
Análisis no Convencional de Transientes de Presión para Pozos no Fluyentes

Slug Testing y Daño Aparente

*Ing. Emilio José Mérida
MA Ing. Ezequiel Pozo
YPF SA – U.N.A.S. – U.E.L.H.*

20 y 21 de Agosto de 2009

Índice de contenidos

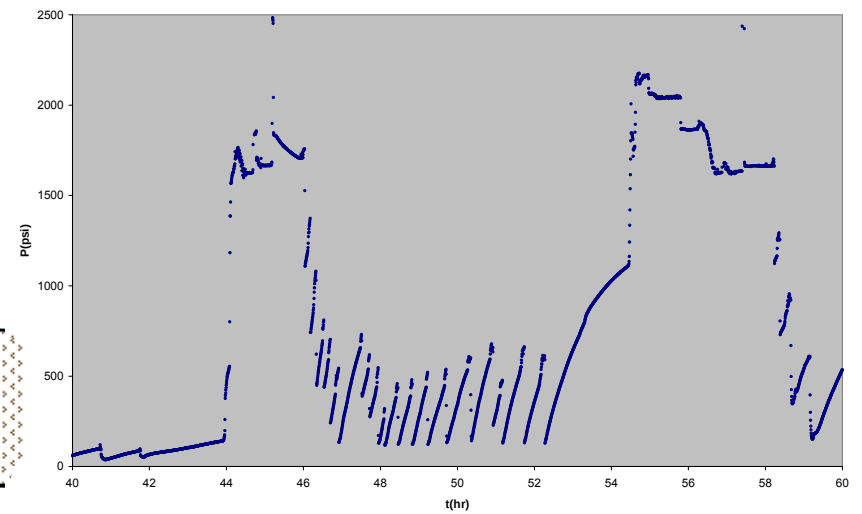
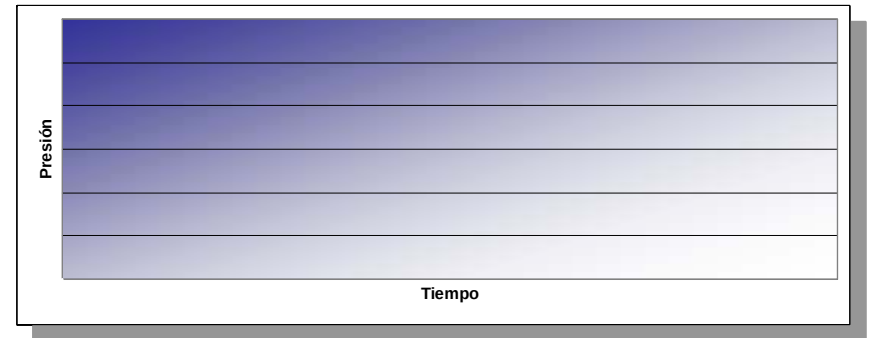
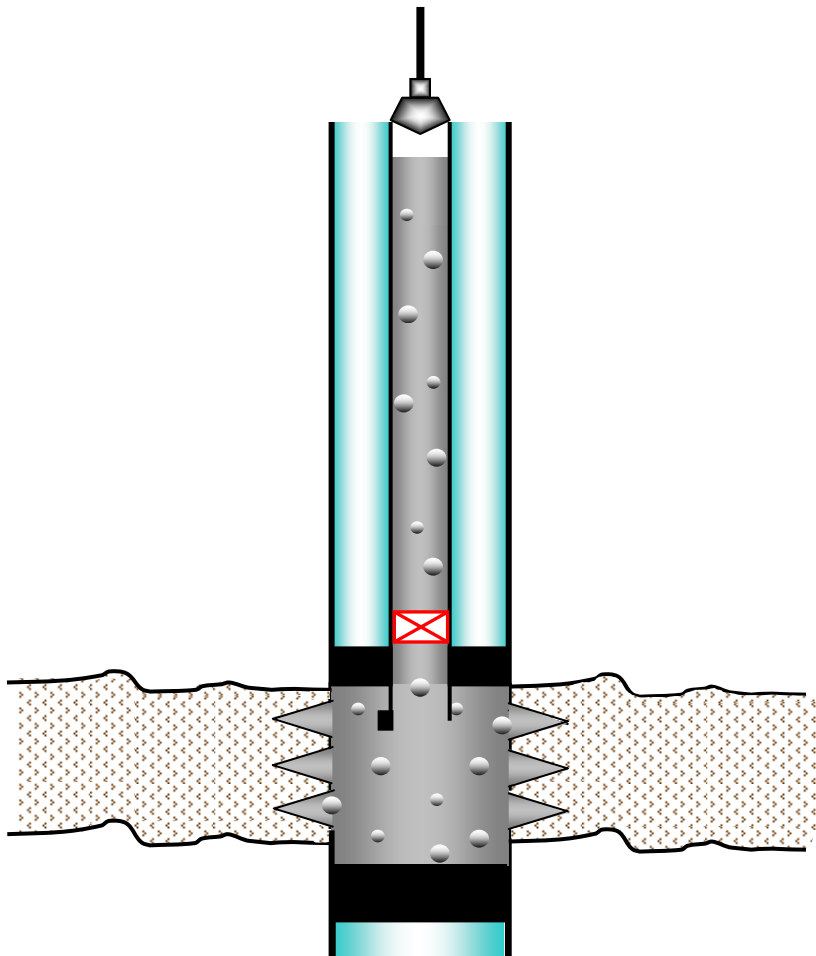
- ✓ **Objetivo de la Presentación**
- ✓ **Slug Tests**
- ✓ **Modelo matemático y Curvas Tipo**
- ✓ **Pruebas de Campo**
- ✓ **Invasión y Daño Aparente**
- ✓ **Conclusiones**

Objetivo de la Presentación

“Presentar una metodología de Well Testing (Análisis de Transitorios de Presión para la determinación de parámetros de reservorio como *permeabilidad y daño*) **pensada y desarrollada para pozos no fluyentes, aplicable durante los ensayos de terminación, sin prácticamente cambios en éstos”**

Se verán las condiciones internas y de borde para flujos mono y multifásico y las condiciones de aplicabilidad de cada uno”

Slug Tests



Modelo Matemático

Suposiciones y Condiciones de Borde:

- Fluidos no llegan a superficie
- Flujo radial isotérmico
- Límites cerrados de Reservorio
- Presión Inicial uniforme en todo el Reservorio
- Espesores, viscosidades y permeabilidad absoluta constantes
- Efectos capilares y gravitacionales despreciables en el reservorio
- Caídas de presión en el pozo y efectos inerciales despreciables

MODELO MULTIFÁSICO

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{k k_{ro}}{B_o \mu_o} r \frac{\partial p}{\partial r} \right) = \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{\phi}{B_o} (1 - S_w) \right]$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{k k_{rw}}{B_w \mu_w} r \frac{\partial p}{\partial r} \right) = \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{\phi}{B_w} S_w \right]$$

$$p(r, 0) = P_i, \quad r_w \leq r \leq r_e$$

$$\frac{\partial p}{\partial r}(r_e, t) = 0, \quad 0 \leq t < \infty$$

Condiciones Iniciales y de Borde (Flujo)

$$p_{wf}(0) = P_0$$

$$(BoQ_o + BwQ_w) = \frac{A_{wb}}{g[\rho_o(1 - f_w) + \rho_w f_w]} \frac{dp_{wf}}{dt}$$

Condiciones Iniciales y de Borde (Cierre)

$$p_{ws}(0) = p_{wf}(t_p)$$

$$(BoQ_o + BwQ_w) = V_c \left[(1 - H_{sc}) c_o + H_{sc} c_w \right] \frac{dp_{ws}}{dt}$$

MODELO MONOFÁSICO

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{k}{B \mu} r \frac{\partial p}{\partial r} \right) = \frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{\phi}{B} \right]$$

$$p(r, 0) = P_i, \quad r_w \leq r \leq r_e$$

$$\frac{\partial p}{\partial r}(r_e, t) = 0, \quad 0 \leq t < \infty$$

Condiciones Iniciales y de Borde (Flujo)

$$p_{wf}(0) = P_0$$

$$BQ = \frac{A_{wb}}{g\rho} \frac{dp_{wf}}{dt}$$

Condiciones Iniciales y de Borde (Cierre)

$$p_{ws}(0) = p_{wf}(t_p)$$

$$BQ = V_c \frac{dp_{ws}}{dt}$$

Modelo Matemático (cont.)

Las ecuaciones pozo-reservorios para el Modelo Multifásico no admiten solución Analítica y debe ser resuelto a través de métodos numéricos o simuladores de diferencias finitas con el uso de variables adimensionales.

En cambio el Modelo Monofásico si admite solución analítica, y por su complejidad los resultados se presentan en la forma de curvas tipo, en función también de variables adimensionales . Usando un Sistema de Unidades homogéneo estas se definen como:

Tiempo Adimensional

$$t_D = \frac{k}{\mu \phi c_t} \frac{t}{r_w^2}$$

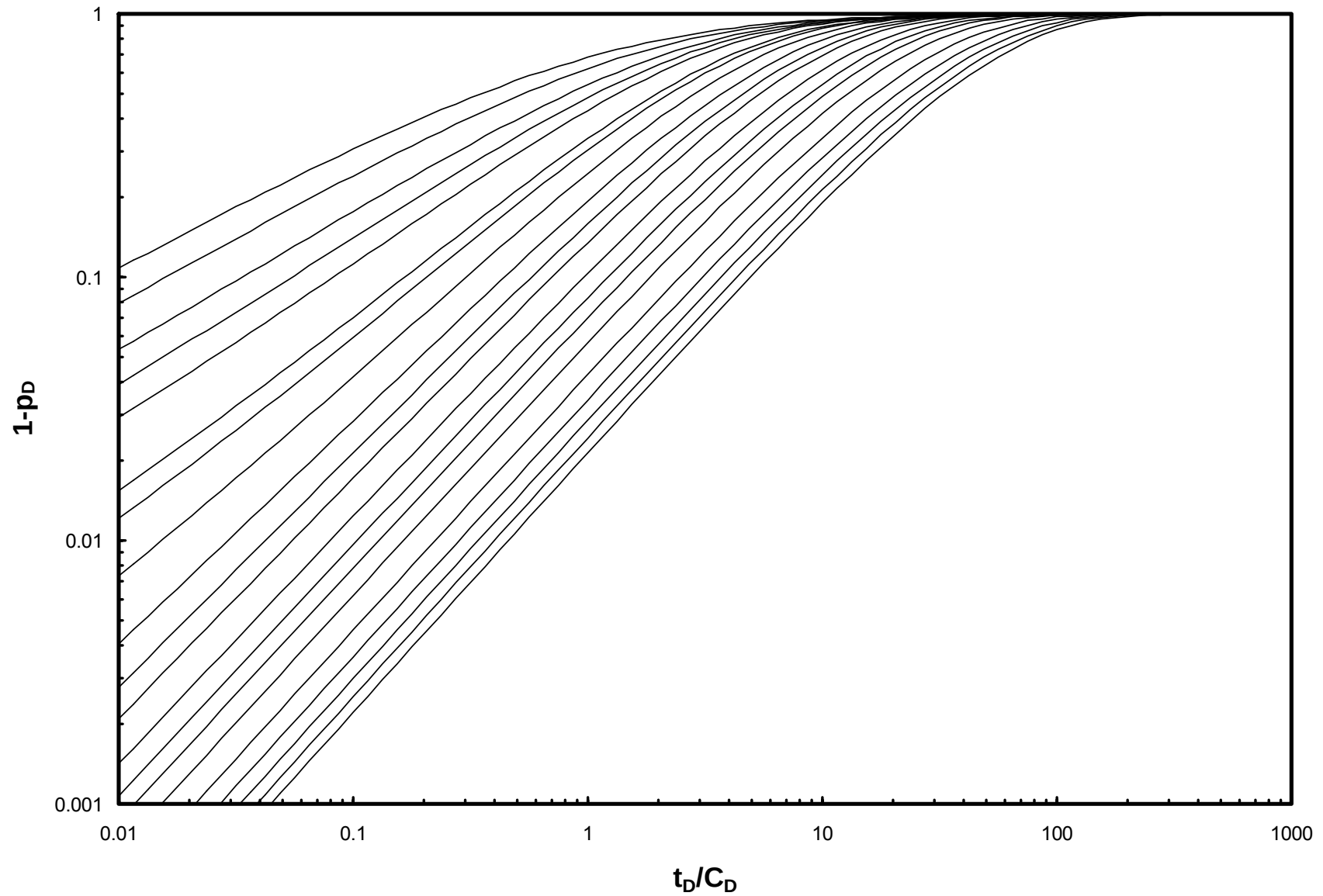
Coeficiente de Almacenamiento Adimensional

$$C_D = \frac{\frac{A_{wb}}{\rho g}}{2 \pi \phi c_t h r_w^2}$$

Presión Adimensional

$$p_{wD} = \frac{P_i - p_w(t)}{P_i - P_0}$$

Curvas Tipo (Ramey)



Pruebas de Campo (Procedimiento)

- Graficar p_{wD} y $1-p_{wD}$ vs tiempo

$$p_{wD} = \frac{P_i - p_w(t)}{P_i - P_0} \qquad 1 - p_{wD} = \frac{p_w(t) - P_i}{P_i - P_0}$$

- Alinear Eje-Y de los datos de pozo con el Eje-Y de las curvas Tipo
- Mover los datos horizontalmente hasta machear con la curva tipo que mejor se superponga con éstos.
- Calcular la movilidad a partir del Match-point

$$\frac{k}{\mu} = \frac{1}{2\pi} \frac{A_{wb}}{\rho h} \left(\frac{t_D / C_D}{t} \right)_{MP}$$

- Calcular C_D y luego s de $C_D e^{2s}$

$$C_D = \frac{\frac{A_{wb}}{\rho g}}{2 \pi \phi c_t h r_w^2}$$

$$s = 0.5 \ln \frac{C_D e^{2s}}{C_D}$$

Pruebas de Campo (Tiempo de prueba)

Graficando los valores de t_D/C_D correspondientes a lecturas de $p_D=0.2$ en función de $C_D e^{2s}$ se obtiene la siguiente expresión

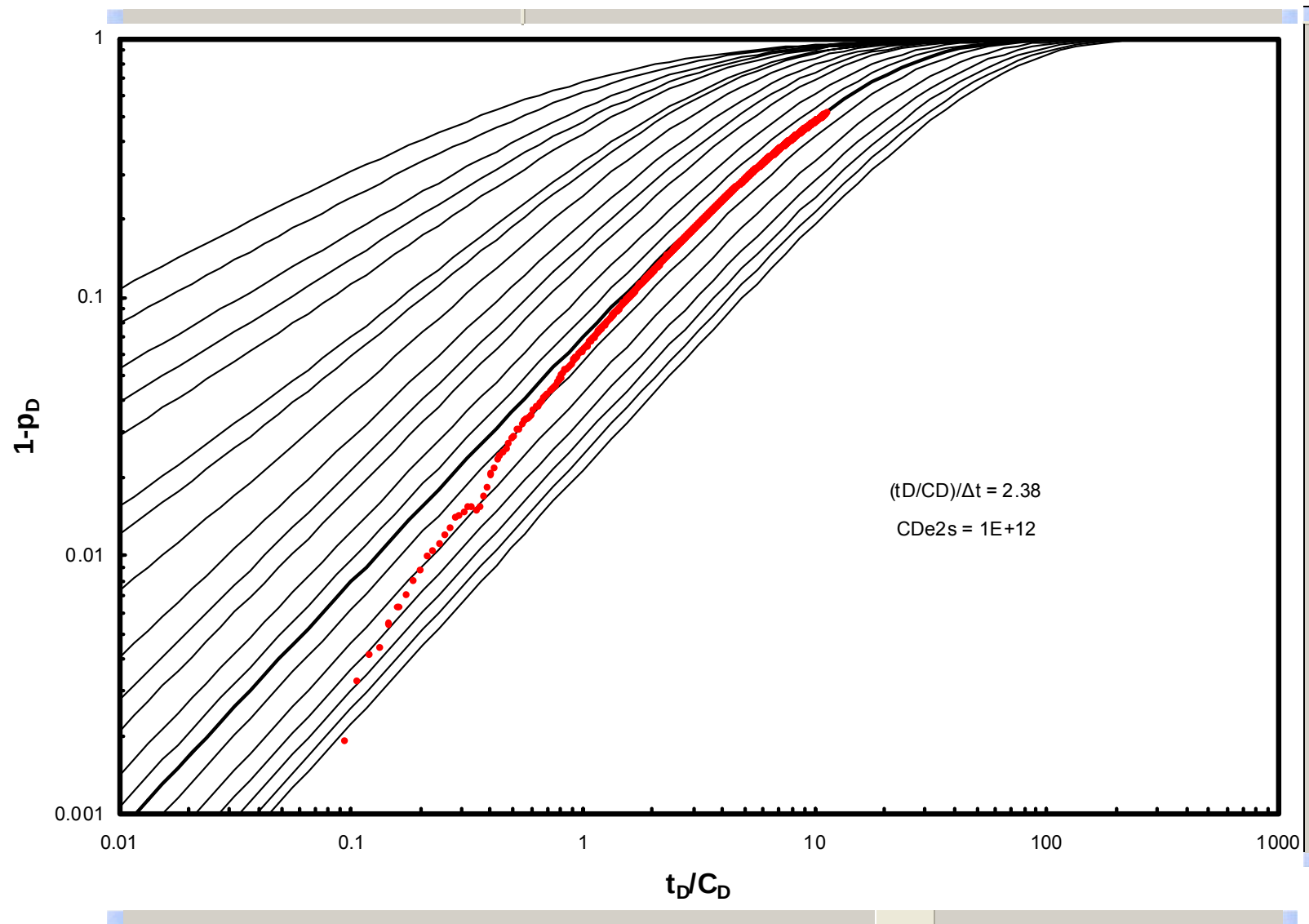
$$\frac{t_D}{C_D} = 1 + 1.5 \log (C_D e^{2s}) \quad \text{para } 10^2 \leq C_D e^{2s} \leq 10^{10}$$

Esta ecuación se puede utilizar para estimar rápidamente el tiempo del Slug Test si es posible estimar C_D . El skin puede considerarse nulo para esta estimación

$$t = \frac{\mu}{k} \frac{\rho g}{2 \pi h} \left[1 + 1.5 \log \left(\frac{\frac{A_{wb}}{\rho g}}{2 \pi \phi C_t h r_w^2} \right) \right]$$

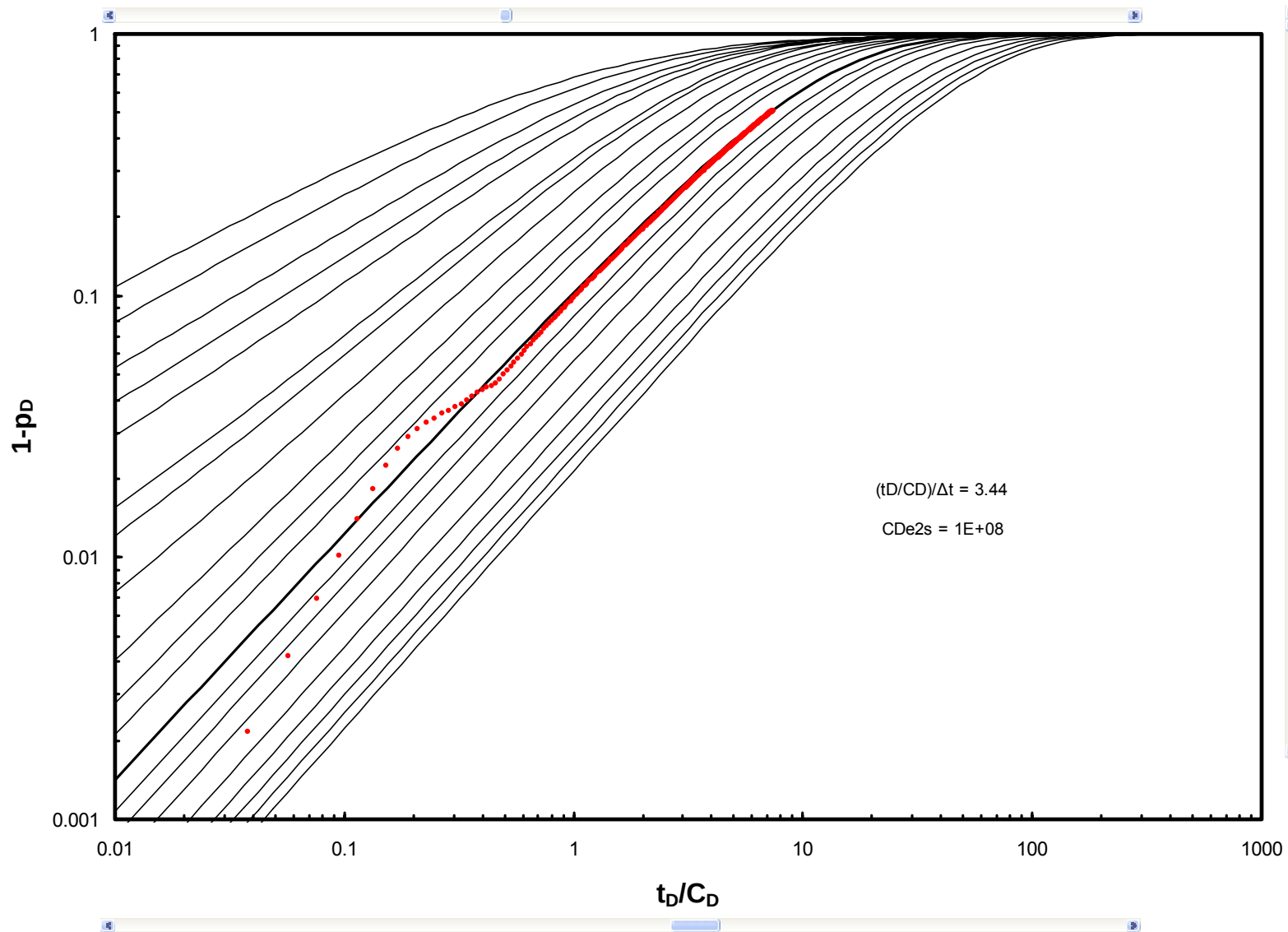
Pruebas de Campo (CG-613)

➤ Capa 1674/76

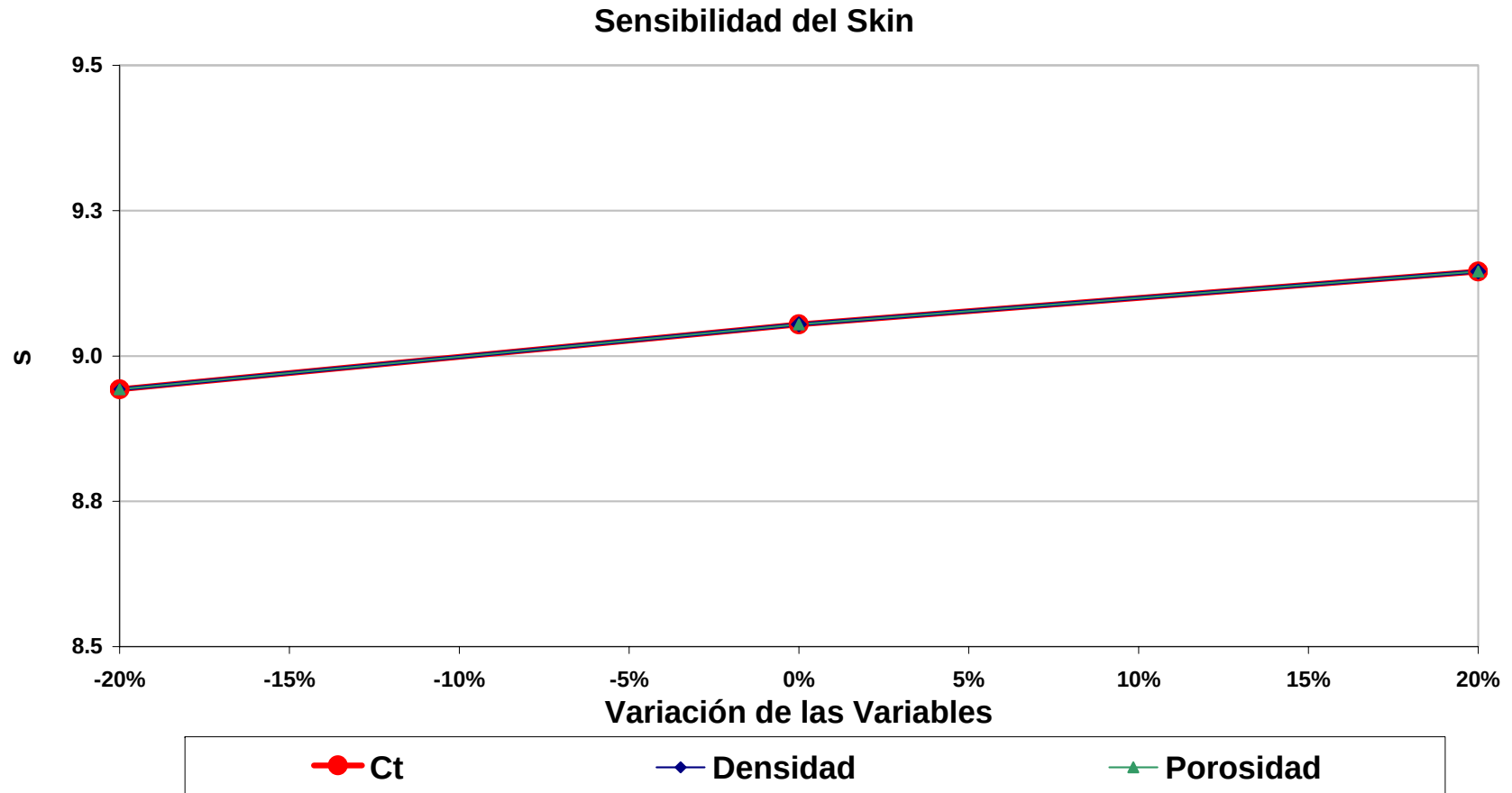


Pruebas de Campo (CG-613)

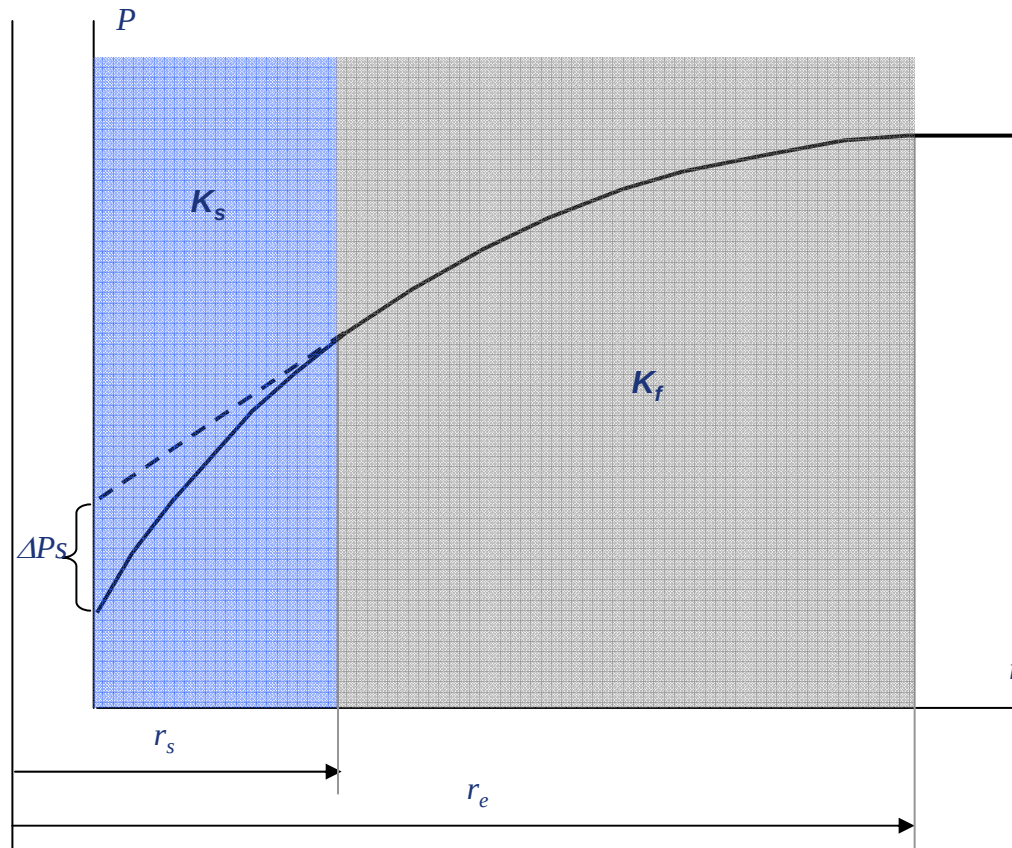
➤ Capa 1160/63.5



Pruebas de Campo (CG-613)

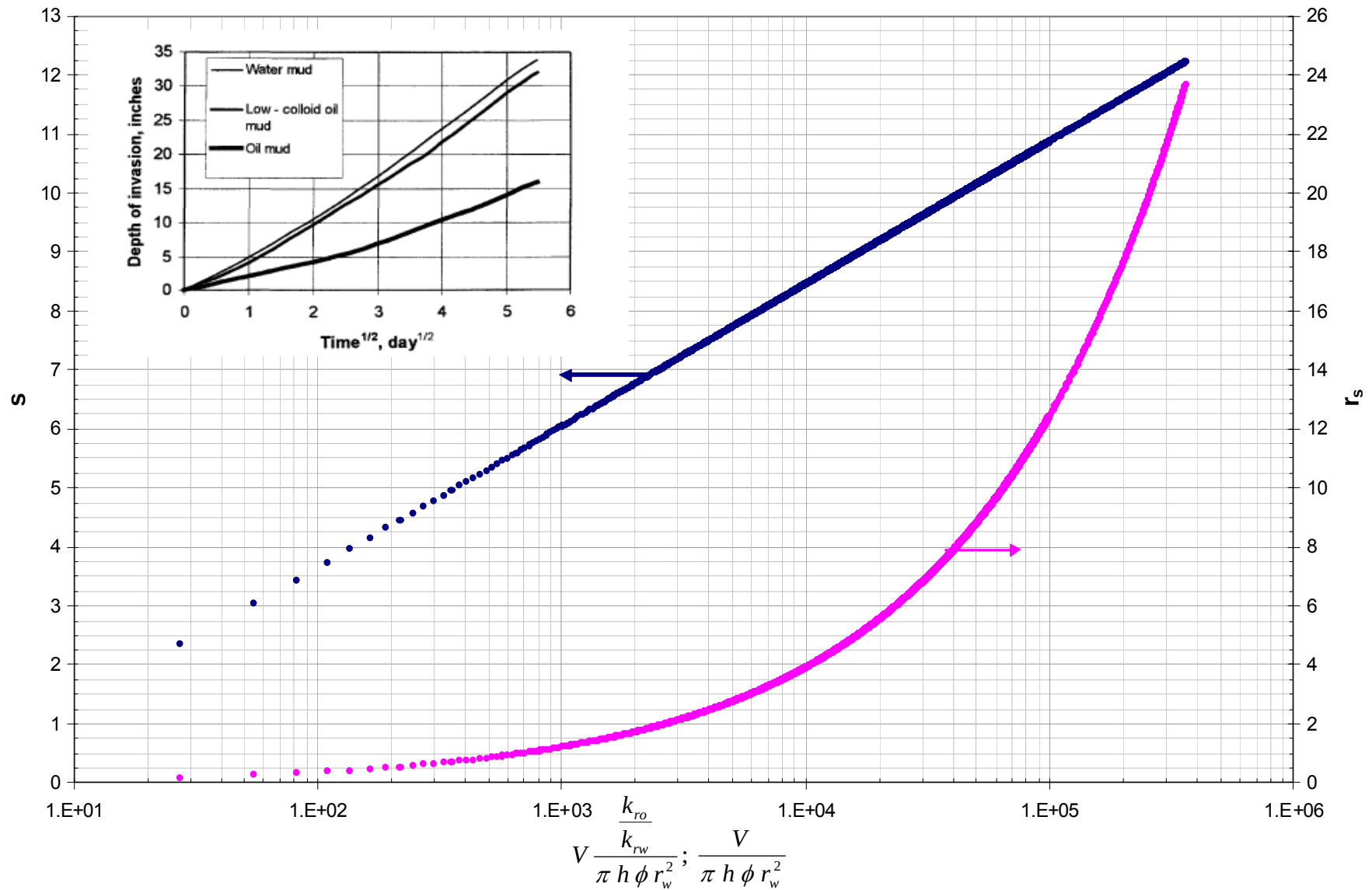


Invasión y Daño Apparente



$$s = \left(\frac{K_f}{K_s} - 1 \right) \ln \frac{r_s}{r_w}$$

Invasión y Daño Aparente



Conclusiones

- ✓ Las curvas tipo presentadas, usadas convenientemente permiten determinar movilidad y daño de formación.
- ✓ Cuando el perfil de saturaciones es uniforme a través del reservorio el análisis monofásico provee excelentes resultados de las propiedades del reservorio
- ✓ Cuando existe una saturación de agua elevada en cercanías del pozo se observa que:
 - Se produce un skin aparente por el contraste de la movilidad de la zona invadida con la zona virgen, variando éste con el tiempo
 - Si el skin tiene grandes variaciones el análisis monofásico no correlaciona correctamente