

# SIMULACIÓN DE INESTABILIDADES Y CALCULO DE PERMEABILIDAD EN MEDIOS POROSOS USANDO DUALSPHYSICS

CARLOS E. ALVARADO RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

ESTANCIA DOCTORAL MAYO-JULIO 2015

# INESTABILIDADES CON DUALSPHYSICS

Dos aproximaciones fueron implementadas en DualSPHysics: el algoritmo shifting y una longitud de suavizado variable. Las inestabilidades de Rayleigh-Taylor y Kelvin-Helmholtz fueron reproducidas utilizando estas aproximaciones.

## 1) Variable smoothing length

**Sigalotti et al. 2006**

$$h_i = \lambda_i h_0$$

$$h_{ij} = \frac{h_i + h_j}{2}$$

$$\lambda_i = k \left( \frac{\rho_i}{\bar{g}} \right)^{-\epsilon}$$

$$W_{ij} = W(|x_i - x_j|, h_{ij})$$

$$\log \bar{g} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \log \rho_j$$

## 3) Shifting algorithm

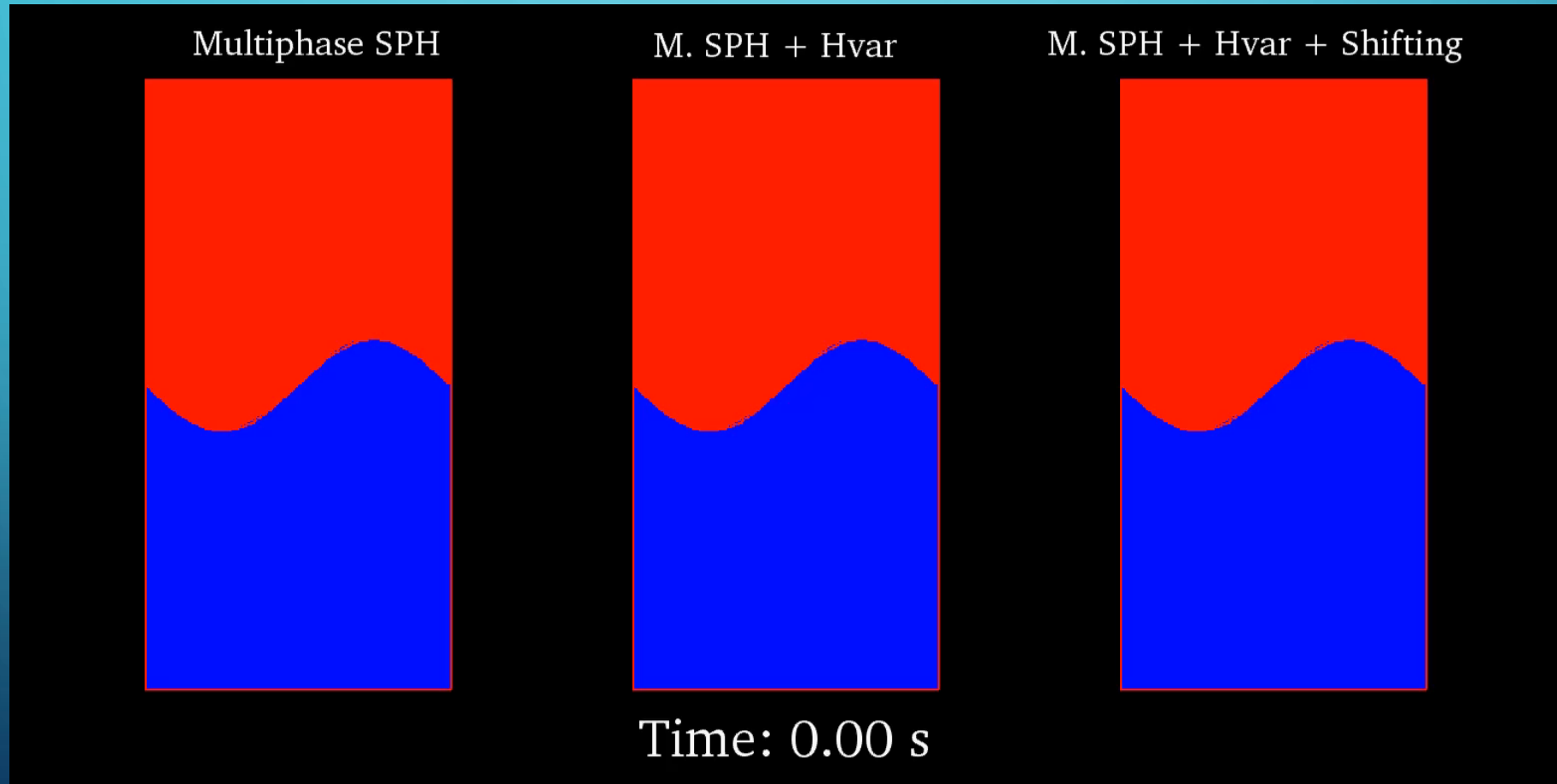
$$r_i^{n+1} = r_i^n + \Delta t \left( \frac{v_i^{n+1} + v_i^n}{2} \right) + \delta r_i$$

$$\delta r_i = -Ahv_i \Delta t \nabla V_i$$

$$\nabla V_i = \frac{m_i}{\rho_i} \nabla_i W_j(r_i)$$

# INESTABILIDAD RAYLEIGH-TAYLOR

La inestabilidad de Rayleigh-Taylor ocurre cuando un fluido de alta densidad se encuentra sobre un fluido de baja densidad y existe una perturbación en la interface.

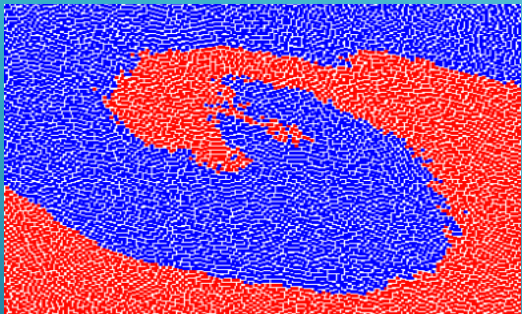


# INESTABILIDAD RAYLEIGH-TAYLOR

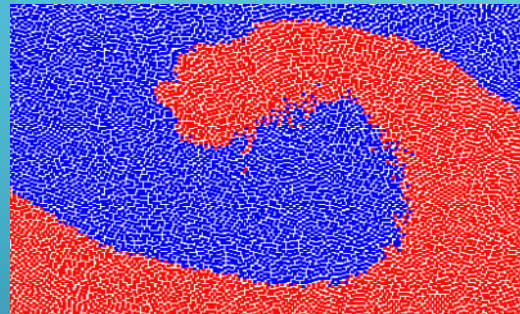
Utilizando las aproximaciones se obtuvo una interface mejor definida. La mejor solución se obtuvo al aplicar ambas aproximaciones.

La solución converge al aumentar la resolución.

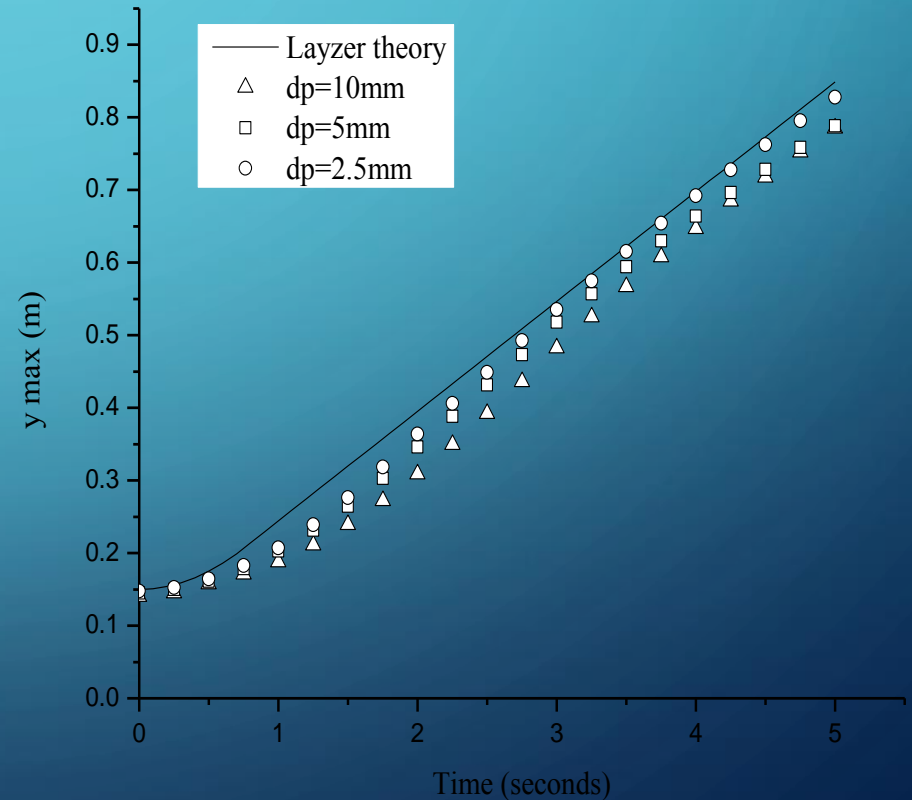
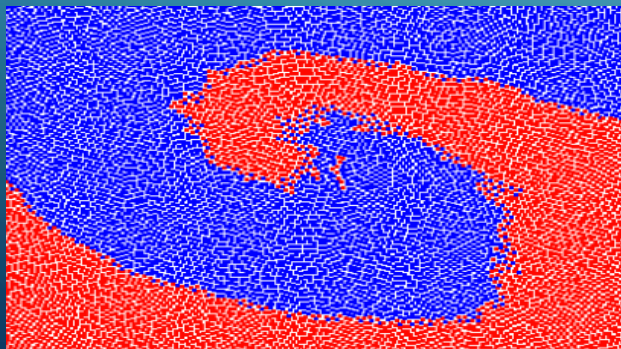
Multifase SPH



M. SPH + Hvar

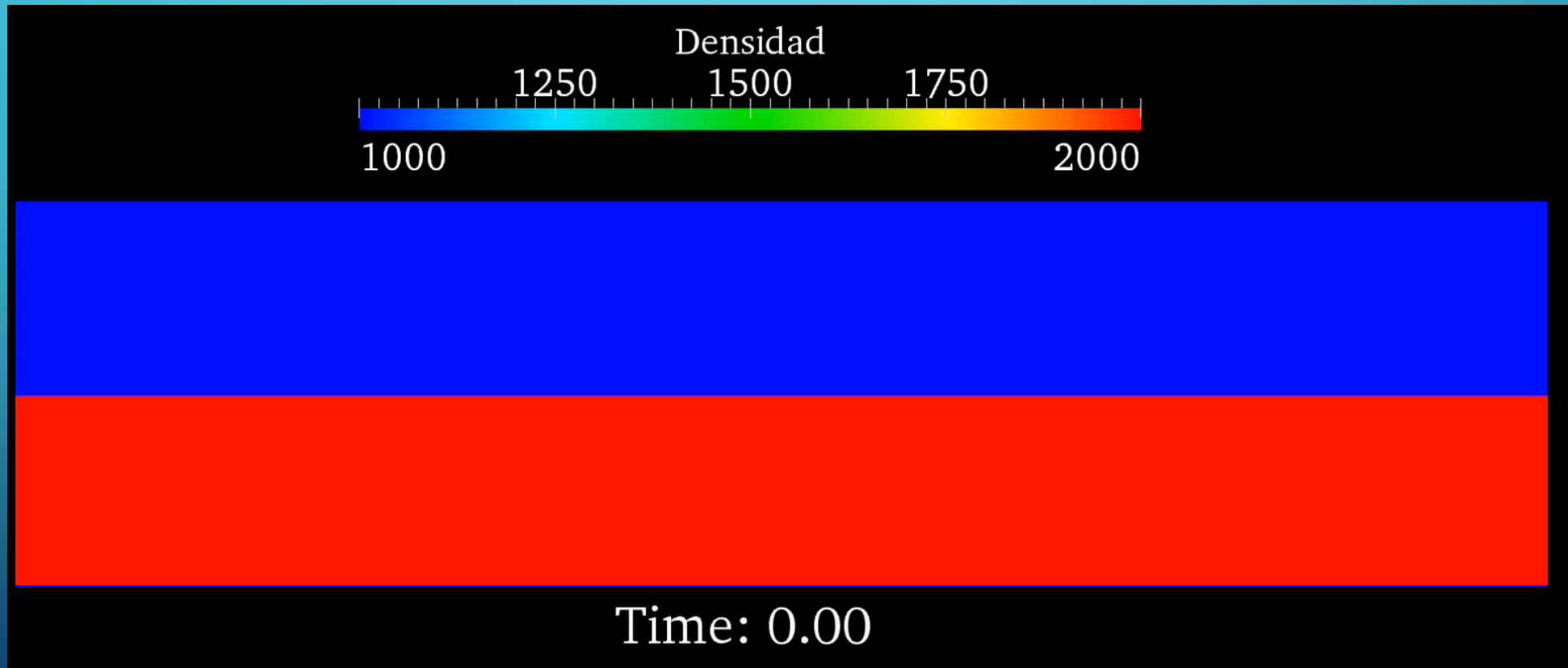


M. SPH+Hvar + Shifting



# INESTABILIDAD KELVIN-HELMHOLTZ

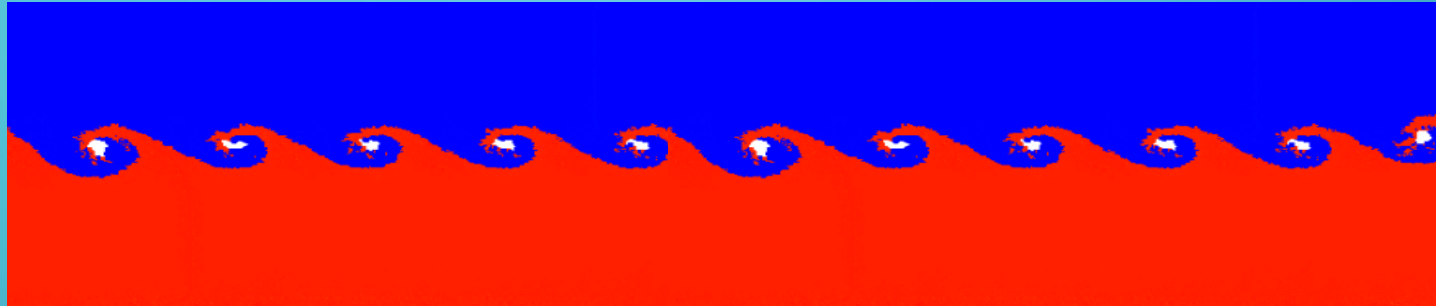
La inestabilidad de Kelvin-Helmholtz ocurre cuando un fluido de alta densidad se desplaza adjunto y en sentido contrario a un fluido de baja densidad.



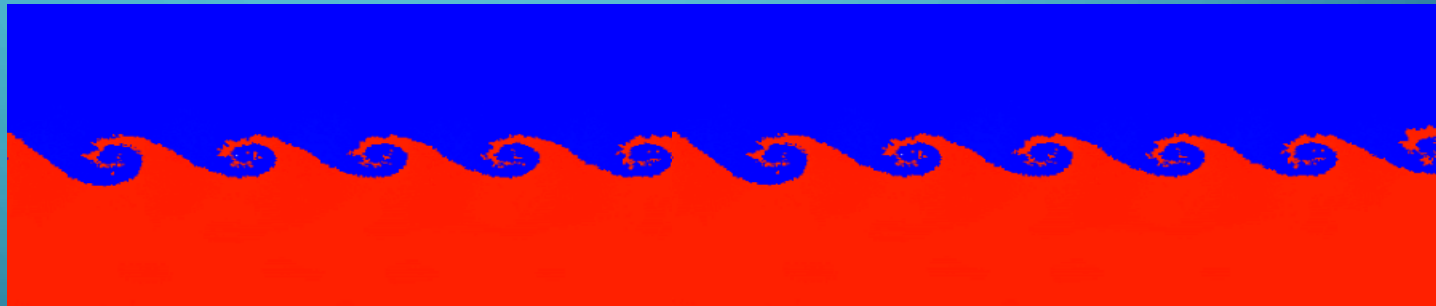
# INESTABILIDAD KELVIN-HELMHOLTZ

Se obtuvo una mejor representación de la inestabilidad al utilizar viscosidad artificial y aplicar las aproximaciones implementadas

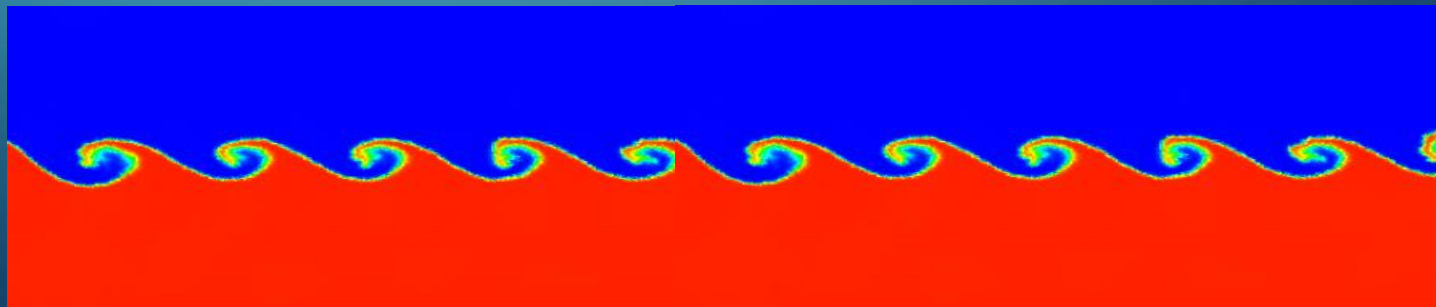
Multifase SPH



Multifase SPH +  
Hvar+Shifting



Multifase SPH +  
Hvar + Shifting  
+ difusión en la  
interface



# CALCULO DE PERMEABILIDAD ABSOLUTA

La permeabilidad absoluta de un medio poroso homogéneo formado por círculos fue calculada utilizando la formulación reportada por Zhu et al. (1999). Se calculó la permeabilidad para diferentes valores de porosidad. En este caso se considero que todas las partículas tienen el mismo volumen.

Volumen total

$$V_x = np^*(m/\rho)$$

Flujo volumétrico

$$q_x = V_x/t$$

Velocidad de descarga

$$v_x = q_x/b$$

Permeabilidad absoluta

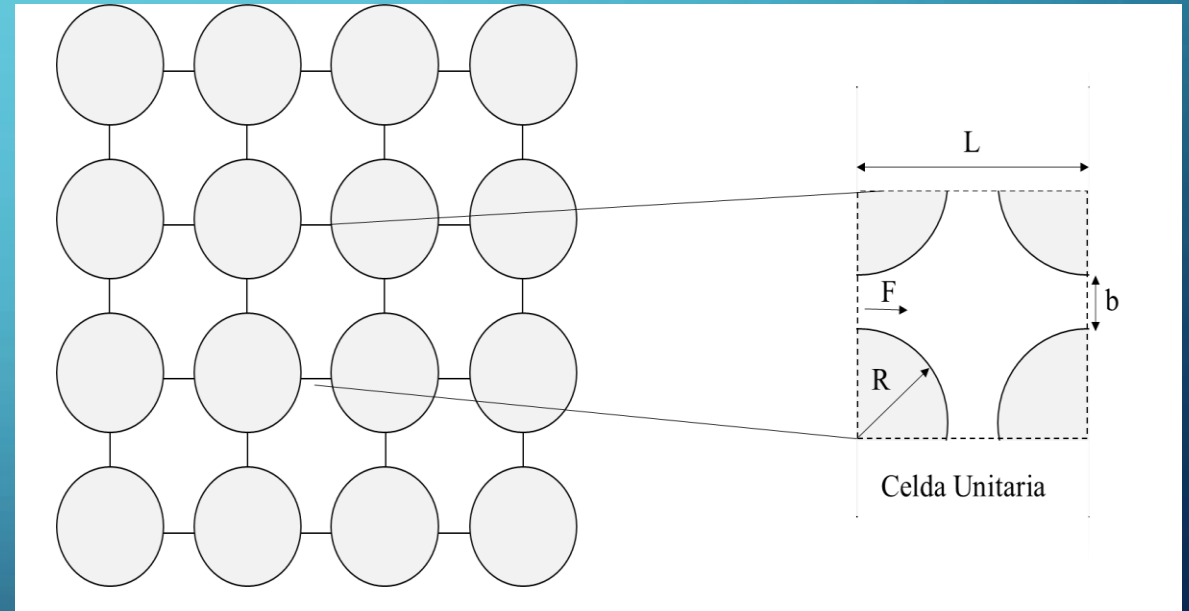
$$k_x = \frac{k_H v}{g}$$

Gradiente hidráulico

$$i_x = F/g$$

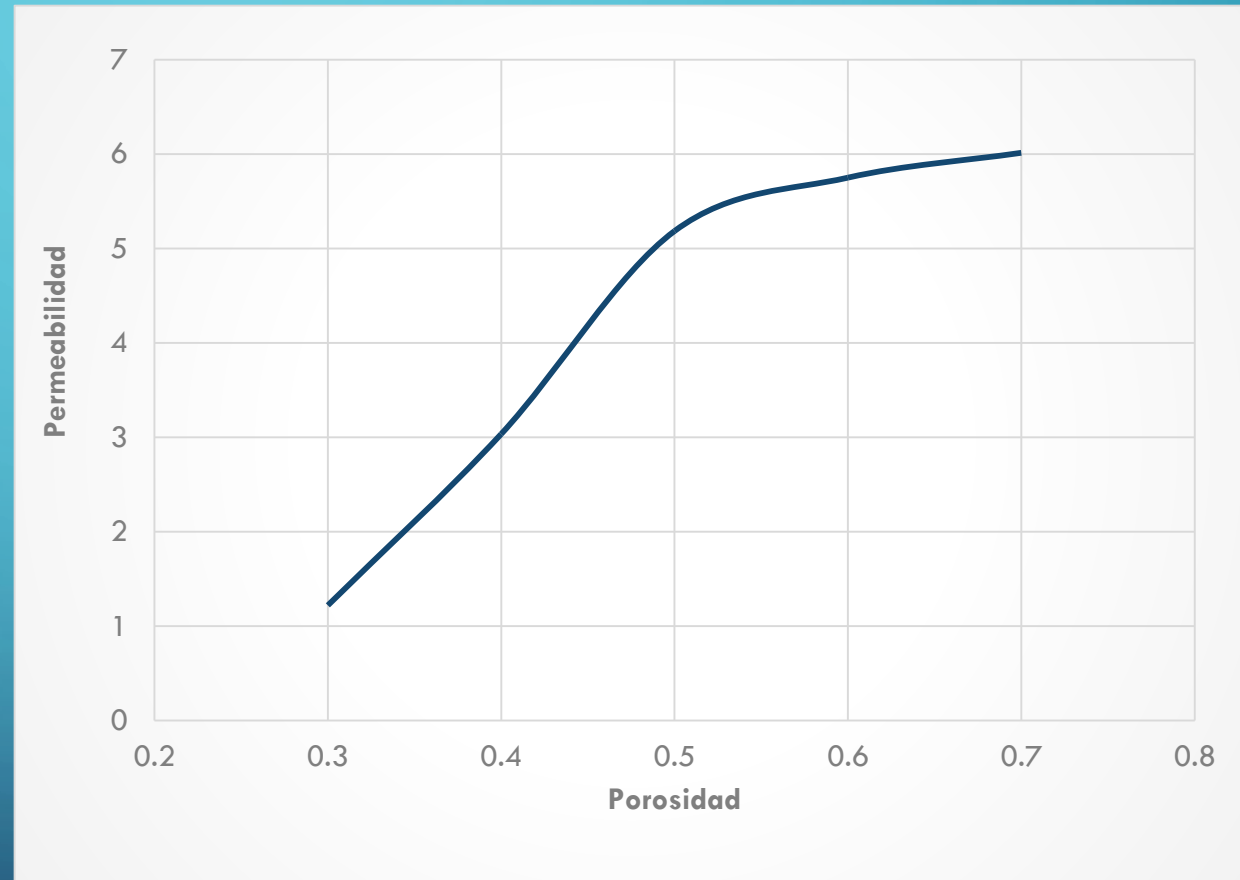
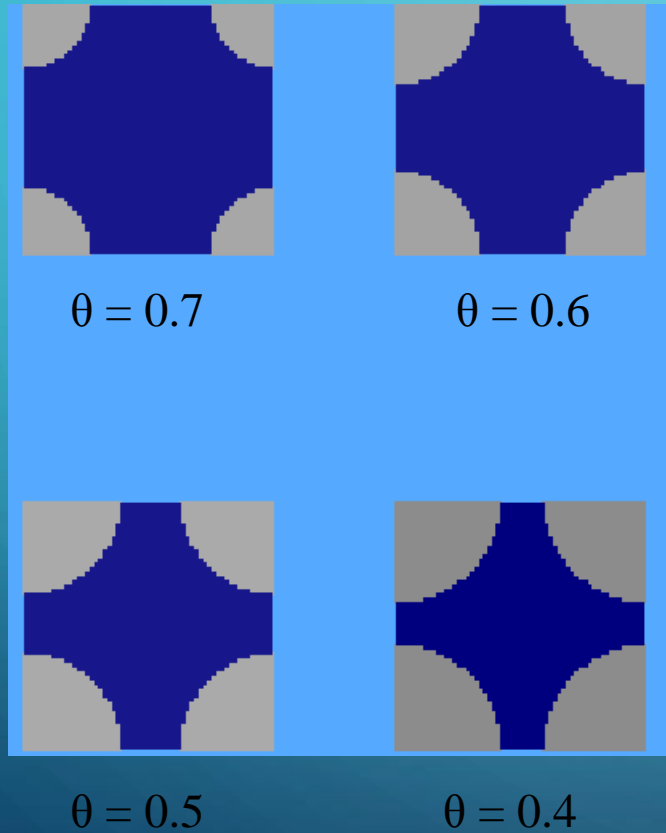
Conductividad hidráulica

$$k_H = -\frac{v_x}{i_x}$$



# CALCULO DE PERMEABILIDAD ABSOLUTA

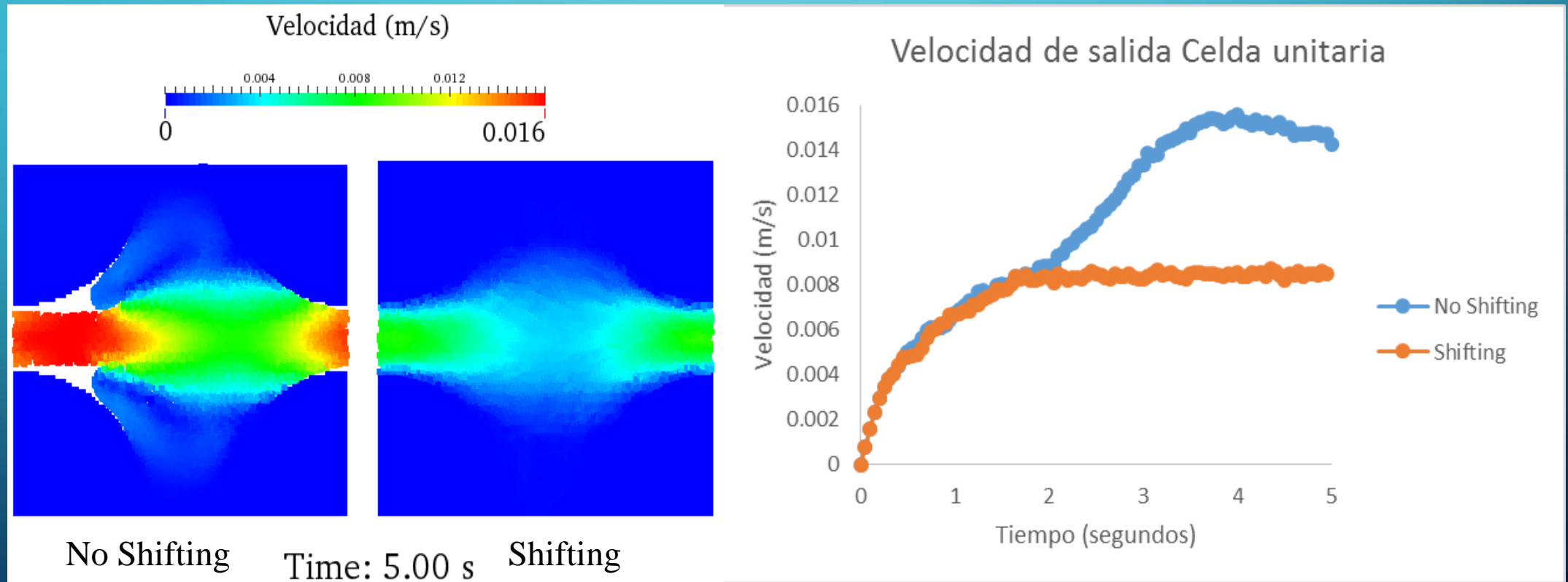
Porosidad





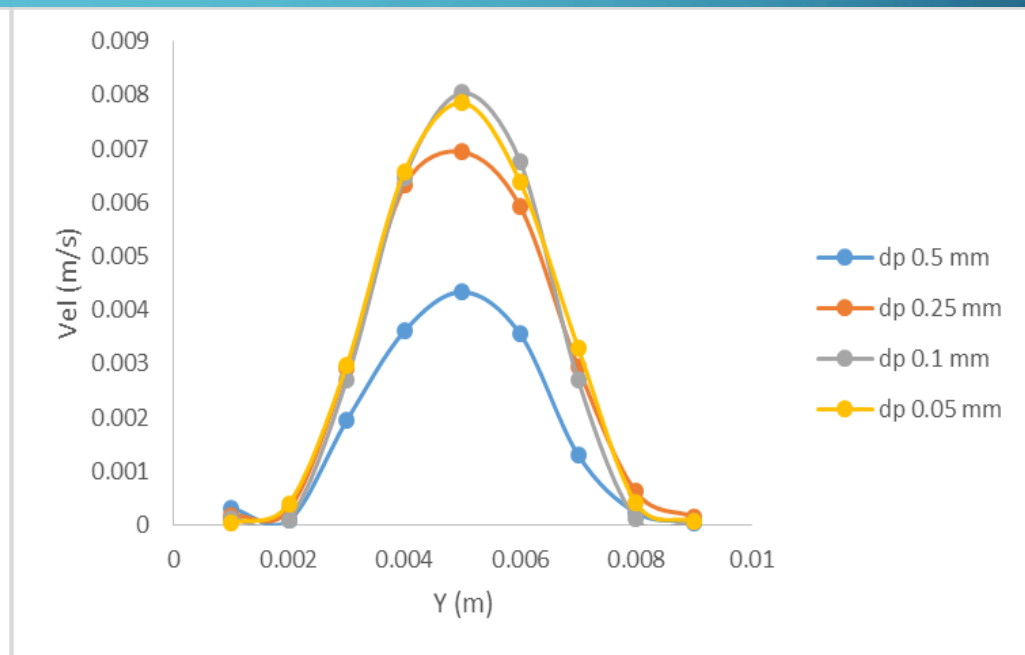
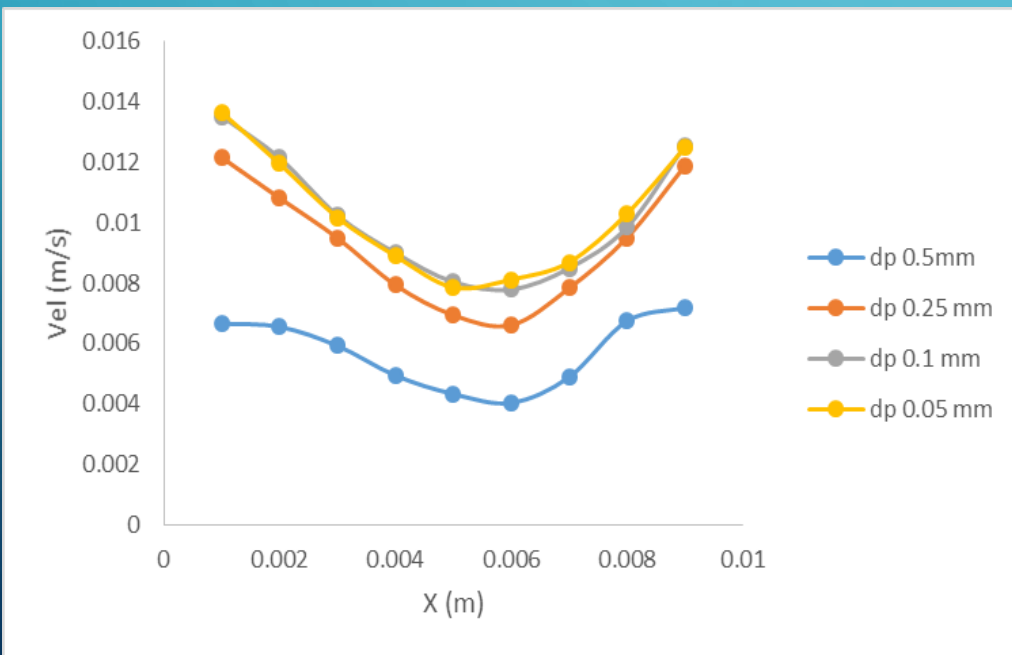
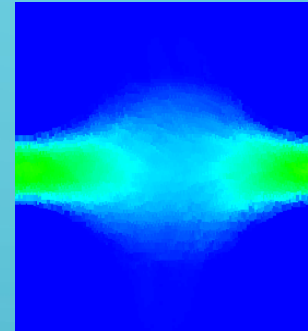
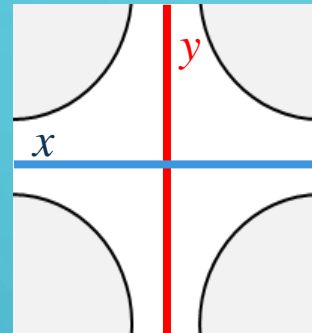
# CALCULO DE PERMEABILIDAD ABSOLUTA

Al aplicar el algoritmo shifting en la simulación se evitan zonas de la simulación sin partículas y se obtiene una velocidad de salida constante después de los 2 segundos.



# CALCULO DE PERMEABILIDAD ABSOLUTA

Se obtuvo el perfil de velocidades para distintas resoluciones con la finalidad de corroborar la convergencia de la solución.



# REFERENCIAS

- Alexandre M. Tartakovsky, Paul Meakin, Timothy D. Scheibe, Rogene M. Eichler West, Simulations of reactive transport and precipitation with smoothed particle hydrodynamics, *Journal of Computational Physics* 222 (2007) 654–672.
- Alex Skillen, Steven Lind, Peter K. Stansby, Benedict D. Rogers, Incompressible smoothed particle hydrodynamics (SPH) with reduced temporal noise and generalised Fickian smoothing applied to body–water slam and efficient wave–body interaction, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 265 (2013) 163–173.
- Colagrossi A, Landrini M, 2003, Numerical simulation of interfacial flows by smoothed particle hydrodynamics, *Journal of Computational Physics* 191 448-475.
- Morris J P, Fox P J, Zhu Y, Modeling low Reynolds number incompressible flows using SPH, *Journal of computational physics*, 1997, 136:214-226, doi:10.1006/jcph.1997.5776.
- Gómez-Gesteira M, Rogers B D, Crespo AJC, Dalrymple R A, Narayanaswamy M and Domínguez J M. 2012a. SPHysics - development of a free-surface fluid solver- Part 1: Theory and Formulations. *Computers & Geosciences*, 48, 289-299. doi:10.1016/j.cageo.2012.02.029.
- Sigalotti D G L, López H, Donoso A, Sira E, Klapp J, A shock-capturing SPH scheme based on adaptive kernel estimation, *Journal of Computational Physics* 212 (2006) 124–149.
- Zhu Y, Fox P J, Morris J P, A pore-scale numerical model for flow through porous media *int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech.*, 23, 881-904 (1999)