



# Evaluación de la invasión de lodos de perforación mediante trazadores

**Grupo Medios Porosos**

Facultad de Ingeniería, UNComahue.

Neuquén, Argentina

# Instalaciones de perforación

## *Vista esquemática*

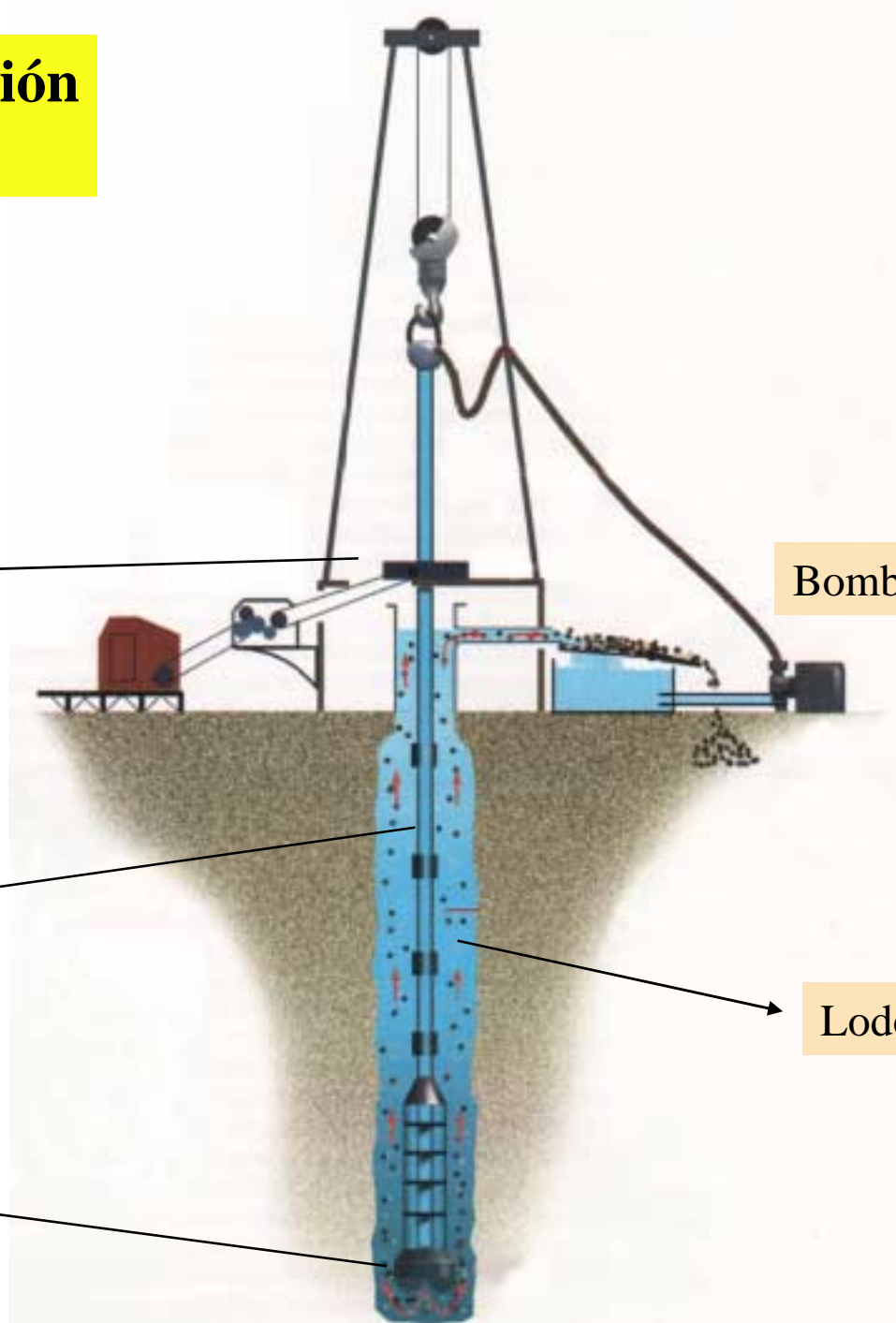
Mesa rotante

Bomba de lodo

tubería

Lodo

trépano

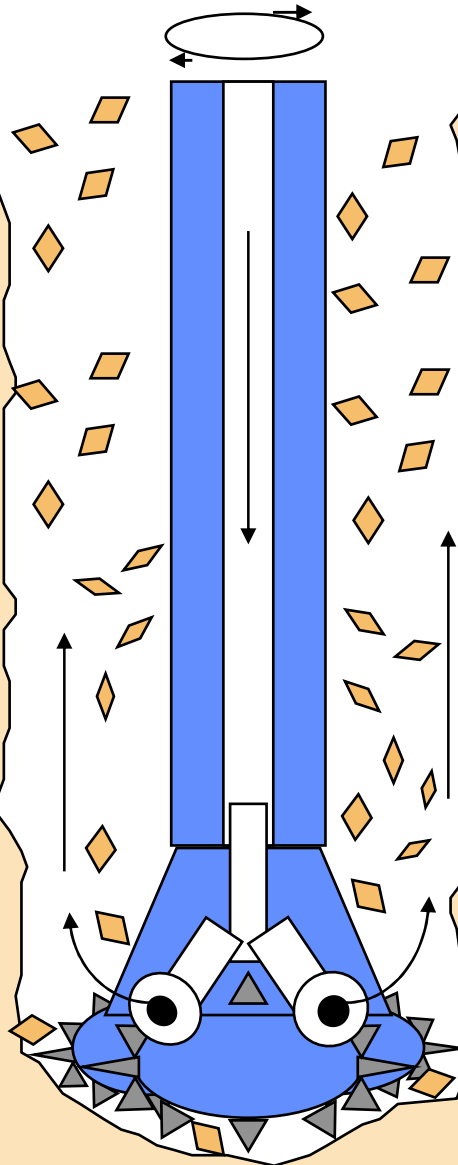


# Función del lodo de perforación

La tubería es rotada desde la superficie. Dientes de material sumamente duro, fijos al trépano, rompen la roca en fragmentos denominados corrientemente “cutting”.

Por el interior de la tubería se inyecta un lodo “especial” a través de toberas ubicadas en el cuerpo del trépano.

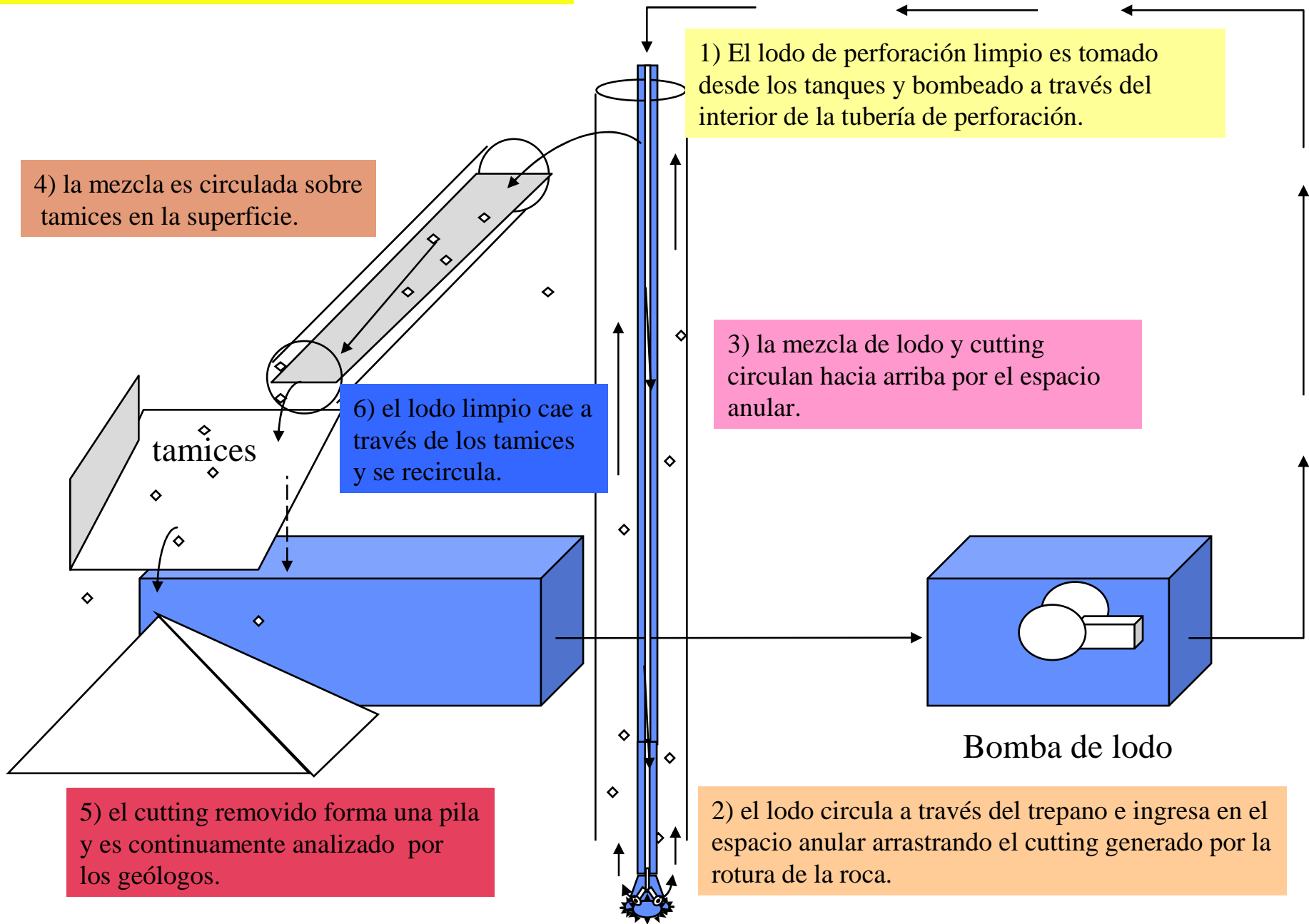
El lodo esta constituido por un fluido base (hidrocarburo o agua) en el cual se suspende una fase sólida (bentonita, baritina) y un agente gelificante



El lodo sirve para refrigerar y conducir hacia arriba los fragmentos de la roca hasta llegar a la superficie donde son removidos y el lodo recirculado.

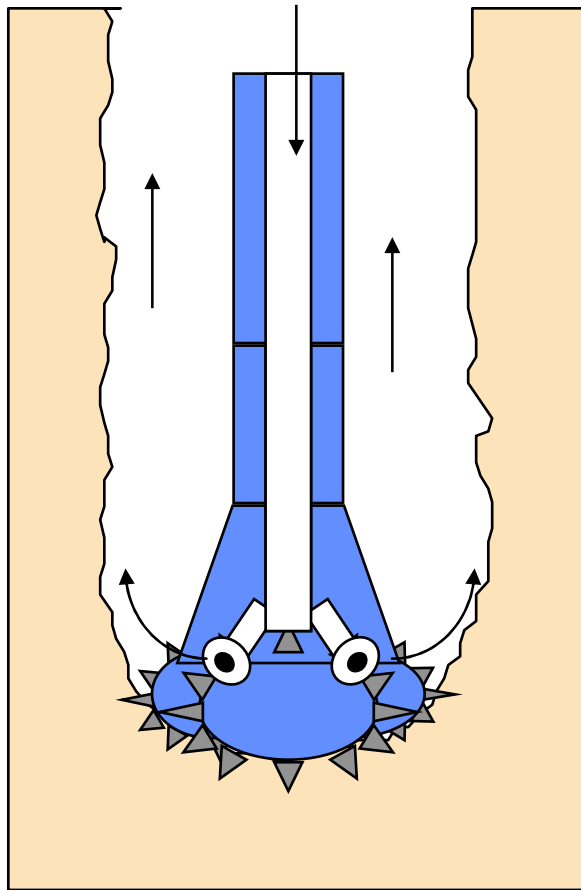
Adicionalmente controla la presión de los hidrocarburos (gas o petróleo) conteniendo su salida violenta

# Ciclo del lodo de perforación



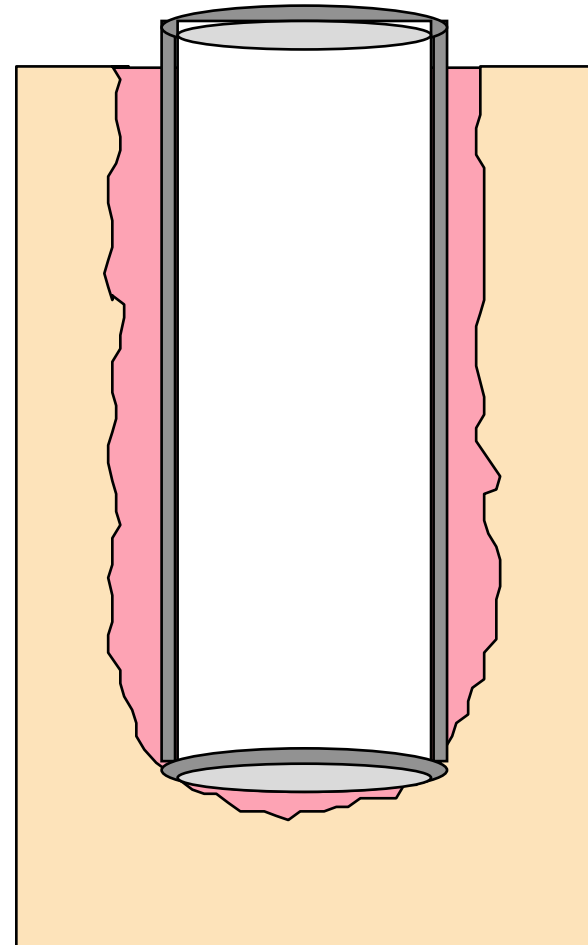
# Secuencia de entubado del pozo

Primero se usa un gran trepano para perforar un pequeño intervalo del pozo.



Luego se coloca una tubería de gran diámetro (casing) y se cementa por fuera para evitar el desmoronamiento del pozo.

0'

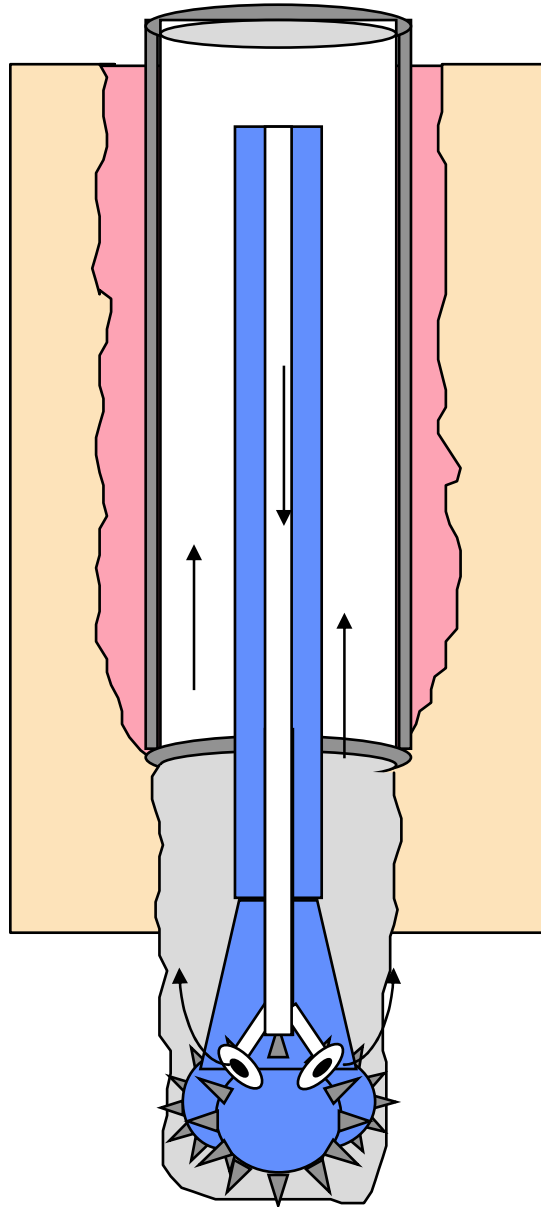


200'

# Secuencia de entubado del pozo

Luego un trepano mas pequeño se baja por el casing.

Este trepano perfora el fondo del pozo con un menor diámetro.

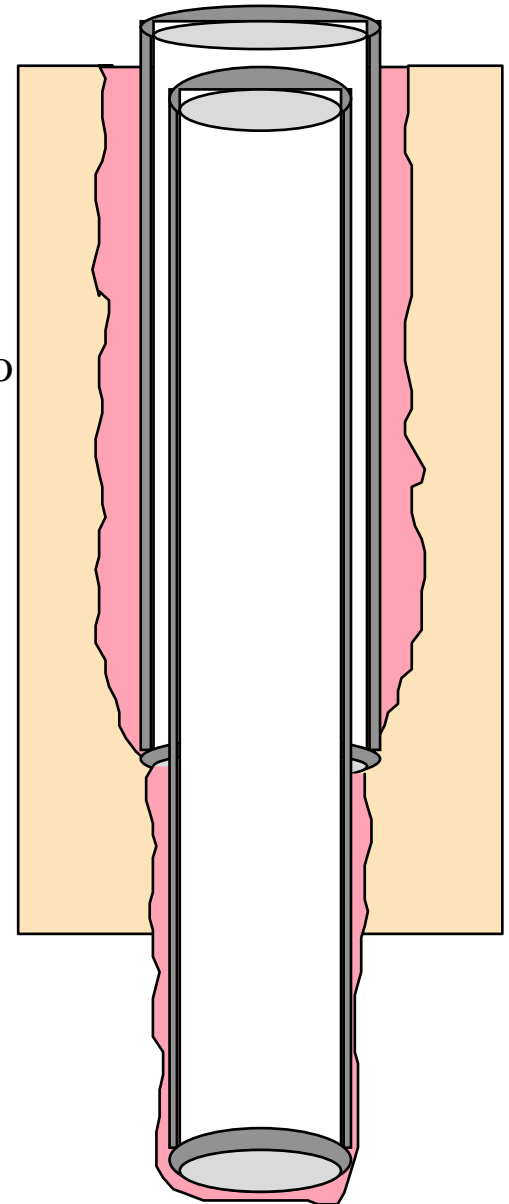


0'

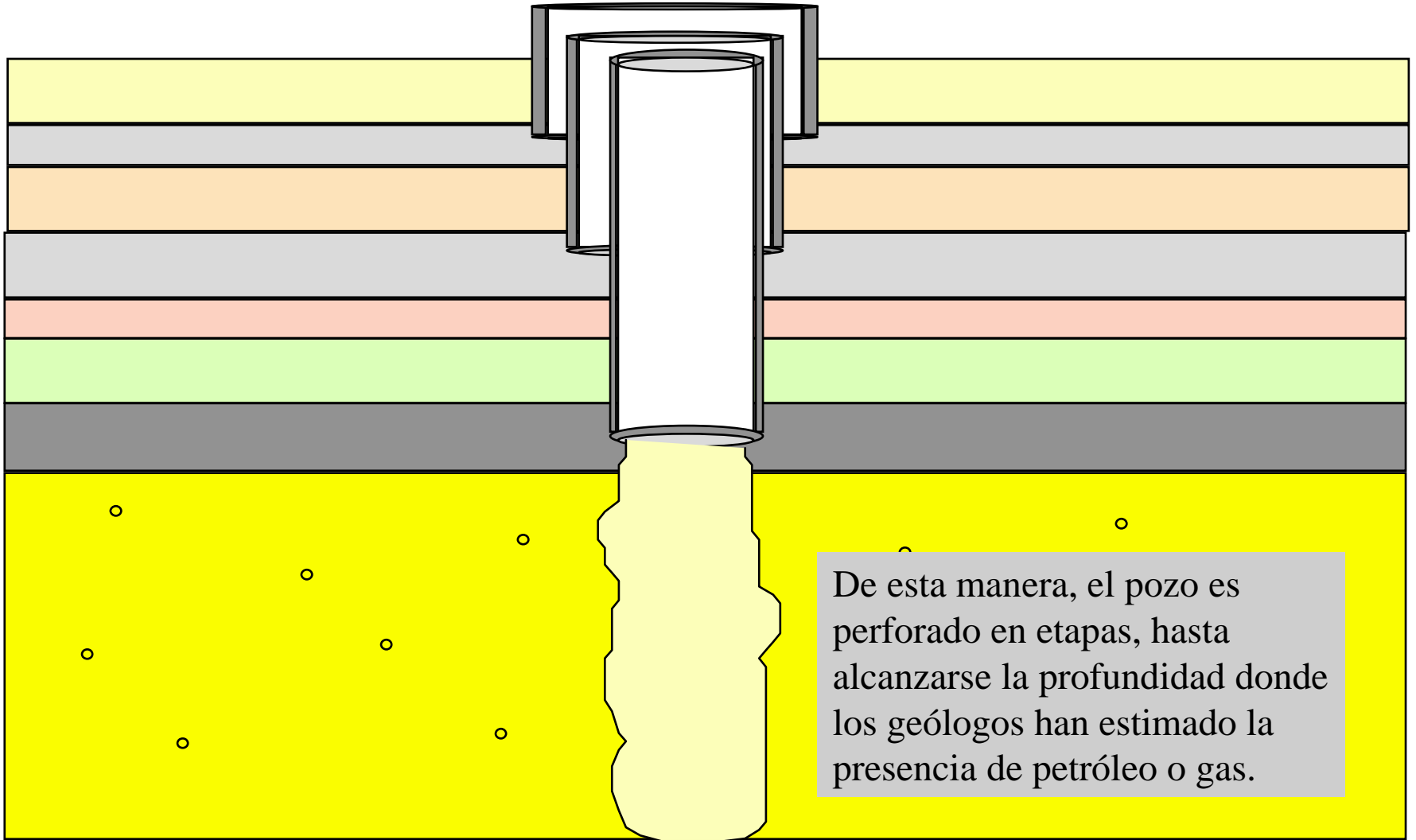
Finalmente se coloca un casing de menor diámetro y se cementa por detrás

200'

500'

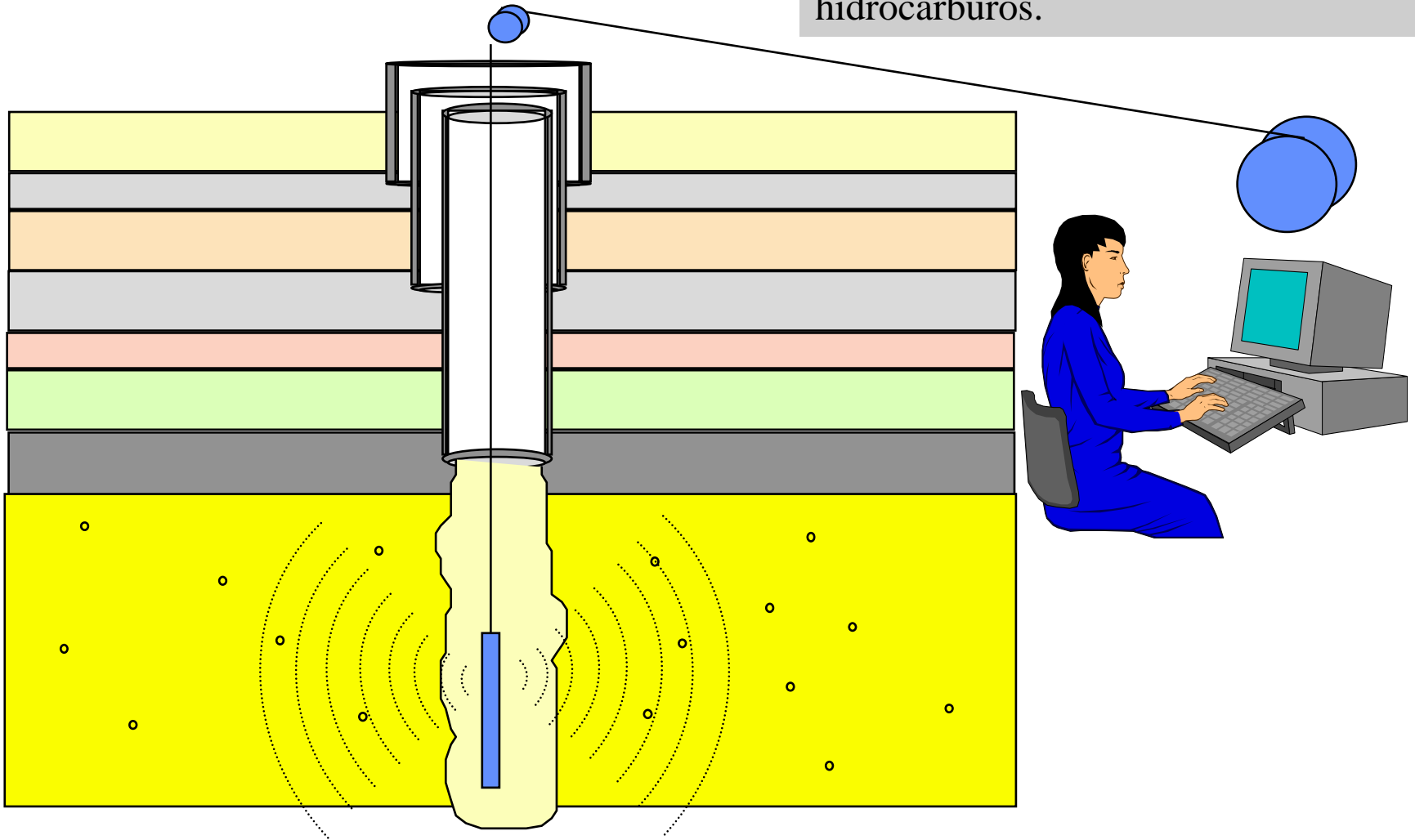


# Secuencia de entubado del pozo



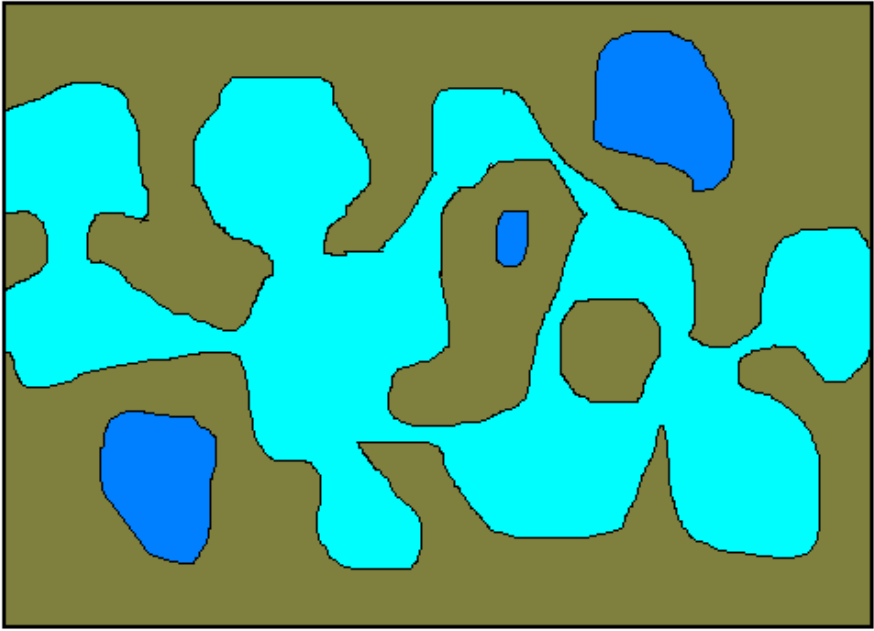
# Perfilaje de la zona productiva

Herramientas sujetas por alambres y conectadas eléctricamente a la superficie permiten registrar determinadas propiedades físicas de la roca, indicadoras de la presencia de hidrocarburos.





# Porosidad



Poros:   
 ↗ aislados

↘ conectados

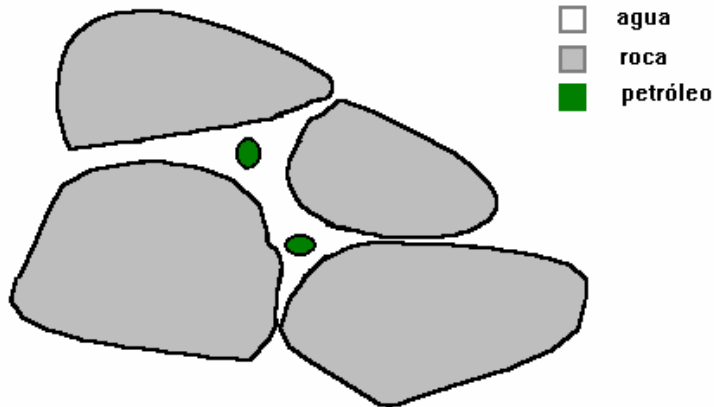
↗ extremos

↘ interconectados

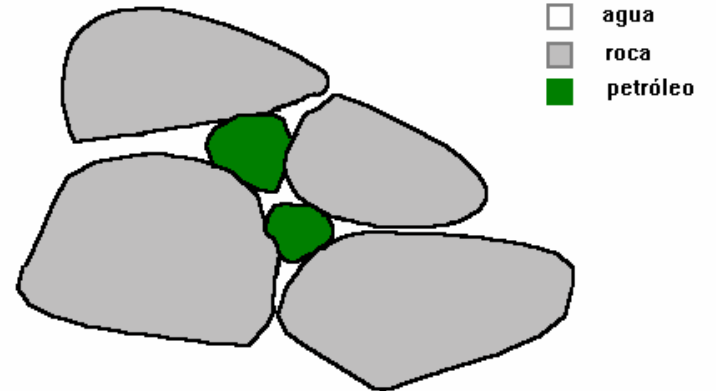
$$\phi = \frac{V_{poral}}{V_{muestra}}$$

$$\phi_{ef} = \frac{V_{pc}}{V_{muestra}}$$

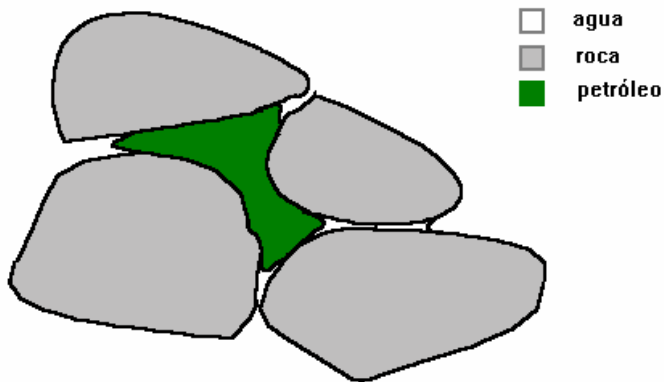
# Saturación de fluidos



SATURACION FUNICULAR



SATURACION CRITICA



SATURACION PENDULAR

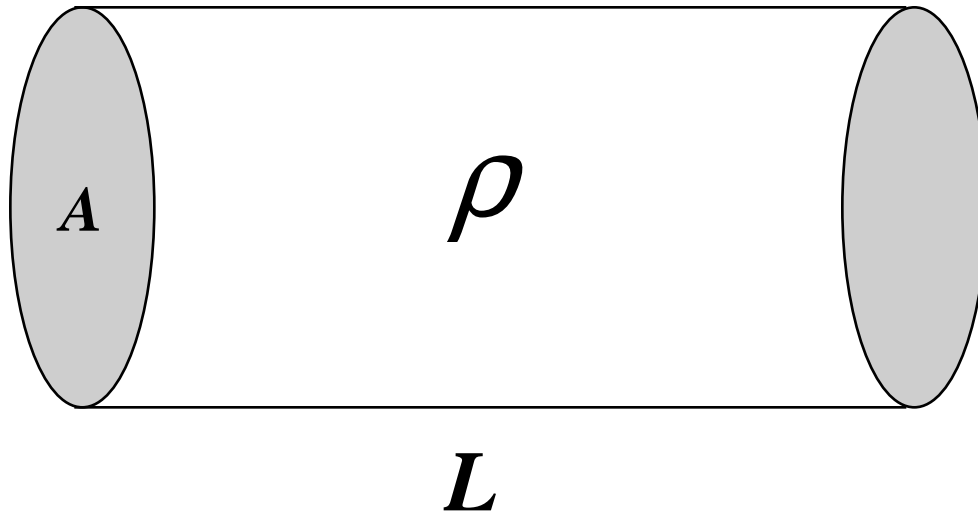
$$S_j = \frac{V_j}{V_p}$$

## Resistividad de la roca

Un parámetro muy ligado a la porosidad y saturación de fluidos es la resistividad de la roca.

La resistencia eléctrica  $R$ , de un medio homogéneo de resistividad  $\rho$  es:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$



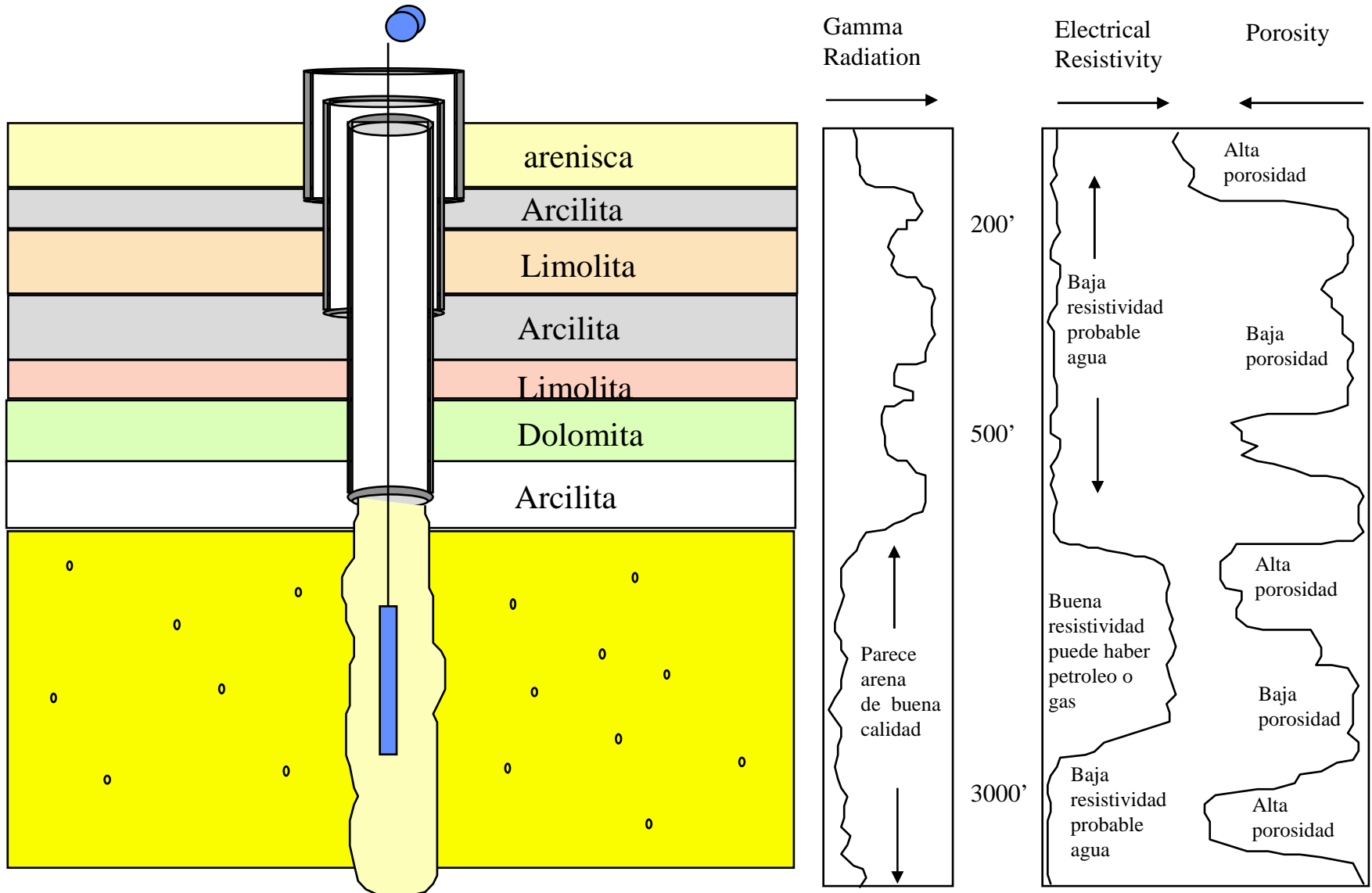
## Resistividad de la roca

Si el medio está constituido por una roca porosa de porosidad  $\Phi$  y saturación de agua  $S_w$ , su resistencia será aproximadamente :

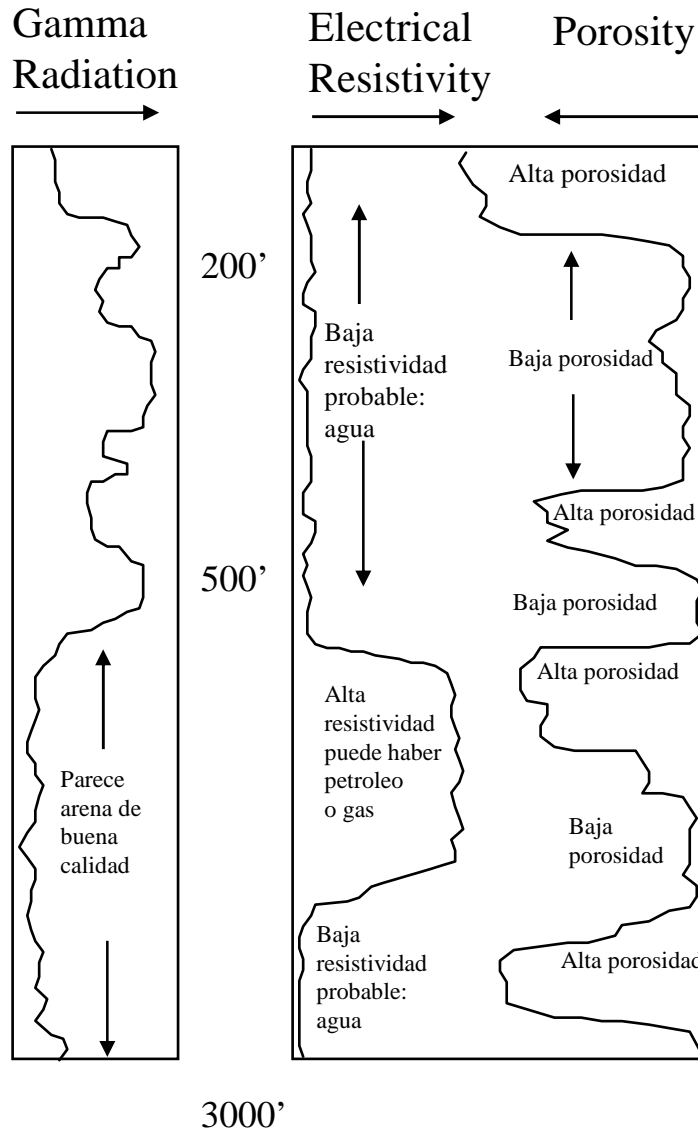
$$R = \rho_w \frac{L}{A \Phi S_w}$$

$\rho_w$ , la resistividad del agua de formación depende a su vez del contenido salino y la temperatura.

# Perfilaje de la zona productiva



# Perfilaje de la zona productiva



¿Donde deberíamos completar este pozo?

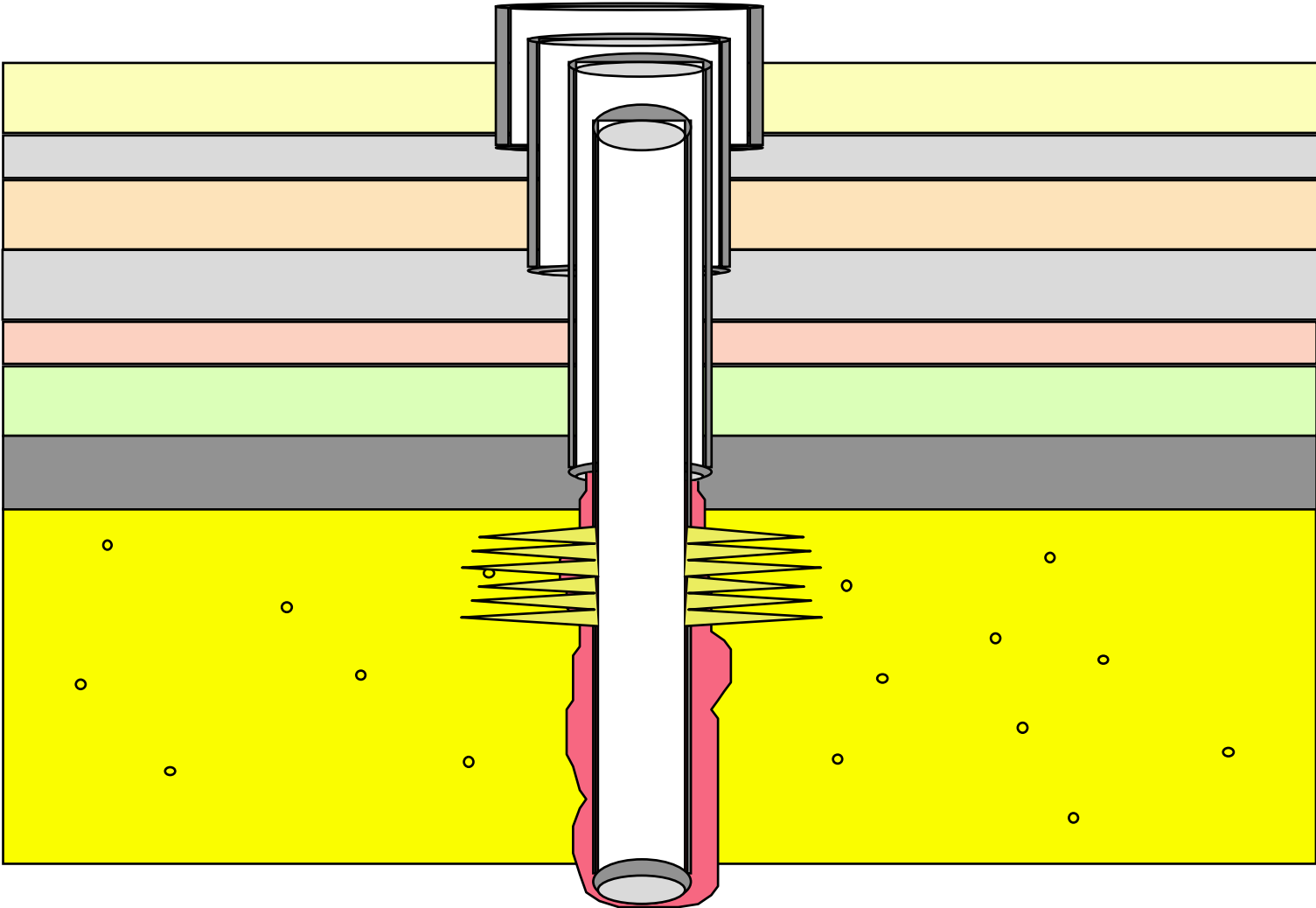


} justo aquí! Tenemos una arena limpia con buena porosidad y resistividad.

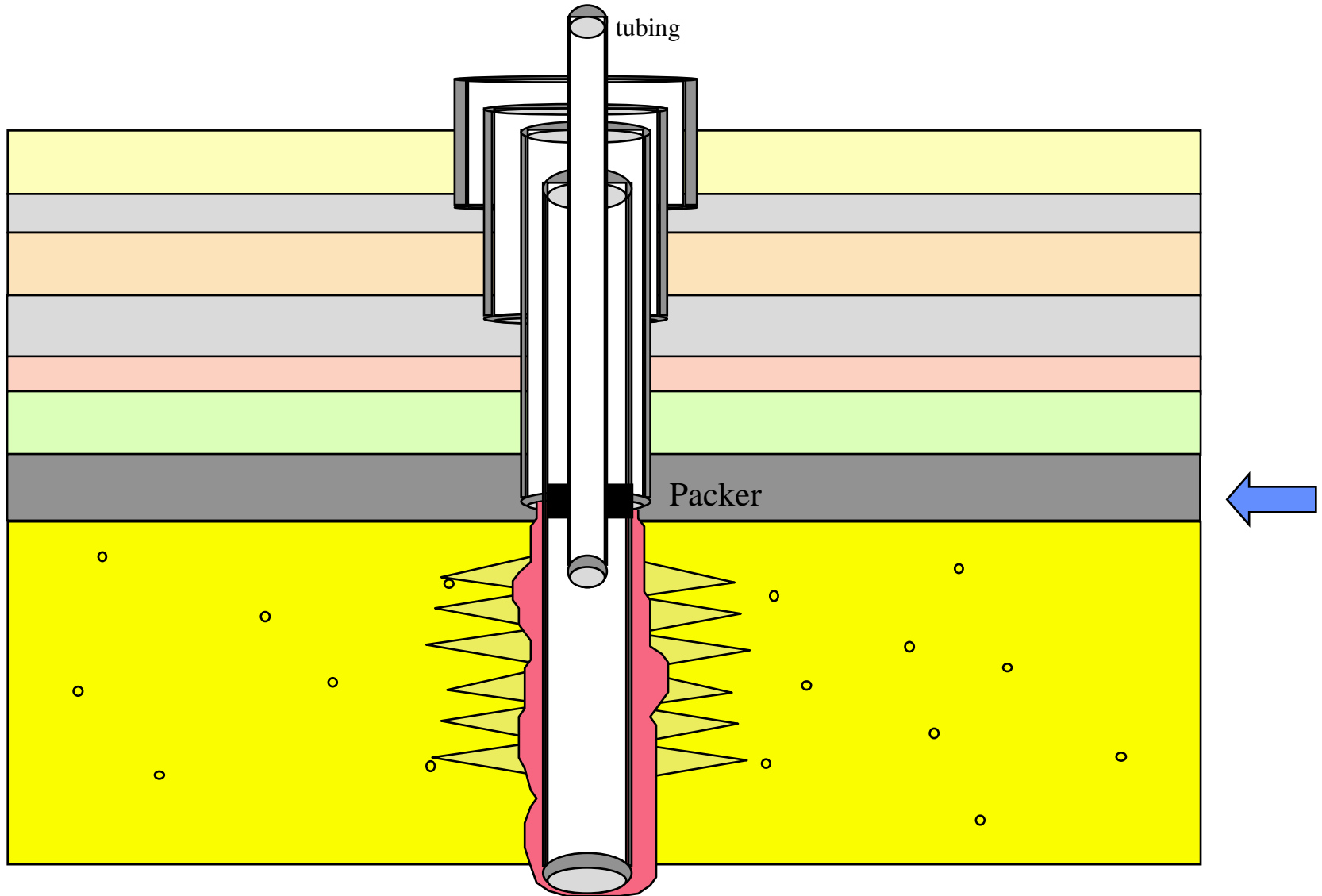
**El perfil de resistividad es esencial!!!**



# Entubado y punzado de la zona productiva



# Instalación de packer y tubería de producción





# Extracción de coronas



En ocasiones, cuando se trata de zonas nuevas, los geólogos suelen preferir tomar muestras de roca directamente en la zona productiva (cores o coronas) previo a la terminación del pozo.

## **Análisis de coronas**

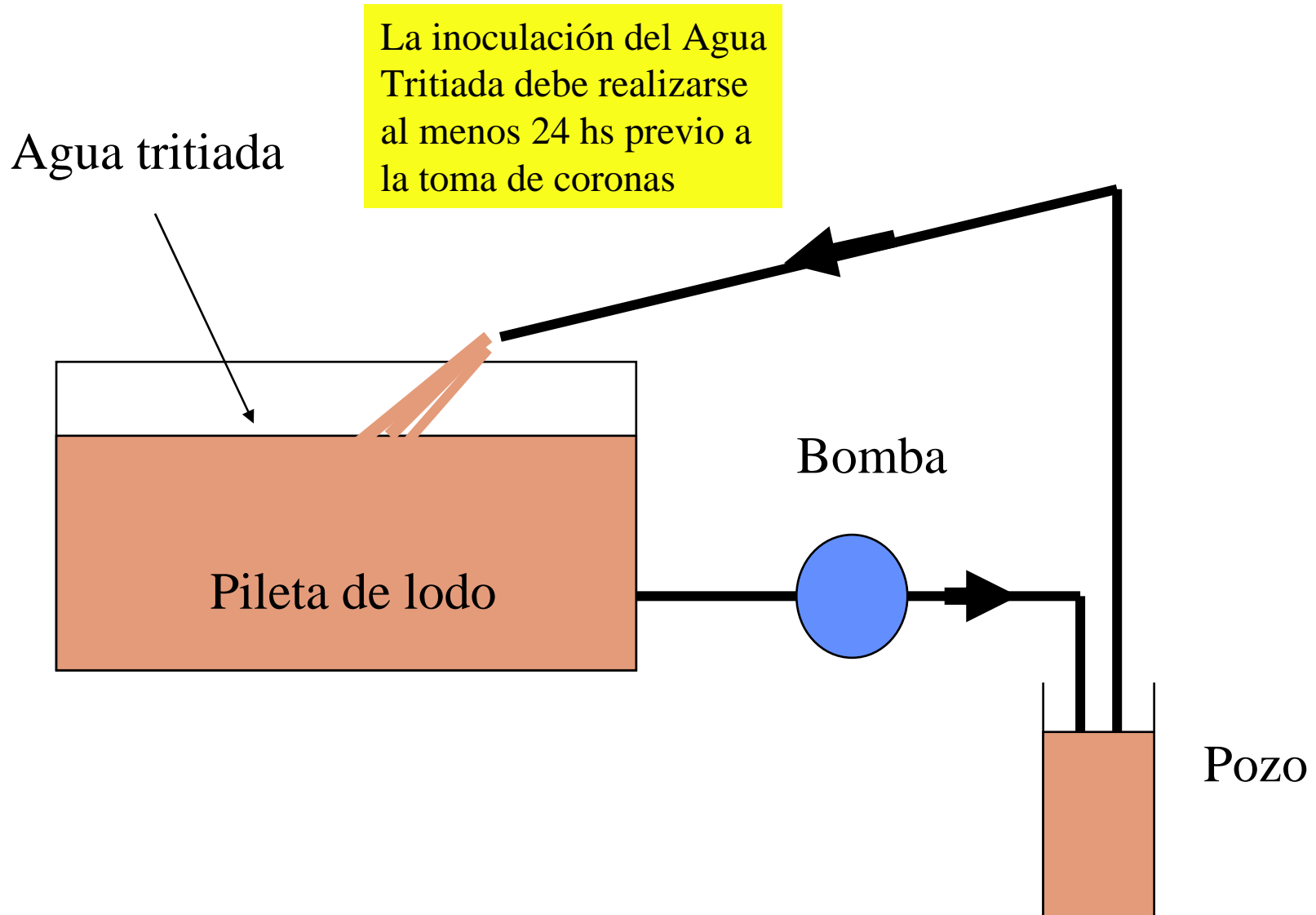
Las coronas se analizan en el laboratorio para evaluar parámetros tales como permeabilidad, porosidad y saturación de fluidos en forma directa.

Estos análisis se conocen genéricamente como "core analysis" y representan información sumamente valiosa para la evaluación y explotación del reservorio.

Sin embargo, tanto en la evaluación mediante perfiles como en los análisis sobre coronas debe considerarse que el lodo (o su filtrado) pueden entrar en la formación productiva y desplazar los fluidos naturales, tales como agua de formación e hidrocarburos.

Por ello resulta de enorme importancia evaluar las cantidades de lodo de perforación o filtrado presentes en las coronas.

# Marcado de lodos de perforación con base acuosa empleando Agua Tritiada



## Inoculación del lodo con Agua Tritiada



Una actividad adecuada para marcar un lodo consiste en inocular 10 mCi de agua tritiada cada 10000 litros de lodo.

De esta manera, si durante la extracción de las coronas se circulan 200000 litros de lodo, deberemos consumir 200 mCi de agua tritiada.

## Muestreo y análisis del lodo

Durante la toma de coronas, debe muestrearse el lodo en la boca del pozo. Es suficiente llenar potes de unos 500 cc de capacidad.

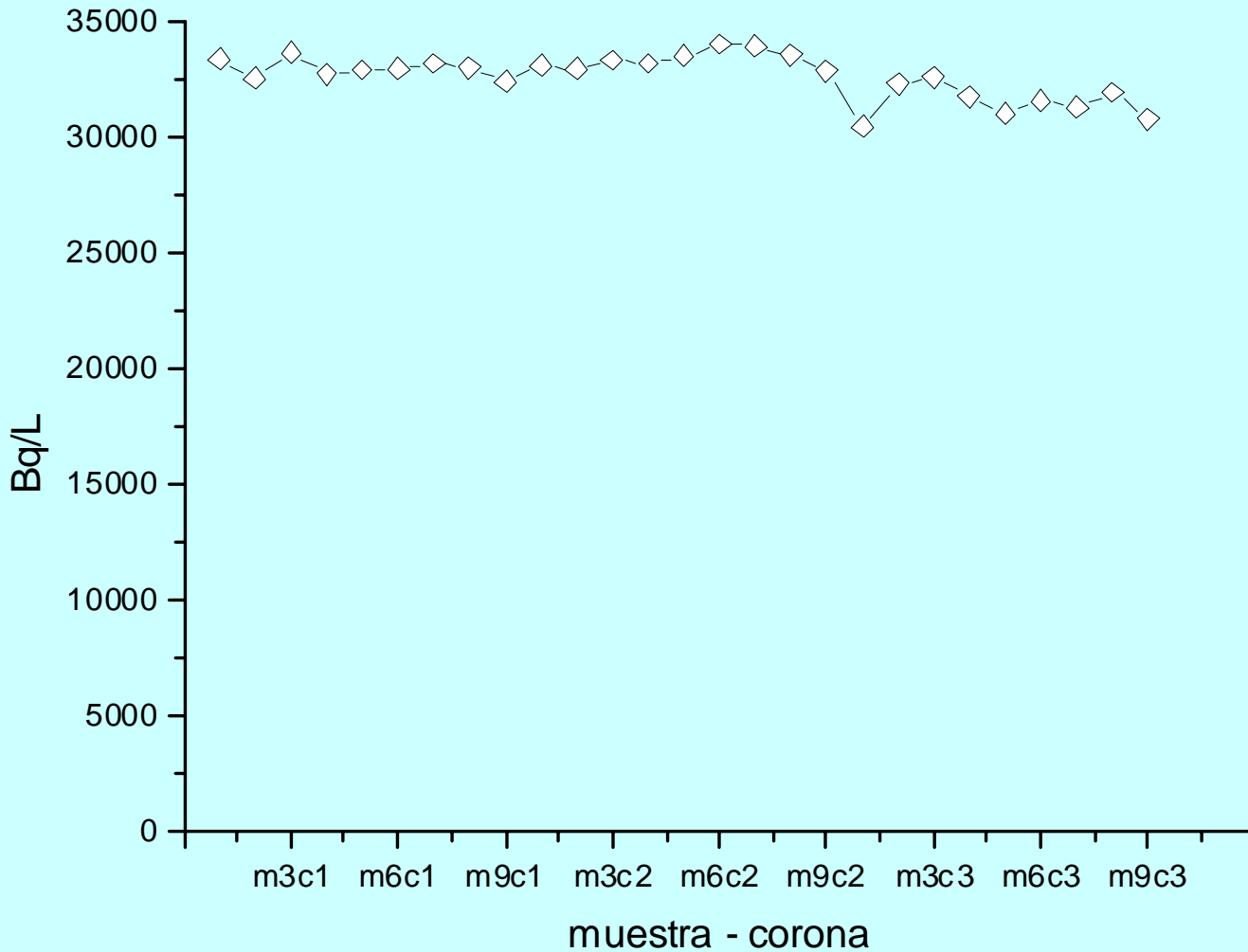
Es usual tomar una muestra por cada metro de corona que se extrae. Esto significa la toma de 10 muestras por corona.

Si se toman varias coronas, debe repetirse el procedimiento de muestreo para cada corona.

La medición del contenido de Tritio en las muestras de lodo requiere extraer el agua. Esto puede hacerse fácilmente por evaporación suave y condensación del vapor en viales de 20 cc.

De esta manera se logra “perfilar” la concentración de Tritio en todo el sector de la columna de lodo donde se extraen las coronas.

# Línea base de Tritio (concentración en el lodo)



## Análisis de testigos extraídos de las coronas

Luego de su extracción, las coronas deben ser enviadas al laboratorio, adecuadamente selladas y preservadas.

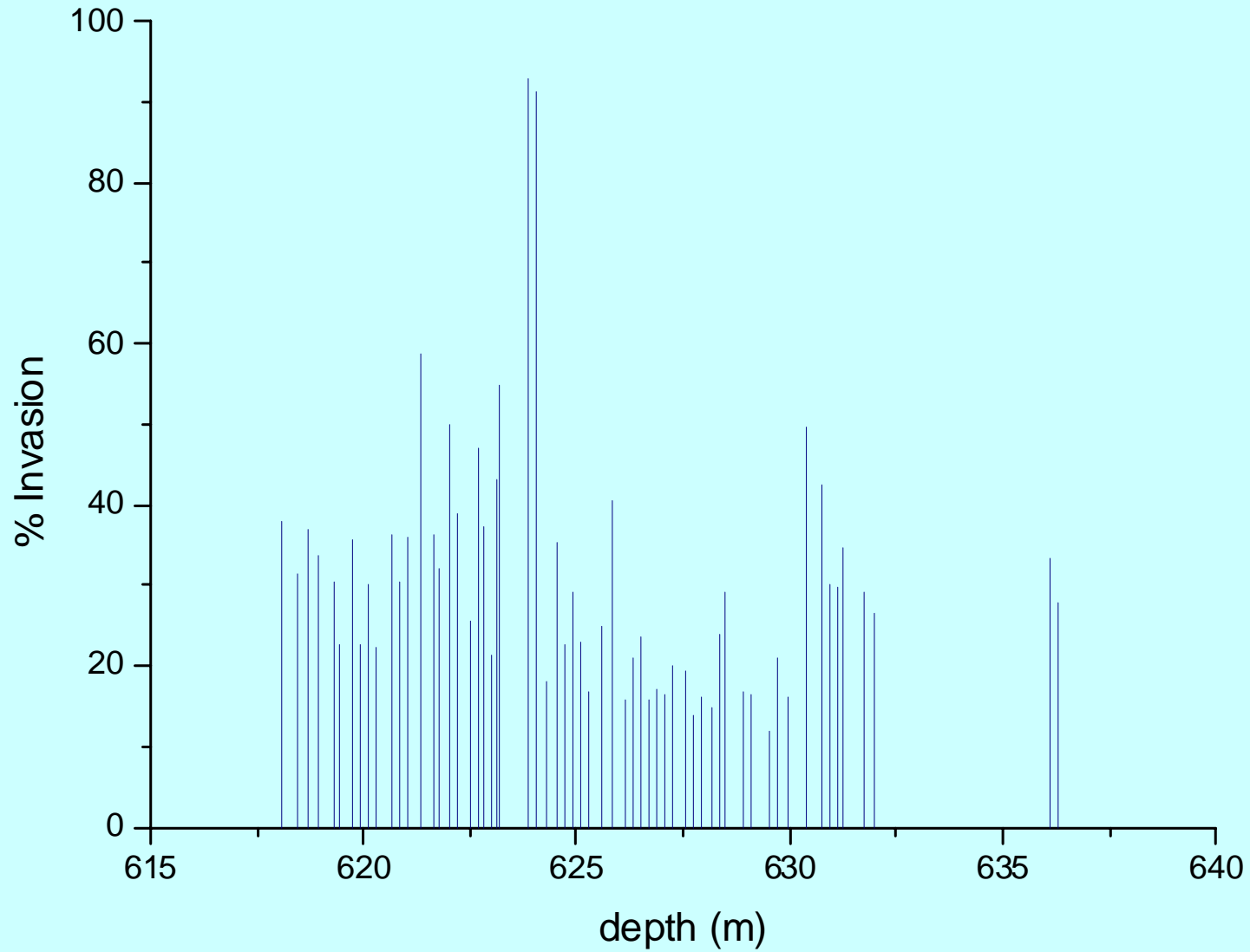
Uno de las tareas en el laboratorio es la medición del contenido de los fluidos presentes en distintos sectores de cada corona, corrientemente denominados testigos. Estos son pequeños cilindros de roca cortados mediante una herramienta especial.

A continuación debe medirse el contenido de Tritio en el agua extraída de cada testigo.

Finalmente el porcentaje de invasión se determina calculando el cociente:

$$\% \text{ Invasión} = \frac{C_{\text{Tritio testigo}}}{C_{\text{Tritio lodo}}}$$

# Perfil de invasión de la zona productiva





# Interpretación

En el grafico anterior se aprecia que el testigo tomado a la profundidad de 621.5 m, muestra una invasión del 60 %. Considerando que la composición de fluidos medida directamente sobre el testigo, en el laboratorio, haya sido:

Petróleo.....	50%
Agua .....	50%

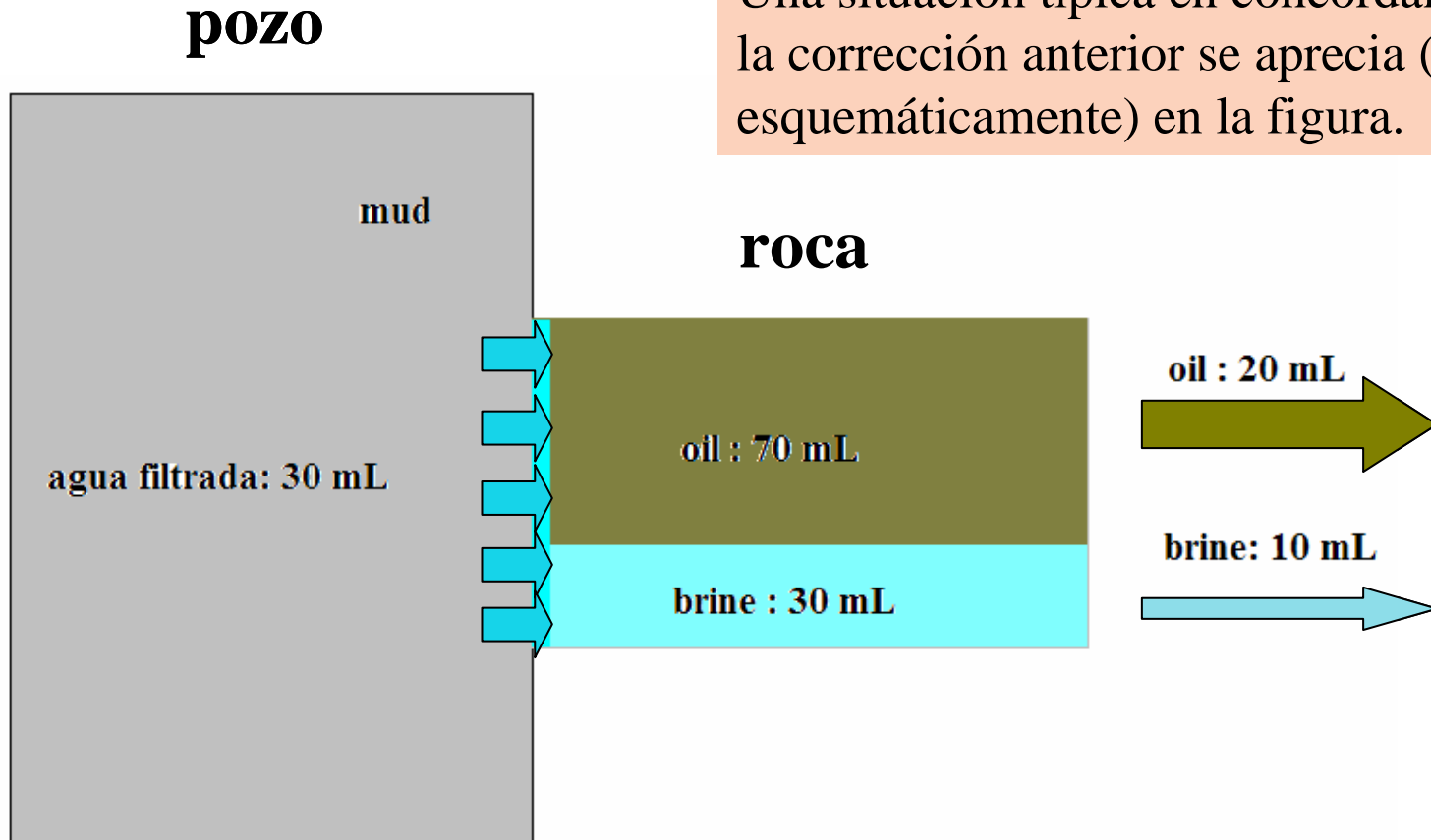
deberá ahora corregirse para dar:

Petróleo.....	50%
Agua de formación.....	20%
Agua filtrada desde el lodo.....	30%

Esto, considerando que el lodo o su filtrado desplacen preferentemente al agua de formación.

# Interpretación

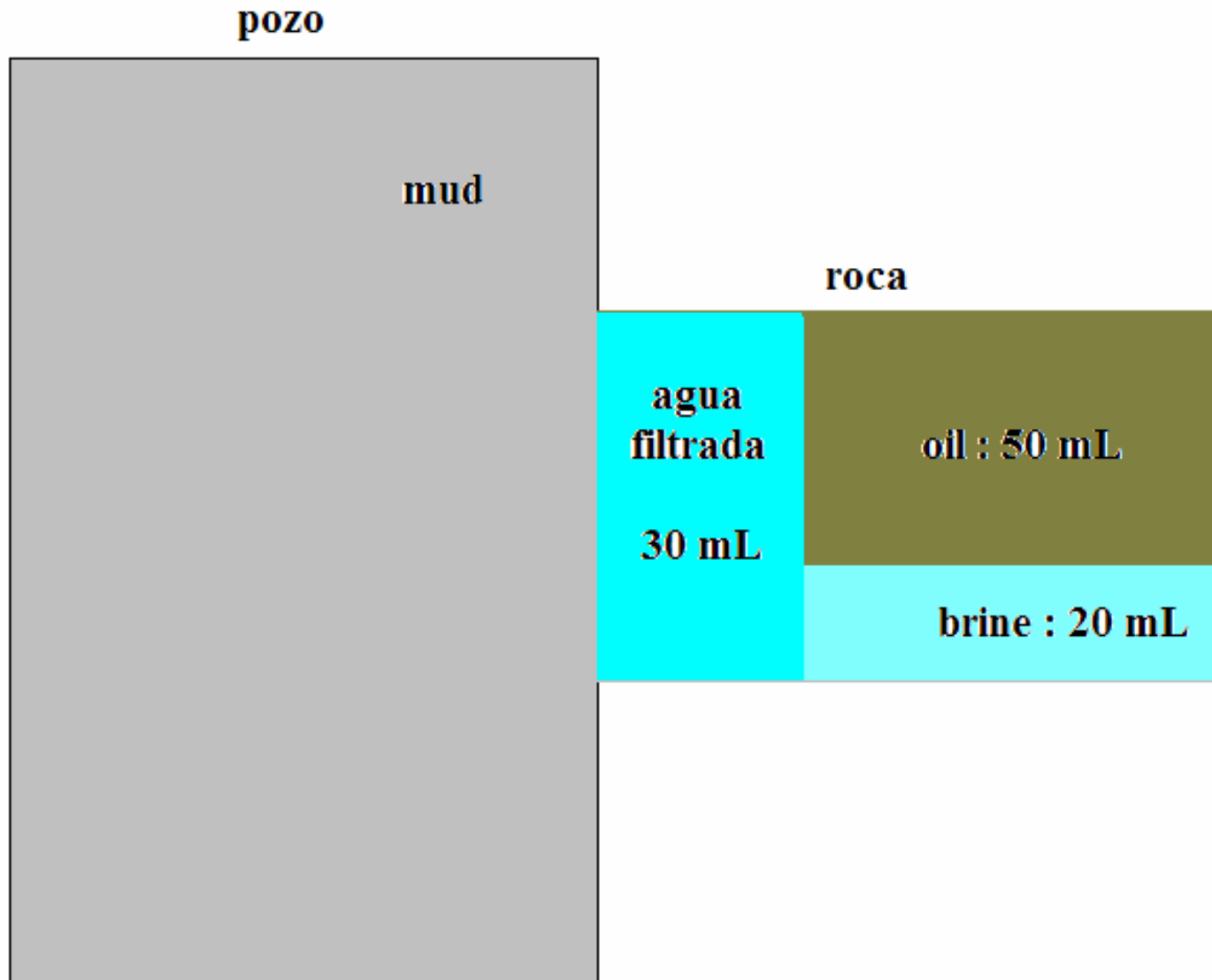
Ahora, aquí es crucial remarcar que la invasión pudo haber desplazado tanto agua de formación como petróleo. Una situación típica en concordancia con la corrección anterior se aprecia (muy esquemáticamente) en la figura.



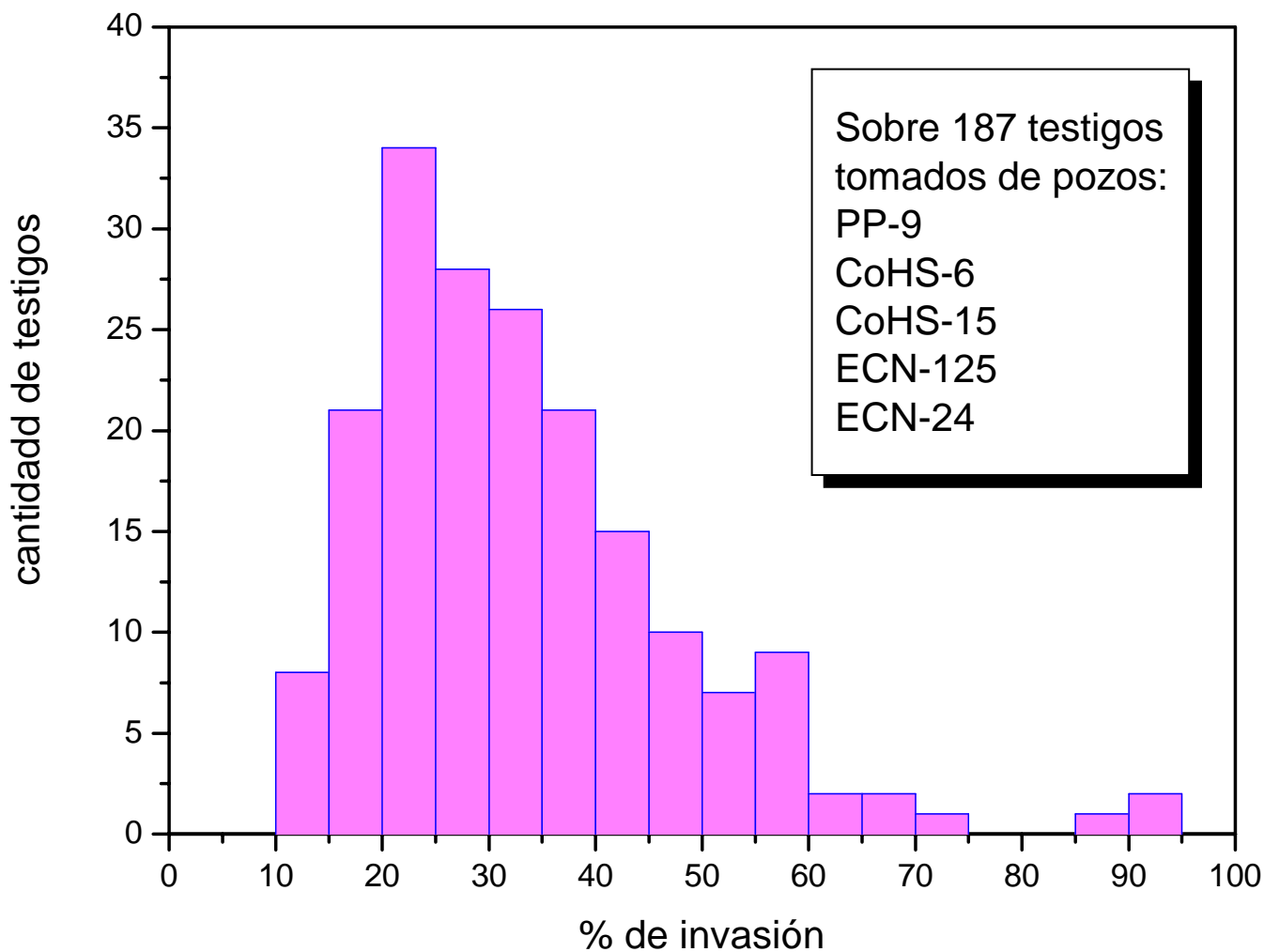
Originalmente la roca contenía un 70% de petróleo y 30 % de agua de formación. Como consecuencia de la invasión, 30 mL de agua del lodo filtraron hacia el interior de la roca. Y a partir de ello, 20 mL de petróleo y 10 mL de agua de formación fueron desplazados hacia el interior del reservorio.

# Interpretación

La situación posterior a la invasión se esquematiza en la figura:



# Evaluación del comportamiento del lodo de perforación en un yacimiento nuevo



# Conclusiones

- La marcación de lodos de base acuosa con agua tritiada ha demostrado ser una herramienta efectiva para evaluar la invasión y filtración.
2. La técnica es sumamente sencilla y confiable en cuanto a sus resultados.
  3. Las actividades de tritio utilizadas son pequeñas, sin riesgo radiológico en la operación y prácticamente nulas consecuencias ambientales.
  4. A partir de los resultados derivados de estos ensayos se genera información sumamente precisa para la corrección de perfiles de resistividad. Esto se logra a través del exponente de saturación, “n” (que vincula el índice de resistividad con la saturación de agua) y del exponente de cementación, “m” (que vincula el factor de formación con la porosidad).
  5. Las correcciones derivadas en las saturaciones tienen consecuencias de gran importancia en cuanto a la evaluación de reservas y valuación económica del yacimiento.