

Proyecto de pasantía

Análisis de estabilidad de interfases en desplazamiento bifásico

Autor: Diego Orozco (USB, UIS)
Tutor: Ernesto Medina (USFQ)

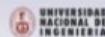
24 de noviembre de 2022



Latin American alliance for
Capacity building in Advanced physics
LA-CoNGA physics

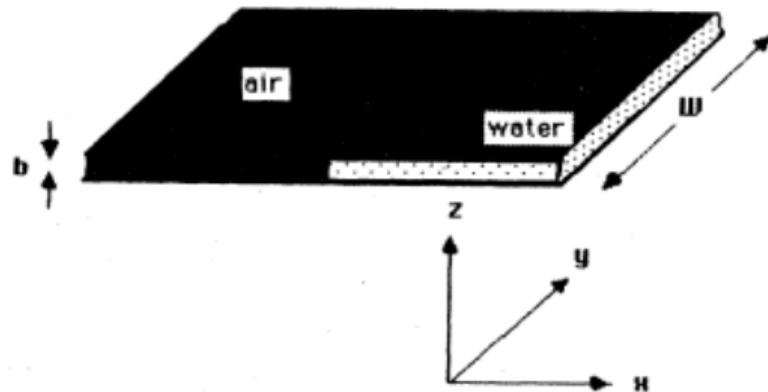


Cofinanciado por el
programa Erasmus+
de la Unión Europea





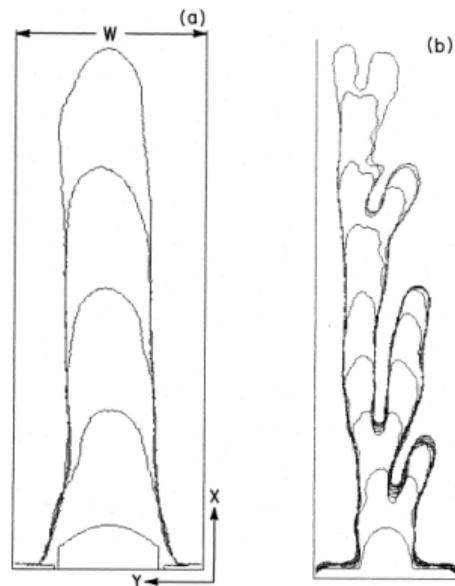
- ▶ **Sistema físico a estudiar:** **Celda Hele-Shaw** con dos fluidos inmiscibles de distinta viscosidad separados por una interfase.
- ▶ **Fenómeno de interés:** Inestabilidad de **adedamiento viscoso**. Puede ocurrir cuando un fluido es inyectado y desplaza a otro de mayor viscosidad.
- ▶ **Motivación:** optimización en **extracción de hidrocarburos**.



- ▶ b : separación entre las placas (profundidad de la celda)
- ▶ W : separación entre las paredes laterales (ancho de la celda)
- ▶ Condición: $b \ll W$



- ▶ **Sistema físico a estudiar:** **Celda Hele-Shaw** con dos fluidos inmiscibles de distinta viscosidad separados por una interfase.
- ▶ **Fenómeno de interés:** Inestabilidad de **adedamiento viscoso**. Puede ocurrir cuando un fluido es inyectado y desplaza a otro de mayor viscosidad.
- ▶ **Motivación:** optimización en **extracción de hidrocarburos**.



Adedamiento: apenas inestable (izq.) y ramificado (der.).

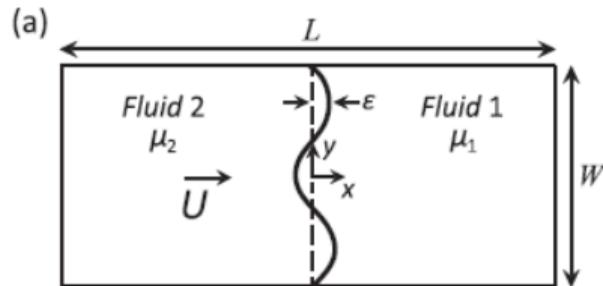
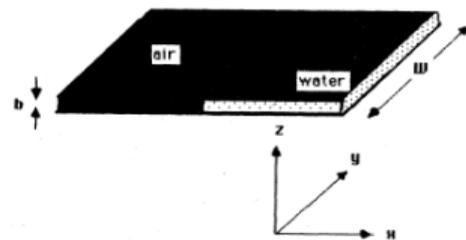


Objetivo de la investigación

Para describir el flujo en la celda se considera la **aproximación de Darcy**

$$\vec{v}_j(x, y) = -\frac{b^2}{12\mu_j} \nabla P_j(x, y) \quad , \quad b \ll W$$

- ▶ j : etiqueta los fluidos ($j = 1, 2$)
- ▶ \vec{v} : velocidad de Darcy
- ▶ P_j : presión en el fluido j
- ▶ μ_j : viscosidad del fluido j .
- ▶ τ : tensión superficial



U : rapidez lejos de interfase
 ϵ : perturbación sinusoidal

Nos interesa determinar el **criterio de estabilidad** para una celda de profundidad variable y ponerlo a prueba en simulaciones en CFD-COMSOL



Objetivo de la investigación

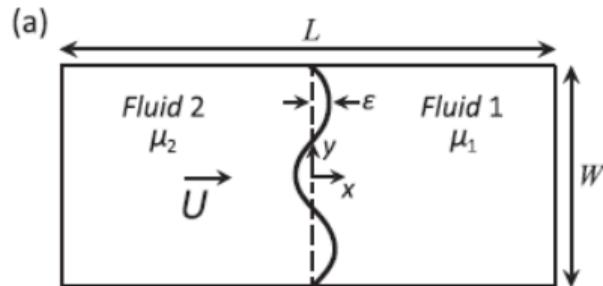
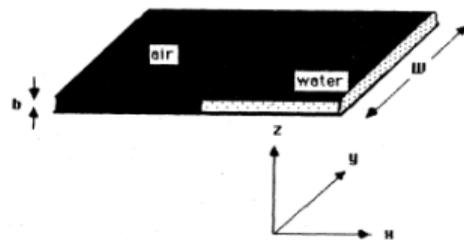
Para describir el flujo en la celda se considera la **aproximación de Darcy**

$$\vec{v}_j(x, y) = -\frac{b^2}{12\mu_j} \nabla P_j(x, y) \quad , \quad b \ll W$$

La estabilidad está asociada a un parámetro adimensional que depende de la **relación de aspecto** y el **número capilar** Ca

$$d_0 \equiv \frac{\pi^2}{3} \left(\frac{b}{W} \right)^2 \left(\frac{\tau}{v\mu} \right)$$

Nos interesa determinar el **criterio de estabilidad** para una celda de profundidad variable y ponerlo a prueba en simulaciones en CFD-COMSOL



U : rapidez lejos de interfase
 ϵ : perturbación sinusoidal



► Profundidad constante

Bensimon, D., *et al.*, Rev. Mod. Phys, 1986.
Hosmy, G. M., Annu. Rev. Fluid Mech., 1987.
León, D., Trabajo de grado, UITEY, 2021.

► Profundidad variable linealmente

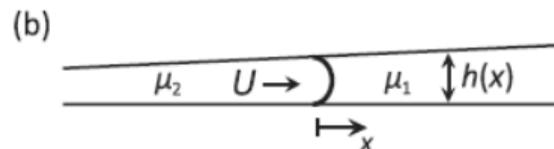
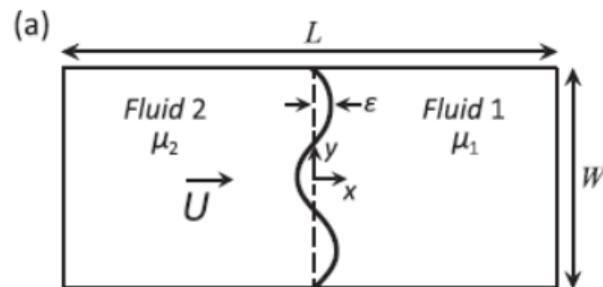
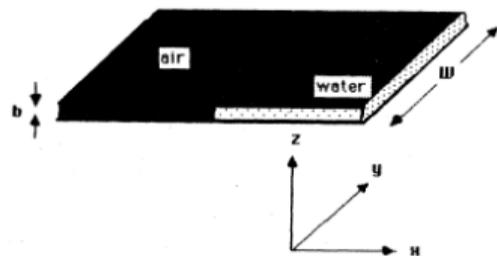
Al-Housseiny, T., Phys. Fluids, 2013.

(desplaz. rectilíneo)

$$b \rightarrow h(x) = \alpha x + h_0 \quad , \quad |\alpha| \ll 1$$

(desplaz. radial)

$$b \rightarrow h(r) = \alpha(r - r_0) + h_0(t) \quad , \quad |\alpha| \ll 1$$





► Profundidad constante

Bensimon, D., *et al.*, Rev. Mod. Phys, 1986.
 Hosmy, G. M., Annu. Rev. Fluid Mech., 1987.
 León, D., Trabajo de grado, UITEY, 2021.

► Profundidad variable linealmente

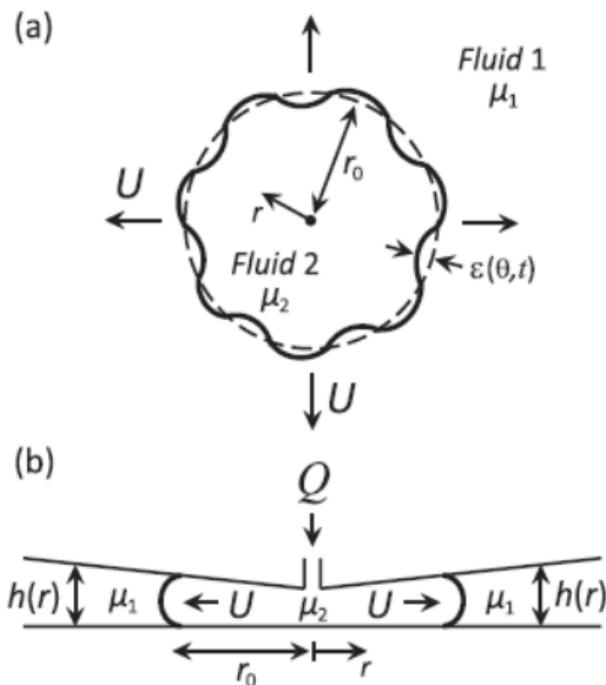
Al-Housseiny, T., Phys. Fluids, 2013.

(desplaz. rectilíneo)

$$b \rightarrow h(x) = \alpha x + h_0 \quad , \quad |\alpha| \ll 1$$

(desplaz. radial)

$$b \rightarrow h(r) = \alpha(r - r_0) + h_0(t) \quad , \quad |\alpha| \ll 1$$



El criterio para el caso $b \rightarrow h(r)$ se obtiene de manera análoga.



1. Planteamos la aproximación de **Darcy**
2. Sustituimos en la condición de **incompresibilidad** ($\nabla \cdot (b\vec{v}) = 0$).
3. Obtenemos una ecuación diferencial para la **presión**.
4. Calculamos el **salto de presión** en la interfase
5. Igualamos con la ley de **Young-Laplace** y despejamos el criterio de estabilidad.

Profundidades consideradas

Constante	
$\alpha x + h_0$	



1. Planteamos la aproximación de **Darcy**
2. Sustituimos en la condición de **incompresibilidad** ($\nabla \cdot (b\vec{v}) = 0$).
3. Obtenemos una ecuación diferencial para la **presión**.
4. Calculamos el **salto de presión** en la interfase
5. Igualamos con la ley de **Young-Laplace** y despejamos el criterio de estabilidad.

Profundidades consideradas

Constante	
$\alpha x + h_0$	
$\alpha x^2 + h_0$	

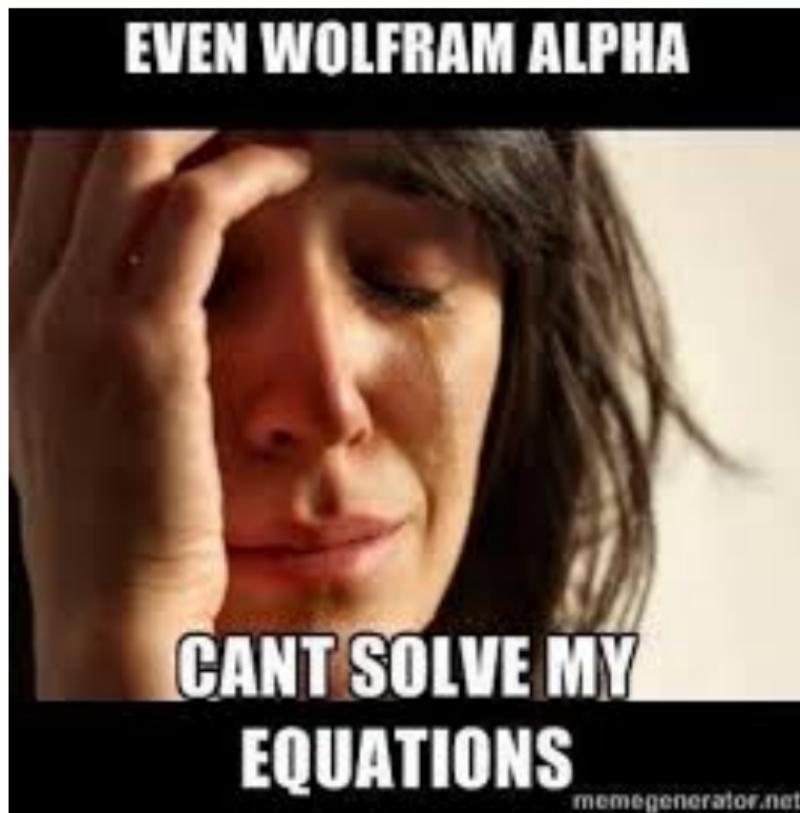


1. Resolver toda ecuación diferencial con Mathematica.
2. Usar *argumentos físicos* para introducir aproximaciones válidas.
3. Pedirle a los experimentales que verifiquen tu *resultado exacto*.
4. Apoyar tu modelo con simulaciones.



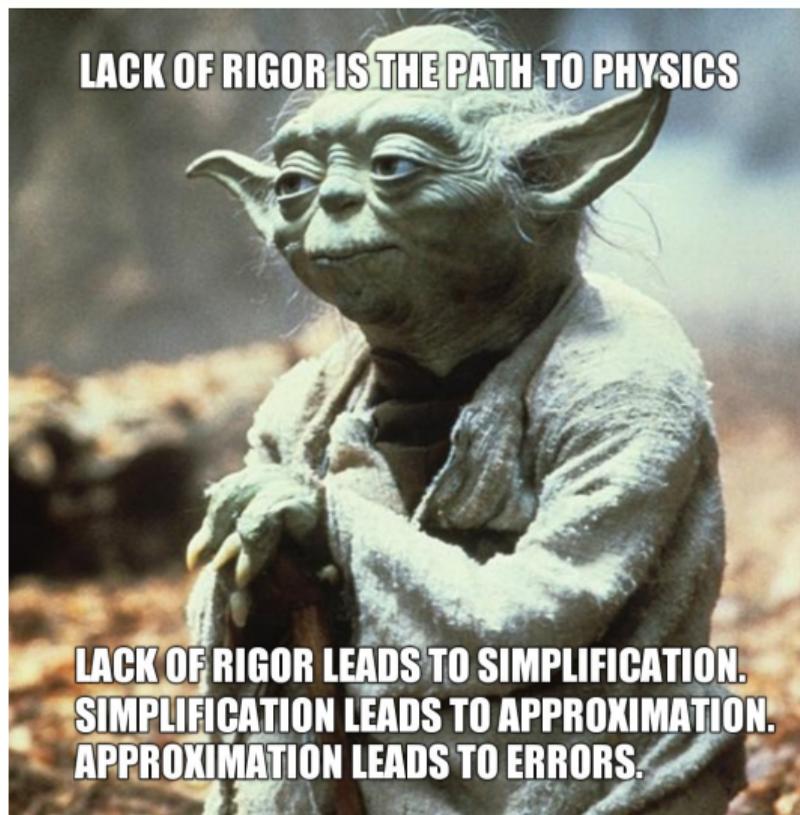


1. Resolver toda ecuación diferencial con Mathematica.
2. Usar *argumentos físicos* para introducir aproximaciones válidas.
3. Pedirle a los experimentales que verifiquen tu *resultado exacto*.
4. Apoyar tu modelo con simulaciones.





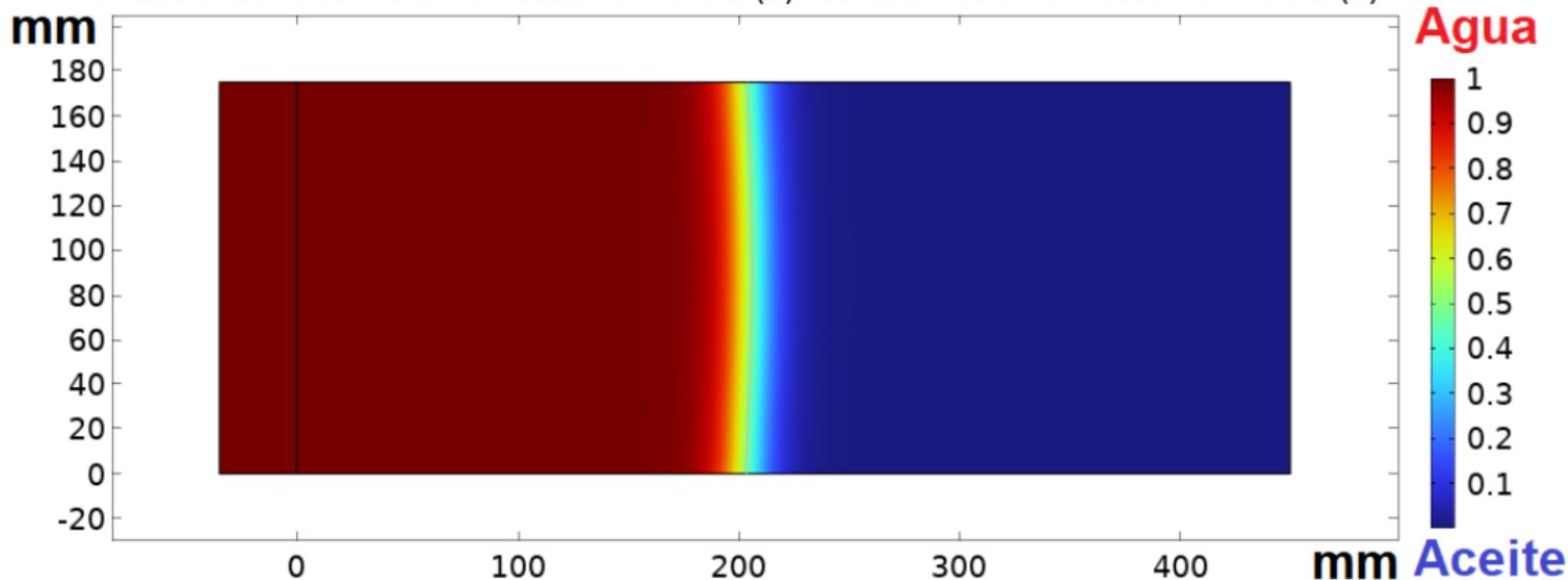
1. Resolver toda ecuación diferencial con Mathematica.
2. Usar *argumentos físicos* para introducir aproximaciones válidas.
3. Pedirle a los experimentales que verifiquen tu *resultado exacto*.
4. Apoyar tu modelo con simulaciones.





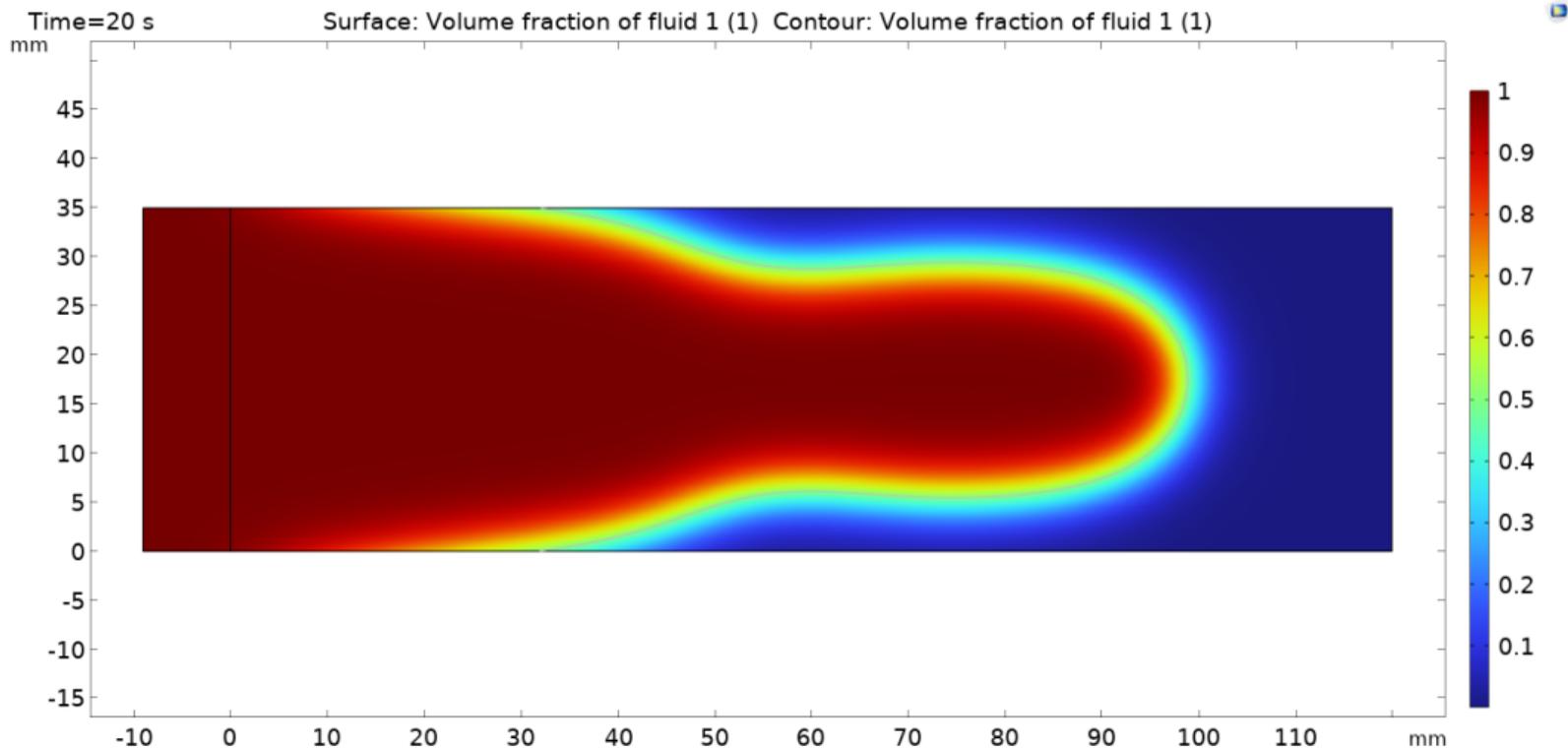
El agua (rojo) es inyectada y desplaza al aceite (azul), $d_0 > 1$ (región de estabilidad)

Time=250 s Surface: Volume fraction of fluid 1 (1) Contour: Volume fraction of fluid 1 (1)



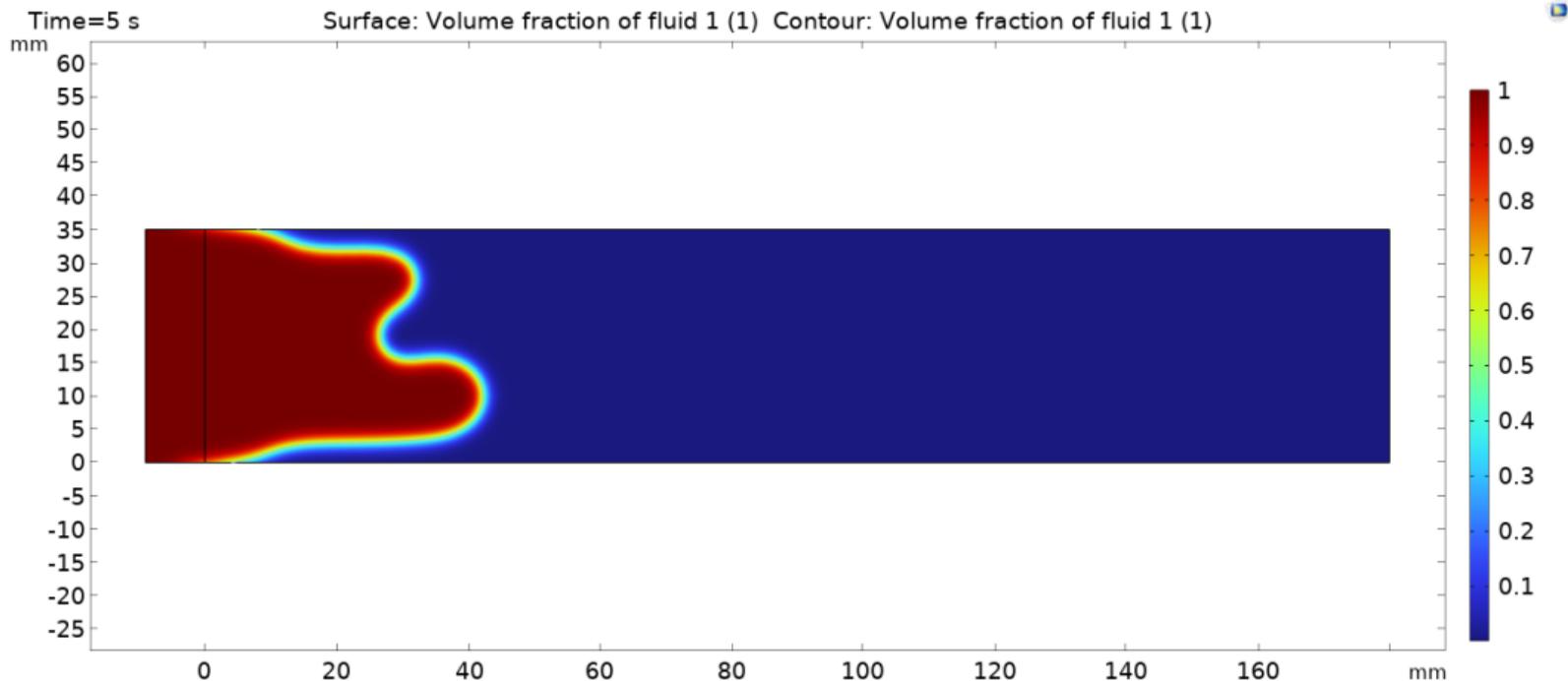


El agua (rojo) es inyectada y desplaza al aceite (azul), $d_0 < 1$ (región de inestabilidad)



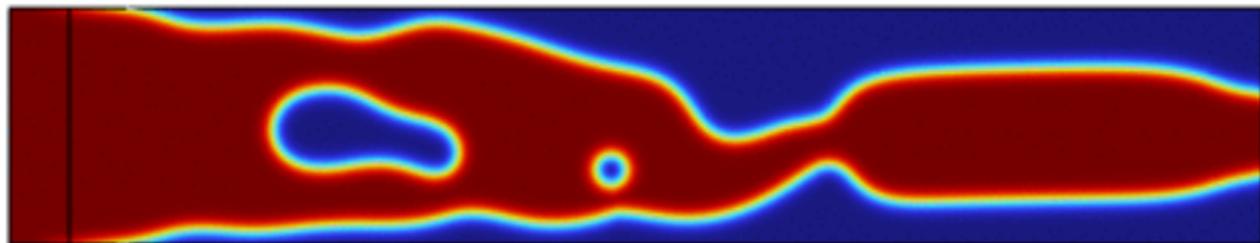


El agua (rojo) es inyectada y desplaza al aceite (azul), $d_0 < 1$ (región de inestabilidad)





El agua (rojo) es inyectada y desplaza al aceite (azul), $d_0 < 1$ (región de inestabilidad)





<http://laconga.redclara.net>



contacto@laconga.redclara.net



lacongapysics



Latin American alliance for
Capacity building in Advanced physics

LA-CoNGA physics



Cofinanciado por el
programa Erasmus+
de la Unión Europea

El apoyo de la Comisión Europea para la producción de esta publicación no constituye una aprobación del contenido, el cual refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.