



Como construir un modelo petrofísico, del poro al perfil

Agosto 2020
Claudio Naidés

Agenda



- **INTRODUCCION**
- **OBJETIVO - WORKFLOW**
- **INFORMACION ADQUIRIDA**
- **ESCALAS E INTEGRACION**
- **DEFINICION PROPIEDADES PETROFISICAS**
- **EJEMPLOS**
- **CONCLUSIONES**

Introducción



Que es un Modelo

El concepto de modelo se define como un esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio del comportamiento.

Modelo Petrofísico

Un Modelo Petrofísico de un reservorio, es la determinación de cada una de las características particulares que permiten definir los distintos tipos de reservorios con sus propiedades de almacenamiento, fluidos y capacidades productivas distintivas. Es un proceso multidisciplinario de generación, interpretación, calibración e integración de la información geológica y de ingeniería.

Modelo Petrofísico

Esta información tiene diferentes orígenes y escalas de análisis, que va desde la escala del poro hasta información de menor resolución, donde el perfil de pozo es el elemento integrador donde se deberán cuantificar estas propiedades para construir el modelo final.

Se deberán también identificar las posibles incertidumbres, desde la adquisición del dato hasta la interpretación misma, para conocer sus incertidumbres y representarlas en el modelo final.

Objetivo



Objetivo Inmediato

Objetivo Mediato

Estrategia de la adquisición de datos en función del uso inmediato (terminación) y/ó mediato (caracterización de reservorio).

Objetivo: inmediato



Interpretar el Pozo para identificar los reservorios potenciales y definir su terminación.

Evaluar Porosidad, Saturaciones y Permeabilidad.

Objetivo: mediato

Petróleo Original
in situ (**POIS**)

$$N = \frac{A * H_u * \phi * (1-S_w)}{B_o}$$

Gas Original
in situ (**GOIS**)

$$N = \frac{A * H_u * \phi * (1-S_w)}{B_g}$$

A=Area

Hu= Espesor útil

Phi= Porosidad

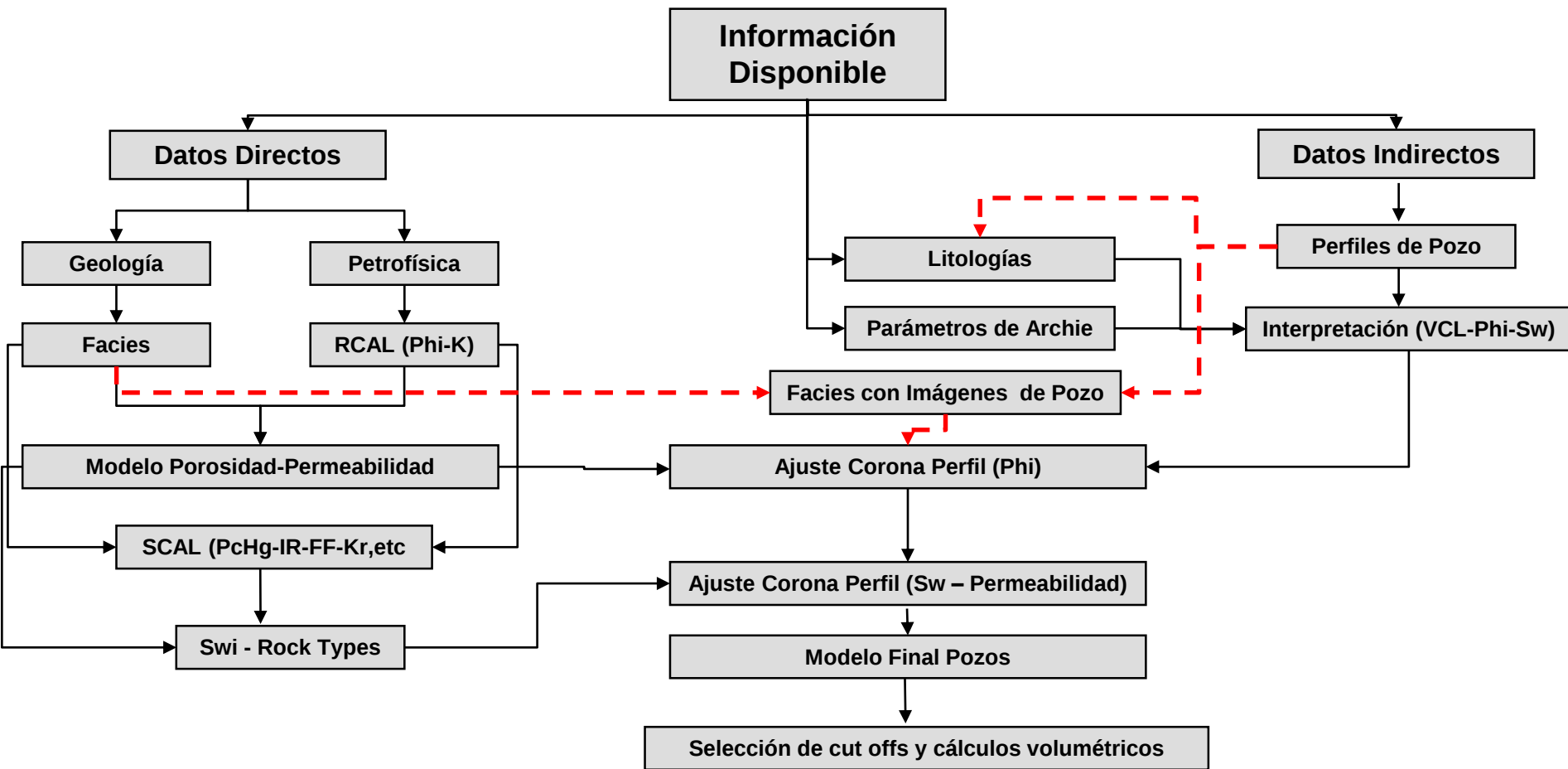
Sw= Saturación de Agua

Bo= Factor de Volumen para petróleo

Bg= Factor de Volumen para gas.

Modelo de Permeabilidad para evaluar la capacidad productiva de un reservorio.

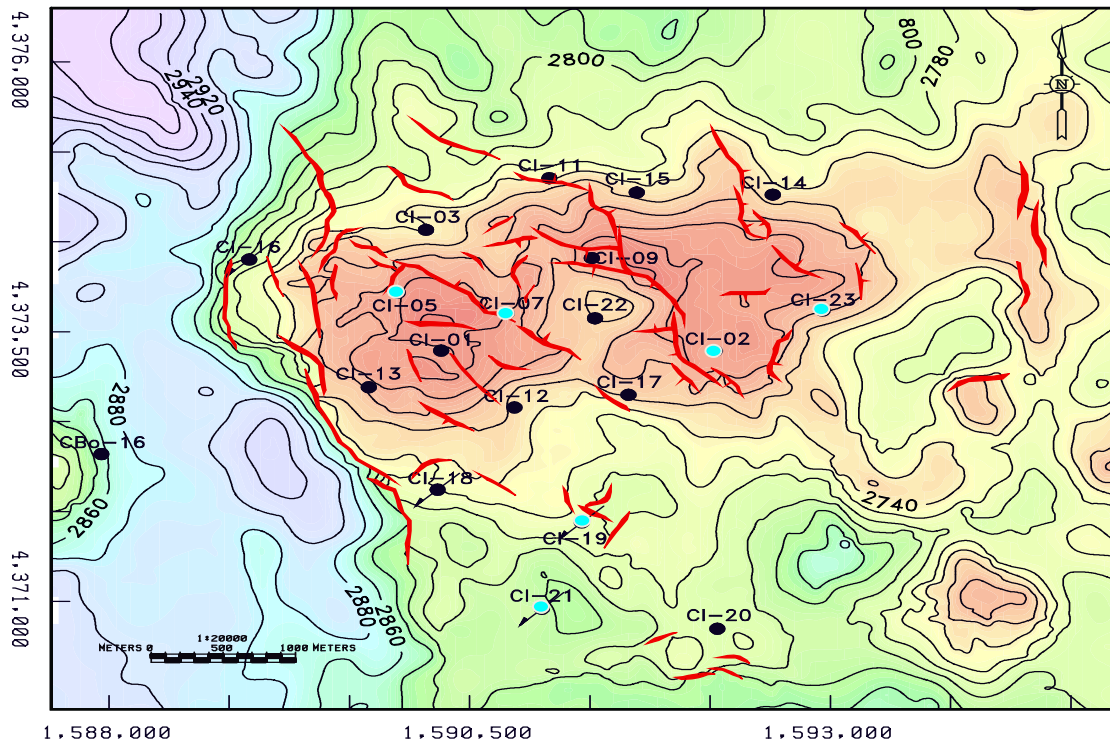
Flujograma



Flujograma

Determinar los pozos claves (key wells) para calibrar el modelo petrofísico, estos se seleccionaran en función a su información y a su distribución areal.

**POZOS
CLAVES**



Adquisición de la Información: Datos Directos: Datos de Pozo

Datos directos del reservorio

Testigos corona



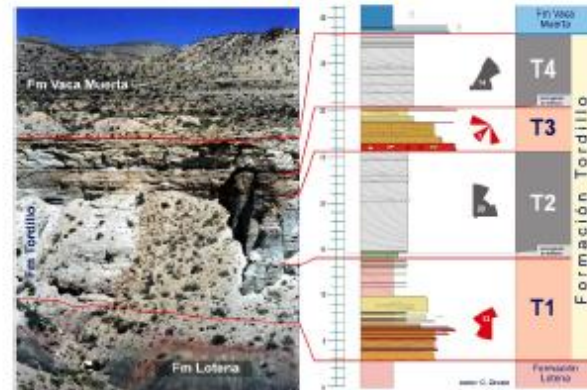
Recortes de perforación



Testigos laterales

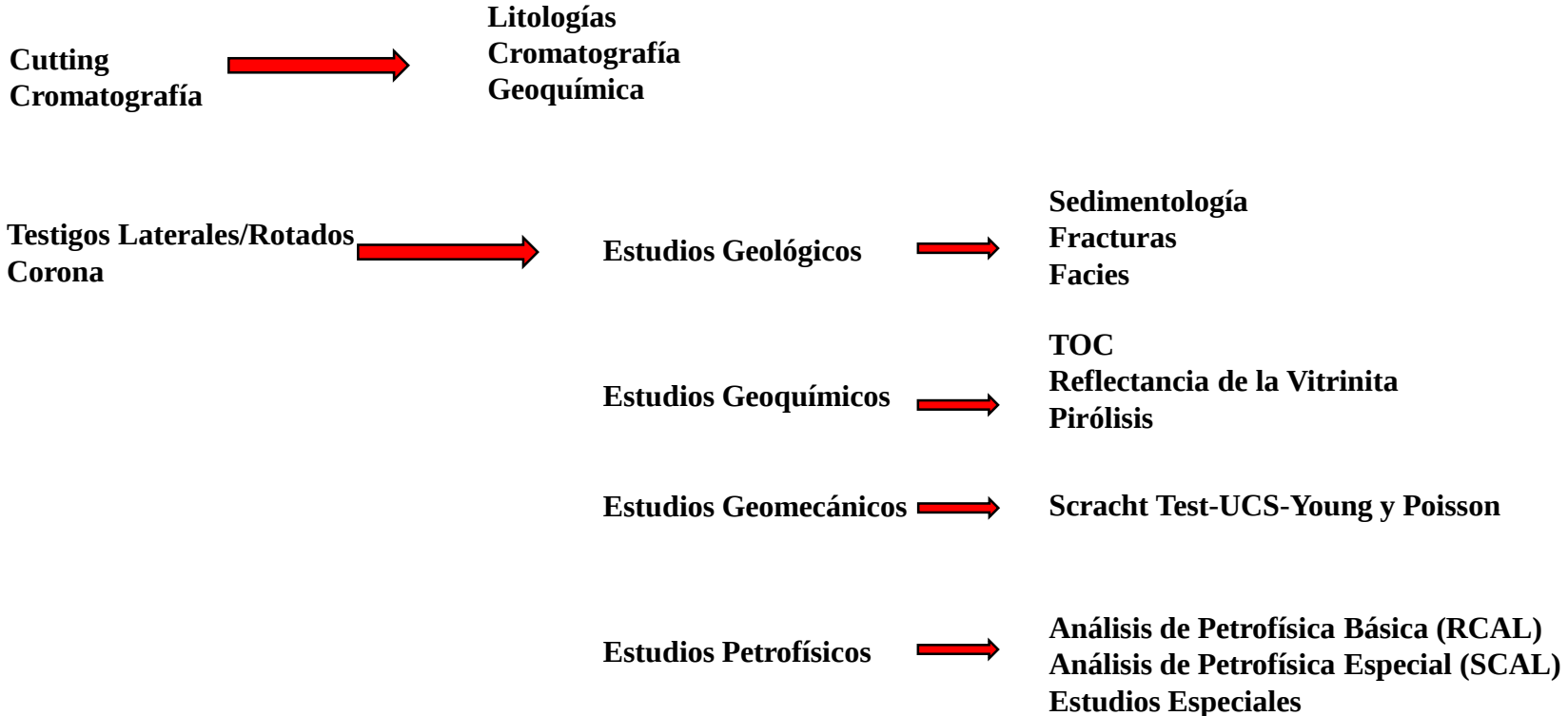


Afloramientos



Adquisición de la Información:

Datos Directos: Datos de Pozo



Adquisición de la Información:

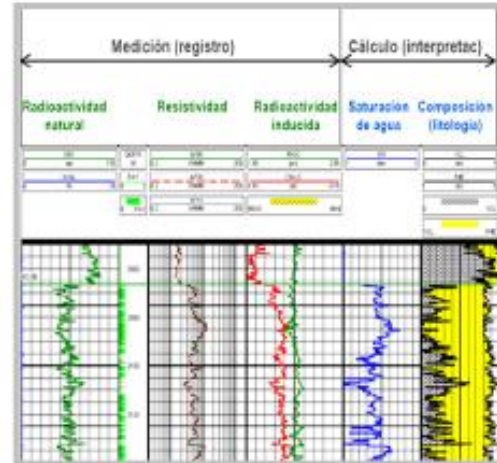
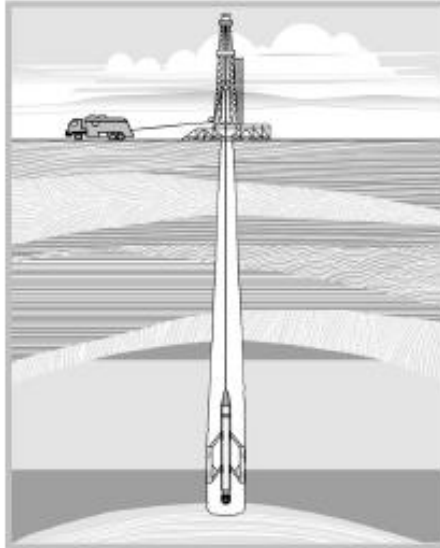
Datos Indirectos: Perfiles de Pozo

Datos indirectos del reservorio

Perfiles de pozo

Perfilaje: es la medición y registro de ciertas propiedades de las rocas en función de la profundidad del pozo.

Se realiza mediante sondas que trabajan bajo diferentes principios físicos.



Adquisición de la Información:

Datos Indirectos: Perfiles de Pozo

Eléctricos

Conductivo

Resistivo

Microresistivo

Dieléctrico

Acústicos

Sónico

Sónico Onda
Completa

VSP

Imagen

Nucleares

Gamma Ray

Densidad

Neutrón

Resonancia
Magnética

Perfil

Litogeoquímico

Evaluadores de Formación

Fm Tester

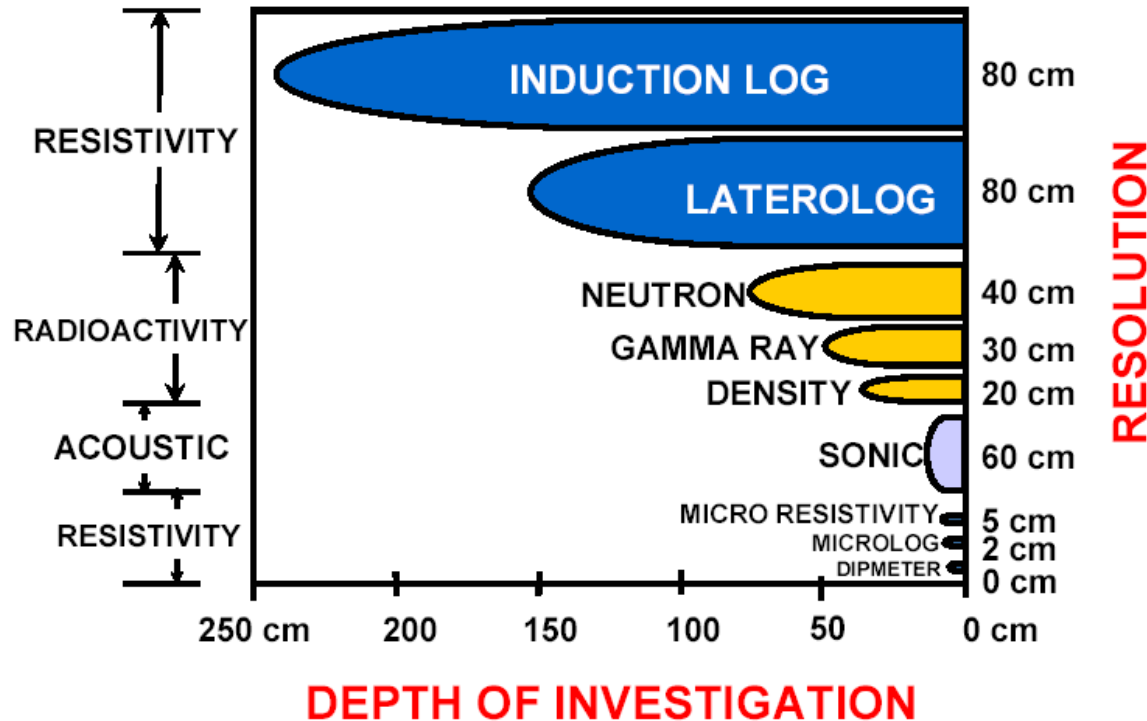
Modular Fm
Tester

- 1- Registro Open Hole (OH)
- 2- Registro Cased Hole (CH)
- 3- Registro Logging while Drilling (LWD)

Adquisición de la Información:

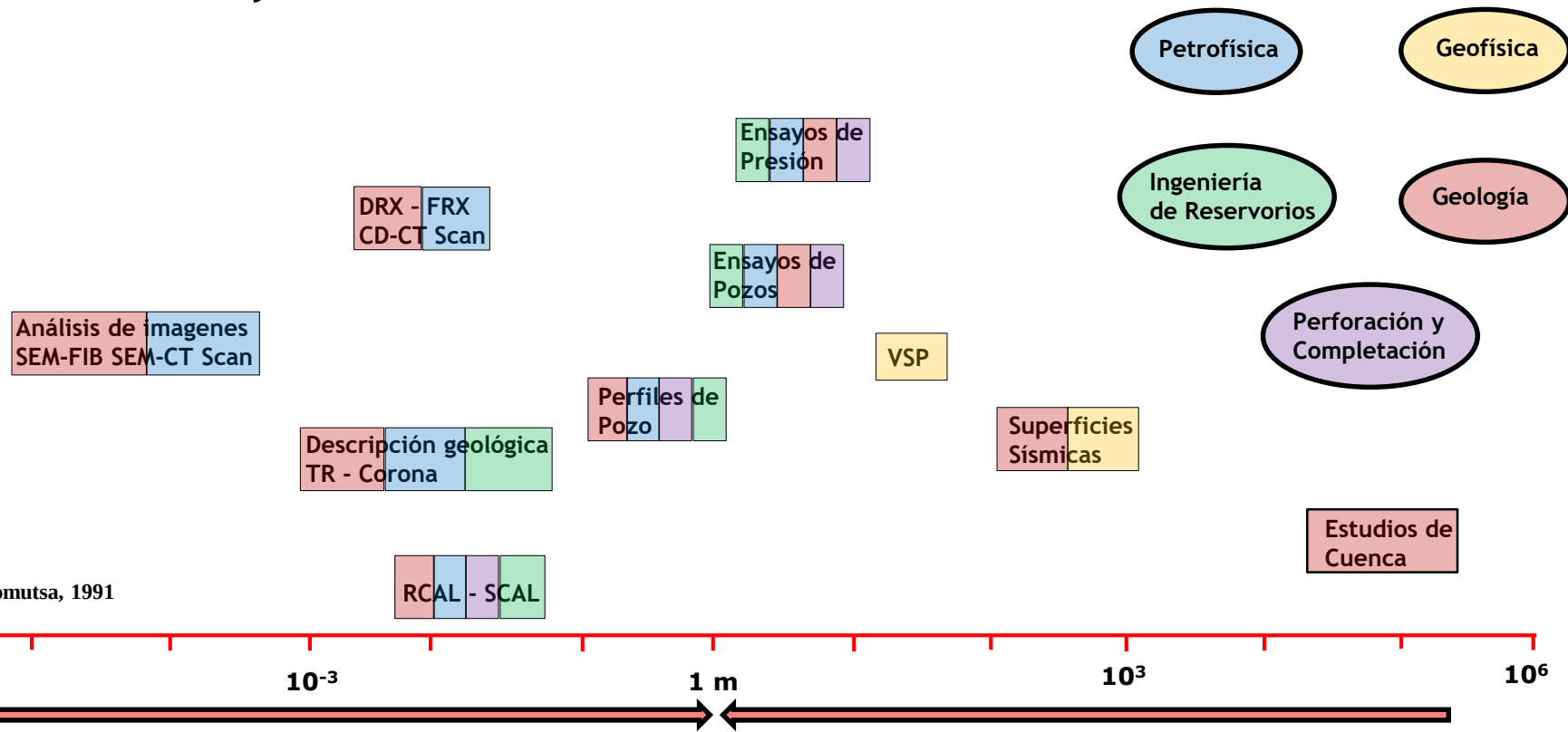
Datos Indirectos: Perfiles de Pozo

Logging Tools



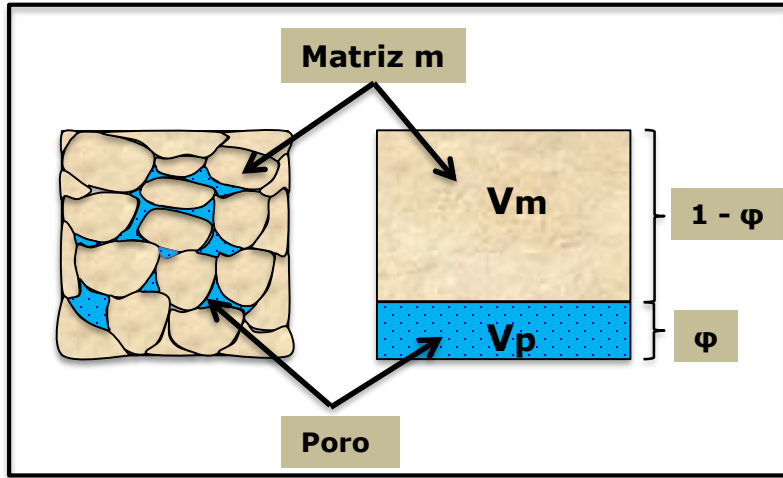
Escalas de Información adquirida y estudiada

Escalas de medición y resolución relativa de estudios de caracterización

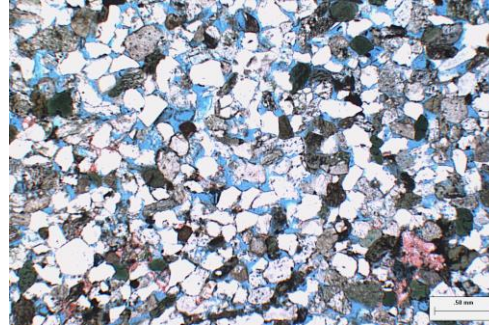


Modificado de:
Jackson and Tomutsa, 1991

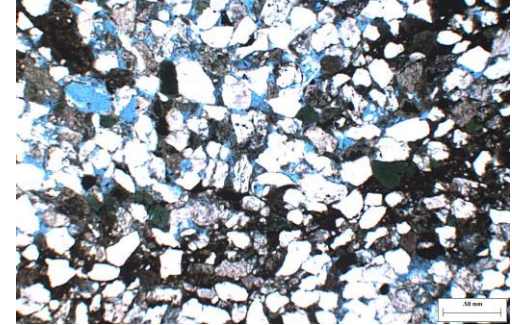
Porosidad



Intergranular

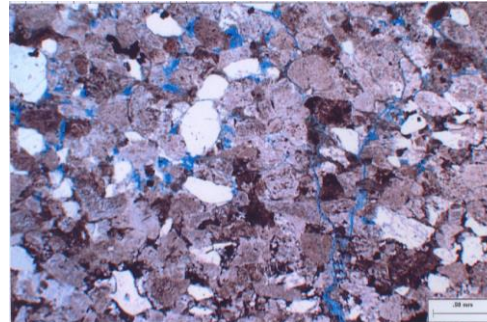


Intragranular



$$\text{Porosidad} = \frac{\text{Volumen de poros}}{\text{Volumen total de la muestra}} \quad \Phi = \frac{V_{\text{poros}}}{V_{\text{muestra}}}$$

Fractura



Vugular-Móldica

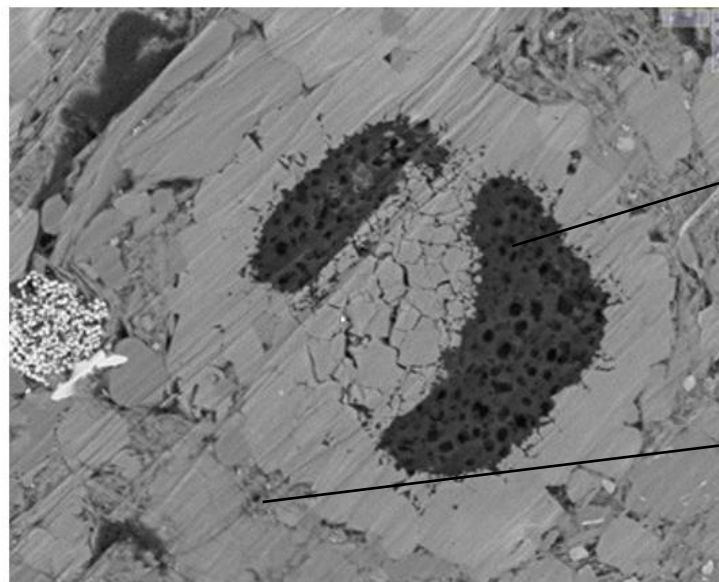


Tipos de Porosidad en Shales

1 – Porosidad en la fracción no arcillosa.

2 – Porosidad en la fracción arcillosa.

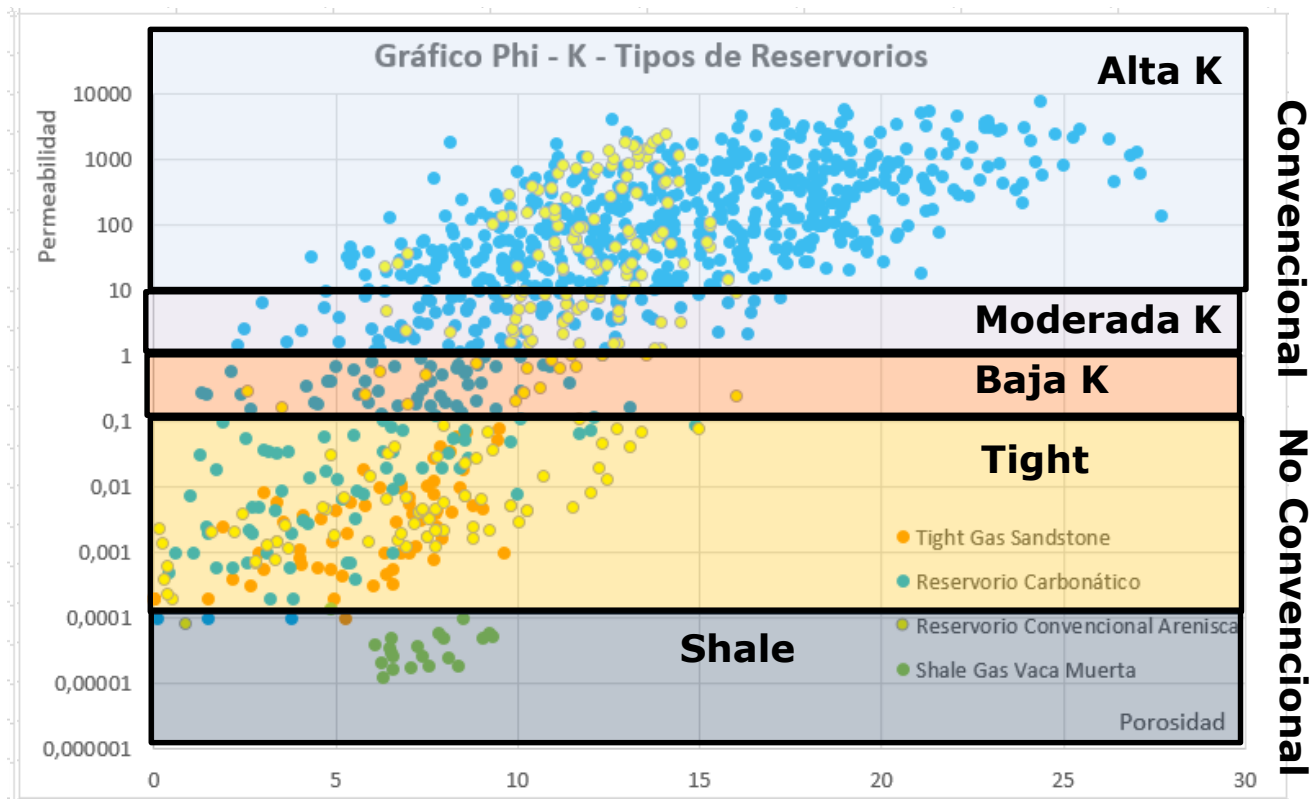
3 – Porosidad del kerógeno.



kerógeno

**Matriz
Inorgánica:
arcillosa y
no arcillosa**

Permeabilidad



La saturación de una formación es la fracción de su volumen poroso que ocupa el líquido considerado.

Si en los poros de una roca solo existe agua, en ese caso se considera que dicha formación tiene $S_w=100$ %.

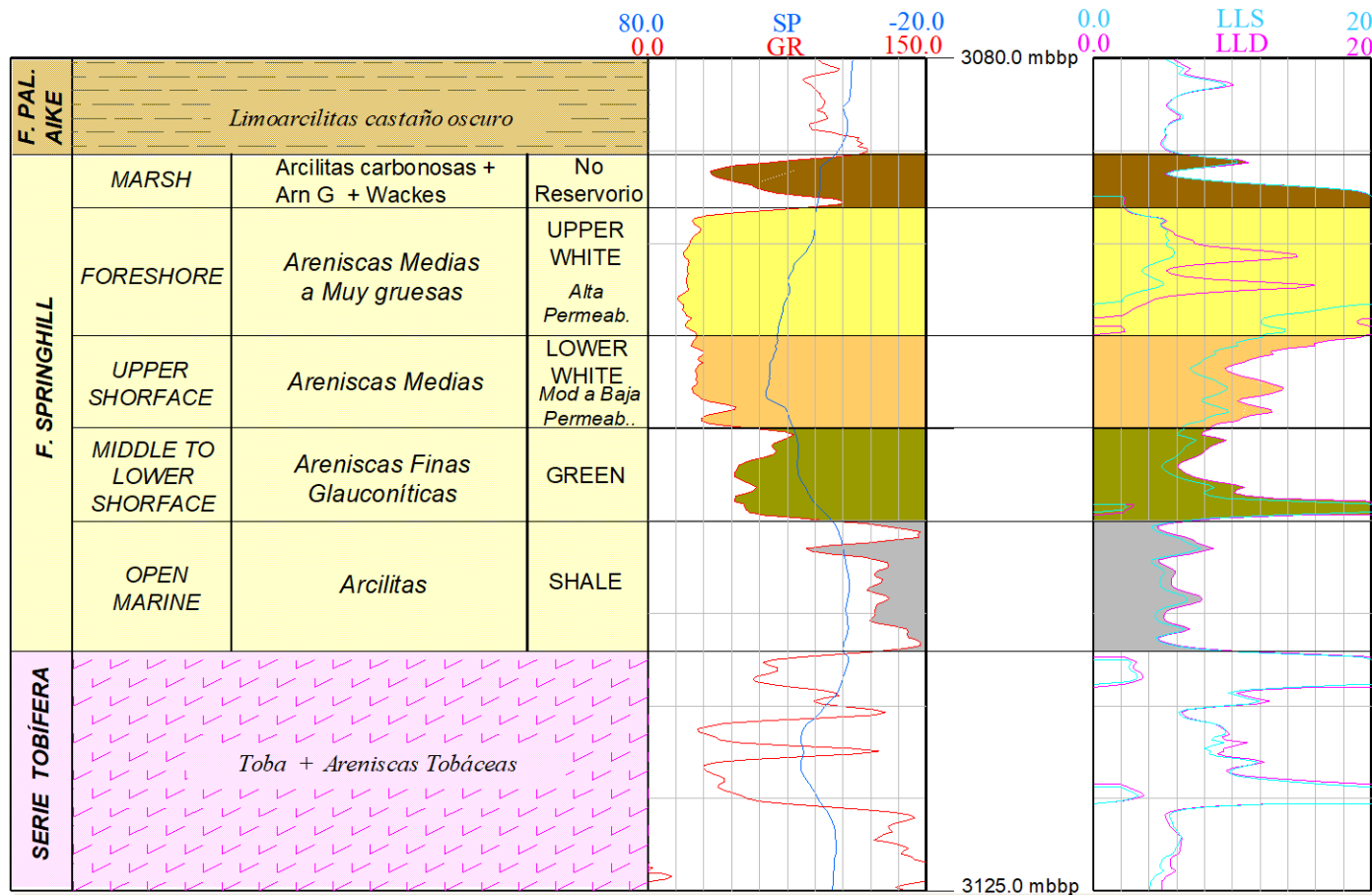
En una formación, la S_w nunca va a llegar a cero, siempre va a tener una fracción de agua capilar, que es la S_{wi} .

La saturación puede ser obtenida a partir de ensayos sobre coronas y a través de perfiles de pozo.

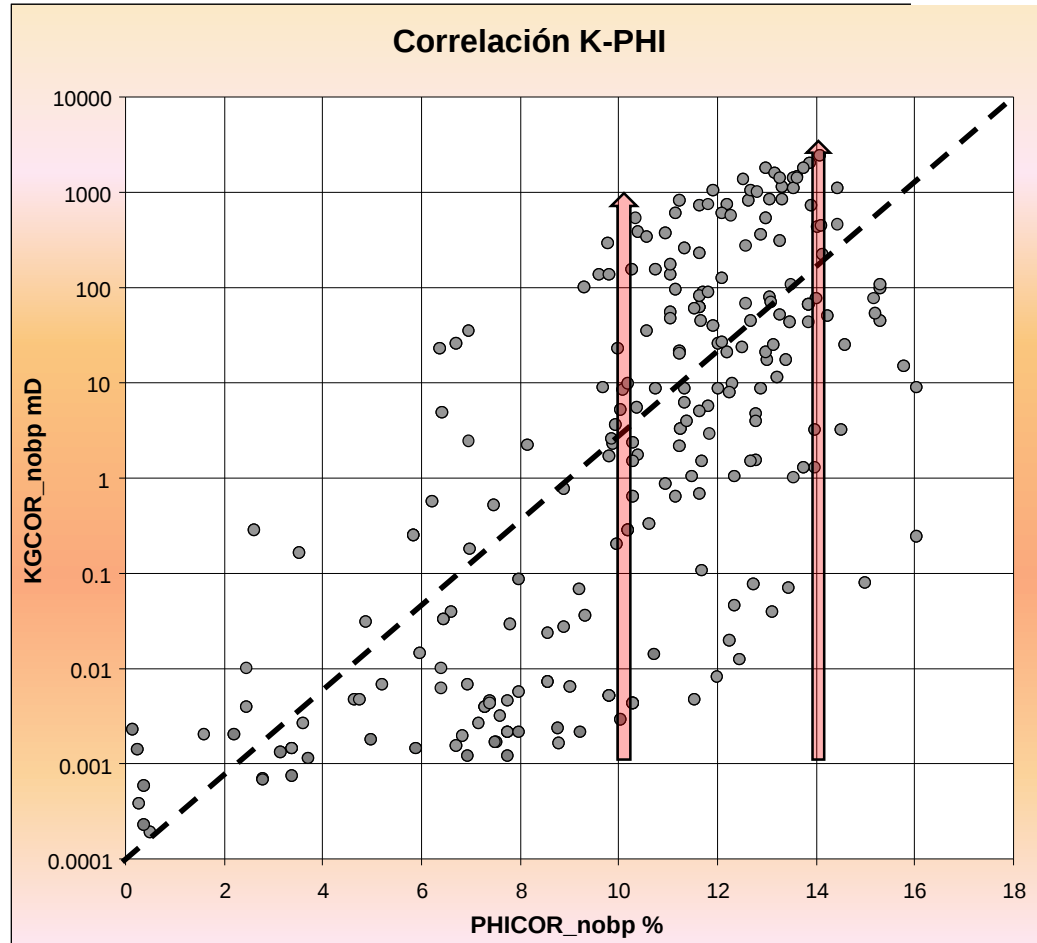
MODELO PRETROPISICO PREDICTIVO APLICANDO EL CONCEPTO DE UNIDADES HIDRAULICAS DE FLUJO

MODELO PRETROPISICO PREDICTIVO APLICANDO EL CONCEPTO DE UNIDADES HIDRAULICAS DE FLUJO EN LA FORMACION SPRINGHILL, EN UN AREA DE LA CUENCA AUSTRAL,
ARGENTINA J. Lauri, J. Traverso, C. Naidés. V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos 2002 IAPG.

Litofacies

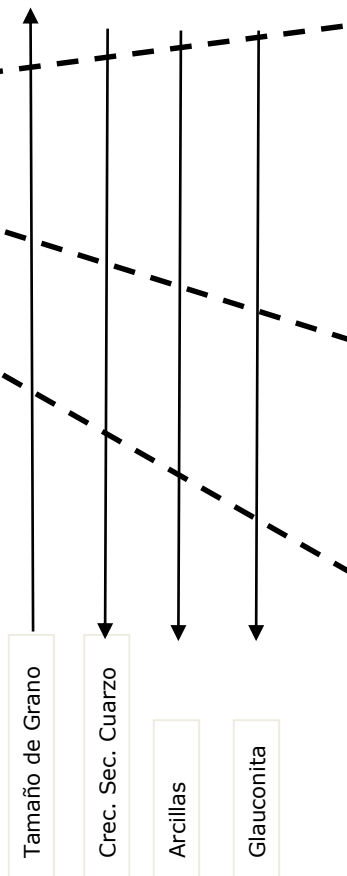
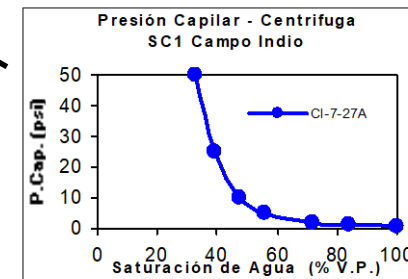
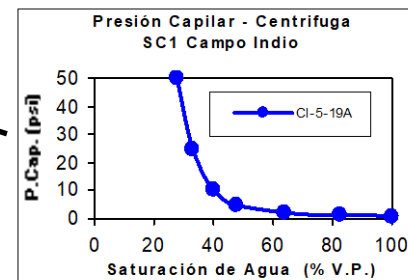
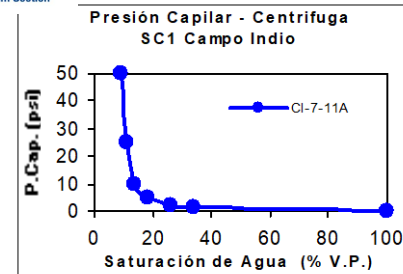
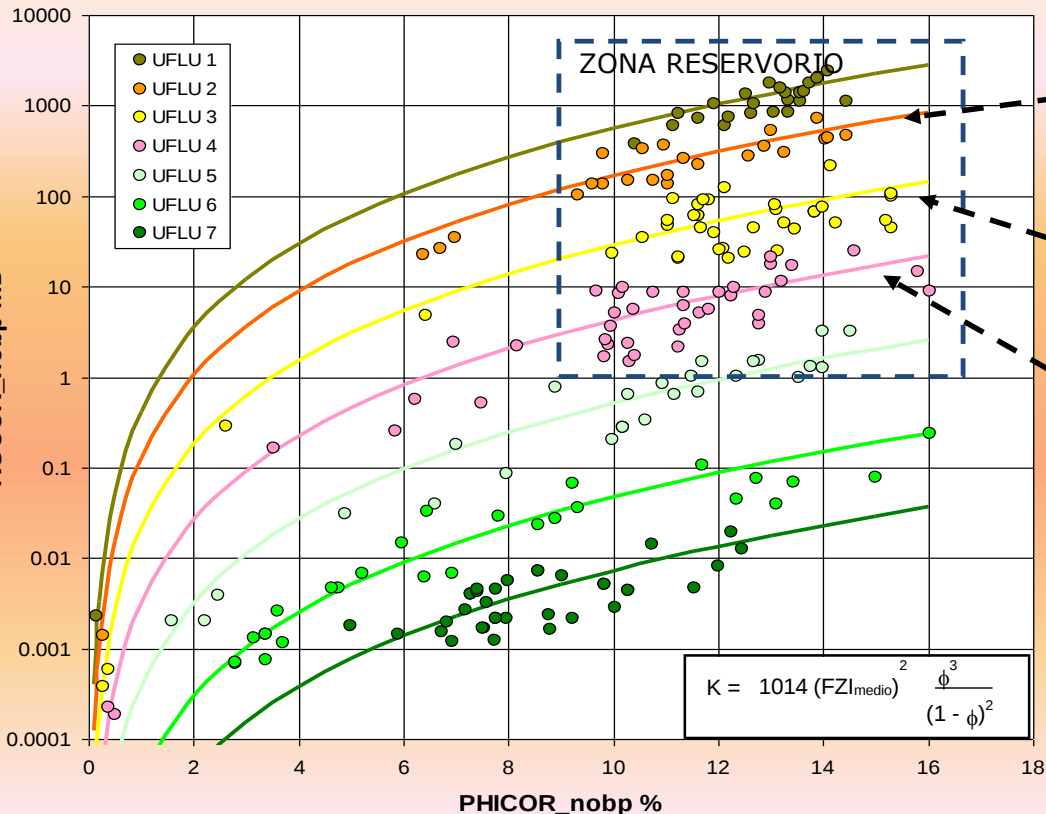


Motivación



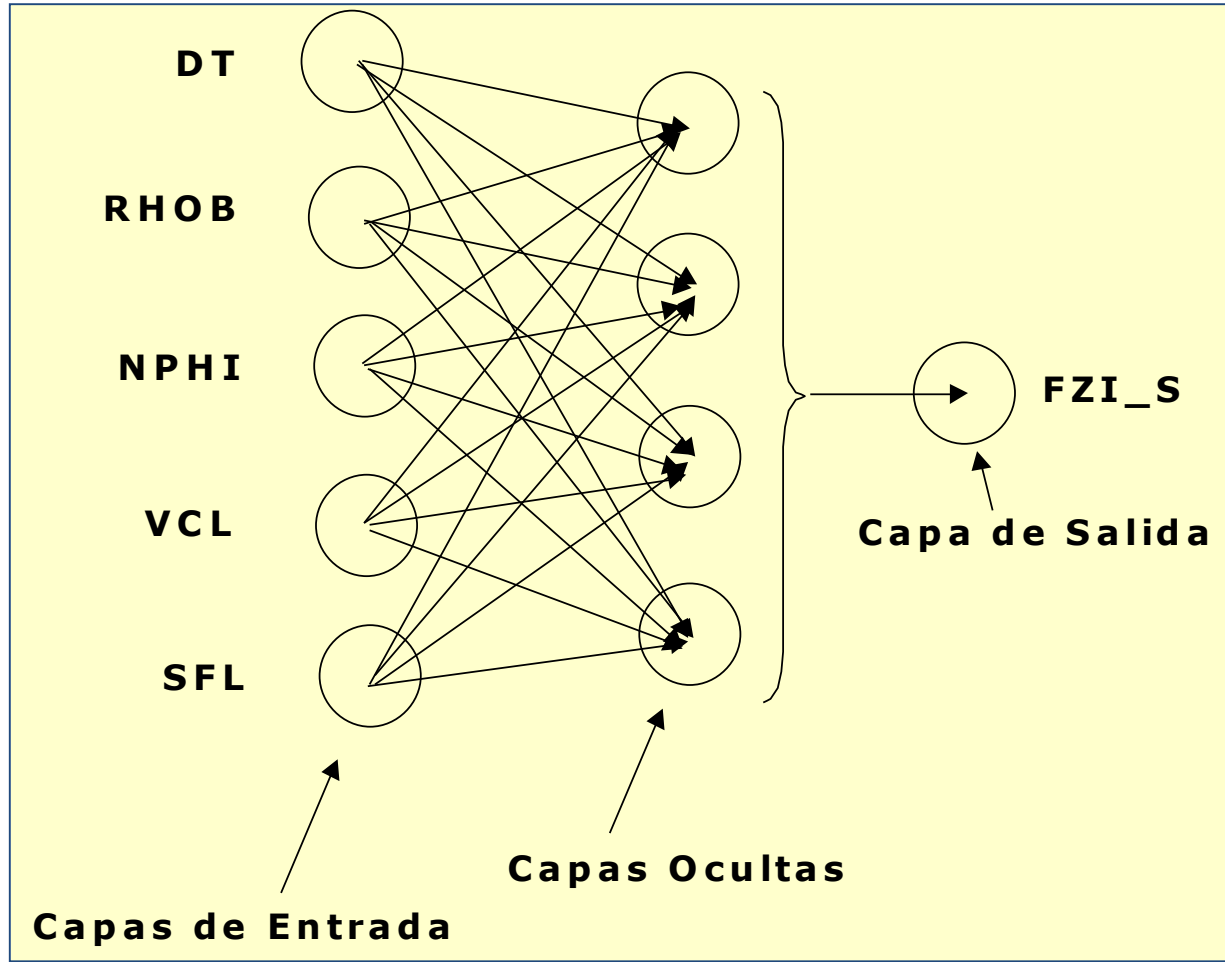
Modelo de Permeabilidad

UNIDADES DE FLUJO Correlación K-PHI - SCI Campo Indio

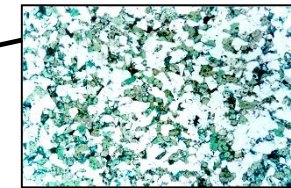
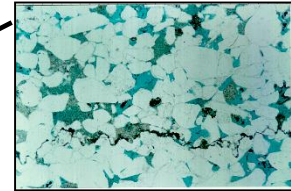
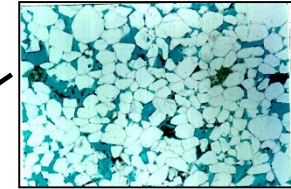
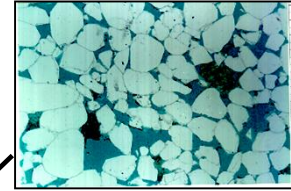
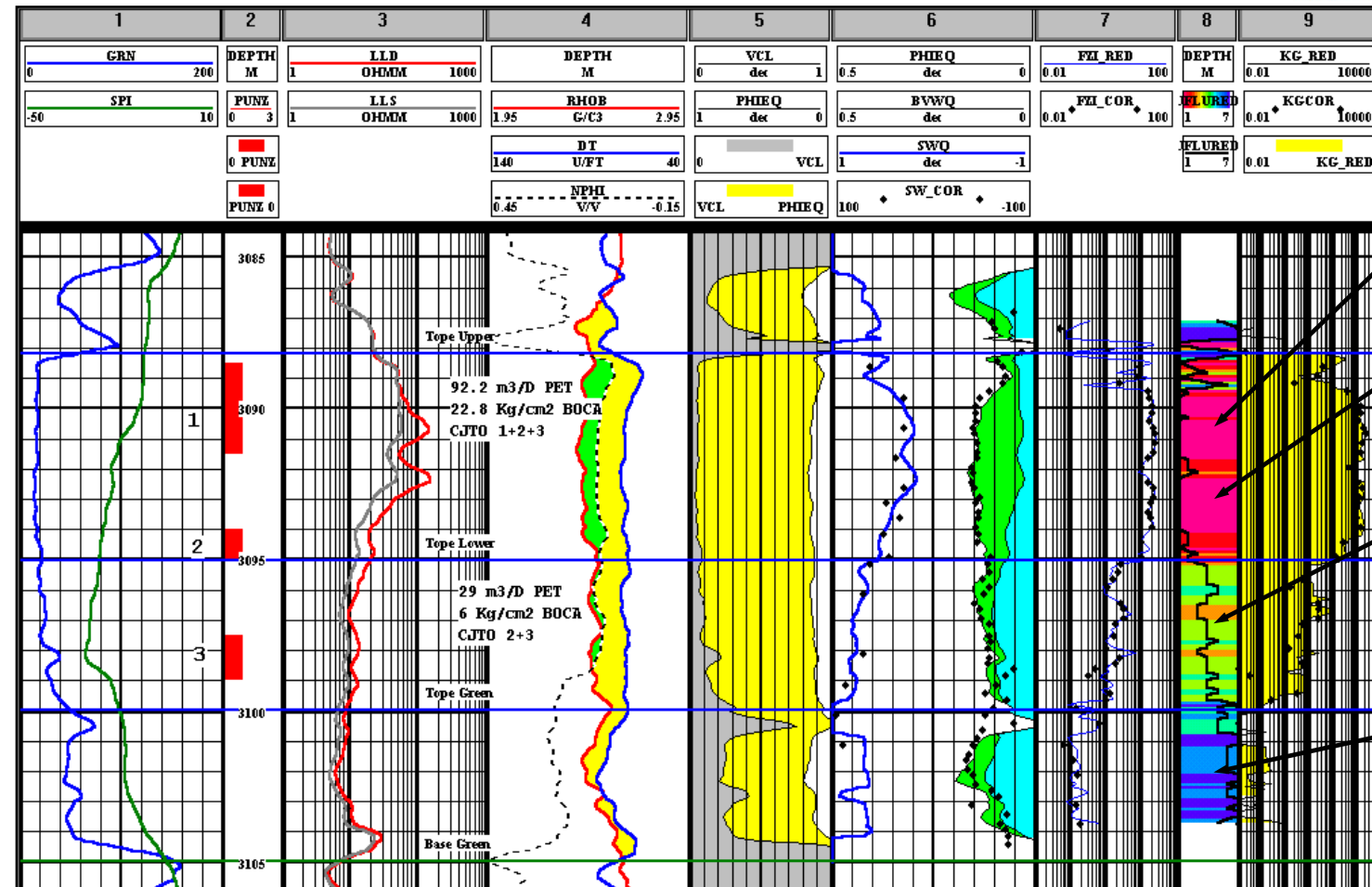


Crec. Sec. Cuarzo & Arcillas

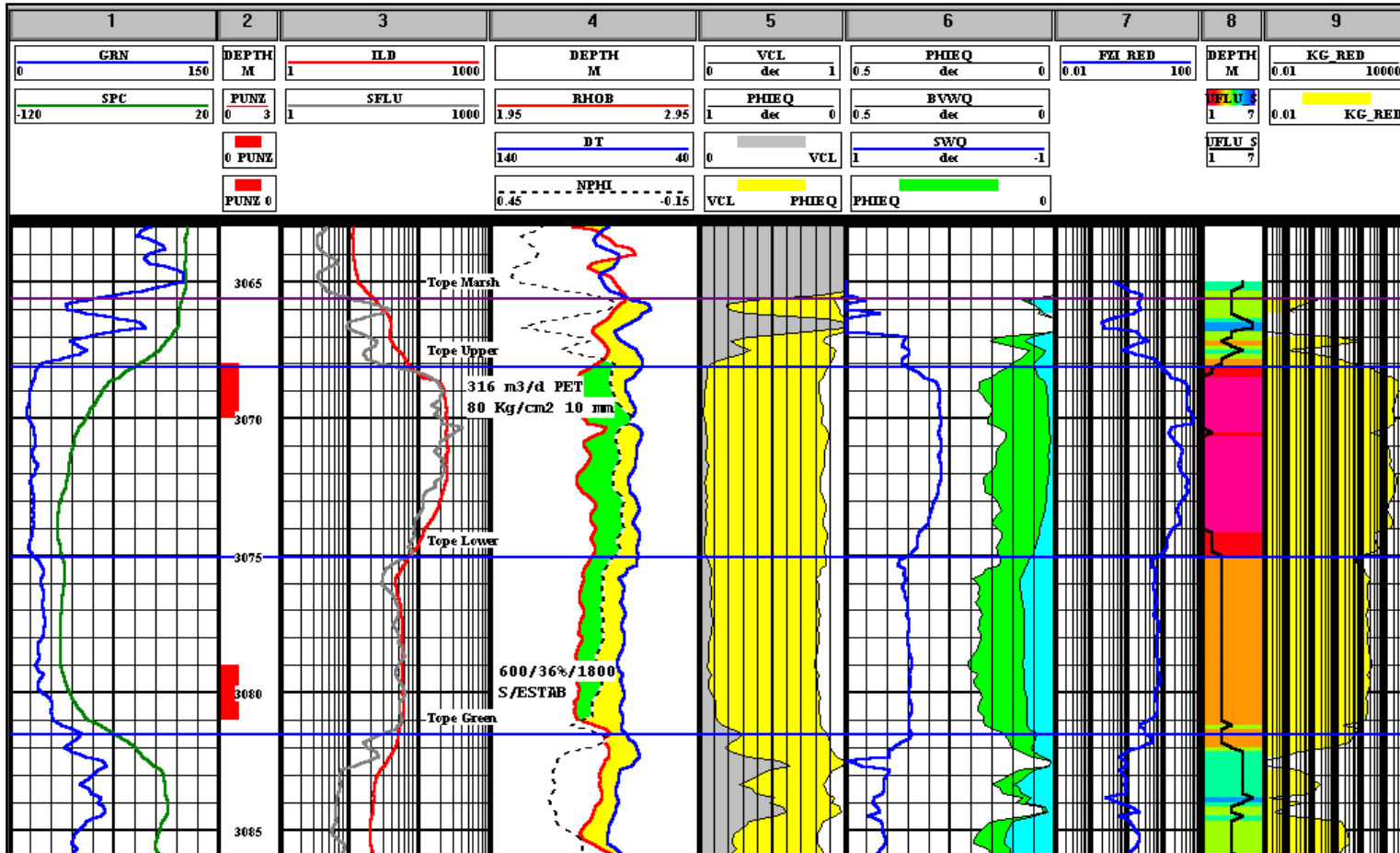
Metodología de extrapolación



Pozo de Entrenamiento



Pozo de Extensión

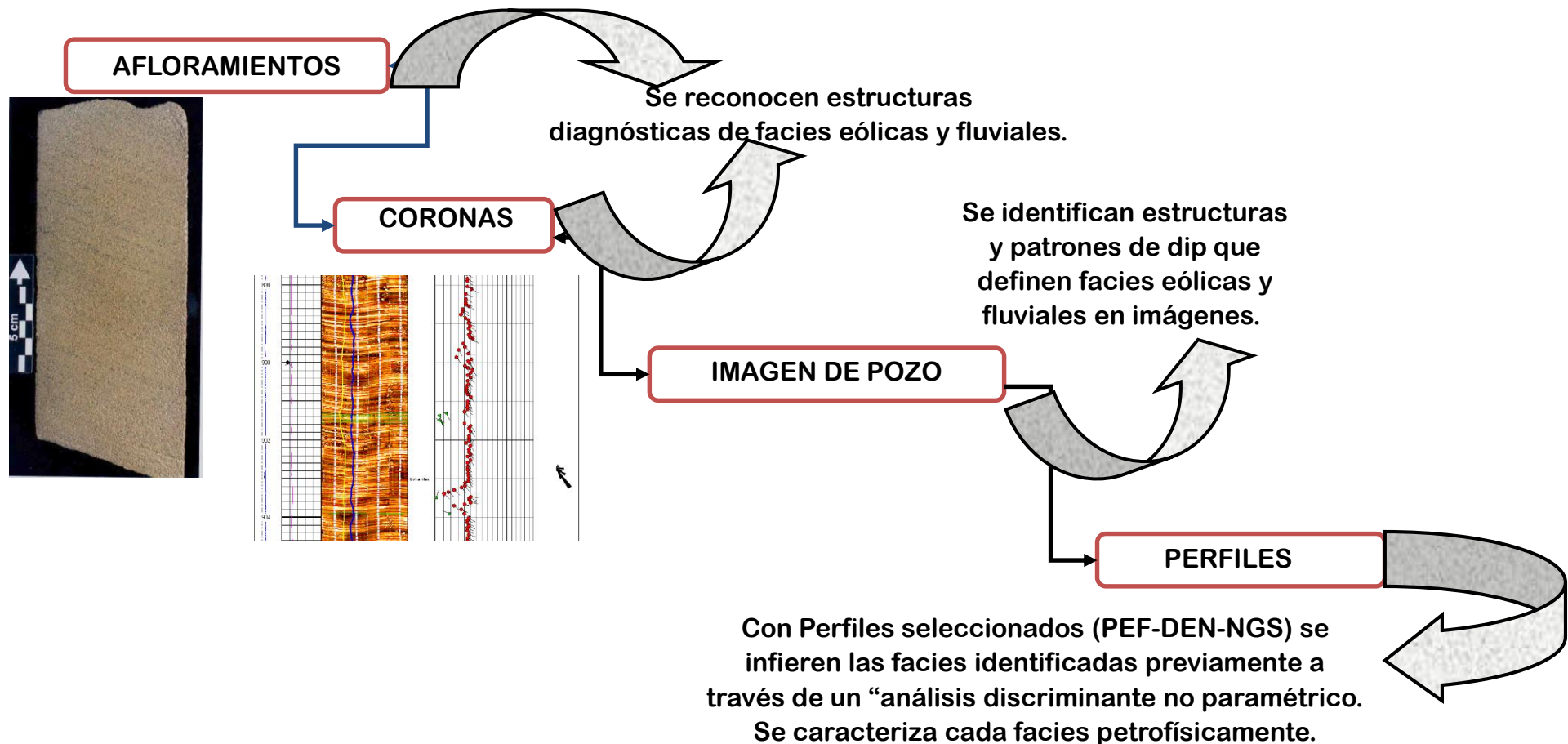


CARACTERIZACIÓN PETROFÍSICA DE UN RESERVORIO CLÁSTICO INTEGRANDO INFORMACIÓN DE CORONAS Y PERFILES

Análisis de Facies del Miembro Troncoso en la Zona de Rincón de Los Sauces, Neuquén, Argentina. C. Naidés, M. Barrionuevo. V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos 2002 IAPG.

CARACTERIZACIÓN PETROFÍSICA DEL MIEMBRO TRONCOSO INFERIOR EN EL YACIMIENTO PUESTO HERNÁNDEZ, NEUQUÉN, ARGENTINA. A. Krittian, C. Naidés. VI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos 2005 IAPG.

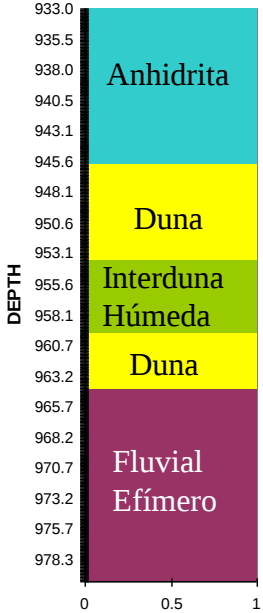
Flujograma del Modelo de Facies



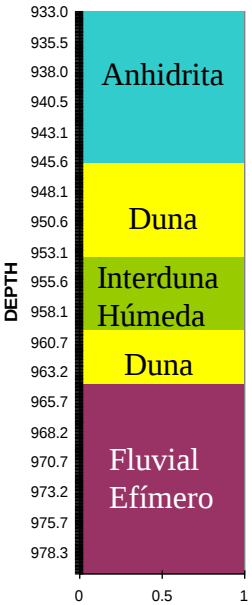
Modelo de Facies con perfiles

Entrenamiento

Descripción de Facies con Corona y Perfil de Imagen Pozo PH-1236 Miembro Troncoso

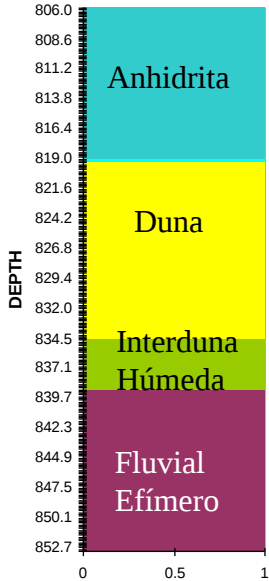


Facies Estimadas con PEF-DEN-NGS Pozo PH-1236 Miembro Troncoso

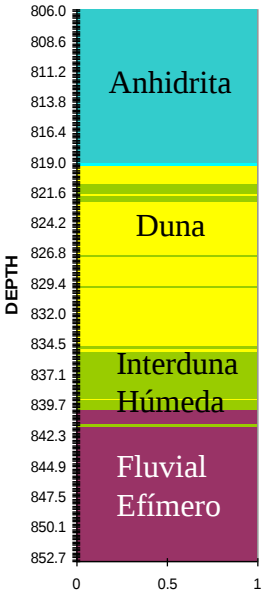


Test

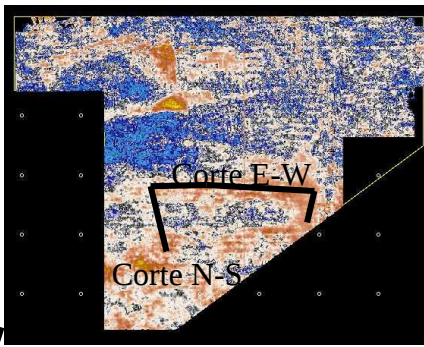
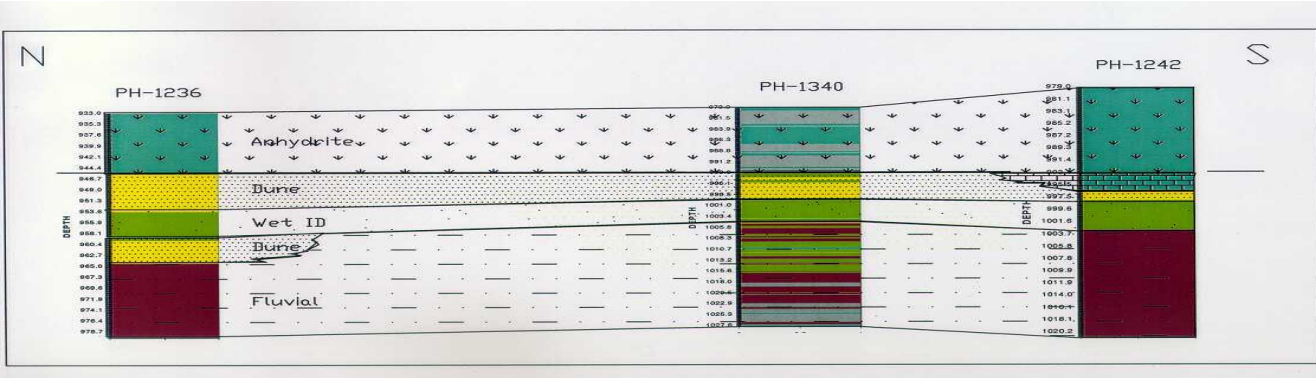
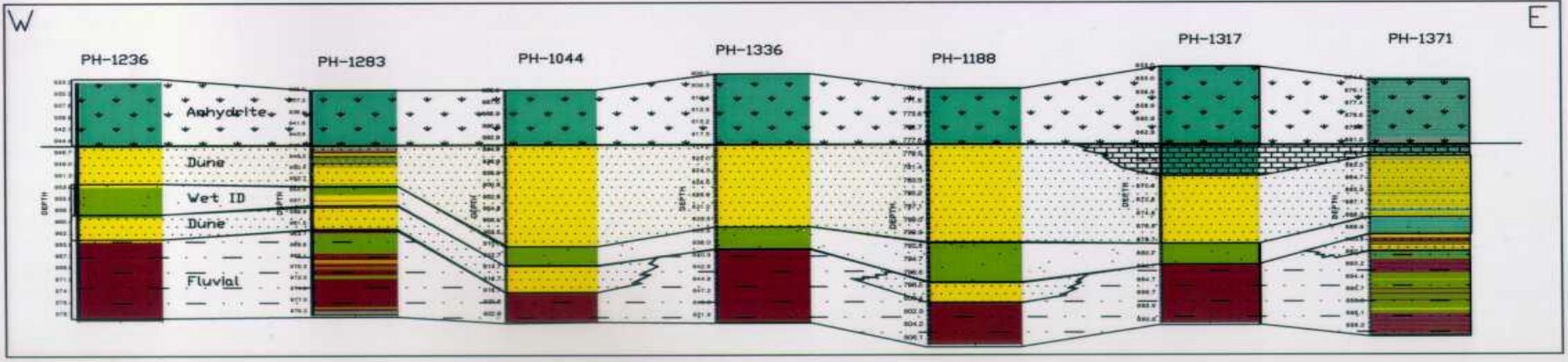
Descripción de Facies con Perfil de Imagen Pozo PH-1336 Miembro Troncoso



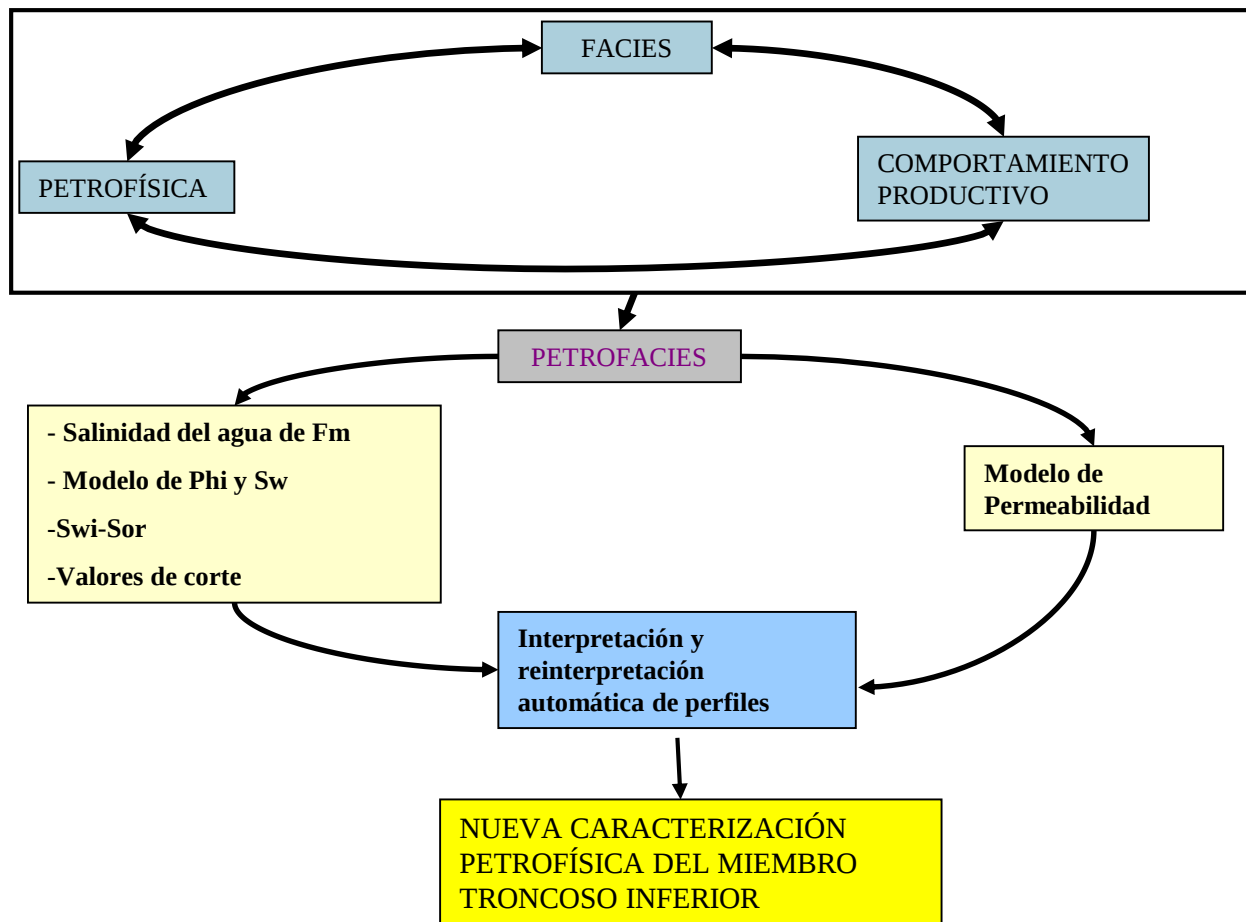
Facies Estimadas con PEF-DEN-NGS Pozo PH-1336 Miembro Troncoso



Distribución de Facies



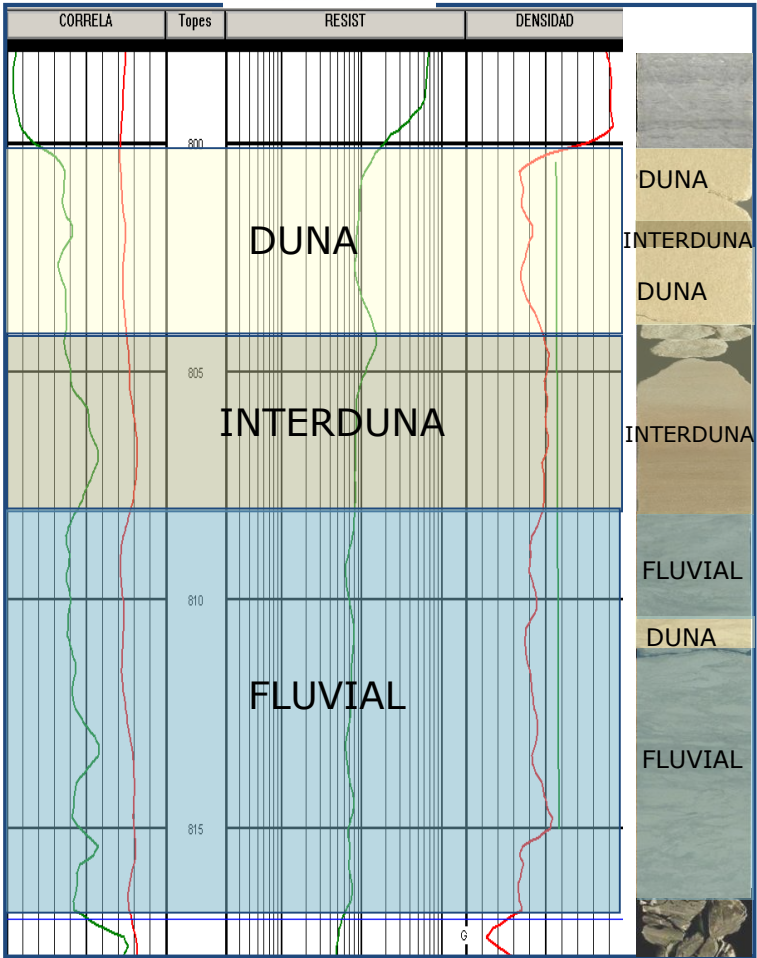
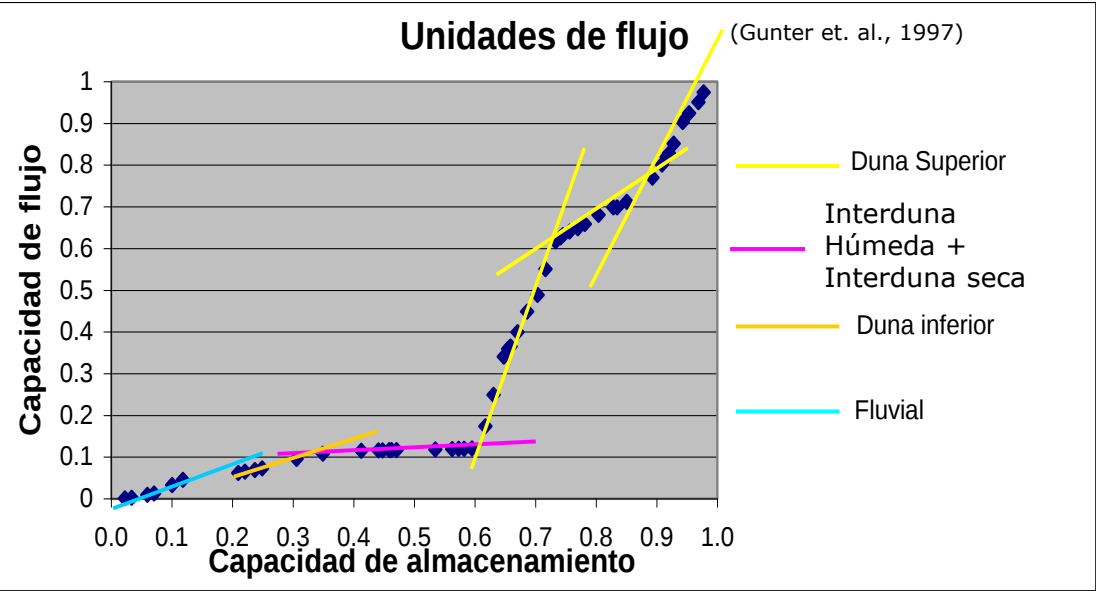
Flujograma Modelo Petrofísico



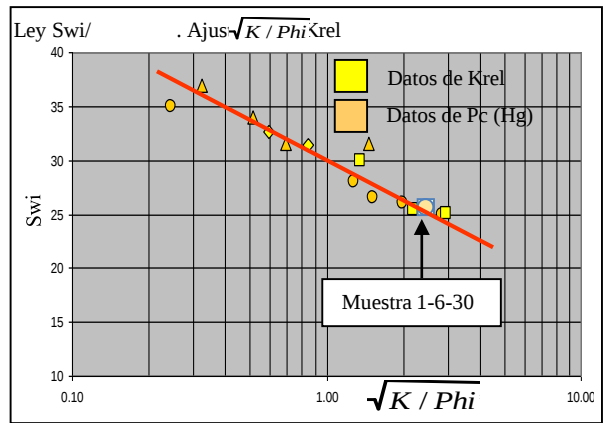
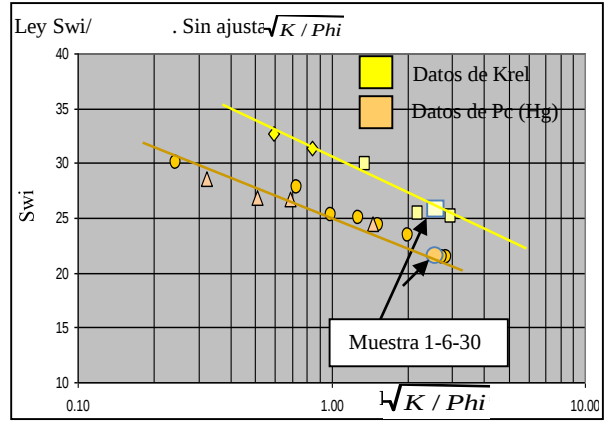
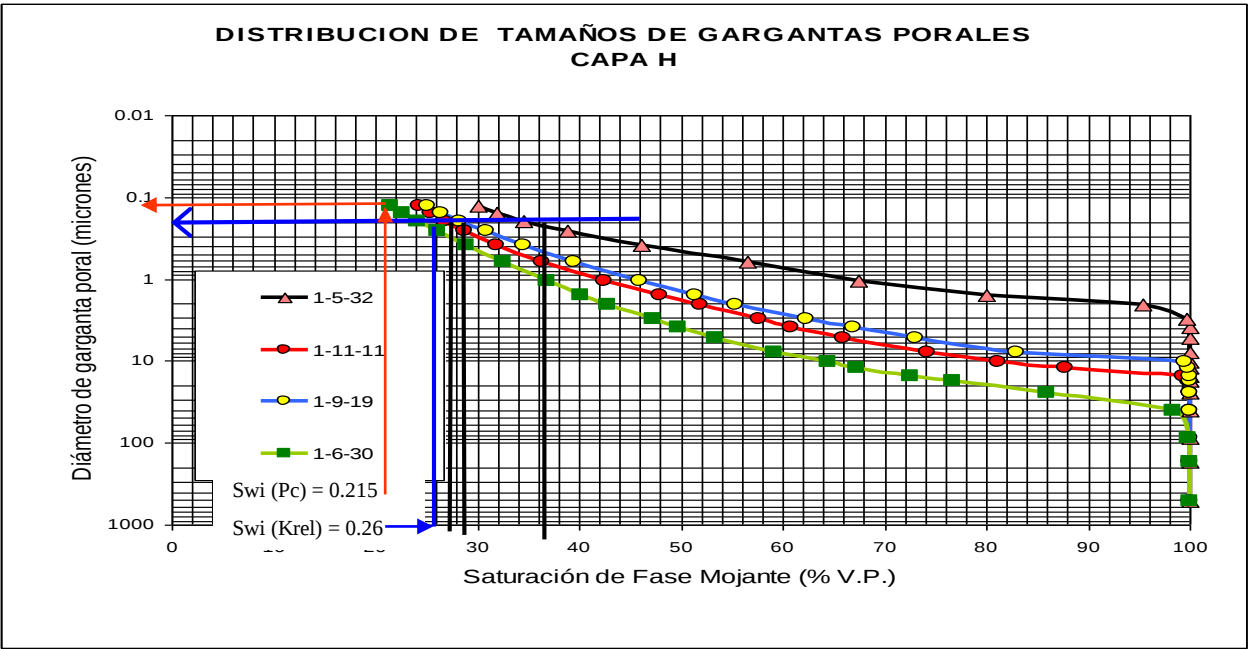
Petrofacies



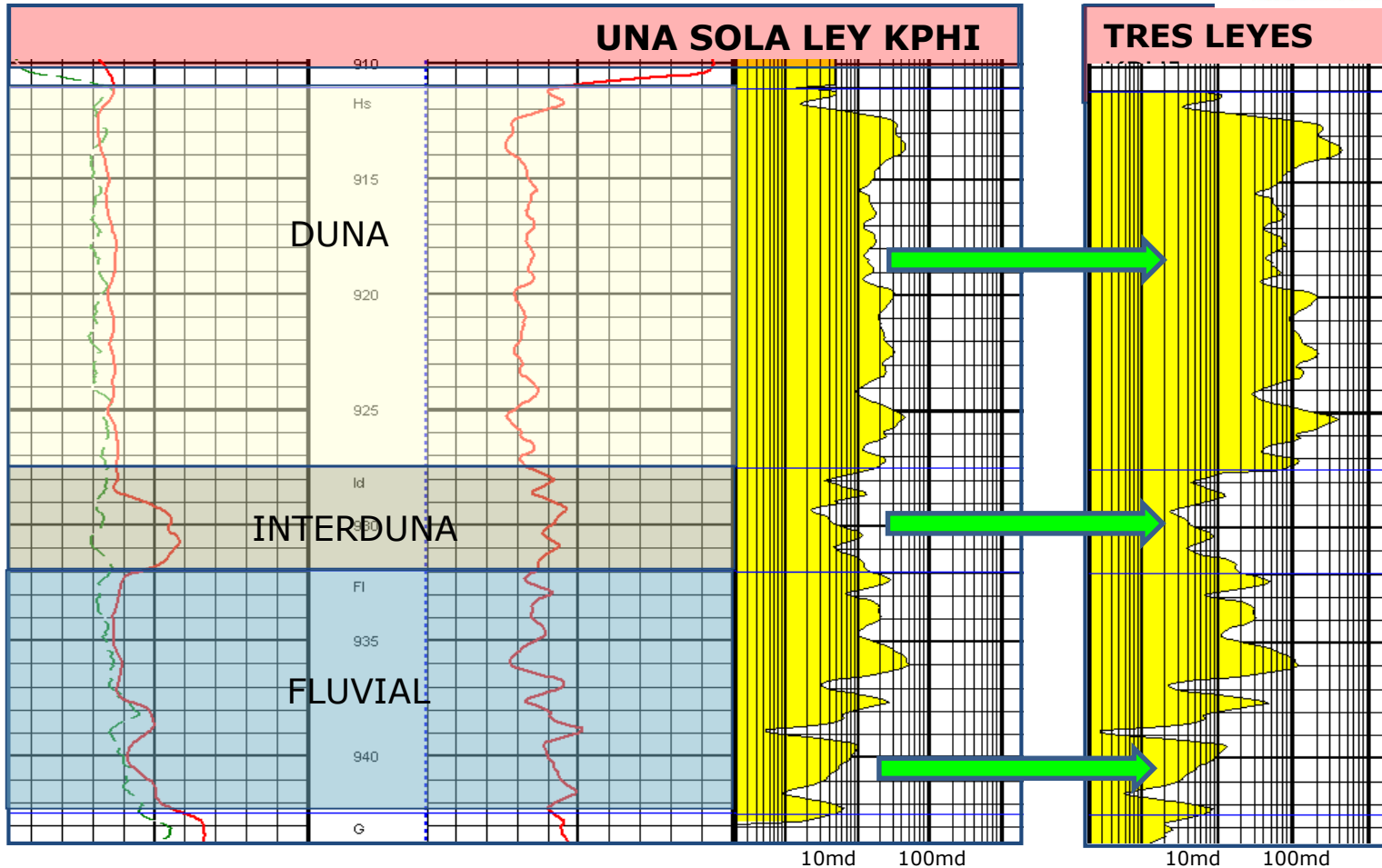
Argentine Petroleum Section



Modelo de Swi



Modelo de Permeabilidad



Valores de corte (cut off)

Método Scribner - Engineer



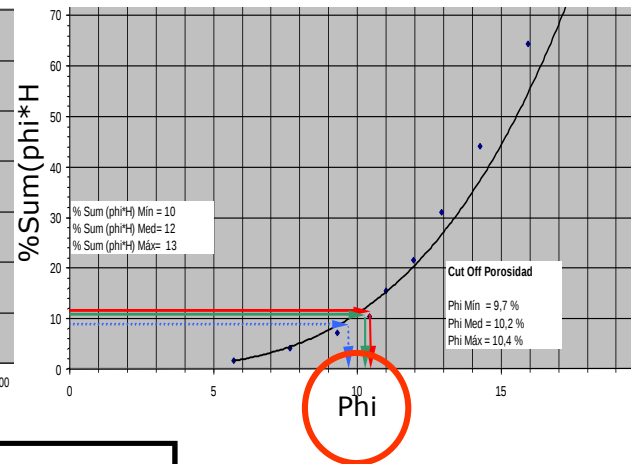
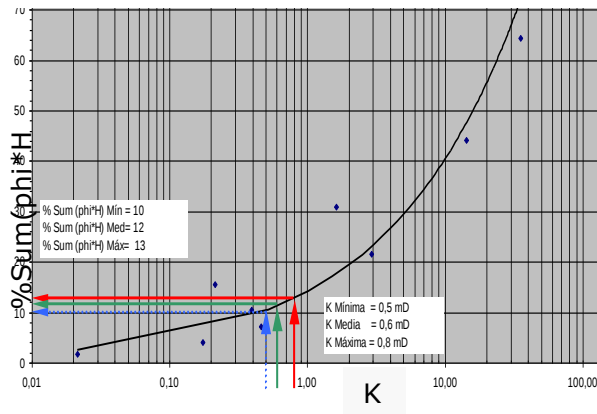
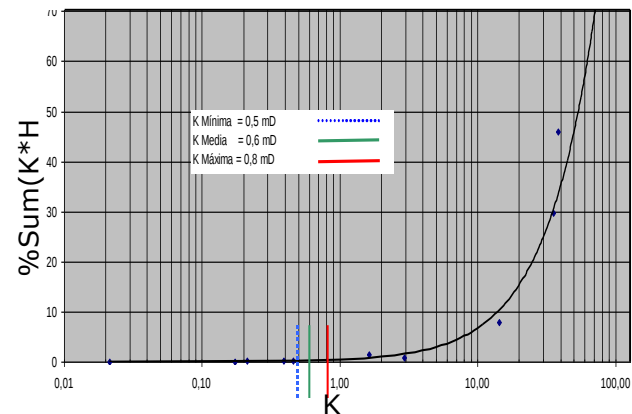
% Sum $(K*H)/K$



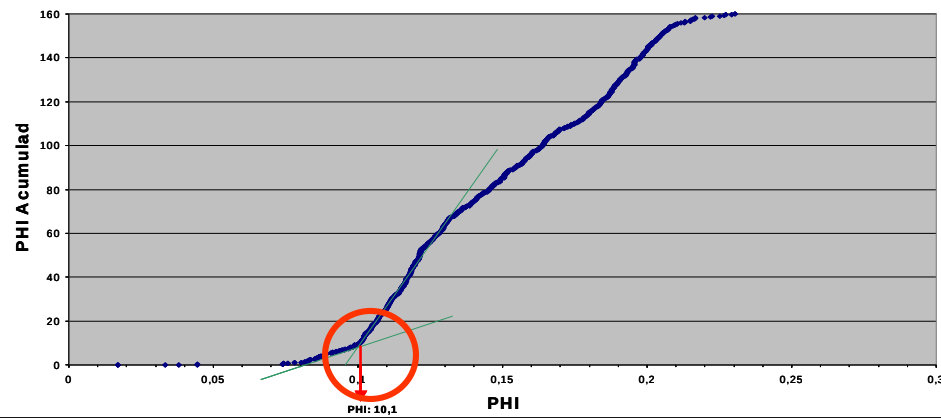
% Sum $(\phi * H)/K$



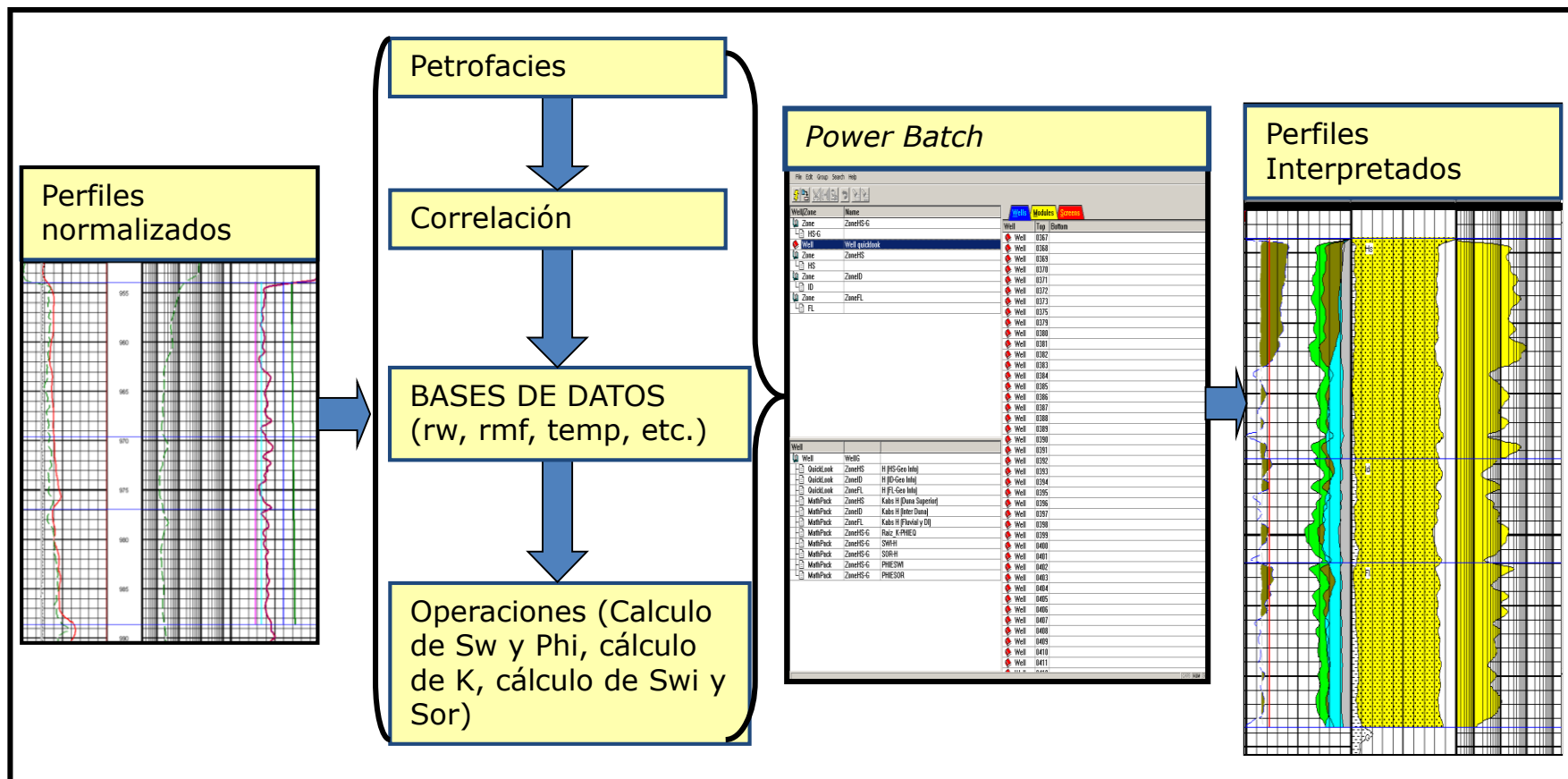
% Sum $(\phi * H)/\phi$



CUT OFF Porosidad PH-0439, PH-0471, PH-0529 y PH-0429



Modelo Petrofísico en todos los pozos



Modelo Petrofísico en todos los pozos

Metodología tradicional

- Porosidad,
Saturación,
Permeabilidad, Swi y
Sor



- 3 Petrofacies

- 600 Pozos

S	M	T	W	T	F	S
1	X	X	X	X	X	7
8	X	X	X	X	X	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

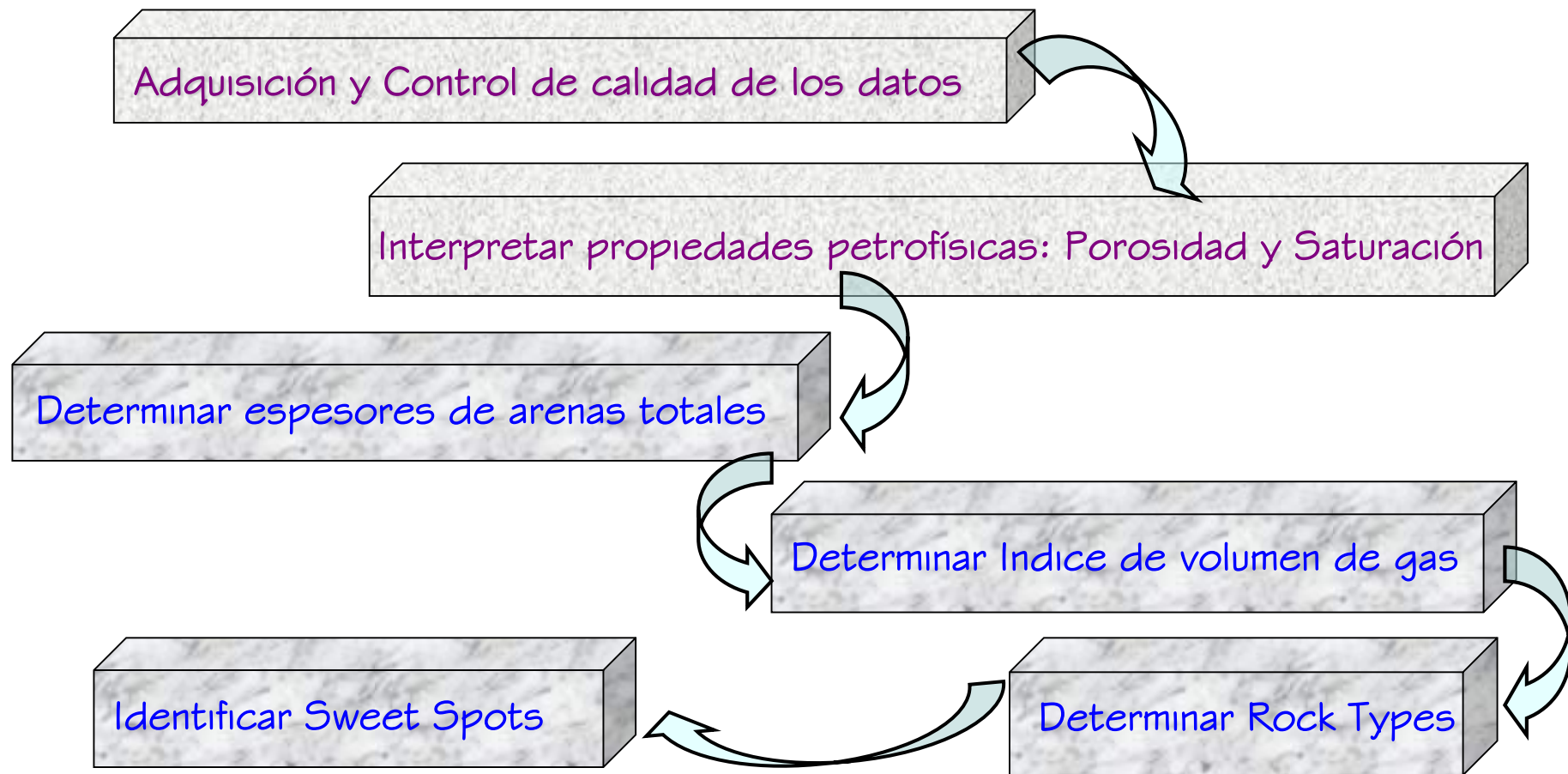
Metodología Utilizada



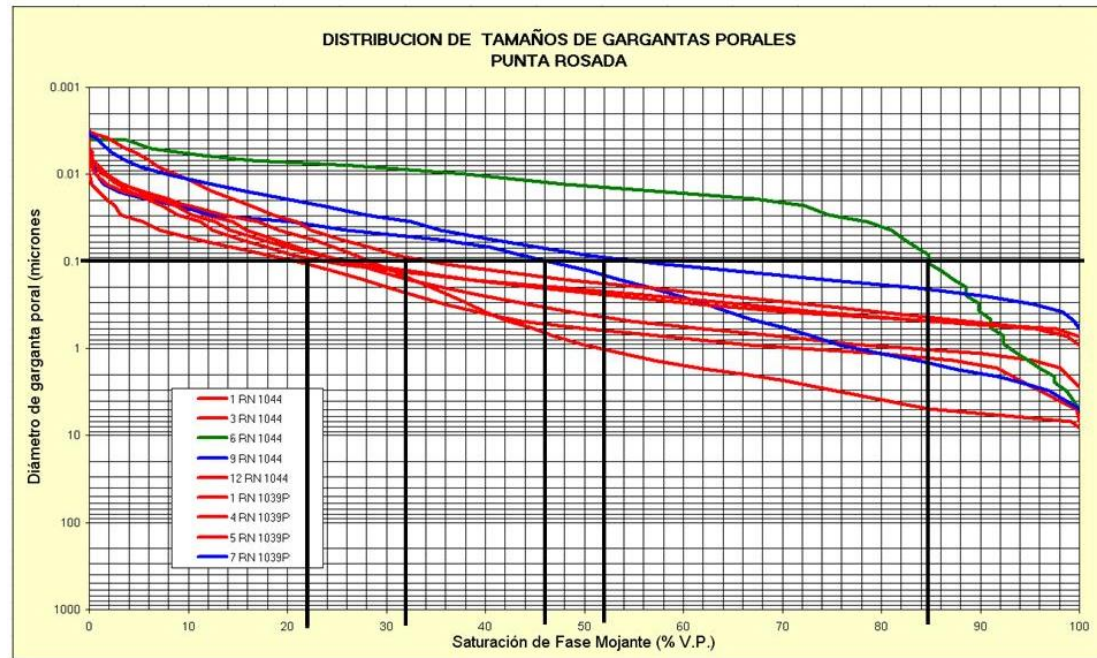
S	M	T	W	T	F	S
1	X	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

ANALISIS PETROFISICO PARA IDENTIFICAR SWEET SPOTS EN UN RESERVORIO TIGHT GAS

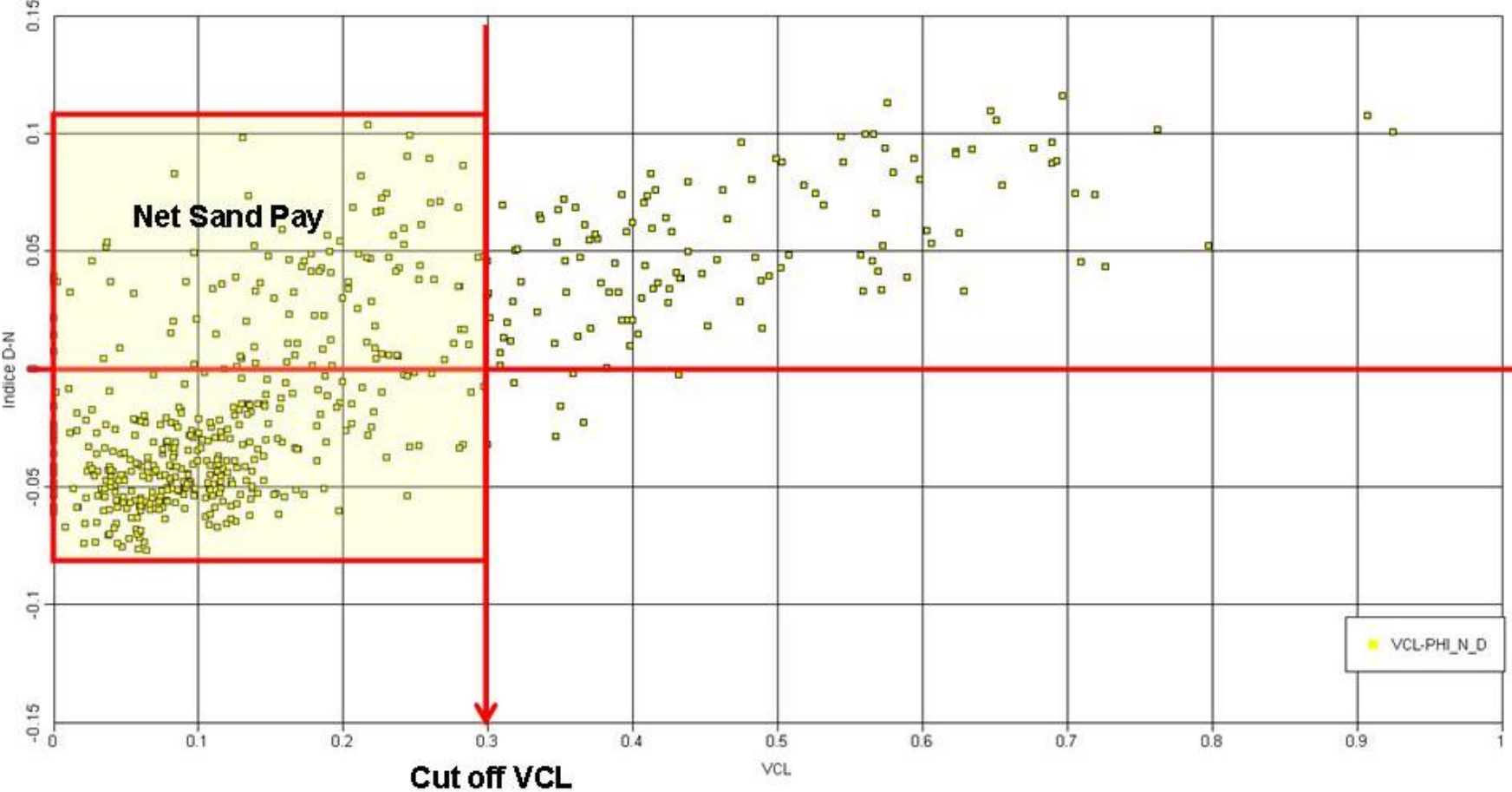
Flujo de Trabajo



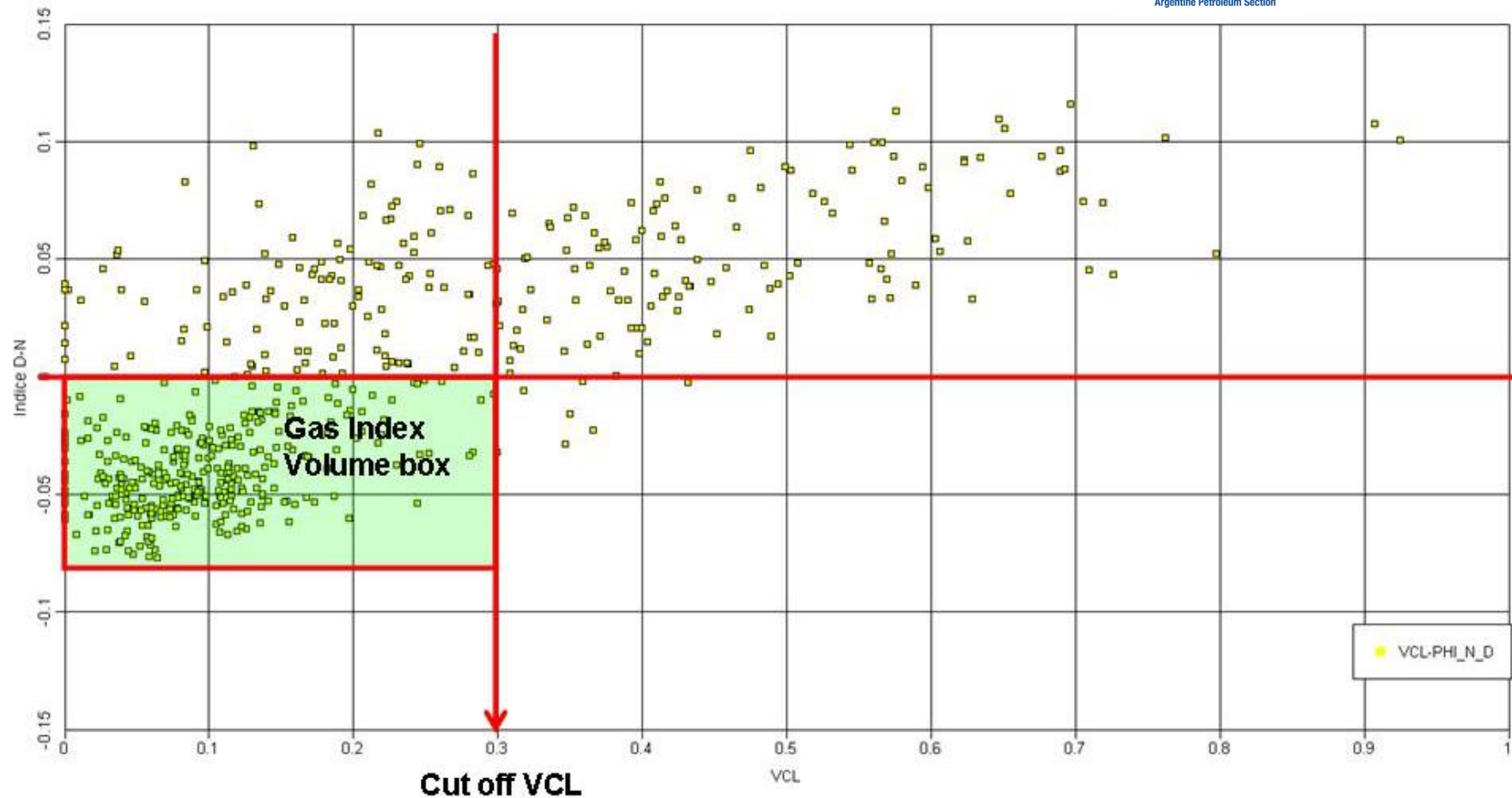
Pampaenergía



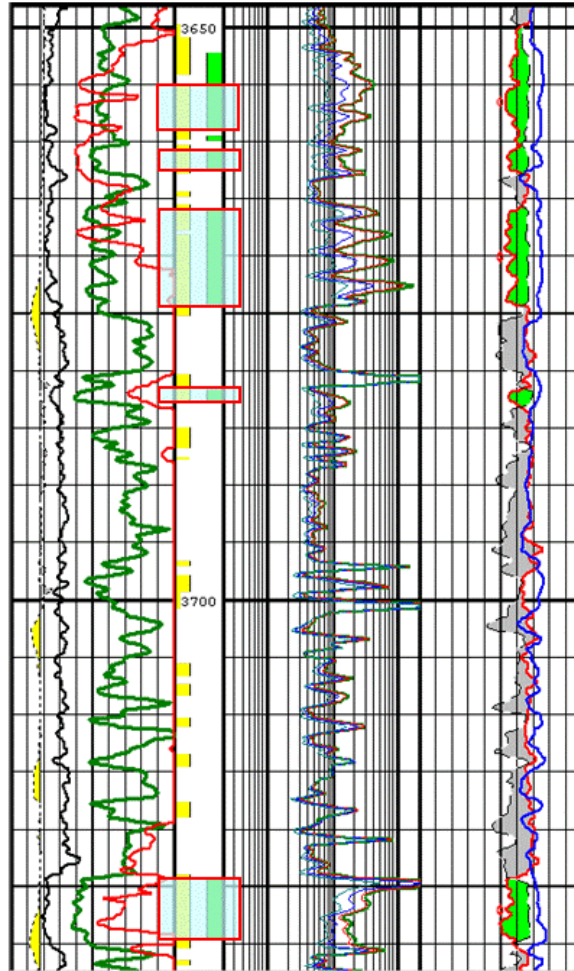
Net Sand Pay (NSP)



Gas Index Volume (GIV)



Net Reservoir (Hk)



Net Sand Pay (NSP)



Gas Index Volume (GIV)

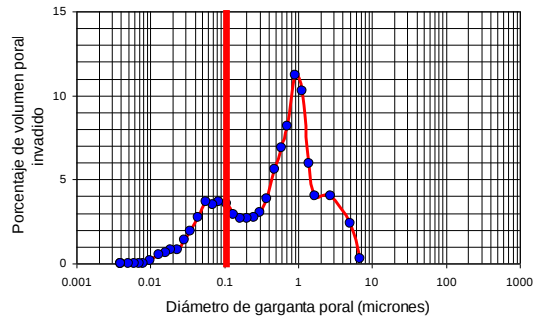


Net Reservoir (Hk)

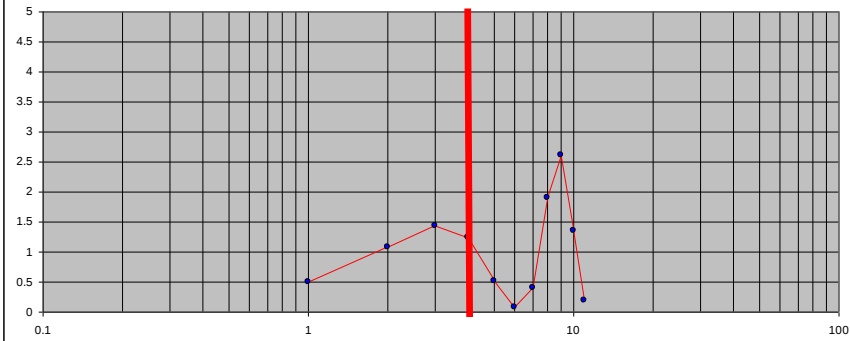
Rock Types

DISTRIBUCION DE TAMAÑOS DE GARGANTAS PORALES

método de inyección de mercurio
PUNTA ROSADA

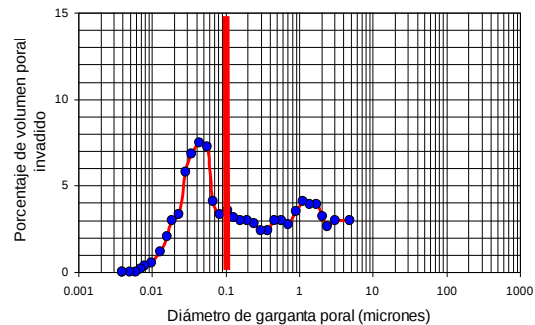


Distribución de Bines (3780 mts.)

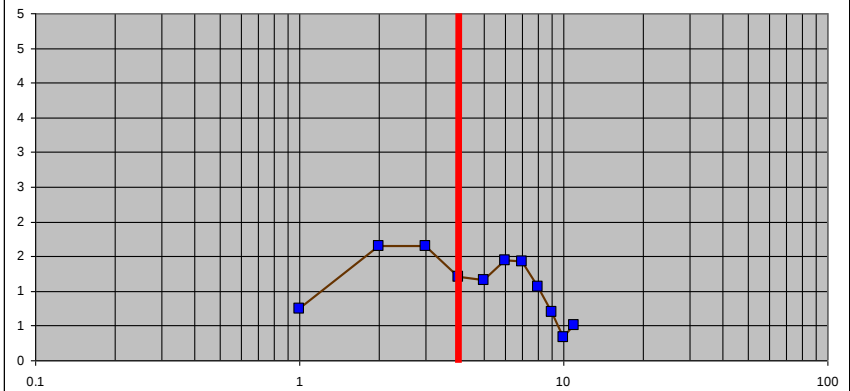


DISTRIBUCION DE TAMAÑOS DE GARGANTAS PORALES

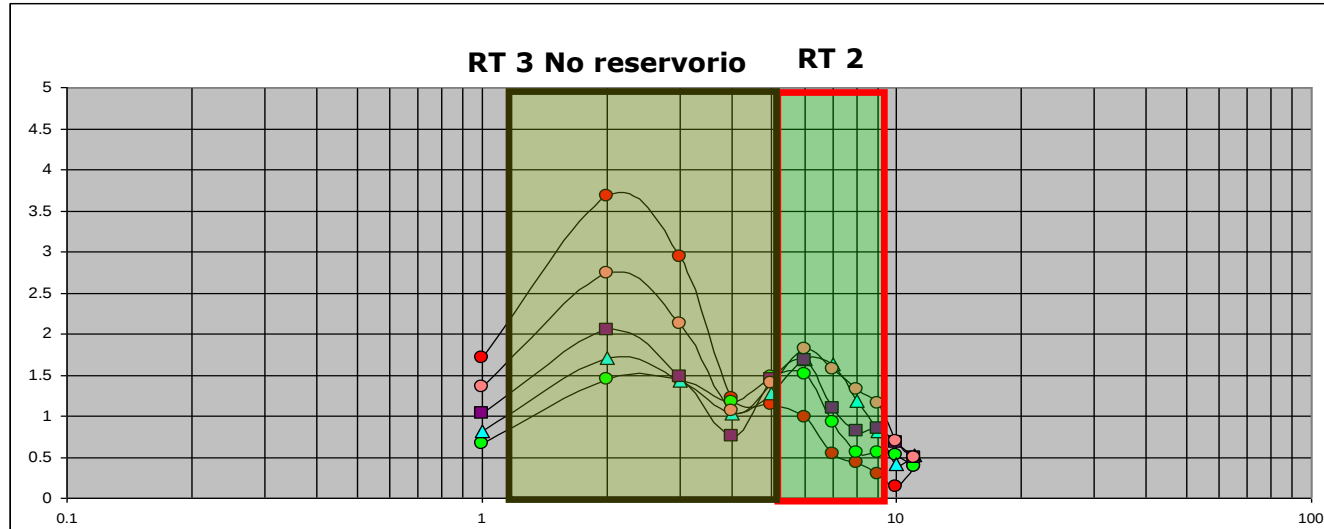
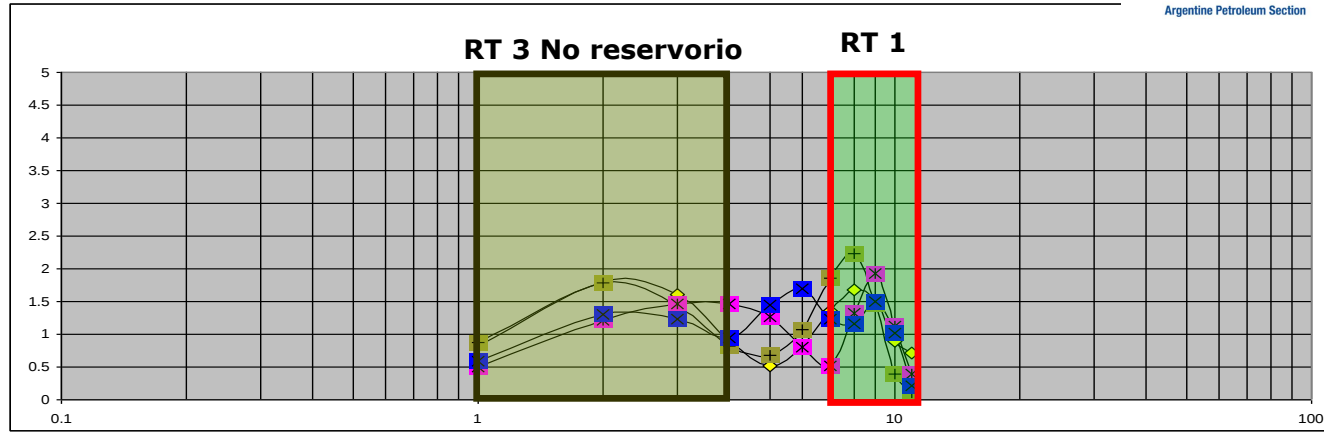
método de inyección de mercurio
PUNTA ROSADA



Distribución de Bines



Rock Types



Sweet Spots (SSI- Sweet Spot Index)

$$SSI = \frac{(Hk \text{ nrm} + RT \text{ 1nrm} + RT \text{ 2 nrm} - RT \text{ 3 nrm} + GIV \text{ nrm})}{5}$$

SSI = Sweet Spot Index

Hk nrm = Thickness normalized of Net Reservoir

RT 1 nrm = Normalized Rock Type 1

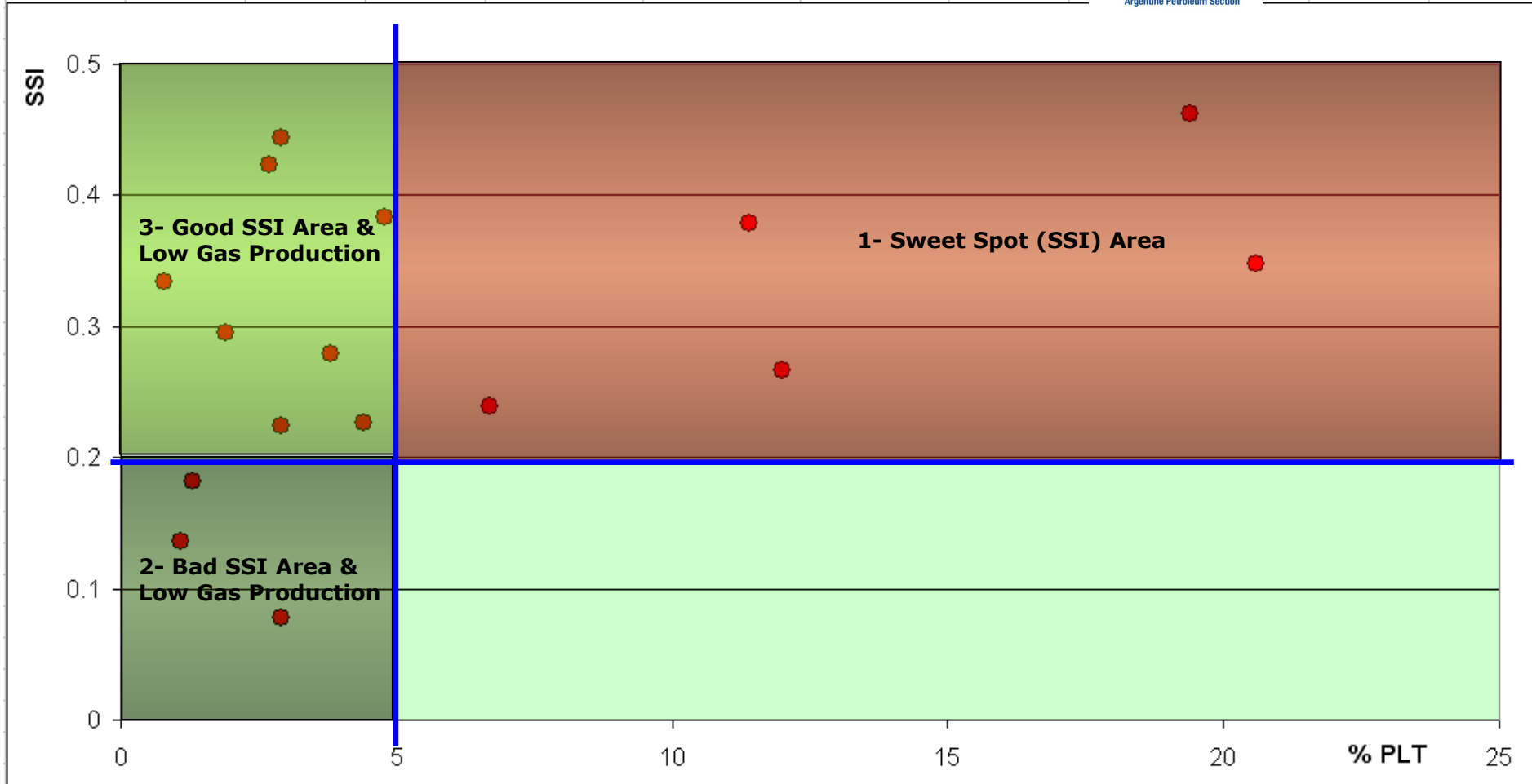
RT 2 nrm = Normalized Rock Type 2

RT 3 nrm = Normalized Rock Type 3

GIV nrm = Normalized Gas Index

Interval	Qg Mm3	% PLT	Hk nrm	%RT1 nrm	%RT2 nrm	%RT3 nrm	Gas Index Vol. nrm
MiddlePR	10	3.8	0.73	0	0.63	0.63	0.67
MiddlePR	3.5	1.3	0.26	0	0.525	0.73	0.86
MiddlePR	5	1.9	0.16	0.68	0.40	0.37	0.60
MiddlePR	7.5	2.9	0.48	0.10	0.93	0.29	1
MiddlePR	17.5	6.7	0.18	0	0.75	0.52	0.79
MiddlePR	7.5	2.9	0.40	0.32	0	1	0.68
MiddlePR	12.5	4.8	0.45	0	1	0.29	0.755
MiddlePR	7.5	2.9	0.73	0	0.45	0.80	0.745
MiddlePR	51	19.4	0.225	0.79	0.58	135	0.85
MiddlePR	11.5	4.4	0.39	0.13	0.52	0.65	0.76
MiddlePR	30	11.4	0.31	1	0.17	0.37	0.79
MiddlePR	31.5	12	0.40	0	0.66	0.61	0.89
LowerPR	54	20.6	0.585	0.60	0.26	0.56	0.86
LowerPR	2	0.8	1	0.17	0.55	0.59	0.54
LowerPR	3	1.1	0.53	0	0.33	0.91	0.73
LowerPR	7	2.7	0.58	0.20	0.77	0.37	0.95

Sweet Spots (SSI- Sweet Spot Index)



Conclusiones



- **La definición de los objetivos, en función del estado del campo es importante para la estrategia de toma de datos. En otras palabras fase exploratoria, de delimitación, desarrollo o gerenciamiento se deberán tener programas de adquisición acordes para cada uno de ellos.**
- **Definir los estudios de Laboratorio (Geología, Petrofísicos, Geoquímicos, Geomecánicos) en la escala necesaria y en el orden correspondiente para lograr la mejor caracterización.**
- **Integrar toda la información (cuali y cuantitativa) para el modelo petrofísico inicial.**
- **Generar un modelo predictivo con el ajuste Roca-Perfil a partir de los “key wells” y extrapolar al resto de los pozos para poder lograr el modelo petrofísico con menor incertidumbre.**

Agradecimientos



Agradezco a la comisión de la SPE Argentina, por la invitación y a Pampa Energía por permitirme presentar hoy en este Webinar.

claudio.naides@pampaenergia.com