

II FUNDAMENTOS DE LA SIMULACION NUMERICA DE RESERVORIOS

RESERVORIOS III

2023

Agenda

2

- ✓ Ecuación de flujo en medios porosos
- ✓ Discretización de la ecuación de flujo para distintos tipos de fluidos
- ✓ Ejemplos de reservorios heterogéneos. Cálculo de la transmisibilidad.
- ▶ Uso del simulador TP1

Ecuación de flujo en medios porosos

Ecuación de conservación de masa

Es una ecuación de balance material escrita para un componente en un volumen de control del sistema a ser modelado. En reservorios de petróleo el volumen de control es una porción de medio poroso que contiene una, dos o tres fases fluidas. El medio poroso es tratado como un continuo cuyas propiedades físicas en cualquier punto son las de un elemento representativo del medio.

Ecuación de Darcy

Se tienen en cuenta las siguientes suposiciones y limitaciones: fluido homogéneo, monofásico y newtoniano. No existe reacción química entre el fluido y el medio poroso. Flujo laminar. La k es independiente de la presión, la temperatura y del fluido. No existe efecto klinkenberg. No hay efectos electrocinéticos.

Ecuaciones de estado

Una ecuación de estado relaciona la densidad con la Presión y la Temperatura. Una manera simple de expresar esta relación es a través del Factor de volumen. (El factor de volumen puede expresarse como una relación entre volúmenes o entre densidades.

Ecuación de flujo en medios porosos en sistema discreto

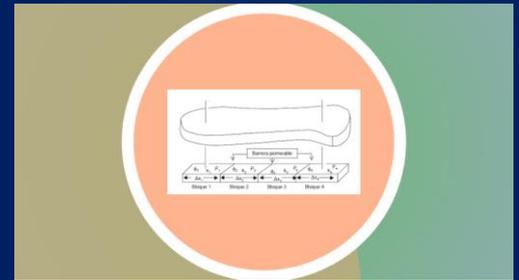
$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\beta_c k_x A_x \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) \Delta x + \frac{\partial}{\partial y} \left(\beta_c k_y A_y \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right) \Delta y + \frac{\partial}{\partial z} \left(\beta_c k_z A_z \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right) \Delta z + \mu q_{sc} = 0$$

$$\left(\beta_c \frac{k_x A_x}{\mu_l B_l \Delta x} \right)$$

$$T_{i+1/2} (p_{i+1} - p_i) - T_{i-1/2} (p_i - p_{i-1}) + q^*_i = 0$$

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{B_l^o \mu_l q_{lsc}}{\beta_c k_x V_b} = \frac{\phi \mu_l c_l}{\beta_c \alpha_c k_x} \frac{\partial p}{\partial t} \quad (1)$$

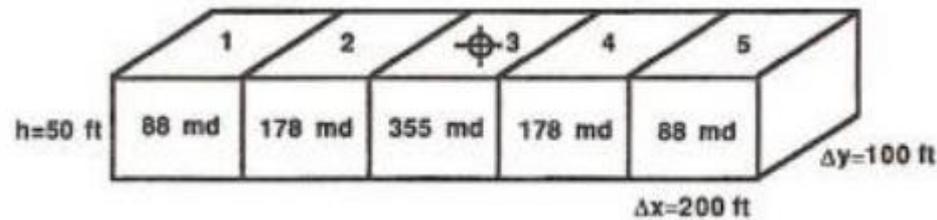
donde $l = o, w$



$$T_{l_{xi-1/2}}^n p_{i-1}^{n+1} - \left[\left(\frac{V_b \phi c_l}{\alpha_c B_l^o \Delta t} \right)_i + T_{l_{xi+1/2}}^n + T_{l_{xi-1/2}}^n \right] p_i^{n+1} + T_{l_{xi+1/2}}^n p_{i+1}^{n+1} = - \left[q_{lsci} + \left(\frac{V_b \phi c_l}{\alpha_c B_l^o \Delta t} \right)_i p_i^n \right]$$

Ejemplo 1

4-2 Considere el flujo 1D, monofásico, incompresible en el reservorio horizontal de la figura. Los bloques 1 y 5 están localizados en los bordes del reservorio y se mantienen a 3000 psia. Un pozo productor está situado en el centro de la celda 3 y produce a un caudal de 2000 STB/D. Como muestra la figura todos los bloques tienen dimensiones uniformes. La distribución de permeabilidades presenta simetría. La viscosidad del fluido es 1 cP. Calcule la distribución de presiones.



$$\left(\beta_c \frac{k_x A_x}{\mu_l B_l \Delta x} \right)$$

$$T_{i+1/2}(p_{i+1} - p_i) - T_{i-1/2}(p_i - p_{i-1}) + q^*_i = 0$$

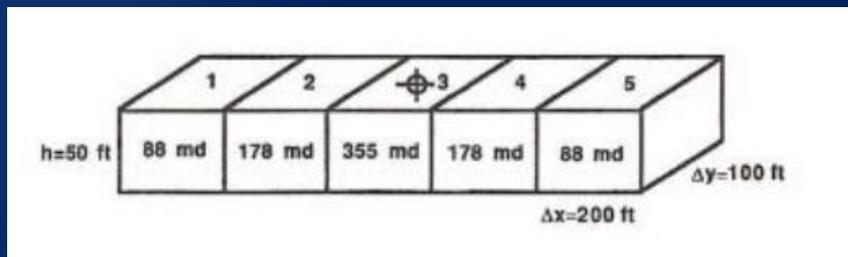
Quantity	Symbol	System of Units		Conversion Factor*
		Customary Unit	Metric Unit	
Transmissibility conversion factor	β_c	1.127	86.4×10^{-6}	-
Gravity conversion factor	γ_c	0.21584×10^{-3}	10^{-3}	-
Volume conversion factor	α_c	5.614583	1	-

$$T_{i+1/2}(p_{i+1} - p_i) - T_{i-1/2}(p_i - p_{i-1}) + q^*_i = 0$$

$$T_{23}(p_3 - p_2) - T_{12}(p_2 - p_1) = 0$$

$$T_{34}(p_4 - p_3) - T_{23}(p_3 - p_2) + q_3 = 0$$

$$T_{45}(p_5 - p_4) - T_{34}(p_4 - p_3) = 0$$



Ejemplo 2

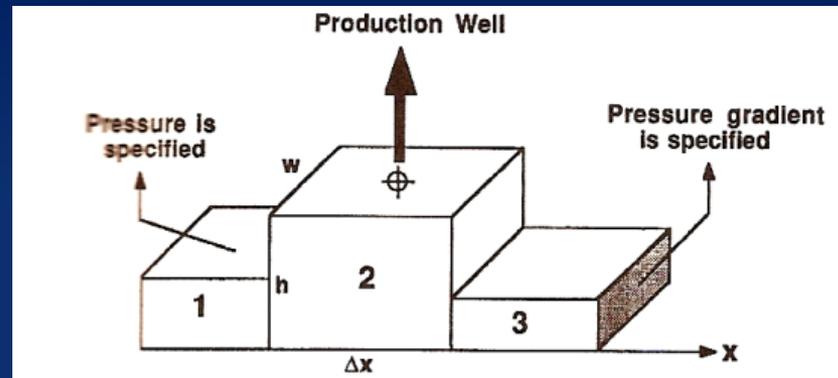
7

1- Considere el flujo 1D, monofásico estacionario de petróleo en el reservorio heterogéneo, horizontal de la figura 1. La tabla 1 muestra las propiedades de las celdas.

Las condiciones de frontera son:

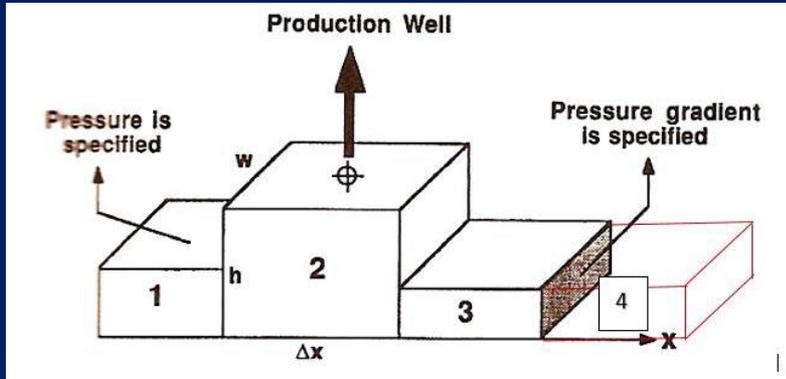
- Presión en la celda 1 se mantiene en 3000 psia
- Caudal de producción de la celda 2 1000STB/D
- El gradiente de presión en el extremo derecho del sistema es 0.2 psi/ft

La viscosidad del fluido es 2 cp y $B_o=1$ RB/STB. Calcule la distribución de presiones en el sistema.



Grilla	Δx (ft)	h (ft)	w (ft)	k_x (md)
1	200	40	100	200
2	400	60	100	160
3	300	20	100	180

Ejemplo 2



$$T_{i\pm 1/2} = \beta_c \frac{A_x k_x}{\mu_l B_l \Delta x}$$

$$T_{i+1/2}(p_{i+1} - p_i) - T_{i-1/2}(p_i - p_{i-1}) + q^*_i = 0$$

$$T_{23}(p_3 - p_2) - T_{12}(p_2 - p_1) + q^*_2 = 0$$

$$T_{34}(p_4 - p_3) - T_{23}(p_3 - p_2) + q^*_3 = 0$$

$$p_1 = C$$

$$\frac{\partial p}{\partial x} \approx \frac{p_4 - p_3}{x_4 - x_3} = C$$

$$p_4 = C(x_4 - x_3) + p_3$$

Ecuación de flujo en medios porosos

Fluidos incompresibles

Fluidos poco
compresibles

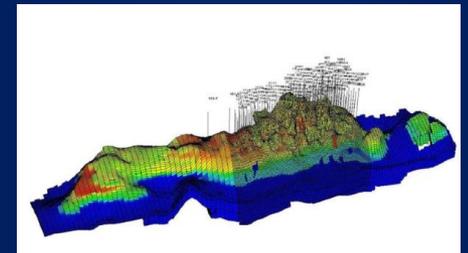
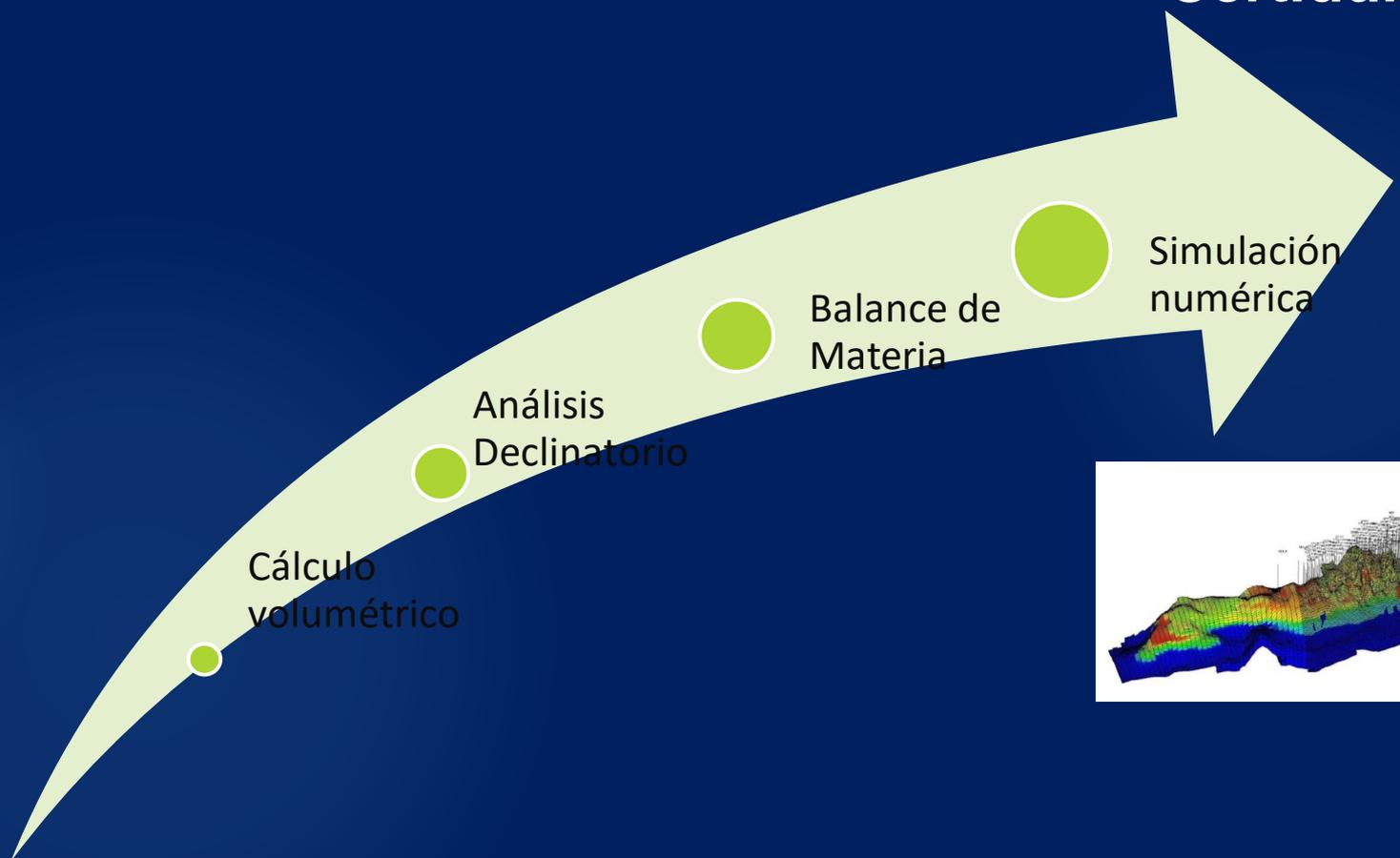
Fluidos compresibles

Simulación numérica

10

Certidumbre

Incertidumbre



TP1 USO del simulador
Aula abierta