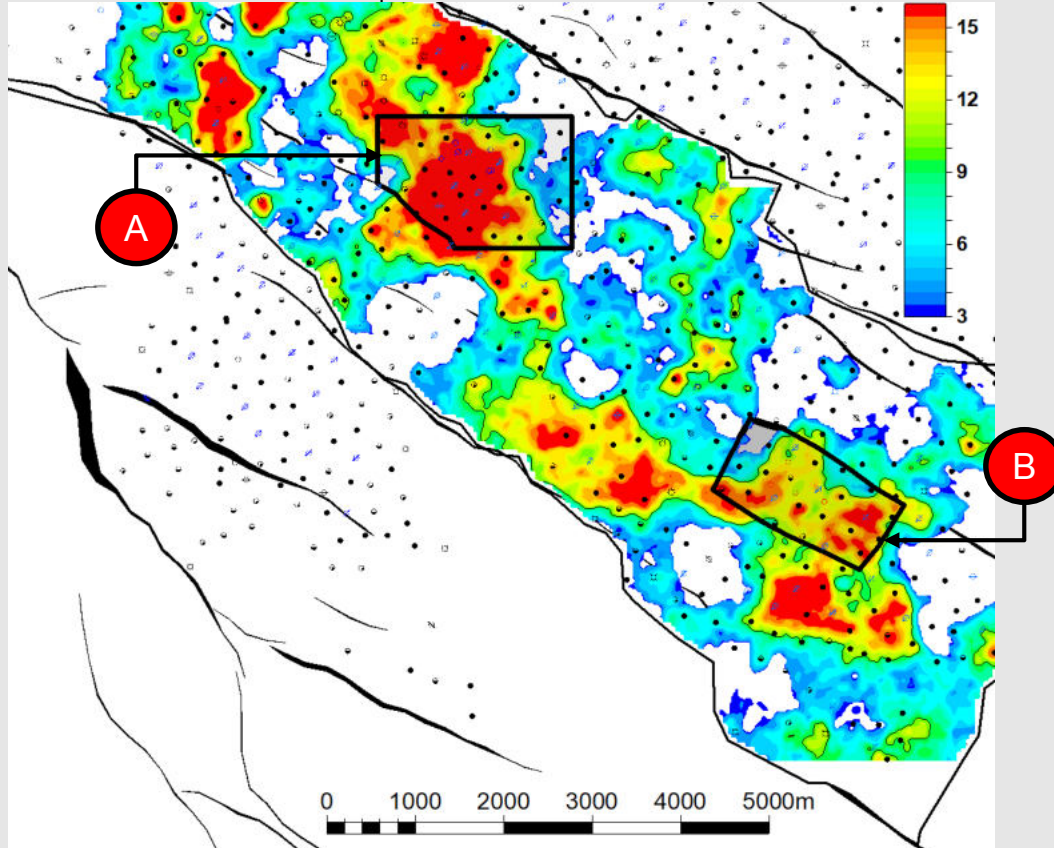


MODELADO



DISEÑO DE PILOTO

Selected reservoirs thickness map



A. Sweet spot

**B. Propiedades medias
(aceleración)**

A probar:

- ☐ Saturación
- ☐ Conectividad
- ☐ Adsorción
- ☐ Degradación
- ☐ Injectividad

- ☐ Caudal
- ☐ Diseño de mallas
- ☐ Espaciamiento
- ☐ Estimulación inyectoras
- ☐ Estimulación productores

Resultados estadísticos
Confinamiento



YPF

TRANSFORMAMOS
VIDAS A TRAVÉS DE LA
ENERGÍA

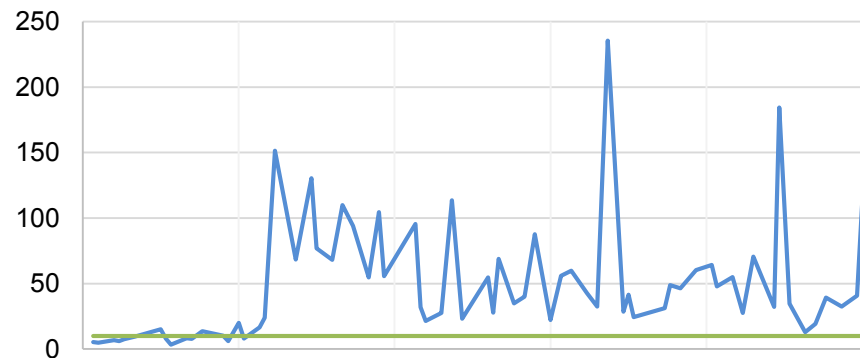
BARRERAS EN LA EJECUCION

BARRERAS EN LA EJECUCION

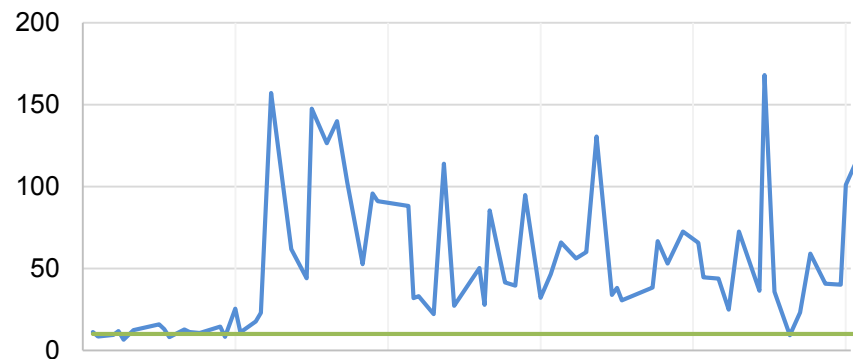
Calidad del agua
Calidad del polímero
Tiempo de respuesta
Mediciones de campo
Optimización productores



HC (ppm)



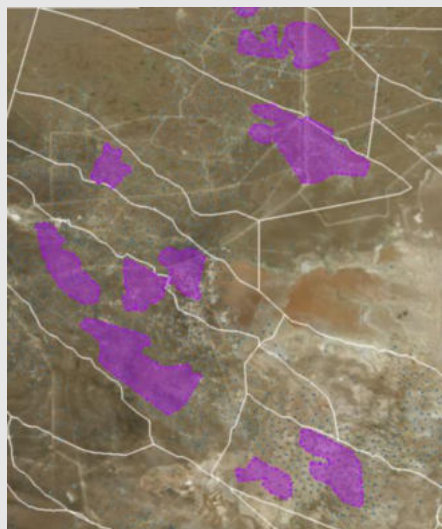
TSS (ppm)



FASES DE PROYECTO

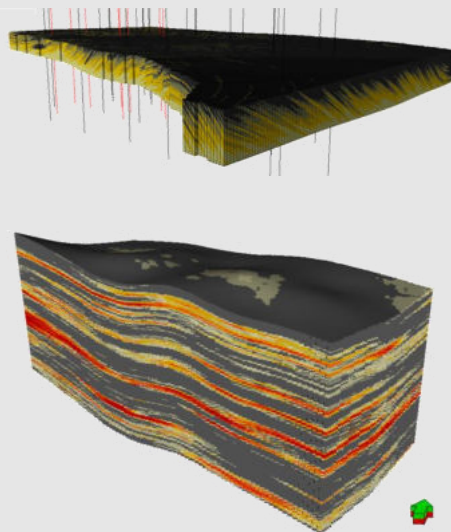
1

Screening
Visualización Negocio



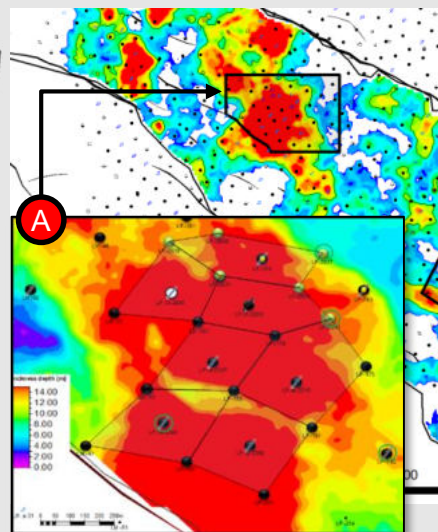
2

Simulación de
detalle
Adquisición de datos



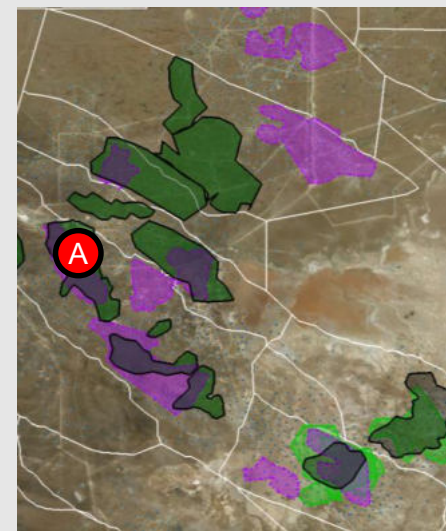
3

Diseño y ejecución
piloto



4

Definición zonas y
desarrollo





YPF

TRANSFORMAMOS
VIDAS A TRAVÉS DE LA
ENERGÍA

EL PRIMER PASO

EL PRIMER PASO

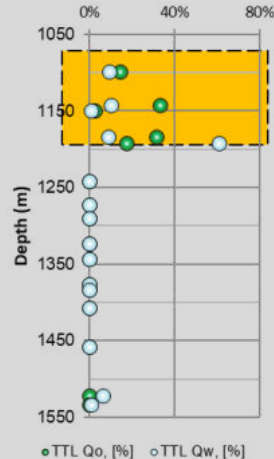
CORONA

- Corte Continuo 72 m (12, 30, 30) m
- Previo corte inyección en la zona 6 meses
- Segmentos elegidos para evitar acuífamientos y pérdidas
- Estudios de laboratorio demora 4-6 meses



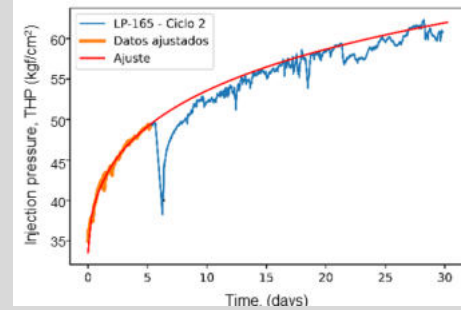
TTL – Perfil de producción

- 3 pozos – zona piloto 1
- Validación jerarquía
- Corroboración aporte producción



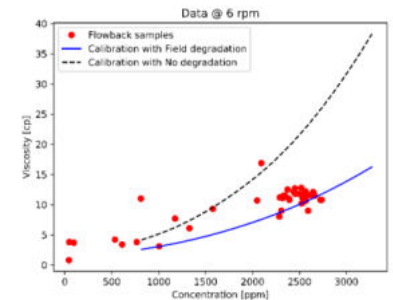
PRUEBA DE INYECTIVIDAD

- 3 pozos – 2 ciclos – 30 días
- Mediciones de laboratorio con agua sintética y real.
- Monitoreo de la calidad de agua de inyección.
- Procedimientos para toma de muestra, medición de viscosidad y la concentración.
- Proyecciones de evolución de presión en el tiempo.



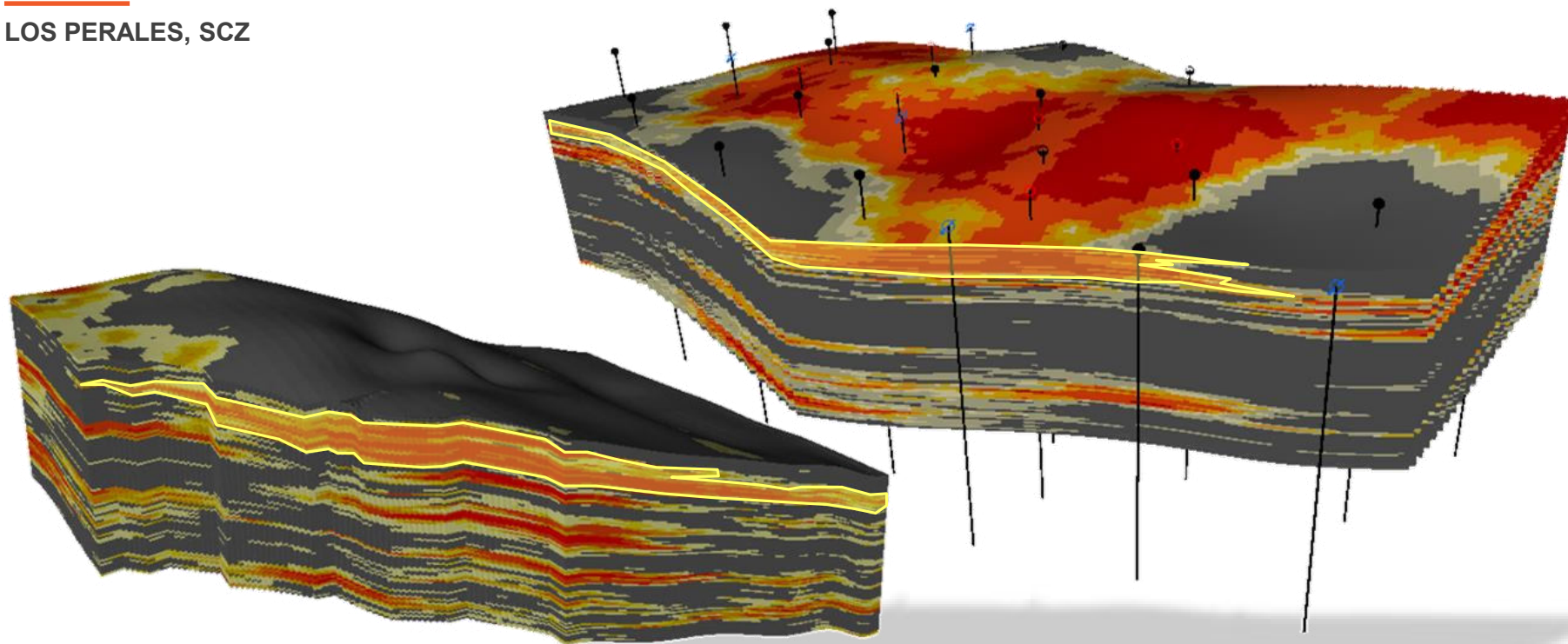
FLOWBACK

- 5 días
- Degradación estimada: $23 \pm 6\%$
- Viscosidad medida in situ a 25°C en condiciones anóxicas.
- Concentración medida en laboratorio



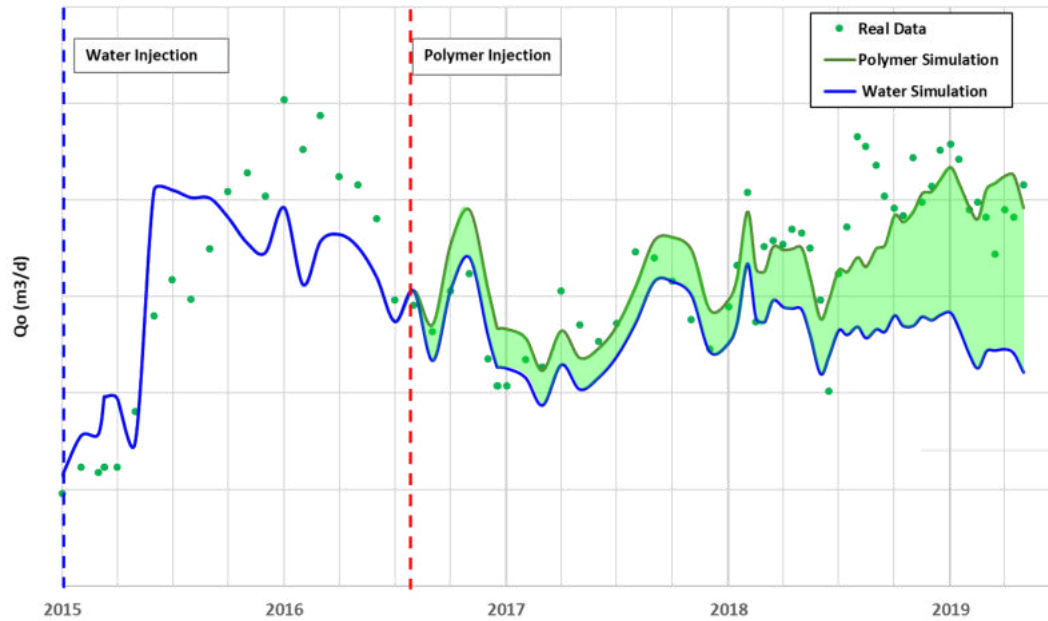
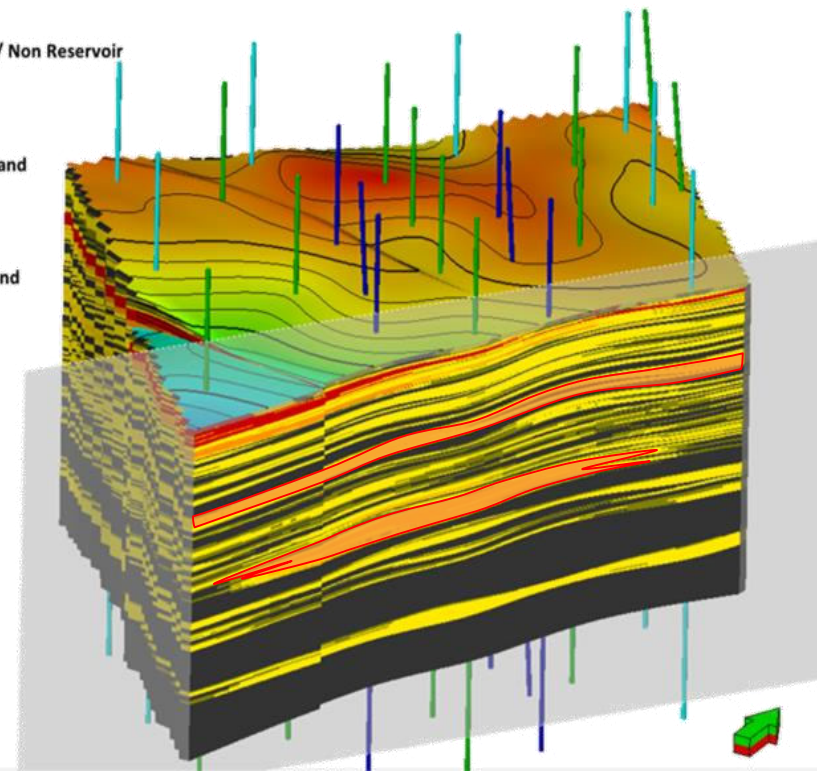
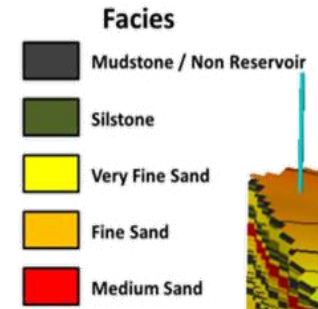
PILOTOS DE CAMPO

LOS PERALES, SCZ



PILOTOS DE CAMPO

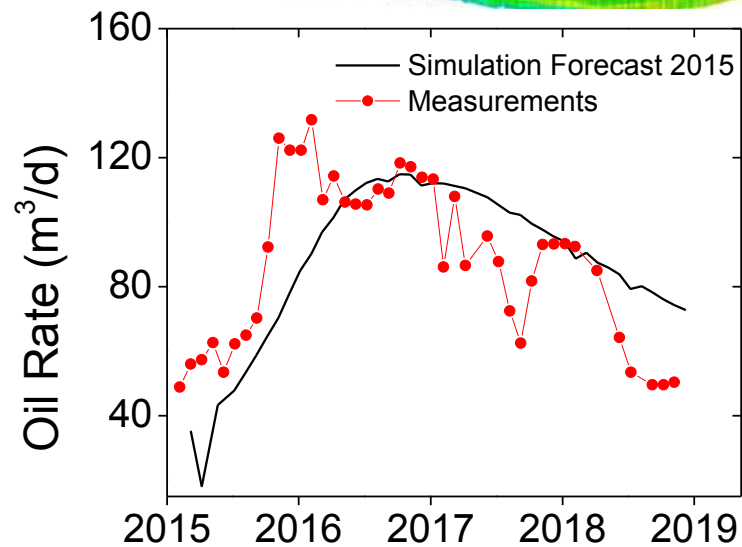
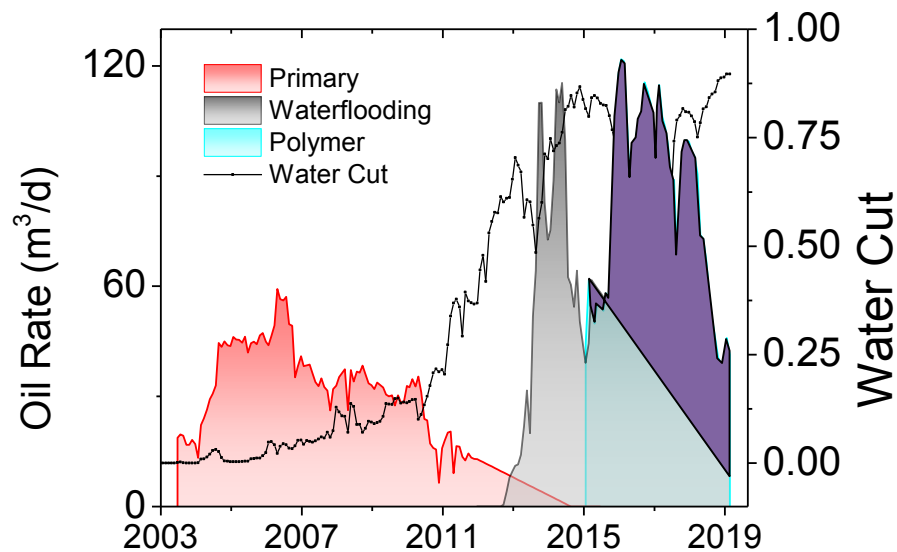
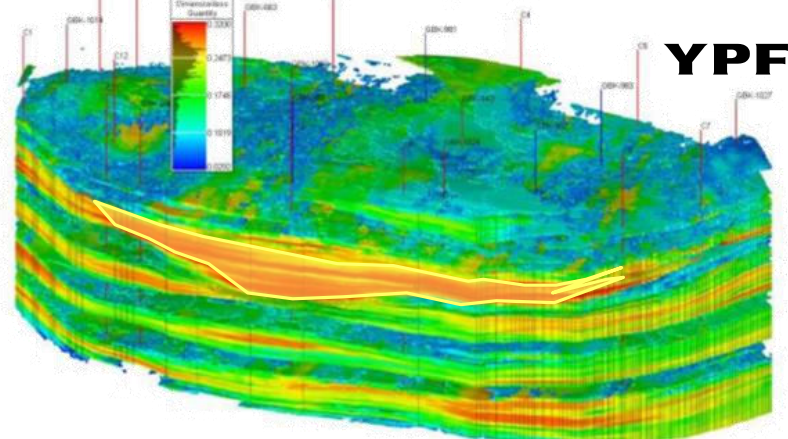
DESFILADERO BAYO, MDZ



Cortesía de Weisman et al.

PILOTOS DE CAMPO

GRIMBEEK, CHU



Cortesía de Juri et al.

PILOTOS DE CAMPO

EL CORCOBO, NQN

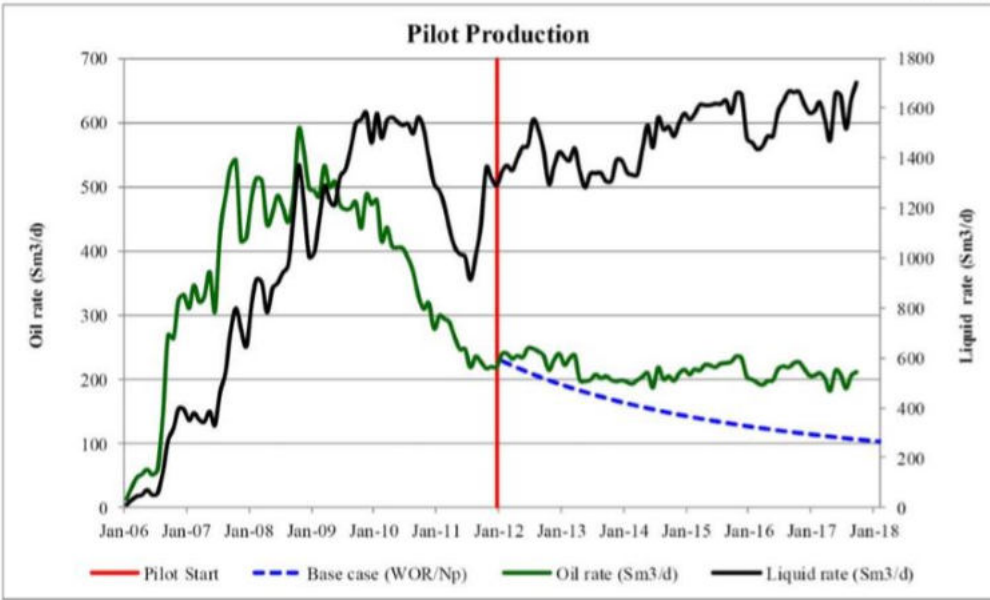


Figure 3—Pilot Production Response

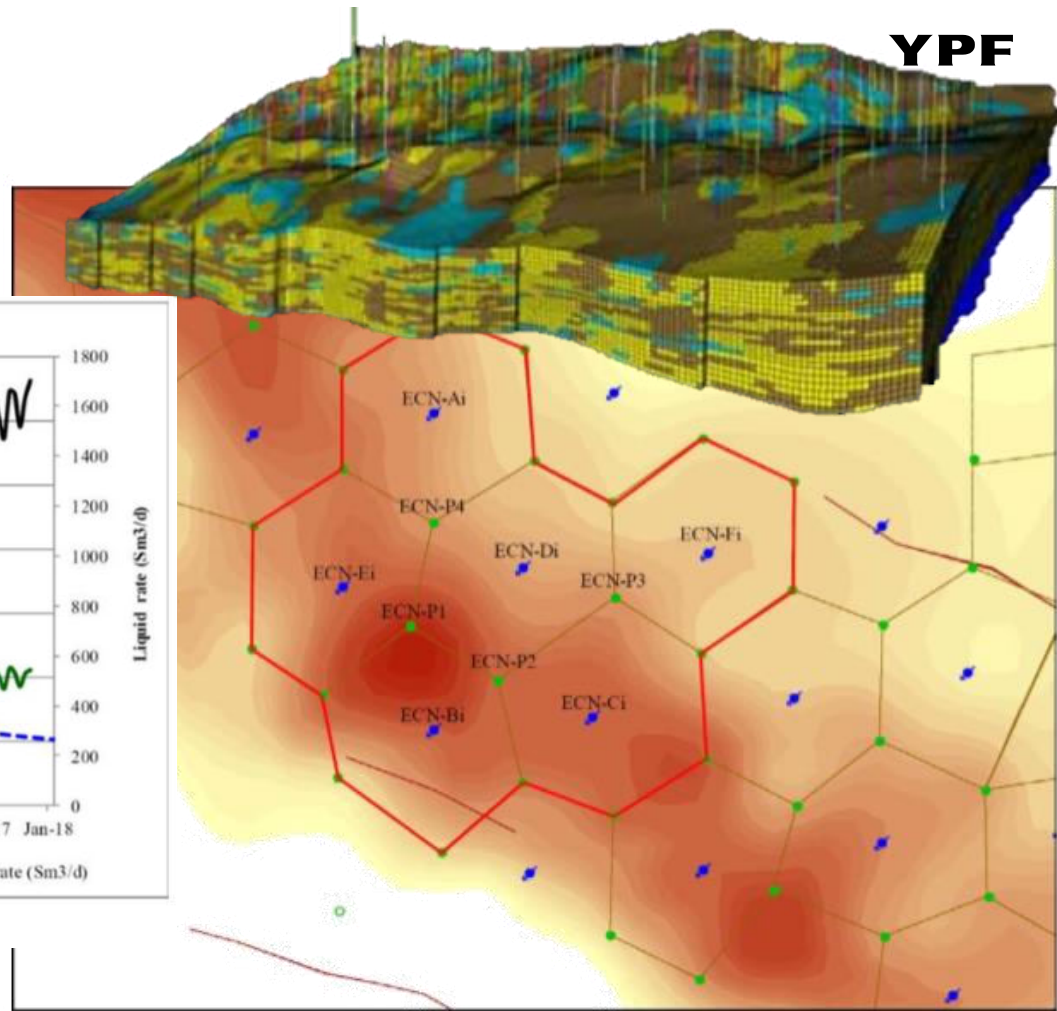


Figure 1—Pilot Zone

Tomado de SPE-190326 Hryc el al.

PILOTOS DE CAMPO

DIADEMA, CHU

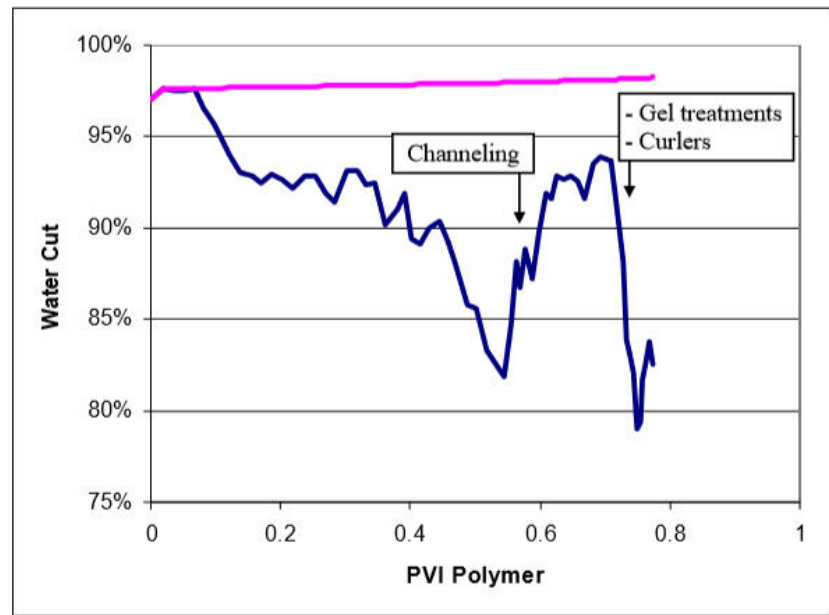


Fig. 5 - Water Cut vs. Polymer PVI, Original Central Wells

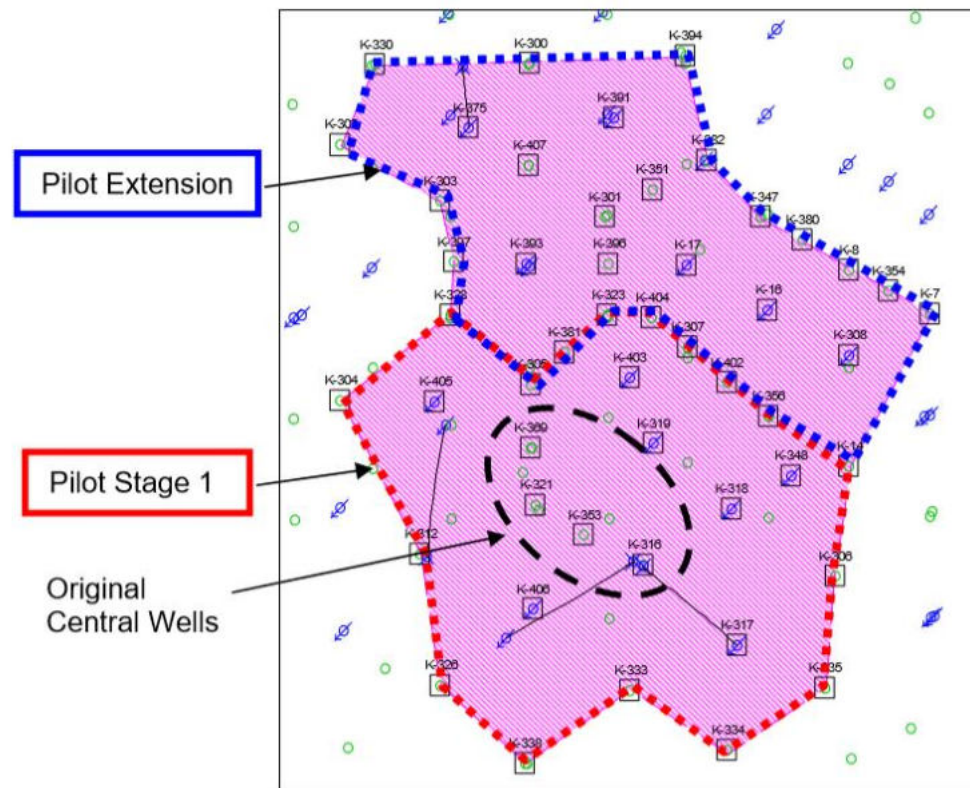


Fig. 1 - Pilot Area Year 2013

Tomado de SPE-166255 Buciak et al.

CONCLUSIONES

TRANSFORMAMOS
VIDAS A TRAVÉS DE LA
ENERGÍA

CONCLUSIONES

1970's

30 cp
petróleo

6x

1990's

200 cp
petróleo

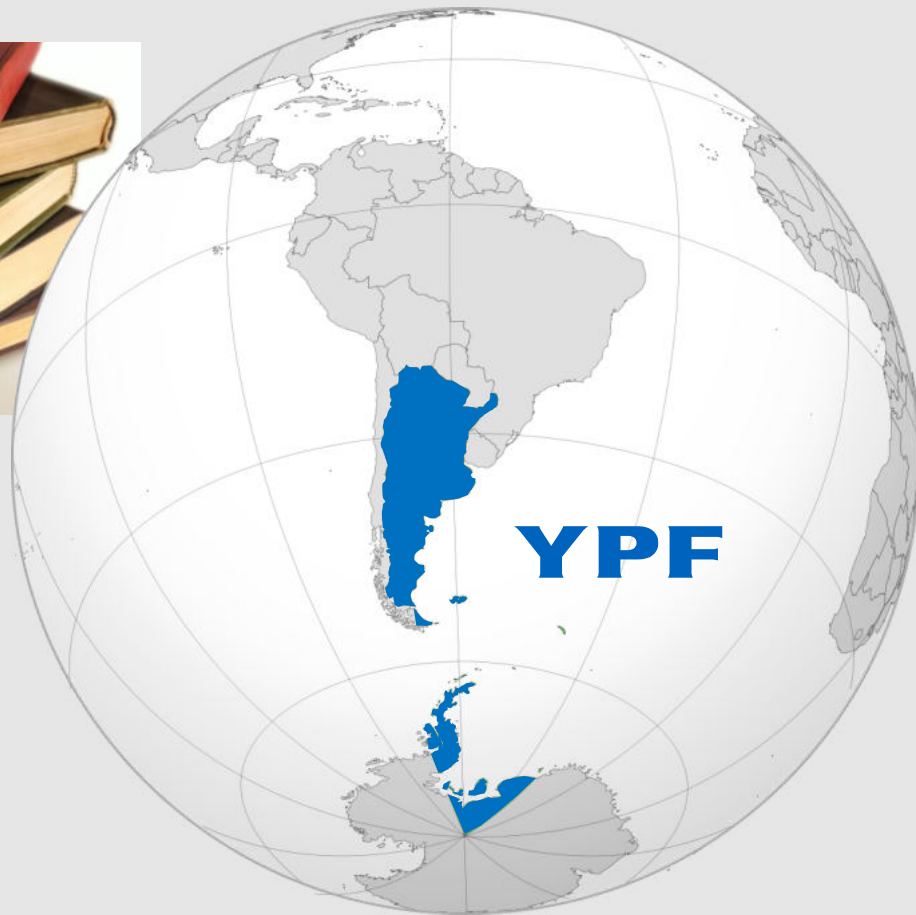
?

0.2 PV
polímero

3x

0.7 PV
polímero

Δ RF: 10-15%
 Δ WCUT: -50%



MUCHAS GRACIAS

AGRADECIMIENTOS

Carlos Glandt, Darío Volzone, Eduardo Fuzul, Guillermo Pedersen, Gustavo Becerra, Ignacio Weisman, Jean Philippe Ursule, Jose Luis Massafferro, Juan Juri, Mercedes Thill, Remi Lehu, Silvana Gandi

REFERENCIAS

Enhanced Oil Recovery, L. Lake, 1989
 Polymer Flooding. In: Chemical Enhanced Oil Recovery – A Practical Review. A. Thomas, 2016
 Key aspects of project design for polymer flooding at the Daqing oil field. Wang, Seright, Shao, 2008
 SPE 144294, Large Scale High Visco-Elastic Fluid Flooding in the Field Achieves High Recoveries. Wang, Wang, Xia, 2011
 SPE 154665, Polymer Flooding in a Large Field in South Oman. Al-saadi, Al-amri, Al Nofi et al. 2012
 SPE 165262, Performance Review of Polymer Flooding in a Major Brown Field in Sultanate of Oman. Thakuria, Amri, Saqri et al. 2013
 SPE 16625, Polymer Flooding Pilot Learning Curve: 5+ Years Experience to Reduce Cost per Incremental Oil Barrel, Buciak, Fondevila, Del Pozo, 2013
 SPE 166256, History Matching of a Successful Polymer Flood Pilot in the Pelican Lake Heavy Oil Field. Delaplace, Delamaide, Roggero, 2013
 SPE 169146, Pilot to full Field Polymer Application in One of the Largest On-Shore Field in India. Prasad, Pandey, Kumar, 2014
 SPE 179543, How Much Polymer Should be Injected During a Polymer Flood? Review of Previous and Current Practices, R. S. Seright, 2017
 SPE 184905, Reservoir Characterization to Assess Large Field Opportunity in Los Perales Field, Golfo San Jorge Basin, Argentina. Perez, Pedersen, Lehu et al. 2017
 SPE 185535, High Resolution Dynamic Modeling to Revitalize a Mature Oil Field in a Low Oil Price Scenario. Perez, Pedersen, Lehu et al. 2017
 SPE 190326, Development of a Field Scale Polymer Project in Argentina, Hryc, Hochenfellner, Ortiz, Freedman, 2018
 SPE 199071, Novel Analytical Approach for Polymer Injectivity Tests In Los Perales Field, Argentina. Cocco, Volzone, Fuzul et al. 2020
 SPE 199147, Combining Data Analysis and Simulation to Design the Largest Polymer Injection Pilot in Argentina. Perez, Pedersen, Cocco, et al. 2020
 SPE 7043, Polymer Flooding Technology: yesterday, Today and Tomorrow. Chang, 1978

MUCHAS GRACIAS