



Metodología de Modelado Numérico Integral para Yacimientos Maduros

Aplicación en un Yacimiento en la Cuenca Oriente, Ecuador.

Matías Podeley, Diego García Acebal, Jean-Pierre Bourge, Matías Hoffmann, Sergio Rios et al.

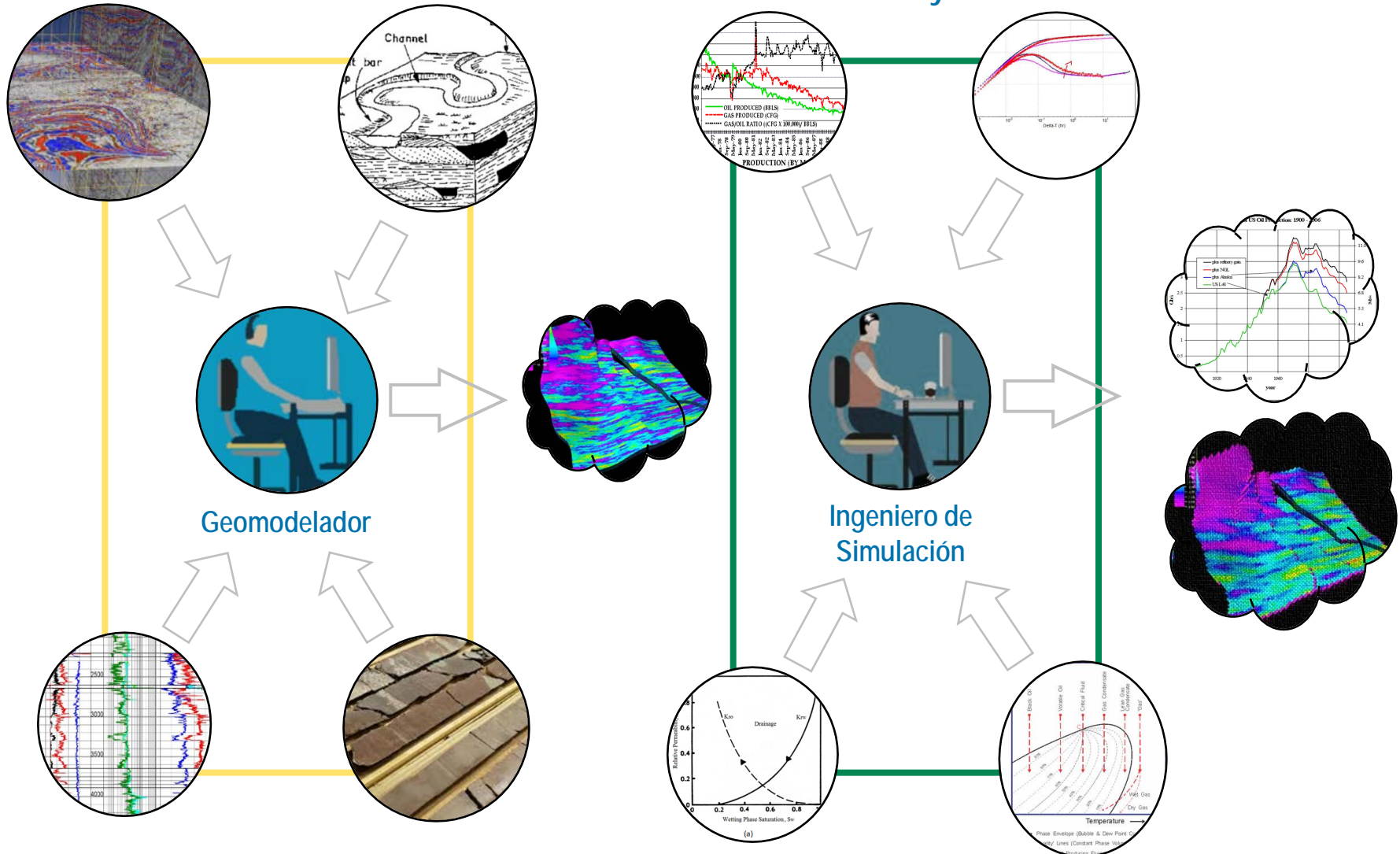
- Flujo de Trabajo de Modelado de Reservorios
- Metodología Propuesta
 - Modelo Simple - Prototipo
 - Modelado de Facies
 - Geoscreening
 - Uso de Rutinas Automatizadas
- Conclusiones

Flujo de Trabajo de Modelado de Reservorios



1) Modelado Estático

2) Modelado Dinámico / History Match



Flujo de Trabajo de Modelado de Reservorios



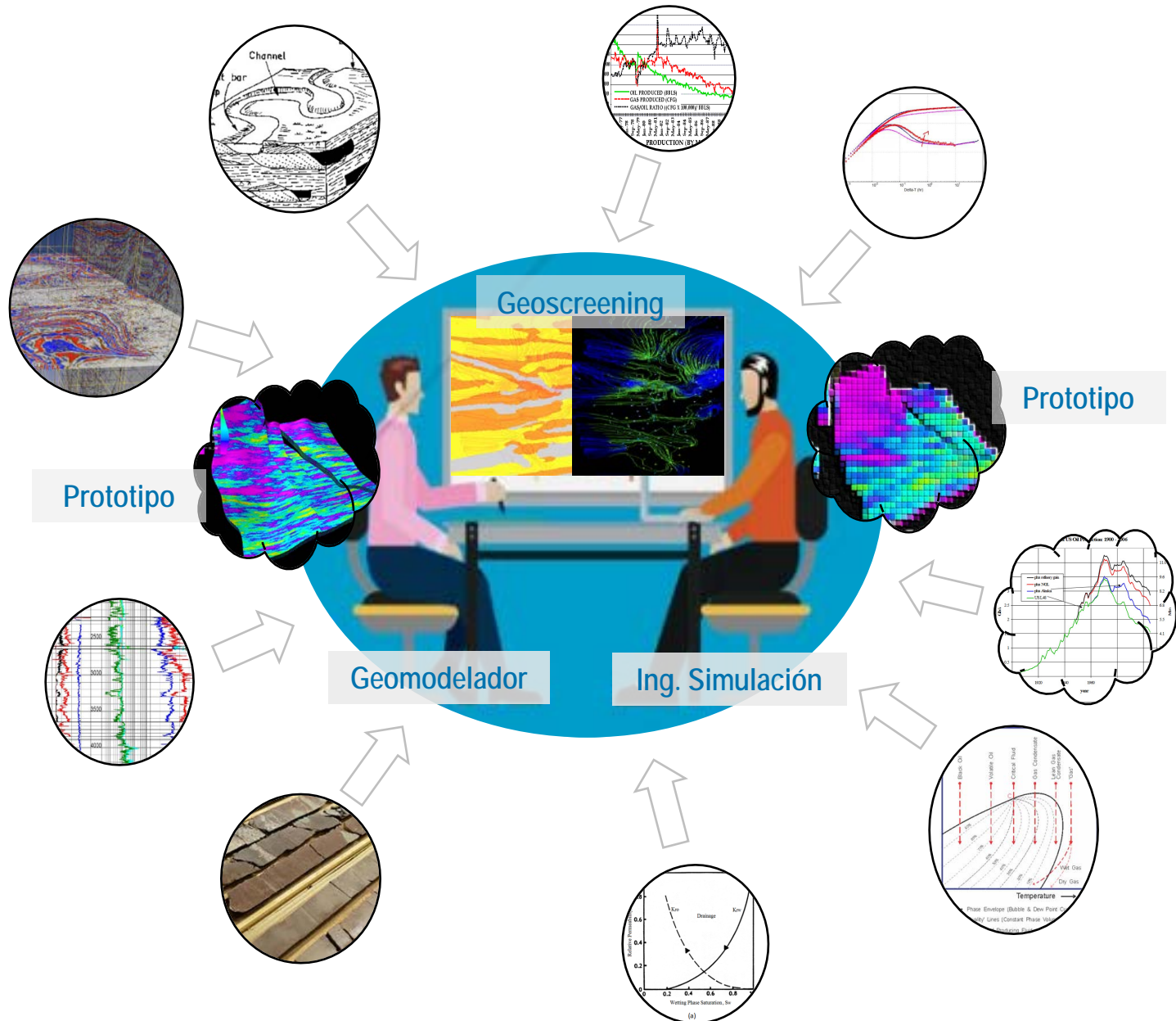
Modelo Geomodelador



Modelo Ingeniero
Simulación



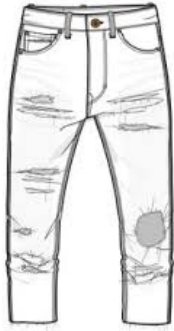
Flujo de Trabajo de Modelado de Reservorios



Flujo de Trabajo de Modelado de Reservorios



Prototipos



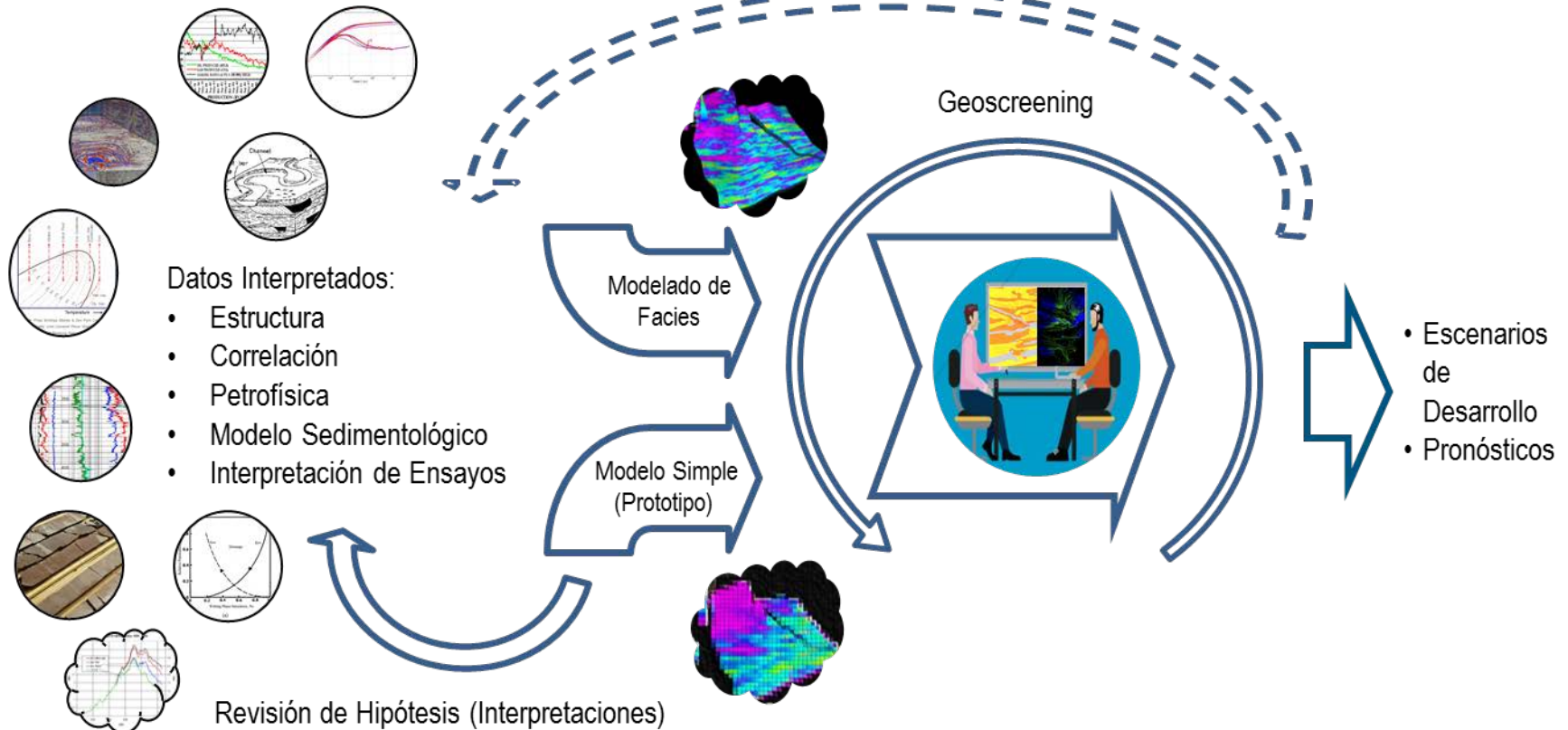
Modelo Compartido



Metodología Propuesta



Revisión de Hipótesis (Interpretaciones)

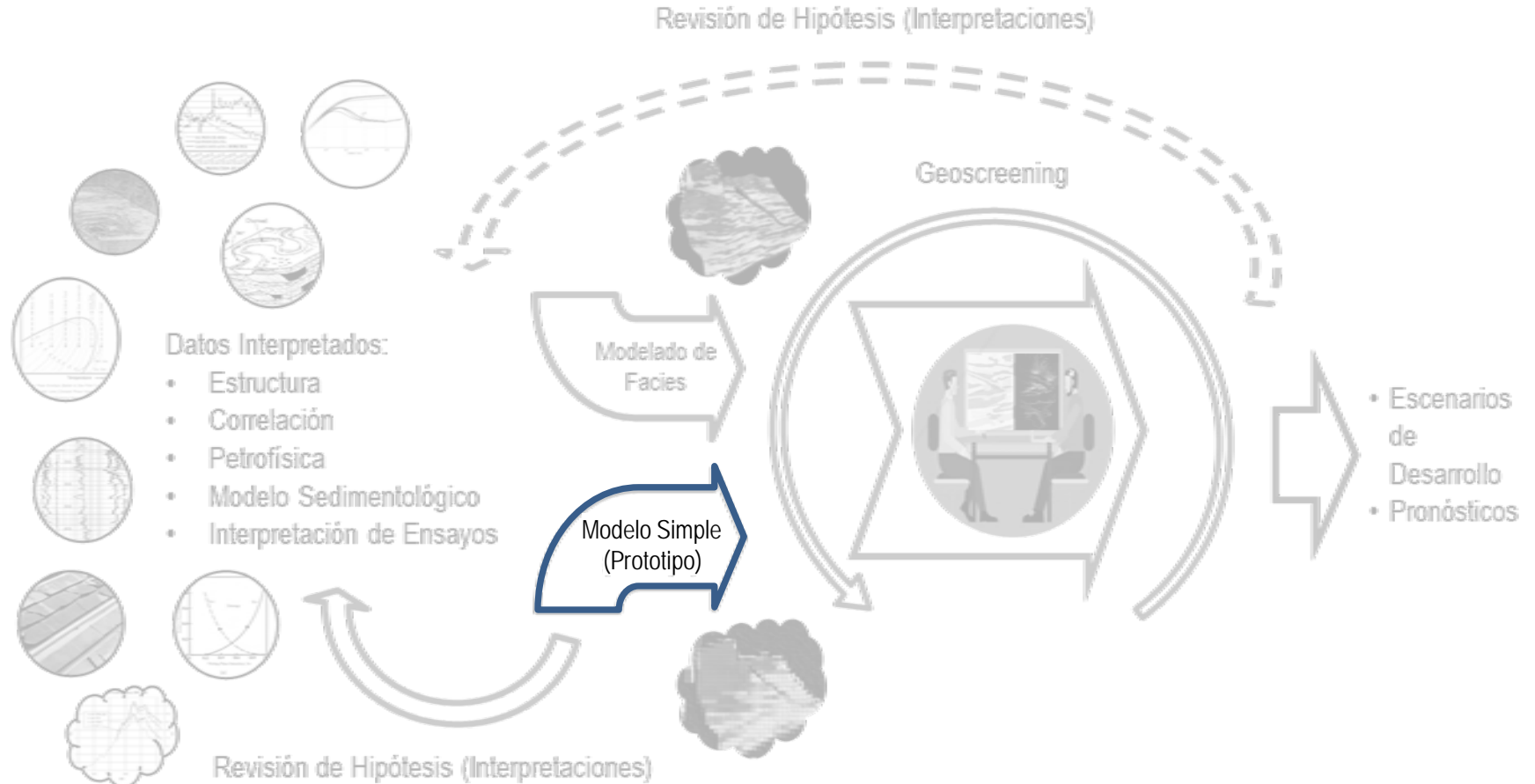




Desafíos

- Incorporar la información dinámica desde una etapa temprana.
- Encontrar un lenguaje común entre Ing. de Simulación y Geomodelador.
- Rehacer vs Emparchar:
Potencialmente Lento.

Modelo Simple (Prototipo)



Modelo Simple (Prototipo)



Con pocos datos de entrada:

+ Mapas Estructurales

+ PHIE Interpretado

+ No se usa Modelado de Facies

+ K a partir de correlación $K = f(\text{PHIE})$

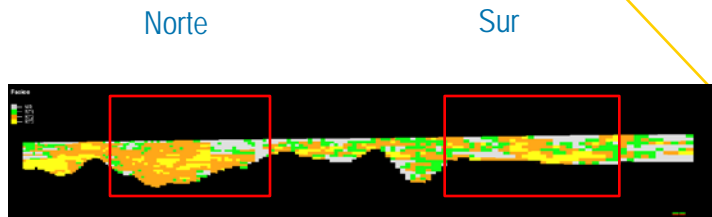
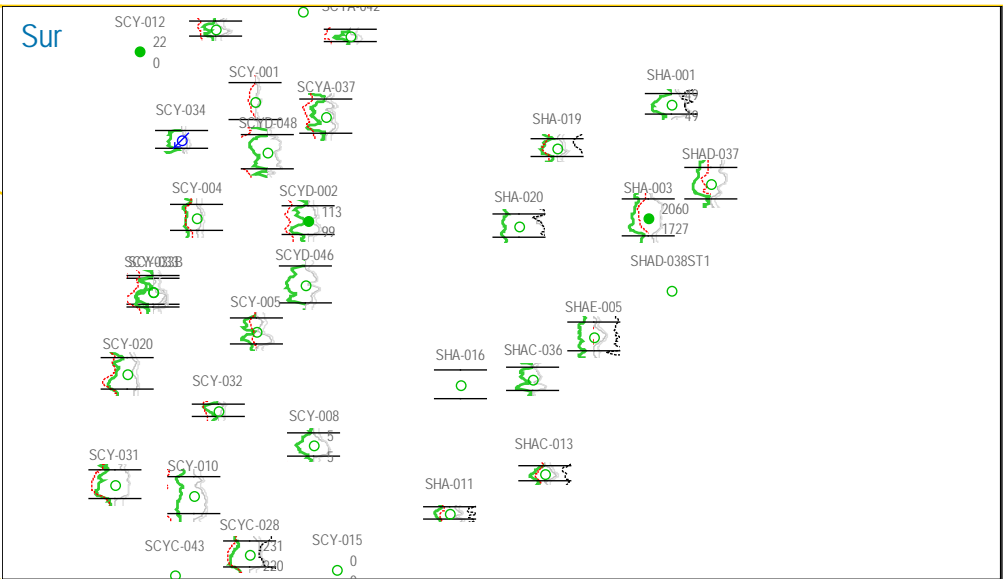
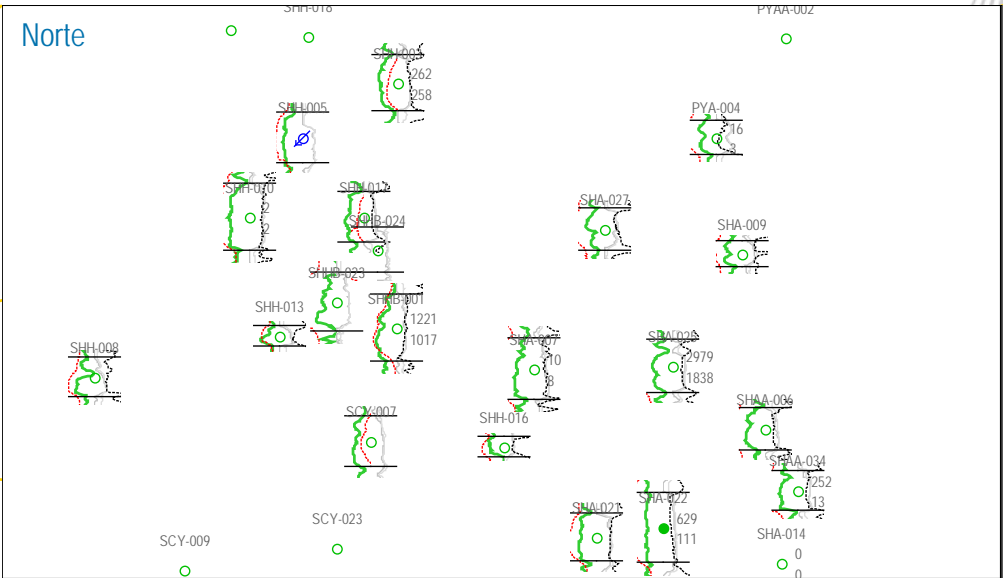
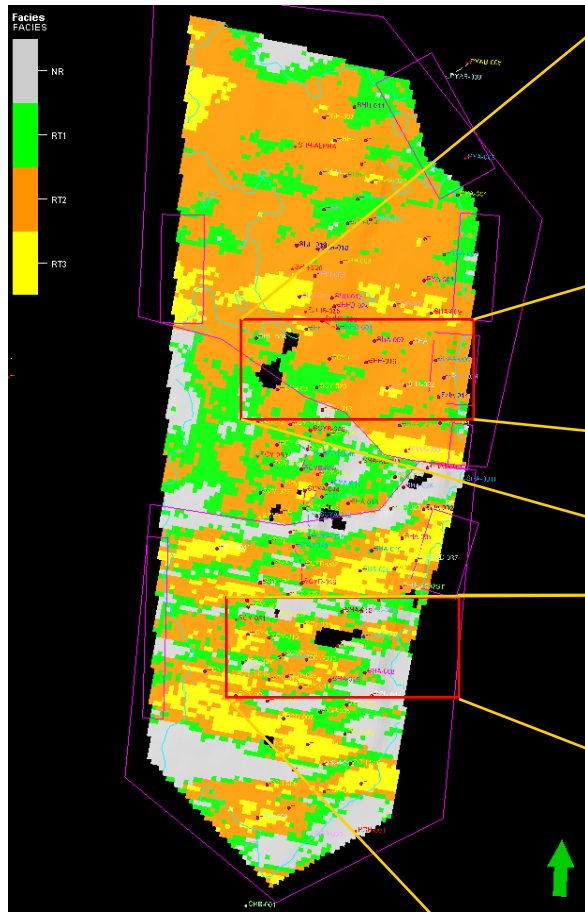
+ Swirr a partir de correlación $\text{Swirr} = f(\text{PHIE}, K)$

+ Capilares y relativas ajustadas con J-Leverett y end-point scaling

+ Poblado de propiedades de la grilla utilizando Kriging por zonas

Permite incorporar conceptos dinámicos para generar el modelo estático detallado.

Modelo Simple (Prototipo)



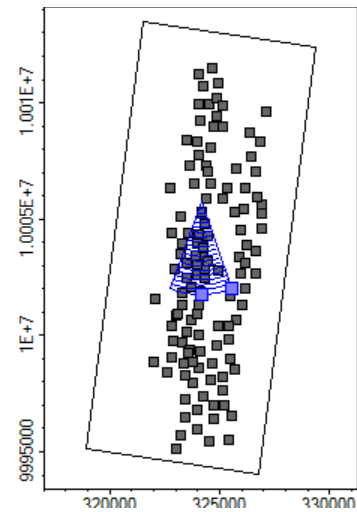
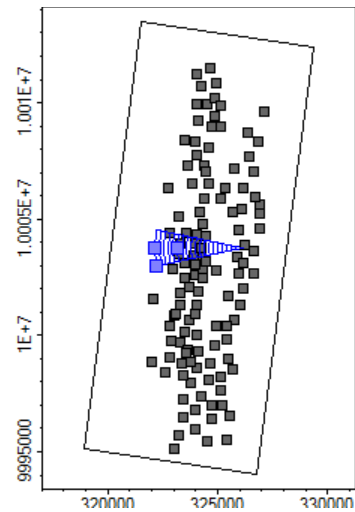
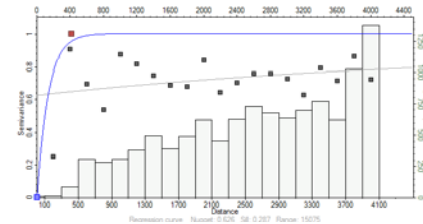
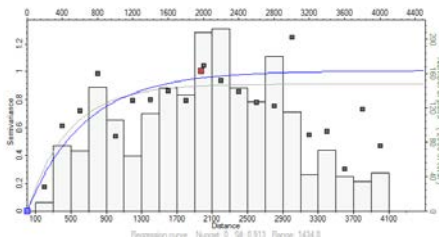
Modelo Simple (Prototipo)



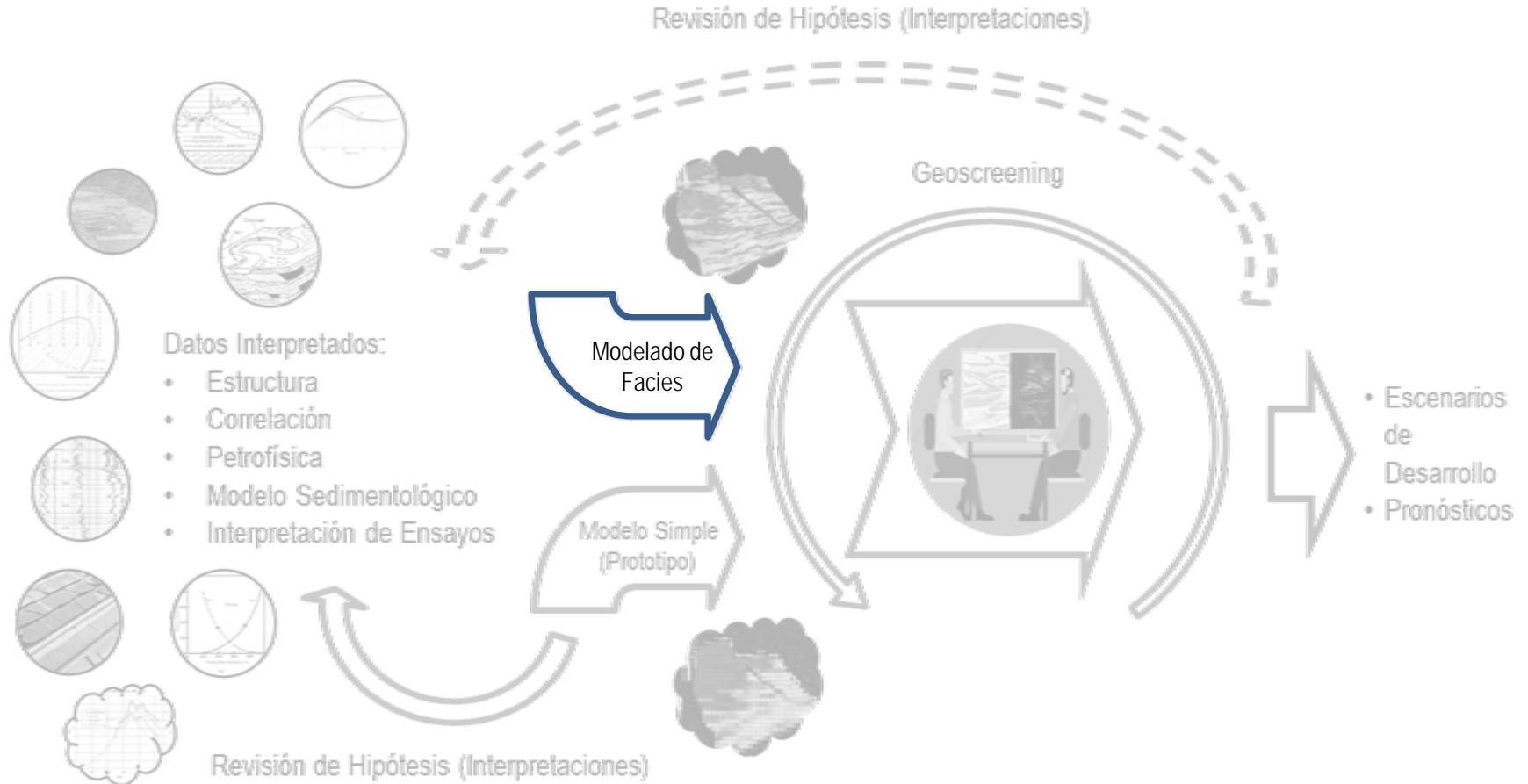
Limitaciones: sólo permite realizar un ajuste global.

+ Interpolarse propiedades con Kriging solo permite un limitado control sobre arquitectura de reservorio.

+ Es difícil hacer ajustes locales en las propiedades del reservorio.



Modelado de Facies



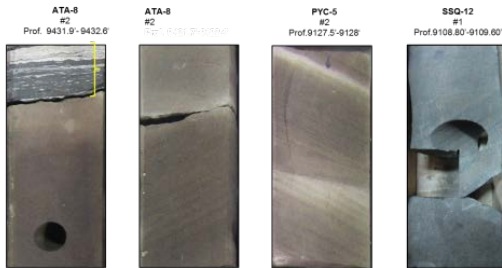
Modelado de Facies – Estudio Sedimentológico



Objetivo: Generar un esquema de facies y determinar el ambiente de sedimentación de los reservorios a modelar.

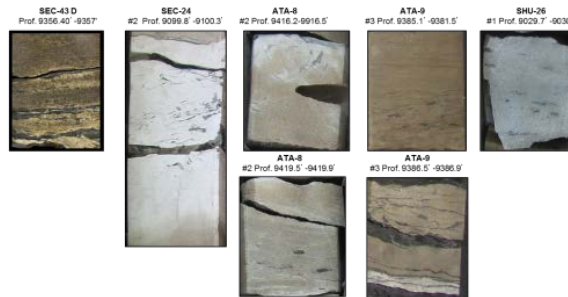
- > 330 m de coronas (38 coronas en 28 pozos).
- En base a: litología, composición mineral, contactos, estratificación, granulometría, etc. se definieron 15 facies sedimentarias, que de acuerdo al arreglo/relación vertical se agruparon en 6 asociaciones de facies (AF).

AC-2 Capas de areniscas con estratificación cruzada de mediana a gran escala intercaladas con niveles carbonosos y heterolíticos.



Cuerpos arenosos proximales modificados por mareas.

A/P Capas de areniscas "Z" en ocasiones con clastos pelíticos y gránulo, con estratificación de pequeña escala, intercaladas con pelitas.



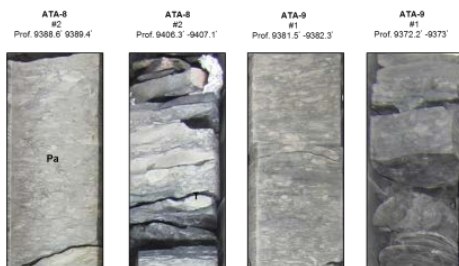
Sedimentación episódica. Cuerpos arenosos distales modificados por mareas.

AB Areniscas Bioturbadas



Depósitos silicoclásticos de moderada energía, marino somero.

P/A bi Niveles heterolíticos bioturbados: *Teichichnus*, *Planolites*, *Thalassinoides*



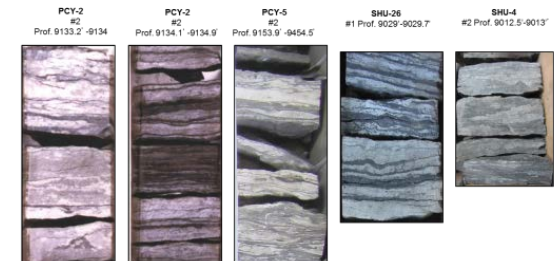
Abandono del sistema proximal/inundación.

P Pelitas negras masivas (con starved megaripples) y grietas de sinéresis



Decantación rápida en condiciones restringidas por variable salinidad, y/o turbidez.

P/A Intercalaciones de pelitas y areniscas finas (con coarctación)



Ritmitas con acción de mareas.

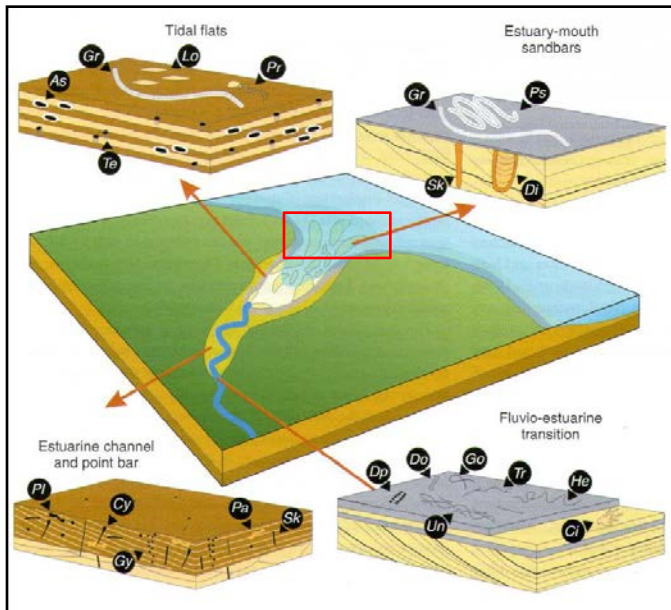
Modelado de Facies – Estudio Sedimentológico

Se reconocieron dos sistemas:

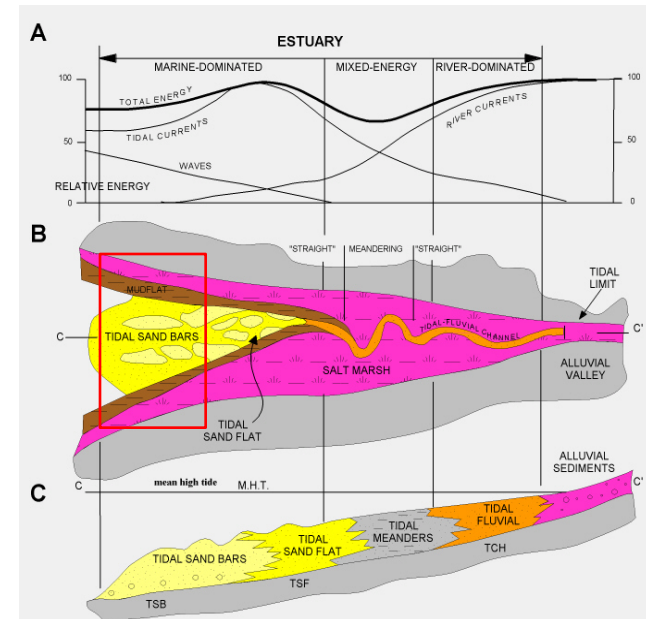
1) Un sistema inferior DOMINADO POR MAREAS, en el que se desarrollan cuerpos arenosos de moderada energía, submareales someros, construidos por mareas.

2) Un sistema superior DOMINADO POR OLAS (marino abierto).

- La combinación de estos dos sistemas permite definir el ambiente de depositación de las areniscas T, U y Basal Tena como un estuario dominado por mareas.

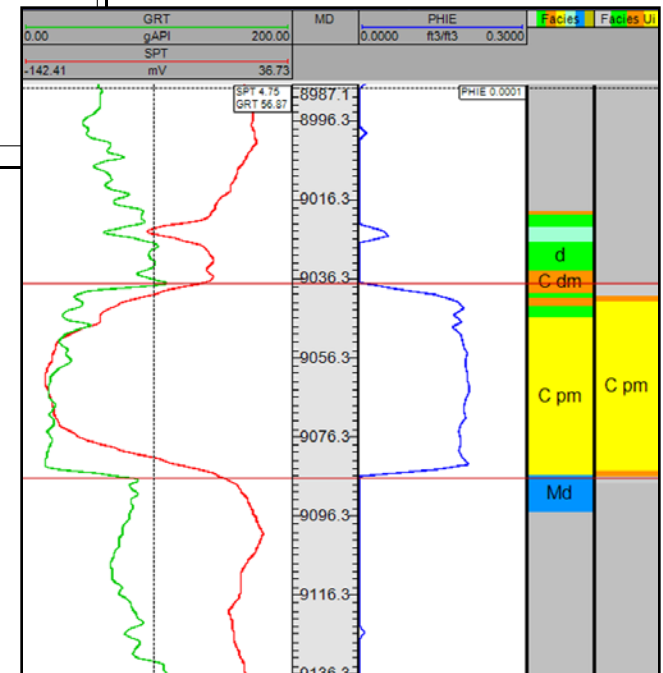
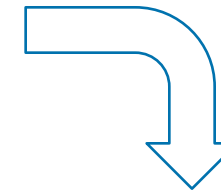
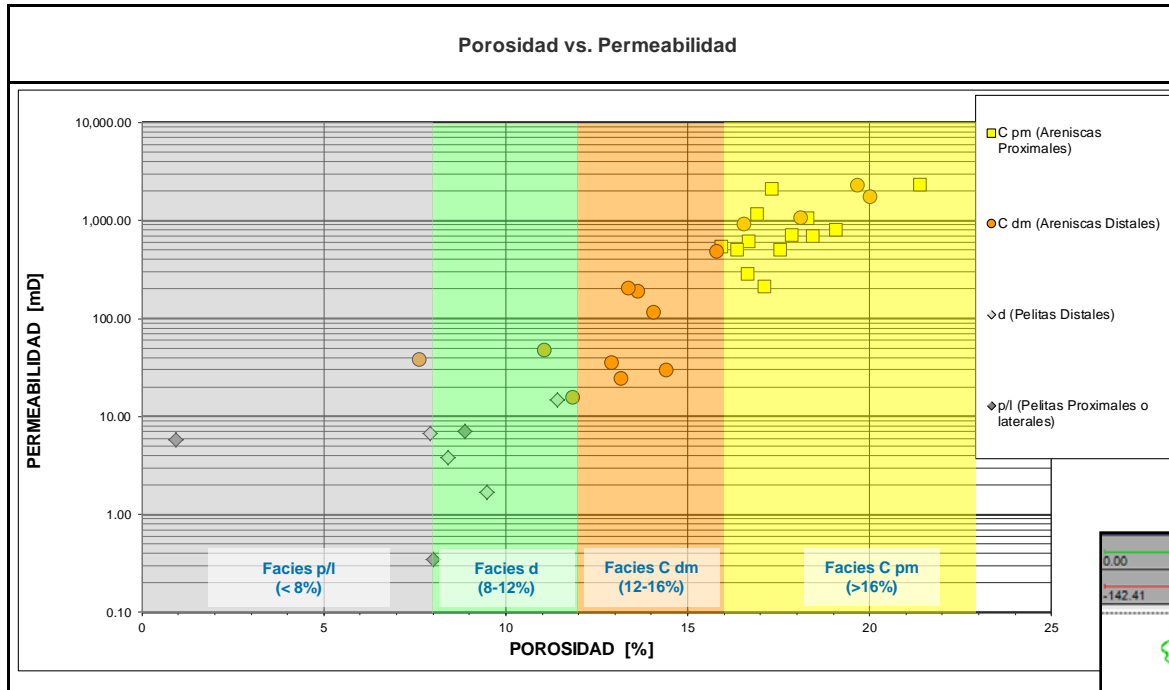


Buatois y Mángano (2011)

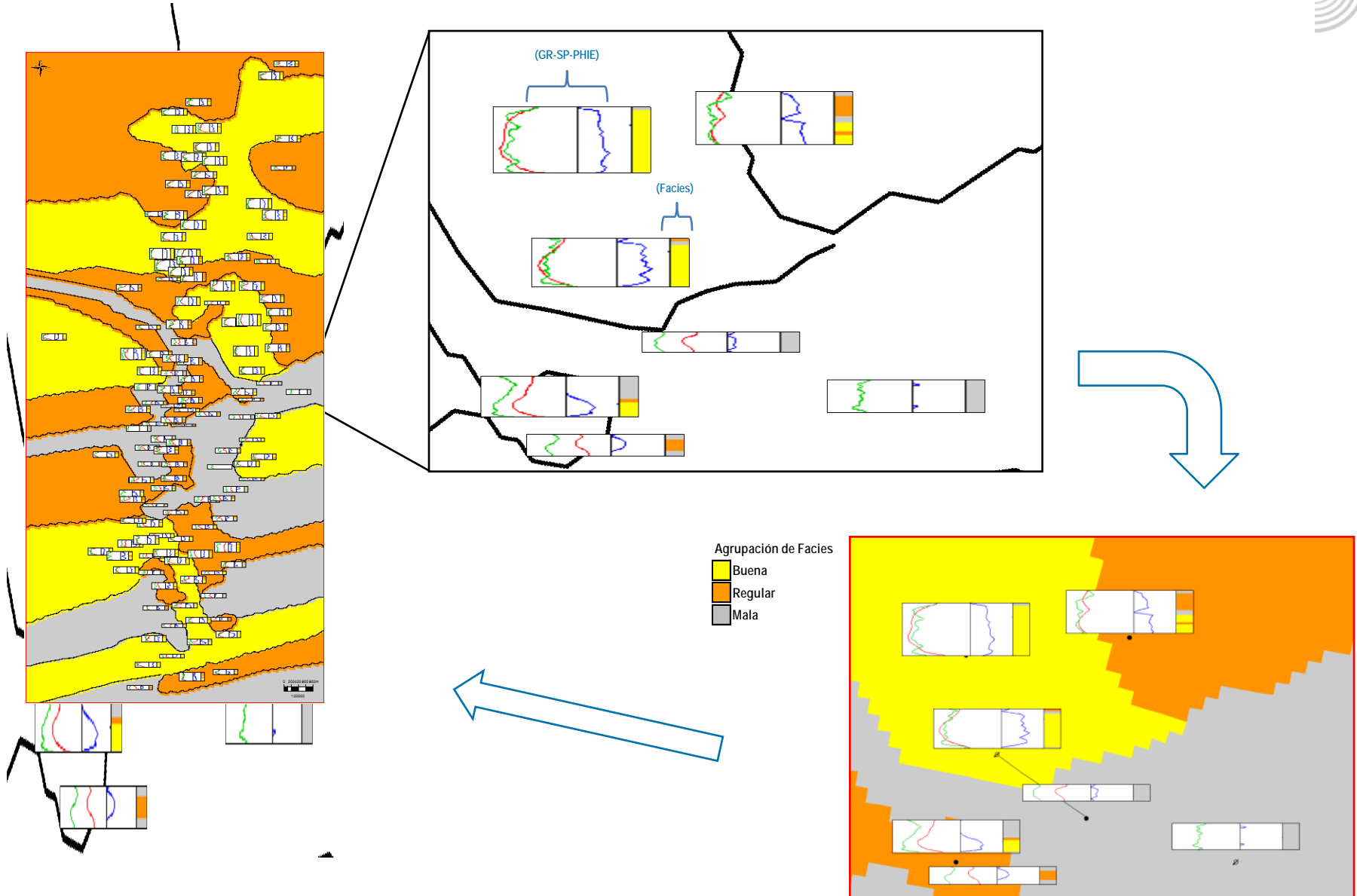


Modificado de: R. Dalrymple, B. Zaitlin, and R. Boyd, 1992.

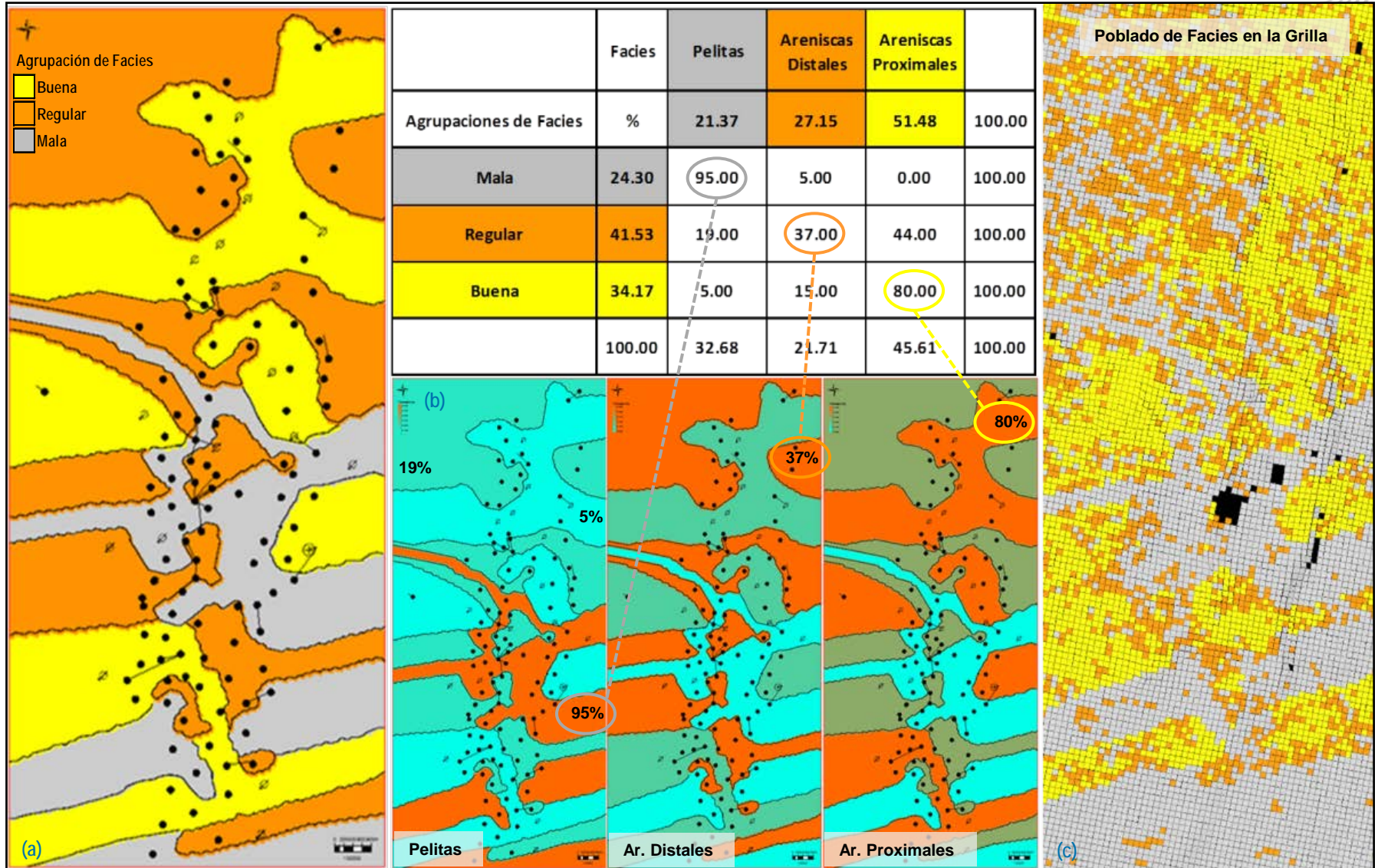
Modelado de Facies – Relación Poro-Perm vs Facies



Modelado de Facies – Mapa de Agrupaciones de Facies

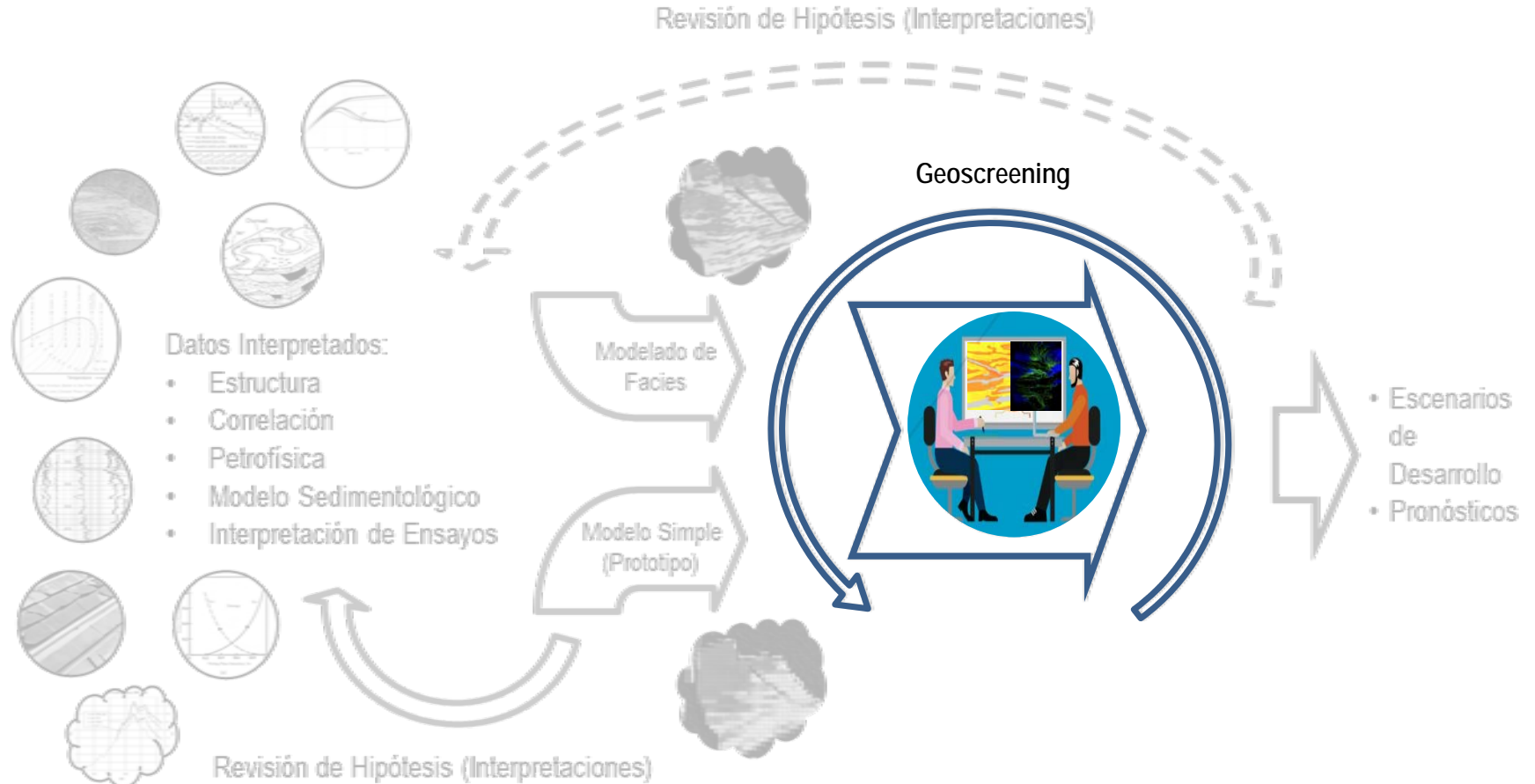


Modelado de Facies – Mapa de Agrupaciones de Facies



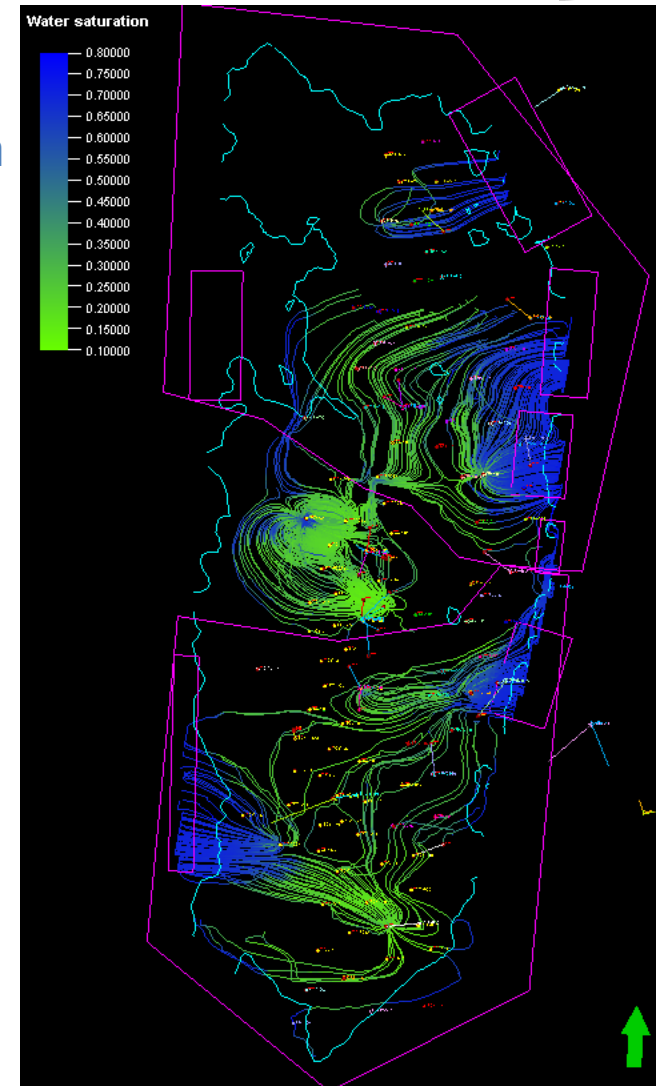
a) Mapas de Agrupaciones de Facies. b) Mapas de Probabilidad de ocurrencia de Facies c) Poblado de facies en la grilla.

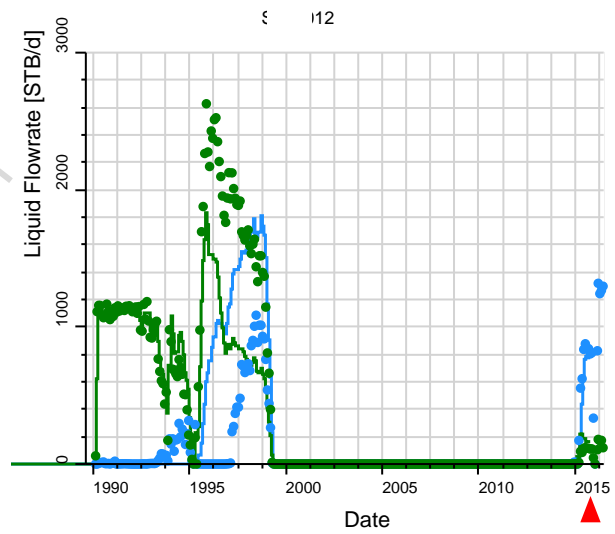
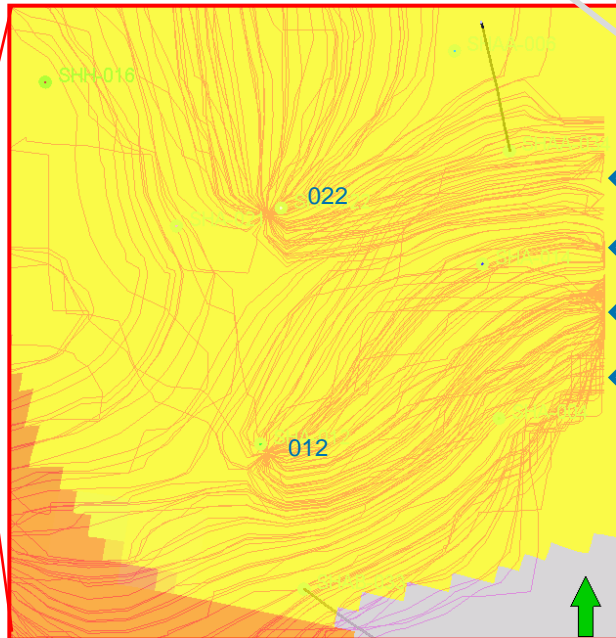
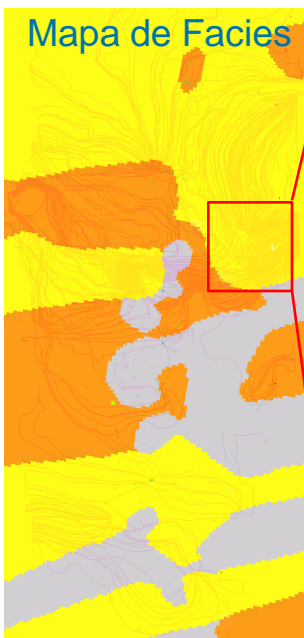
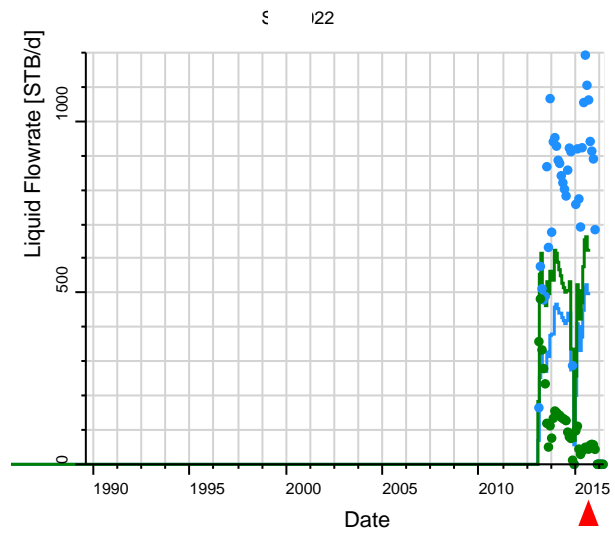
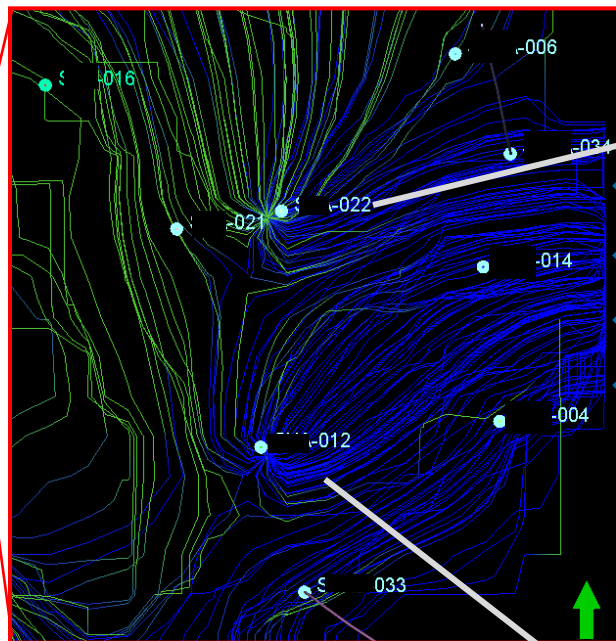
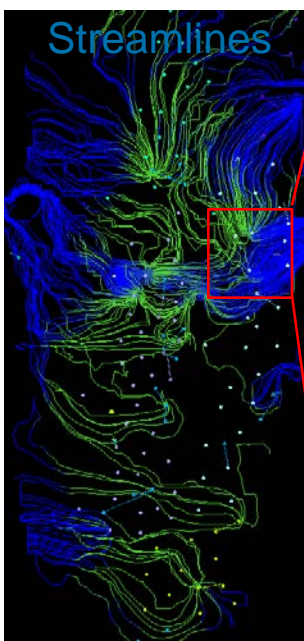
Geoscreening



Geoscreening - Streamlines

- El simulador reporta vectores de flujo entre celdas de la grilla 3D.
- Líneas de Flujo (o Streamlines) son la familia de curvas que son tangentes a los vectores de caudal entre las celdas.
- Muestran la dirección en la que el fluido viaja en cada momento.
- Son útiles para visualizar fenómenos de desplazamiento de fluidos, zonas de drenaje y CONECTIVIDAD DEL RESERVORIO.
- Todas las Streamlines tienen el mismo caudal → a mayor densidad de líneas mayor caudal en la zona.
- El color de las líneas de flujo puede representar distintas variables (por ejemplo S_w).



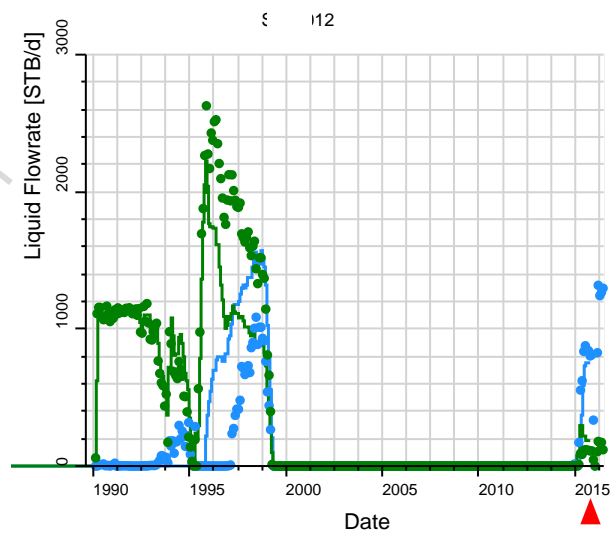
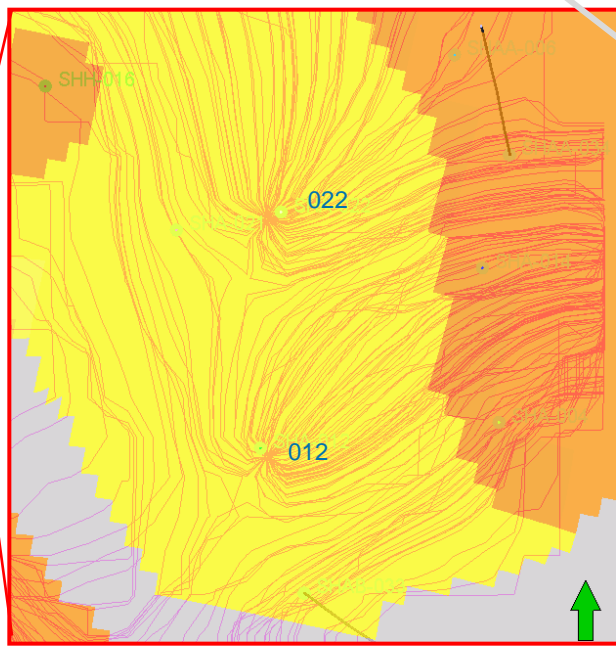
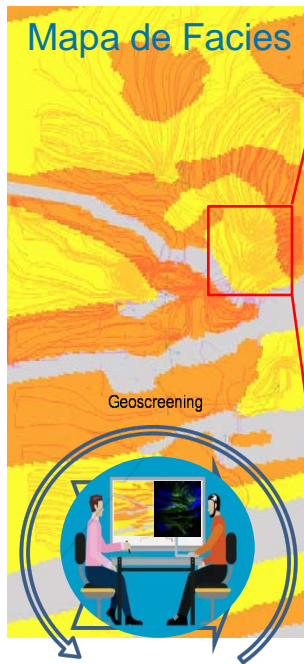
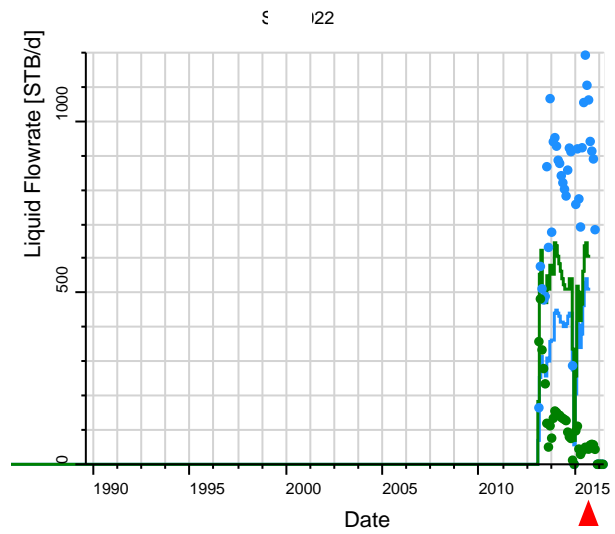
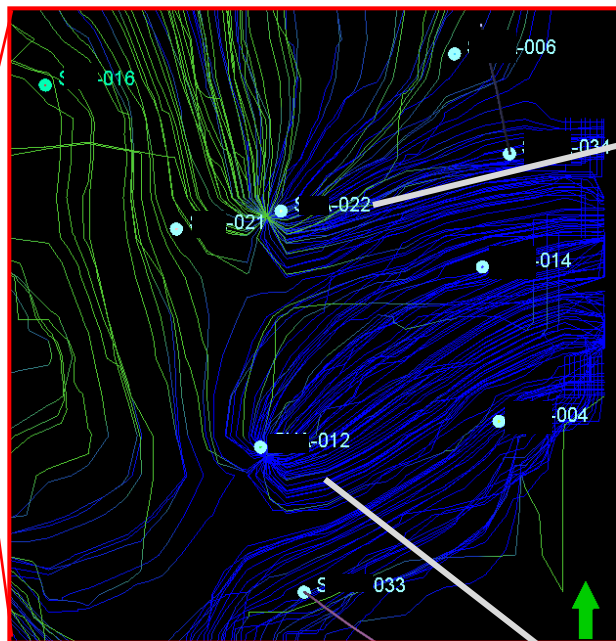
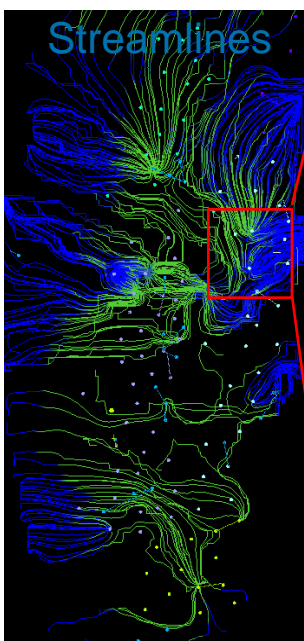


—●—
Petróleo Modelo
(stb/d)

—●—
Agua Modelo
(stb/d)

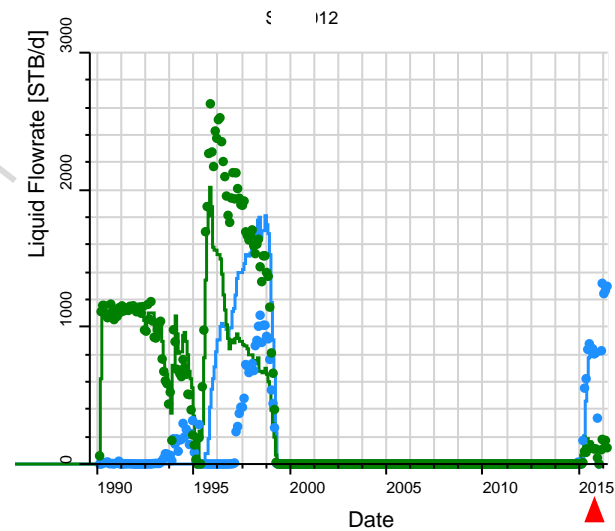
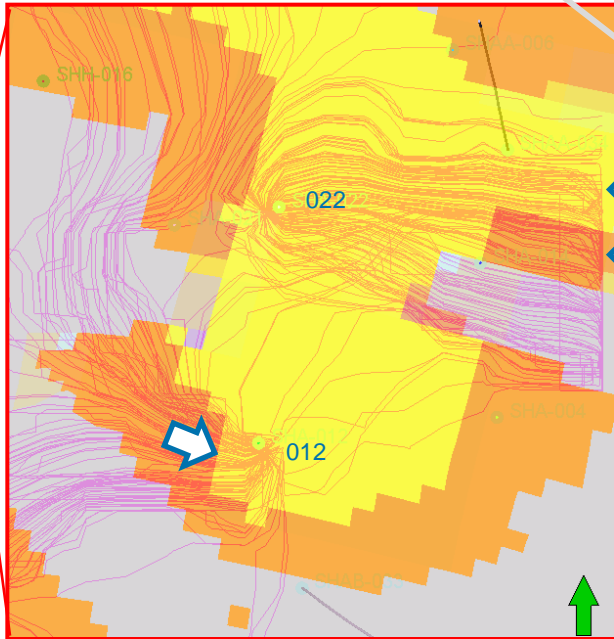
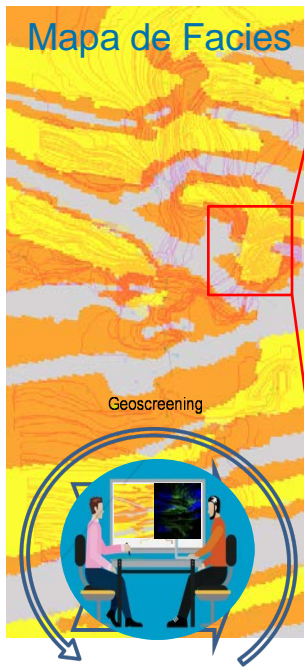
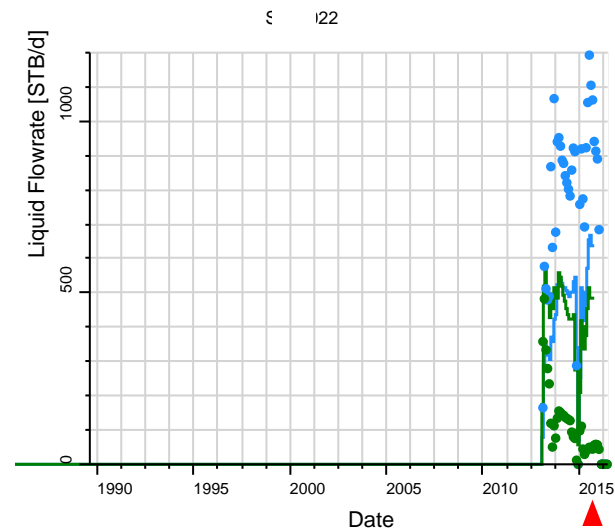
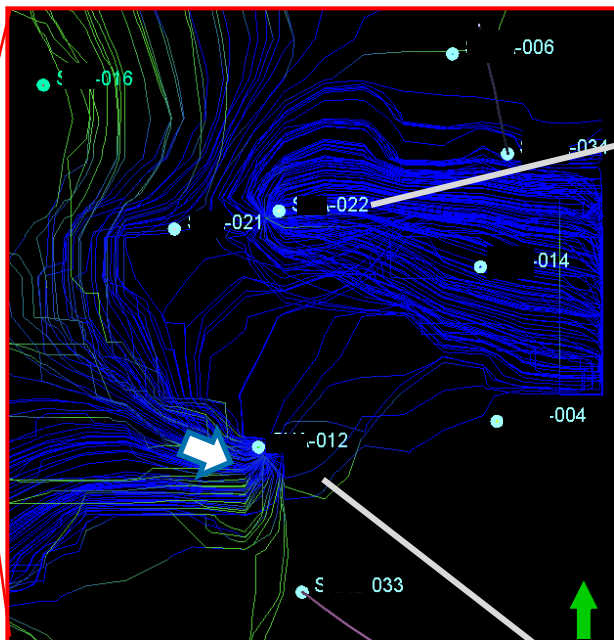
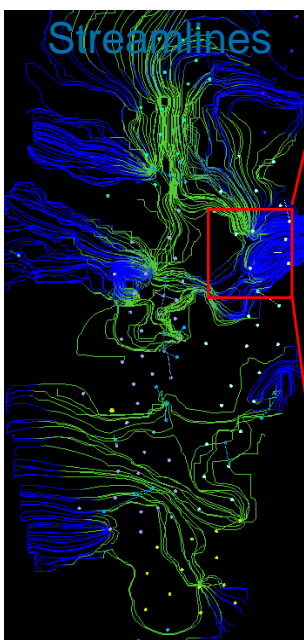
●●●
Petróleo Real
(stb/d)

●●●
Agua Real
(stb/d)



—●— Petrónimo Modelo (stb/d) ●●● Petrónimo Real (stb/d)

—●— Agua Modelo (stb/d) ●●● Agua Real (stb/d)

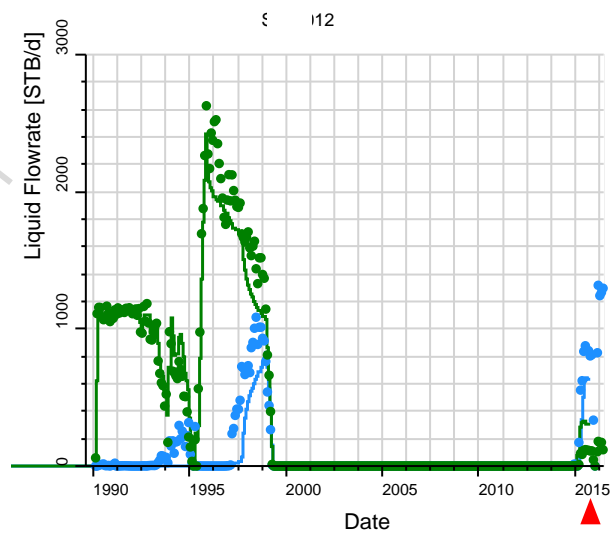
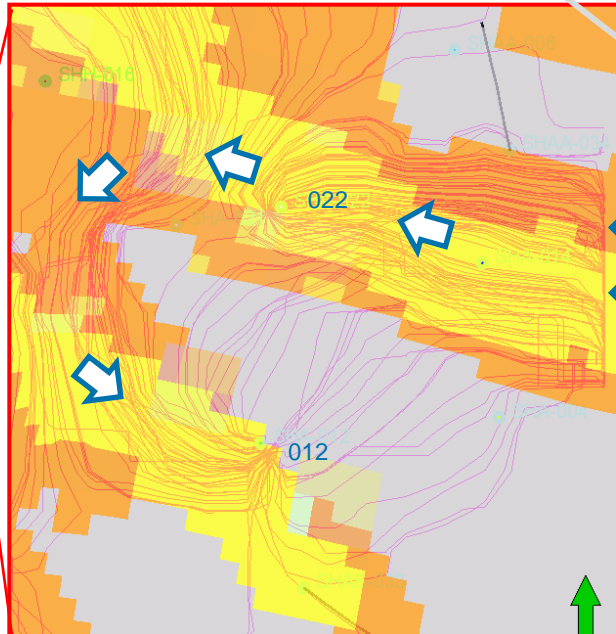
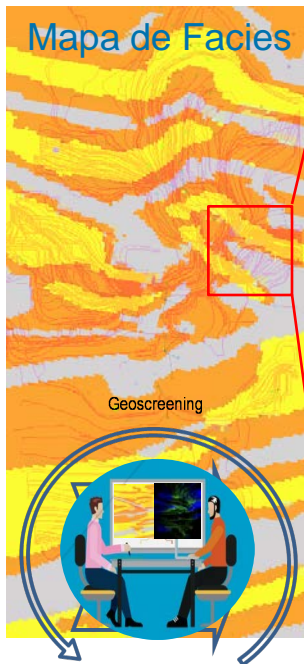
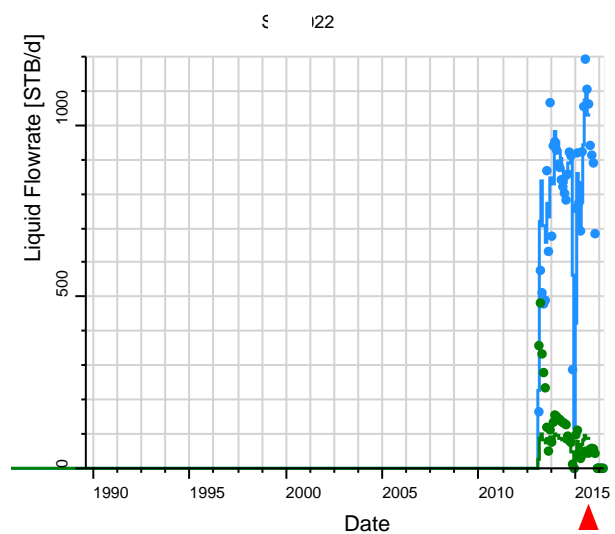
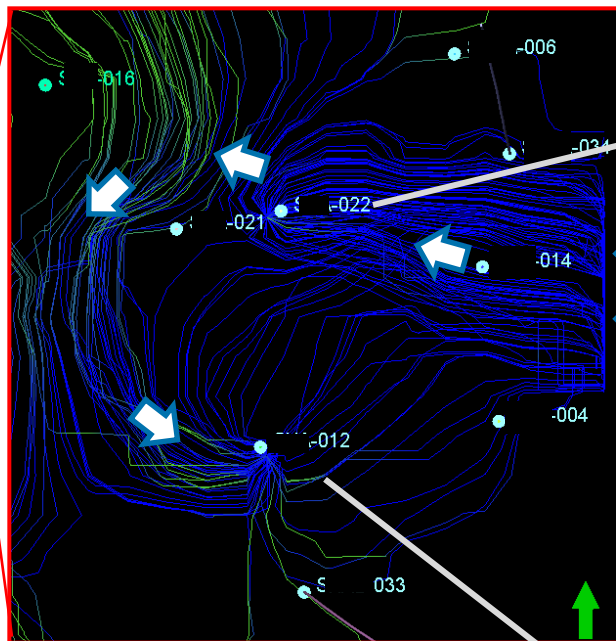
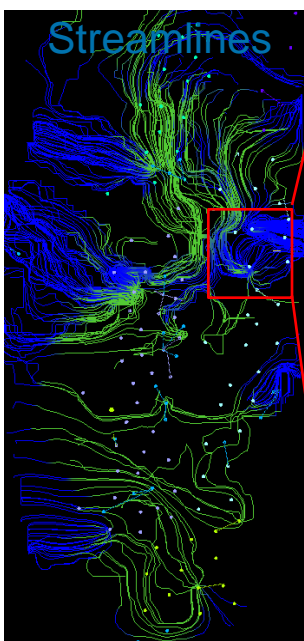


Petróleo Modelo (stb/d)

Petróleo Real (stb/d)

Agua Modelo (stb/d)

Agua Real (stb/d)



— Petróleo Modelo (stb/d)

— Agua Modelo (stb/d)

••• Petróleo Real (stb/d)

••• Agua Real (stb/d)

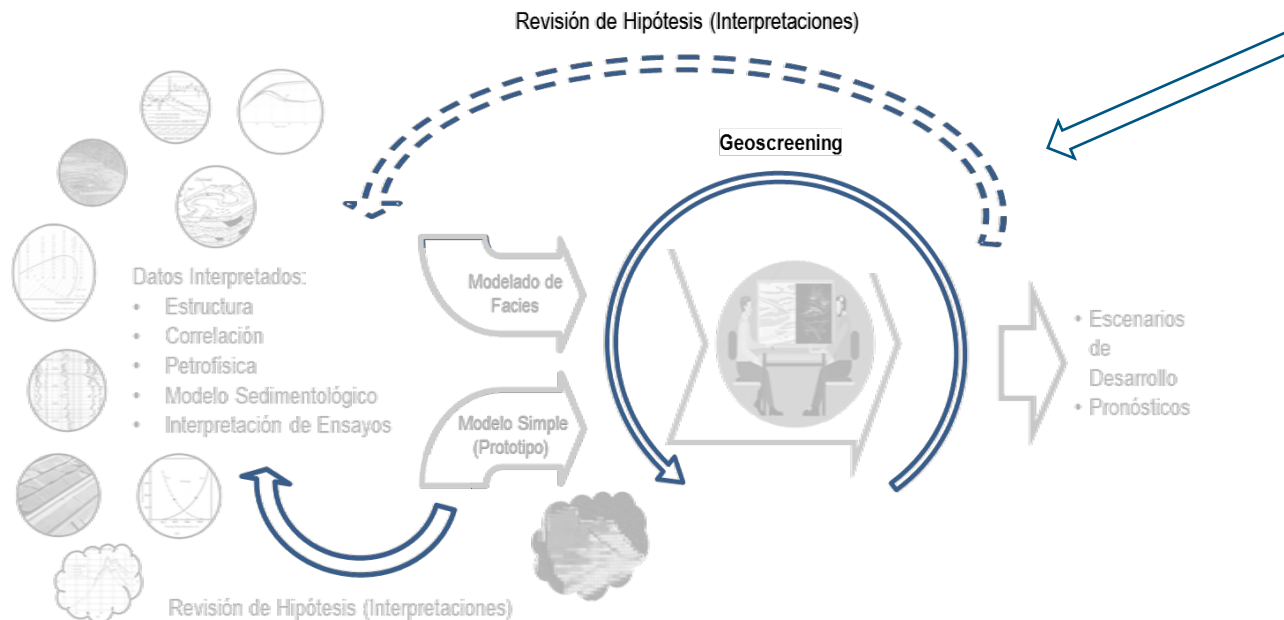
Uso de Rutinas Automatizadas

Son fundamentales para reconstruir el modelo rápidamente

Permiten incorporar modificaciones en cualquier etapa del trabajo.

- + Estructura - Correlación
- + Interpretación Petrofísica
- + Mapa de Agrupación de Facies
- + SCAL – PVT etc.

Simplifica la revisión de hipótesis.



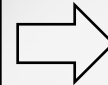
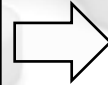
1		With 3D grid			BT_DEPC
2		Make horizons			
3		Layering			
4		Geometrical modeling			LIMIT
5		Geometrical modeling			ZON
6		Scale up well logs			PERM_B
7		Scale up well logs			PHIE [U]
8		Petrophysical modeling			k+
9		Petrophysical modeling			Phi_eff
10		Property calculator	<input type="checkbox"/>	Use filter	
11		Property calculator	<input type="checkbox"/>	Use filter	
12		Property calculator	<input type="checkbox"/>	Use filter	
13		Make fluid model			BT MPO
14		Make rock physics functions			
15		Make rock physics functions			
16		Make aquifer			Aquifer W
17		Make aquifer			Aquifer N
18		Make aquifer			Aquifer NE
19		Make aquifer			Aquifer SE





Desafíos

- Incorporar la información dinámica desde una etapa temprana.
- Encontrar un lenguaje común entre Ing. Simulación y Geomodelador.
- Rehacer vs Emparchar: Potencialmente Lento.



Soluciones

- Elaboración de Prototipo (Modelos Simples).
- Mapa de Facies + Streamlines.
- Uso de Rutinas Automatizadas.



Muchas Gracias

Preguntas?