

# INGENIERÍA MECATRÓNICA



## DI\_CERO

DIEGO CERVANTES RODRÍGUEZ

INGENIERÍA ASISTIDA POR COMPUTADORA

COMSOL MULTIPHYSICS 5.6

15: Flujo de Agua en una  
Tobera

## Contenido

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA: .....	2
CREACIÓN DE LA PIEZA EN COMSOL:.....	4
ANÁLISIS DE FLUIDOS EN COMSOL: .....	22
RESULTADO DEL ELEMENTO FINITO EN COMSOL: .....	30
BIBLIOGRAFÍA:.....	45



# DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

Análisis del cálculo del flujo de agua en una tobera, como régimen laminar, t=25 °C (isotérmico).

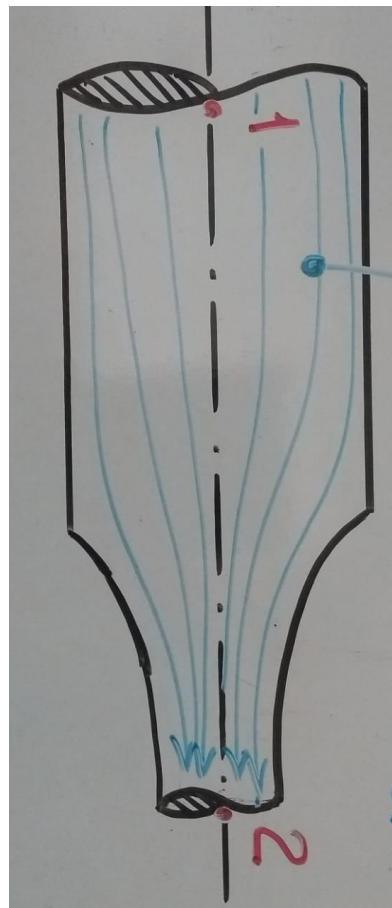
Los datos que tenemos son:

$$v_1 = 5 \frac{m}{s}$$

$$p_1 = ? Pa$$

$$y_1 = 1 m$$

$$d_1 = 2(0.2) = 0.4 m$$



$$\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$v_2 = ? \frac{m}{s}$$

$$p_2 = 0 Pa$$

$$y_2 = -1.05 m$$

$$d_2 = 2(0.1) = 0.2 m$$



### Ecuación de continuidad:

$$Q_1 = Q_2; \quad Q = \text{Caudal} = \frac{\text{flujo de agua}}{\text{tiempo}} = \frac{V}{t} = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$\left(\frac{\pi}{4} d^2_1\right) v_1 = \left(\frac{\pi}{4} d^2_2\right) v_2$$

$$d^2_1 v_1 = d^2_2 v_2$$

$$v_2 = \left(\frac{d^2_1}{d^2_2}\right) v_1 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 v_1$$

$$v_2 = \left(\frac{0.4}{0.2}\right)^2 (5) = 20 \text{ m/s}$$

### Ecuación de Bernoulli:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2$$

Como la presión en 2 es cero:

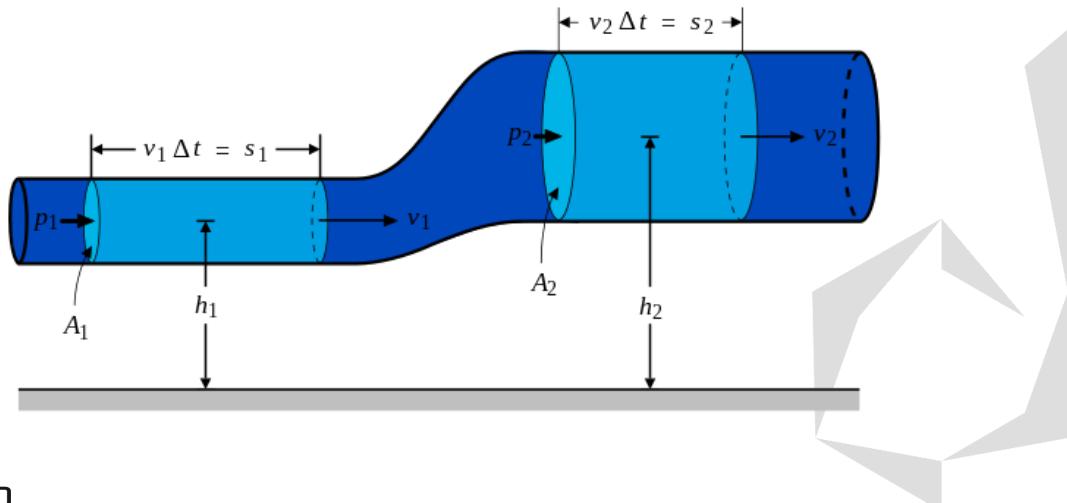
$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2$$

$$p_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2 - \frac{1}{2} \rho v_1^2 - \rho g y_1$$

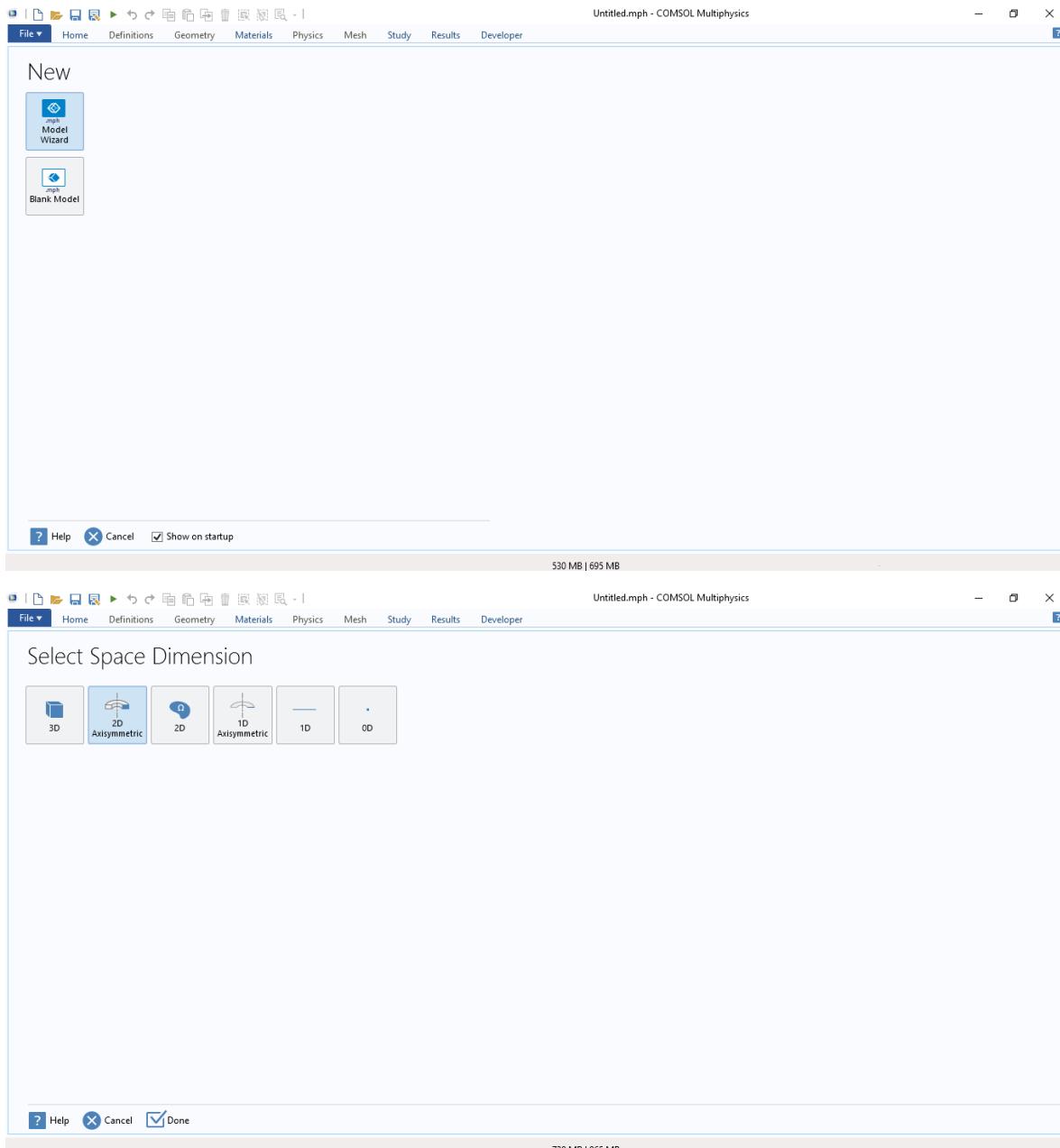
$$p_1 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (y_2 - y_1)$$

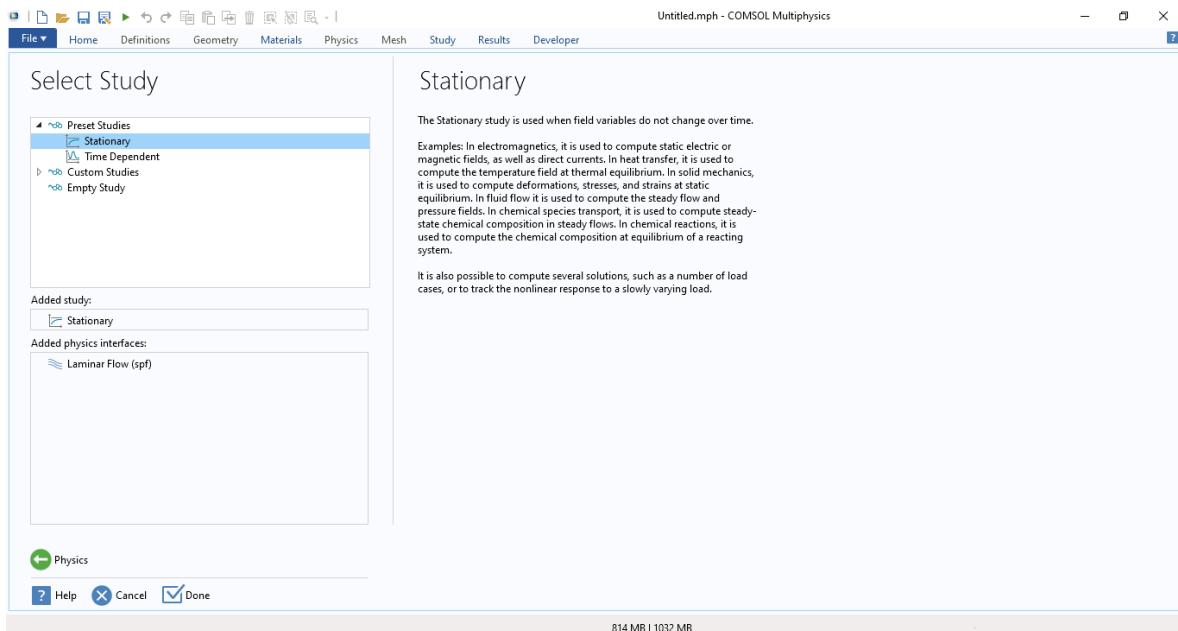
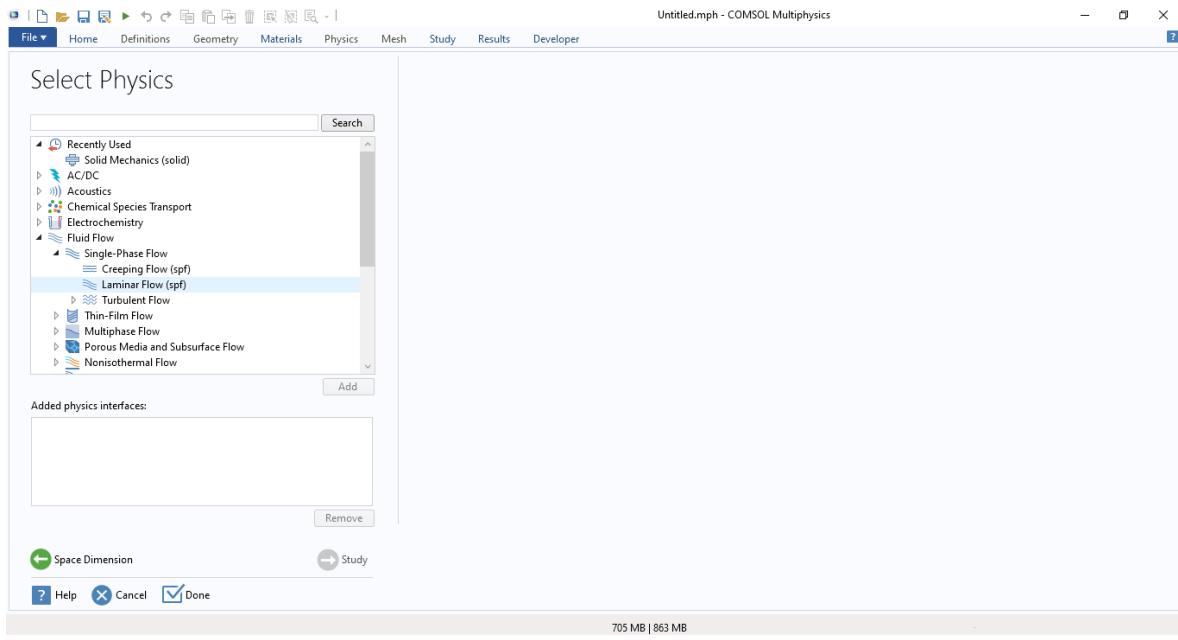
$$p_1 = \frac{1}{2} (1000) (20^2 - 5^2) + (1000) (9.81) [-1.05 - 1]$$

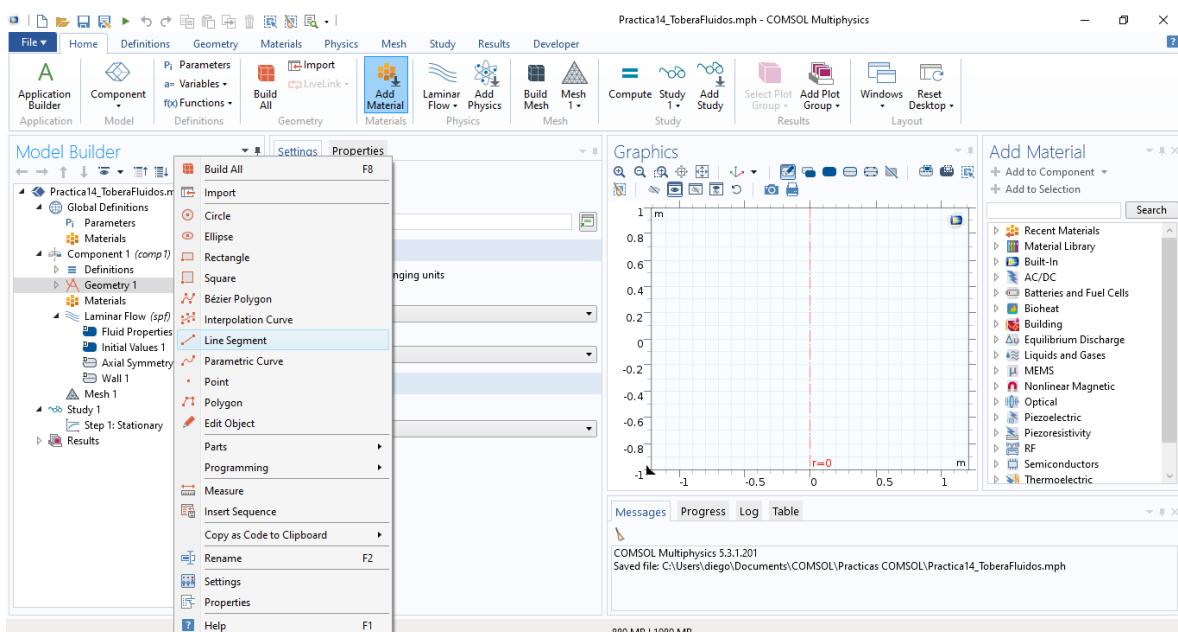
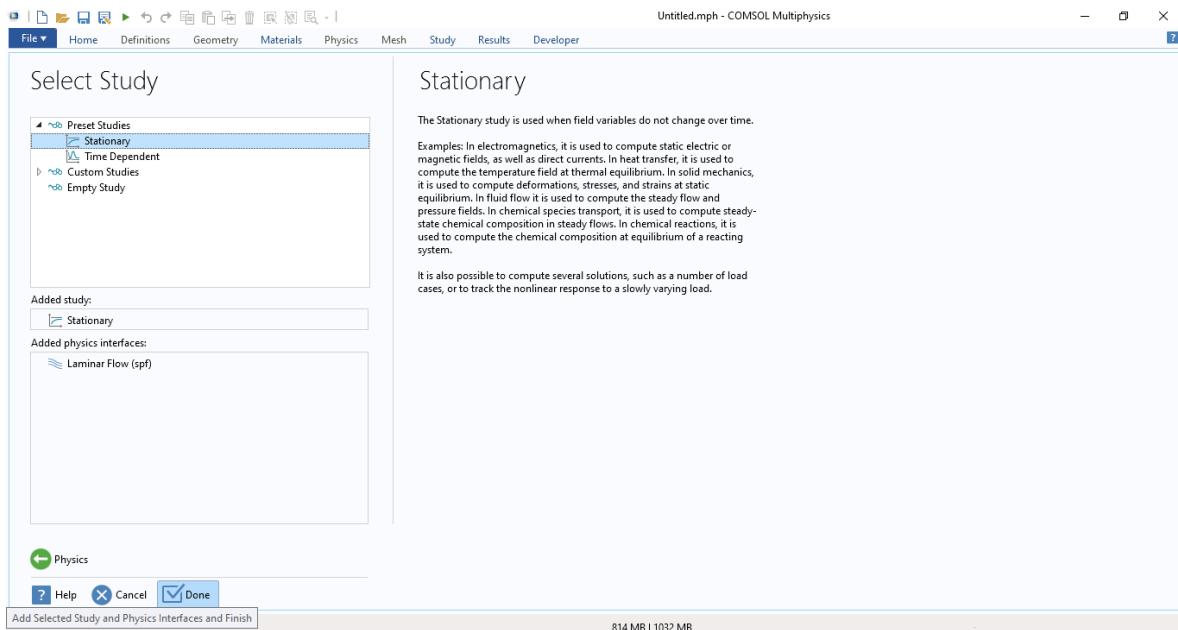
$$p_1 = 162975 \text{ Pa} = 1.63 \times 10^5 \text{ Pa}$$

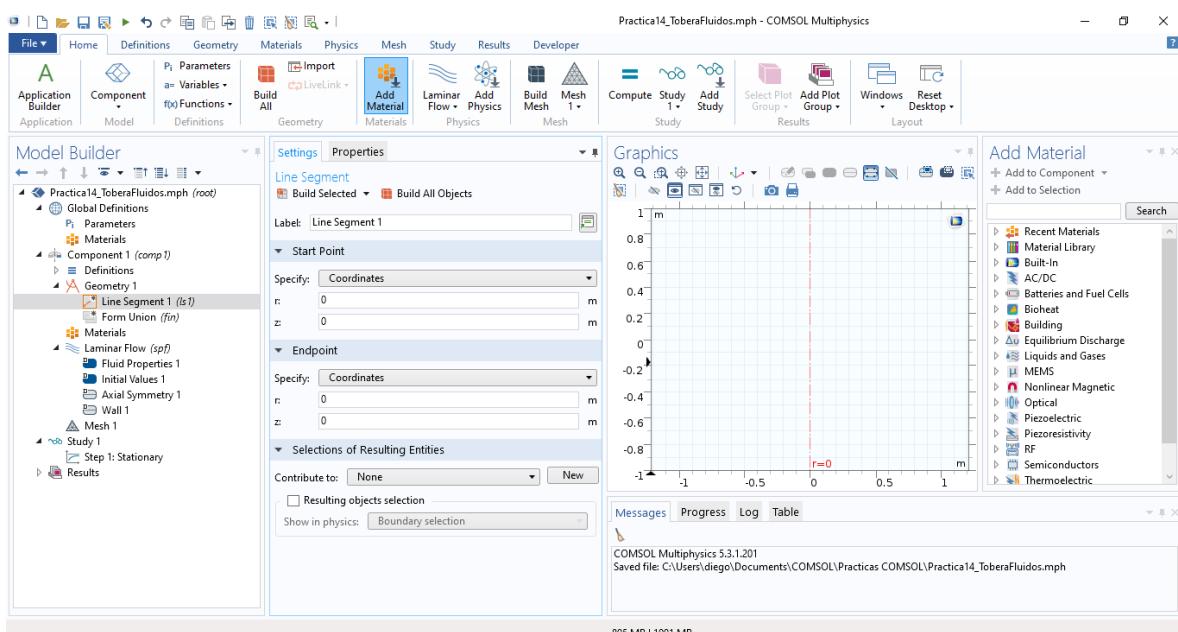
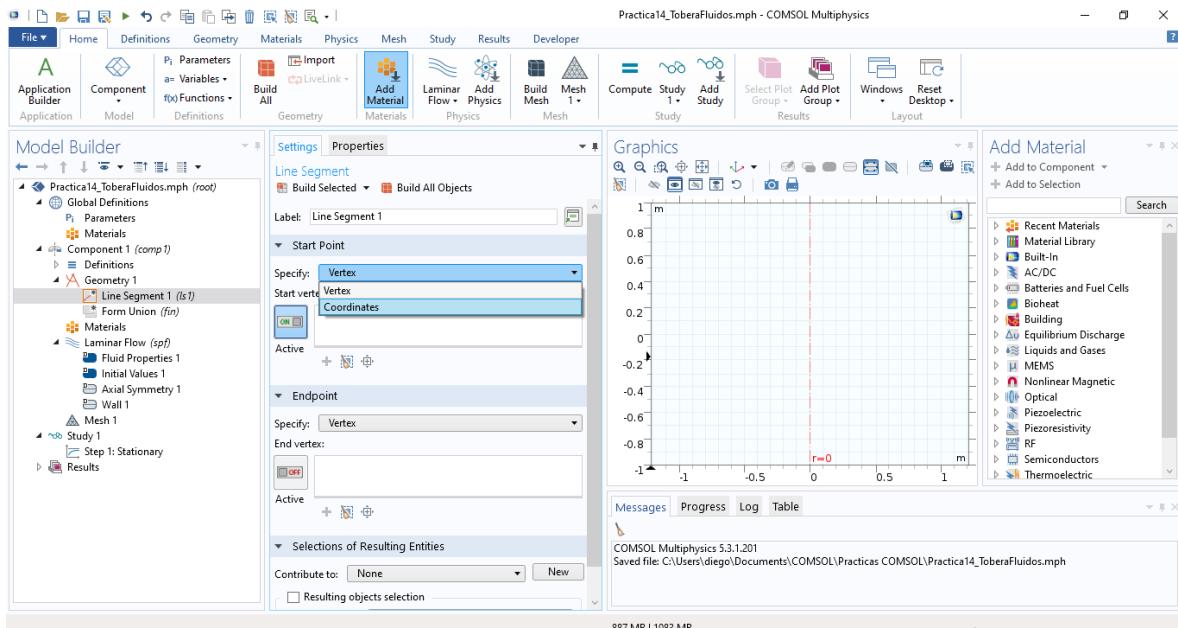


# CREACIÓN DE LA PIEZA EN COMSOL:



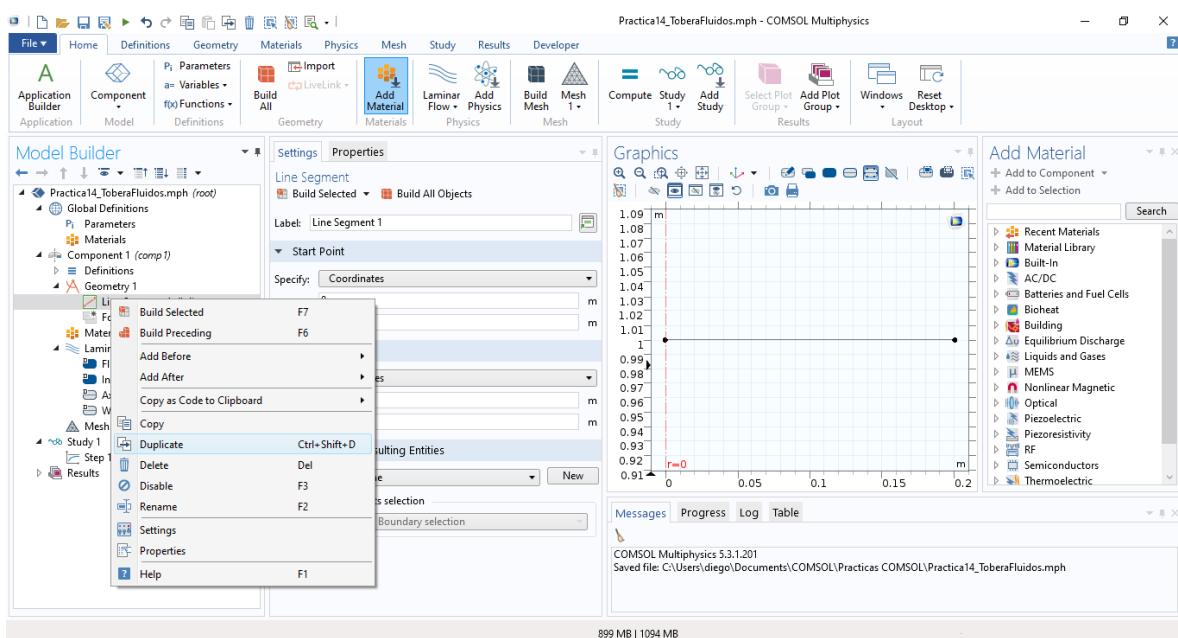
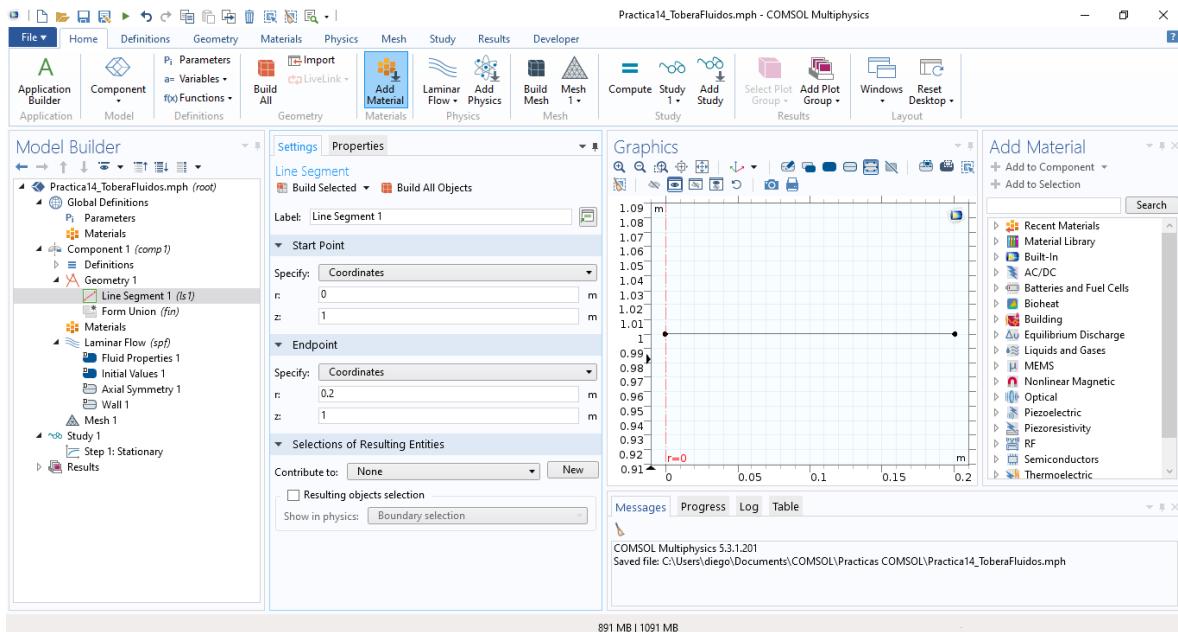


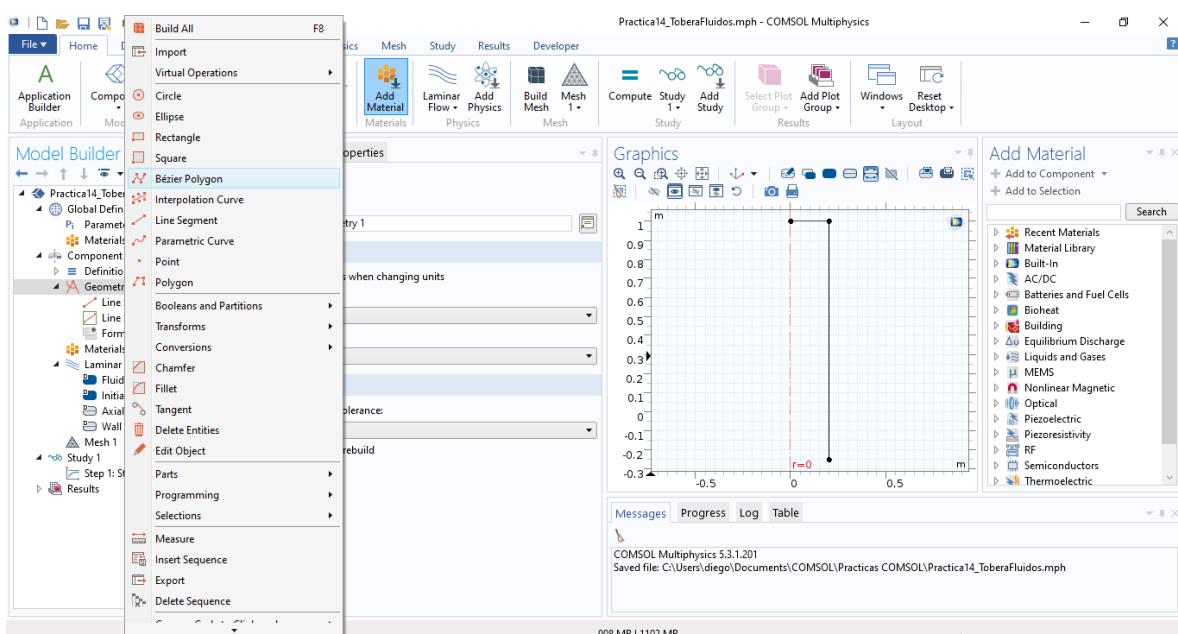
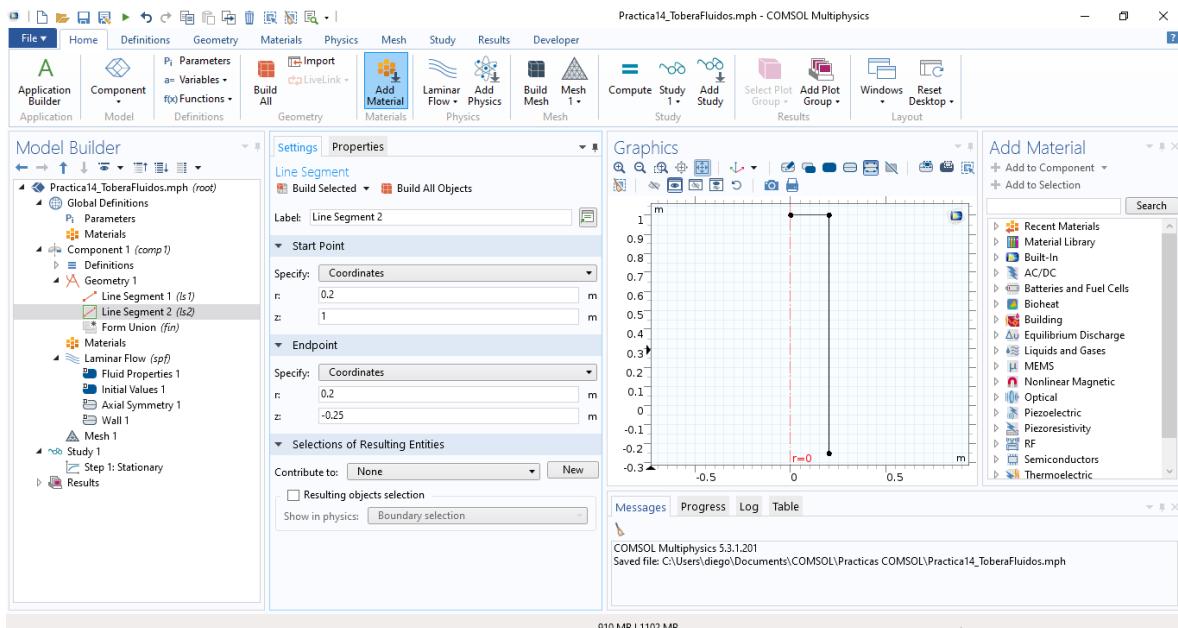


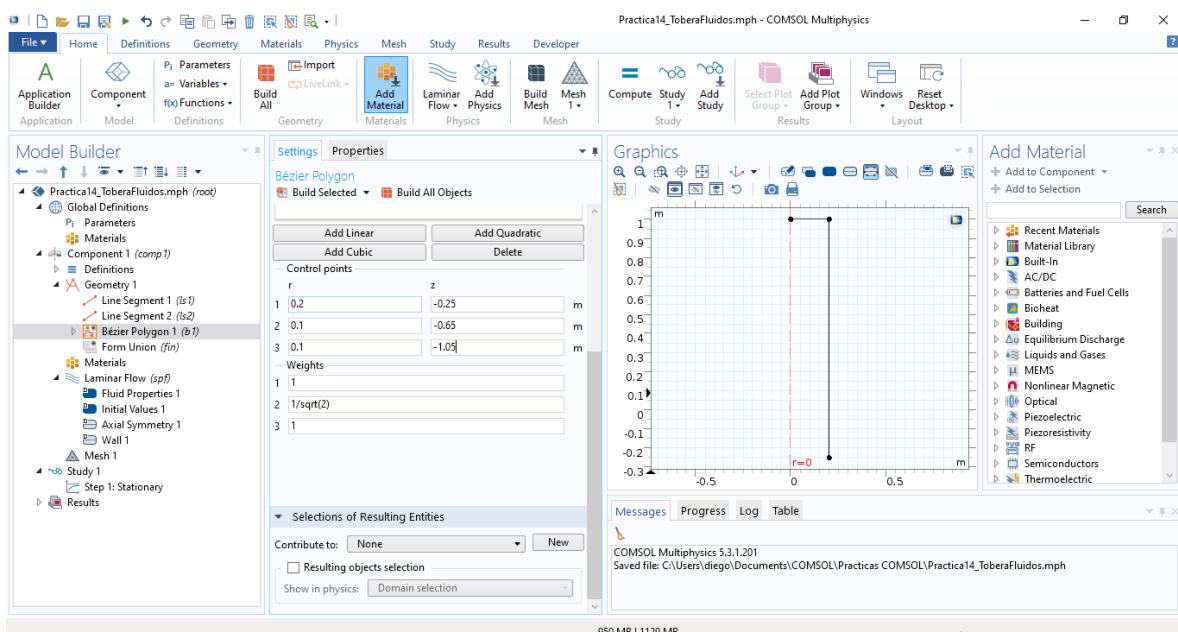
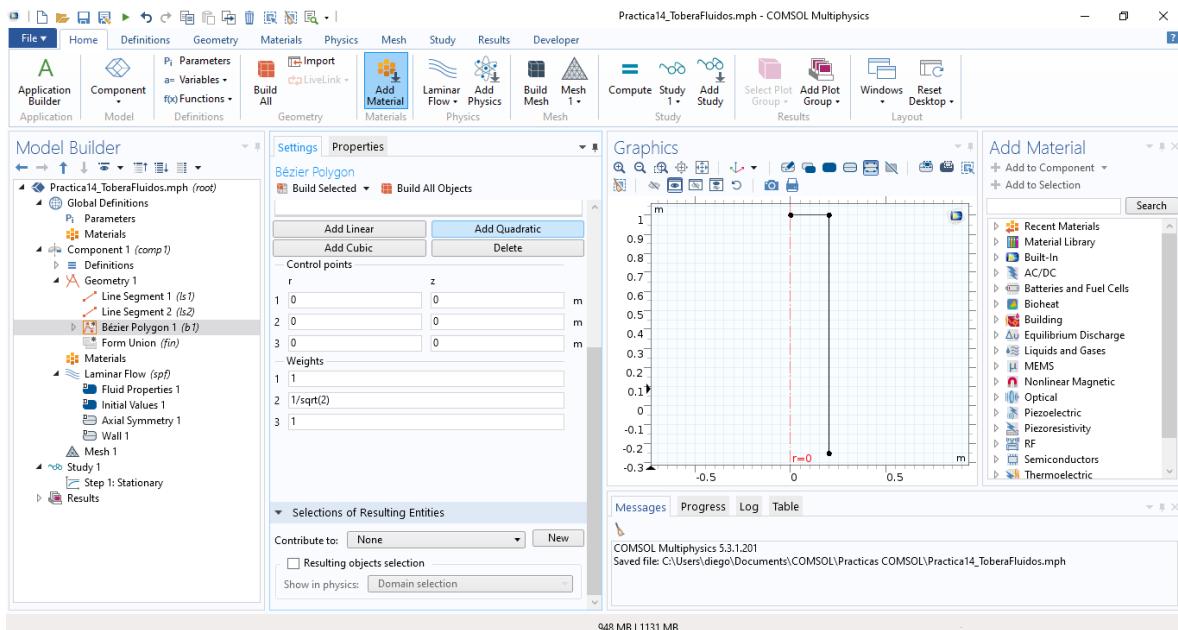


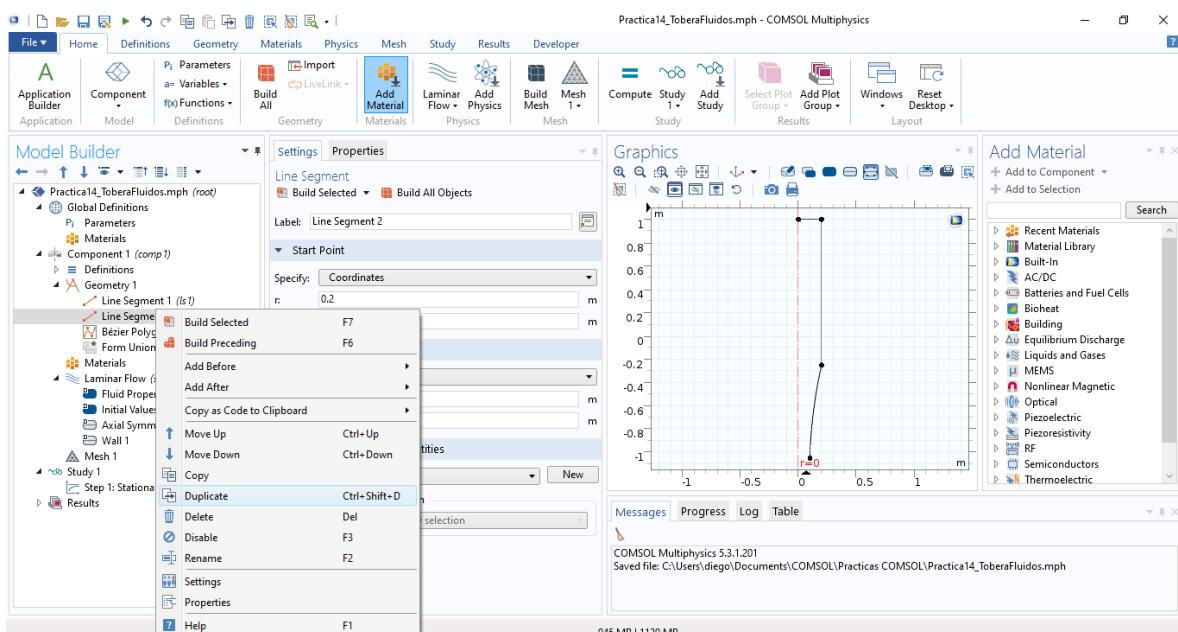
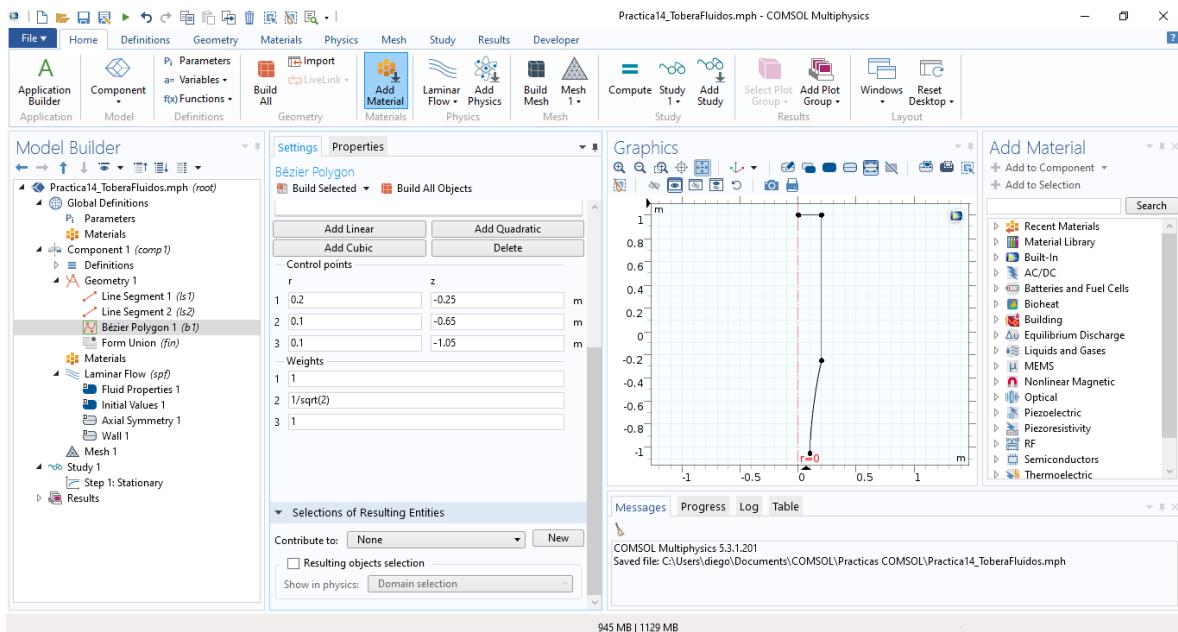
En este tipo de elementos las coordenadas se hacen desde el eje R y la altura se da en Z.

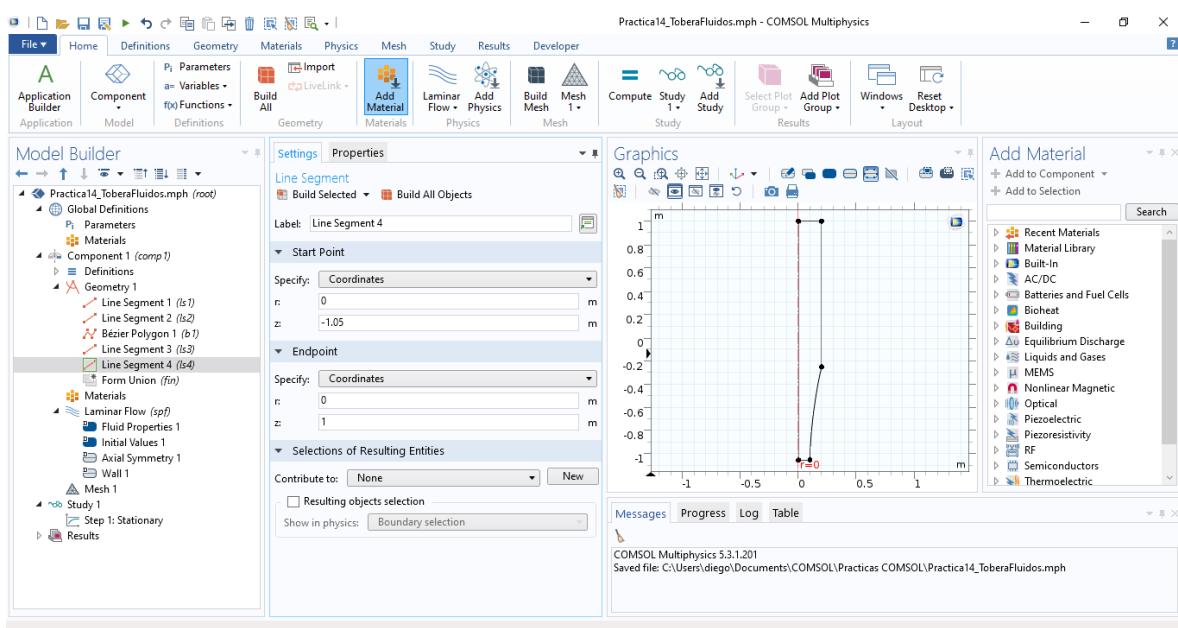
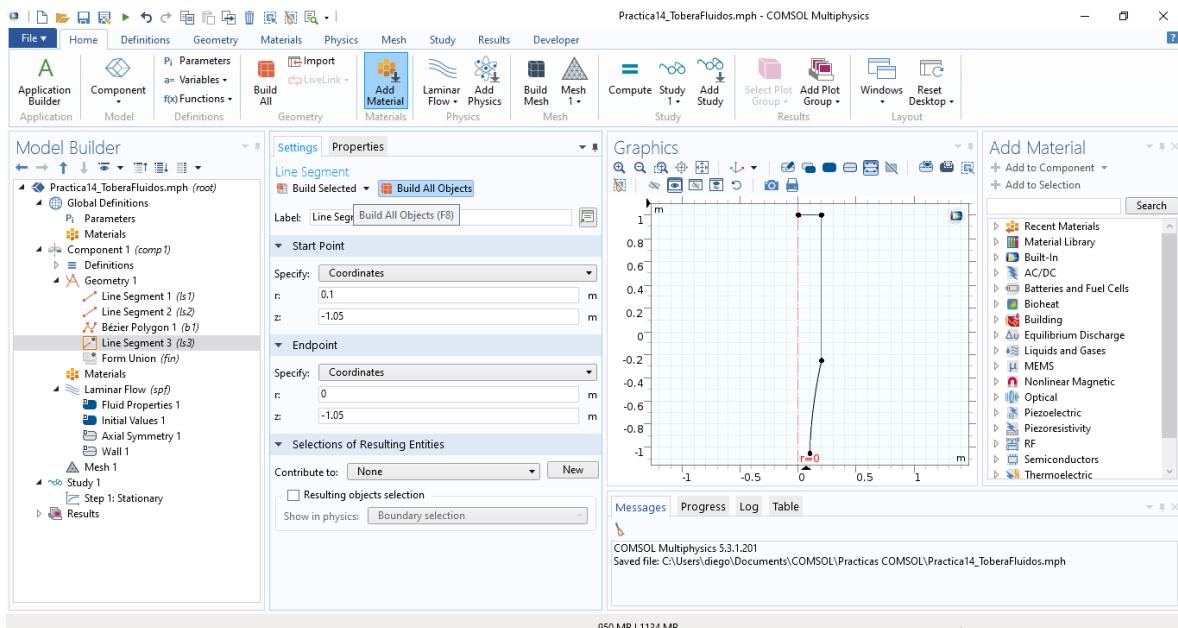


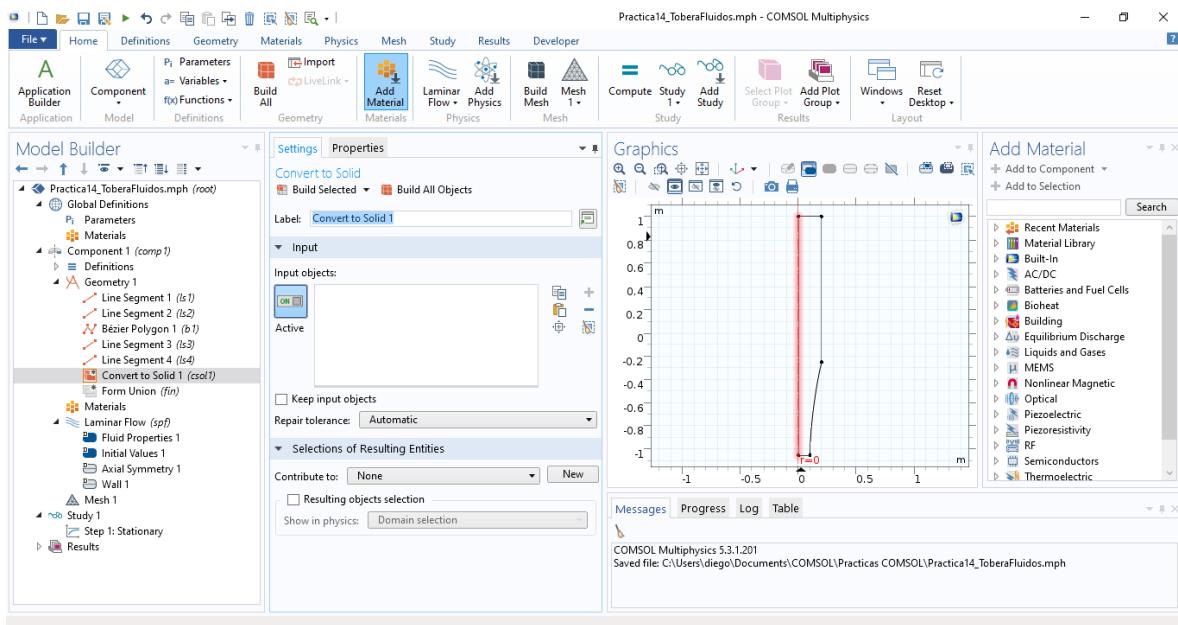
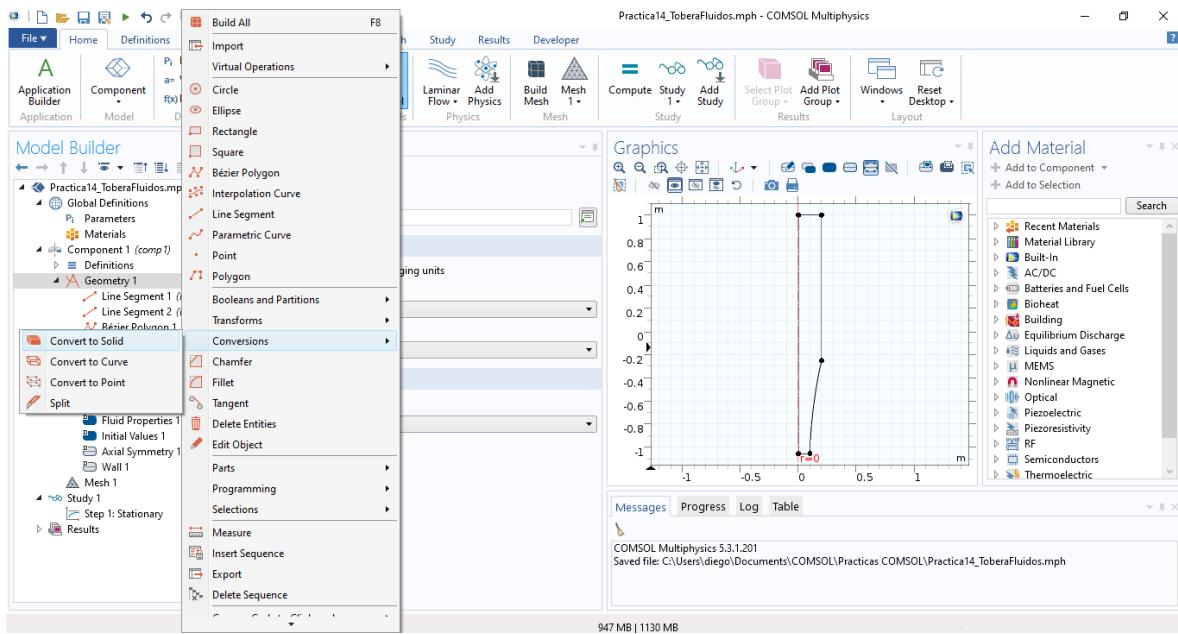


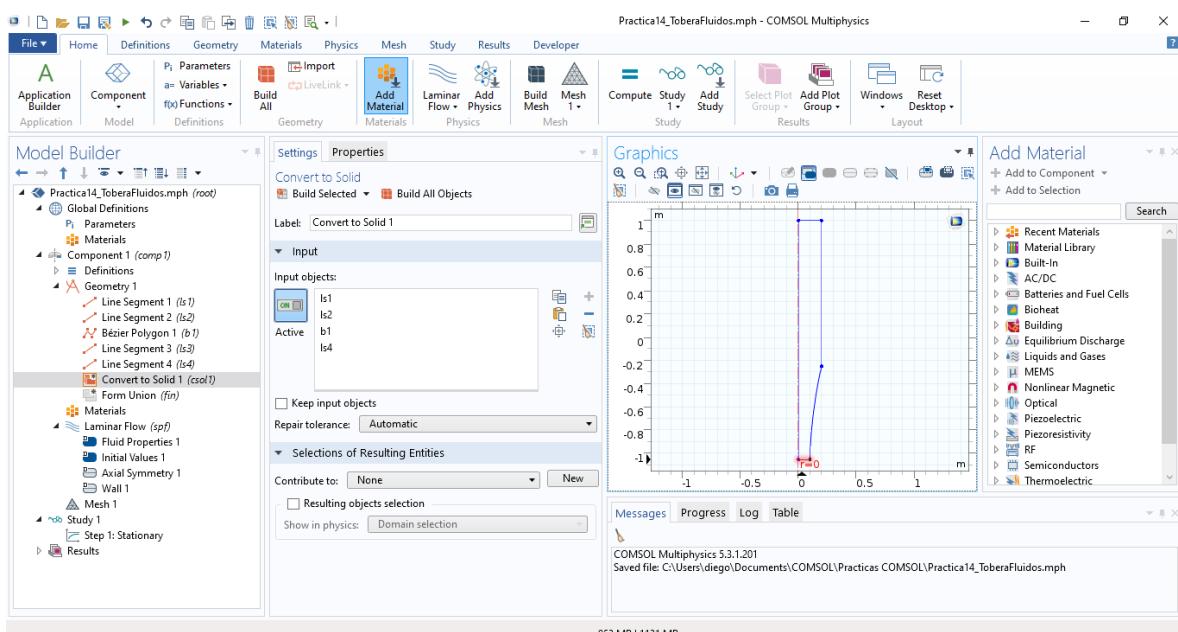
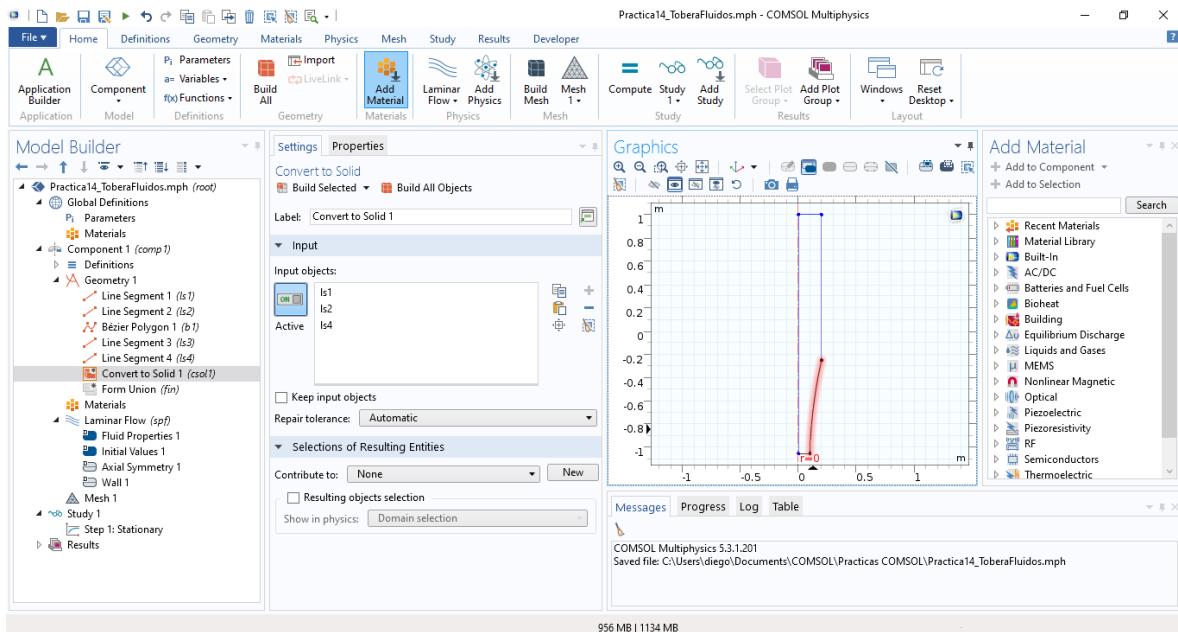


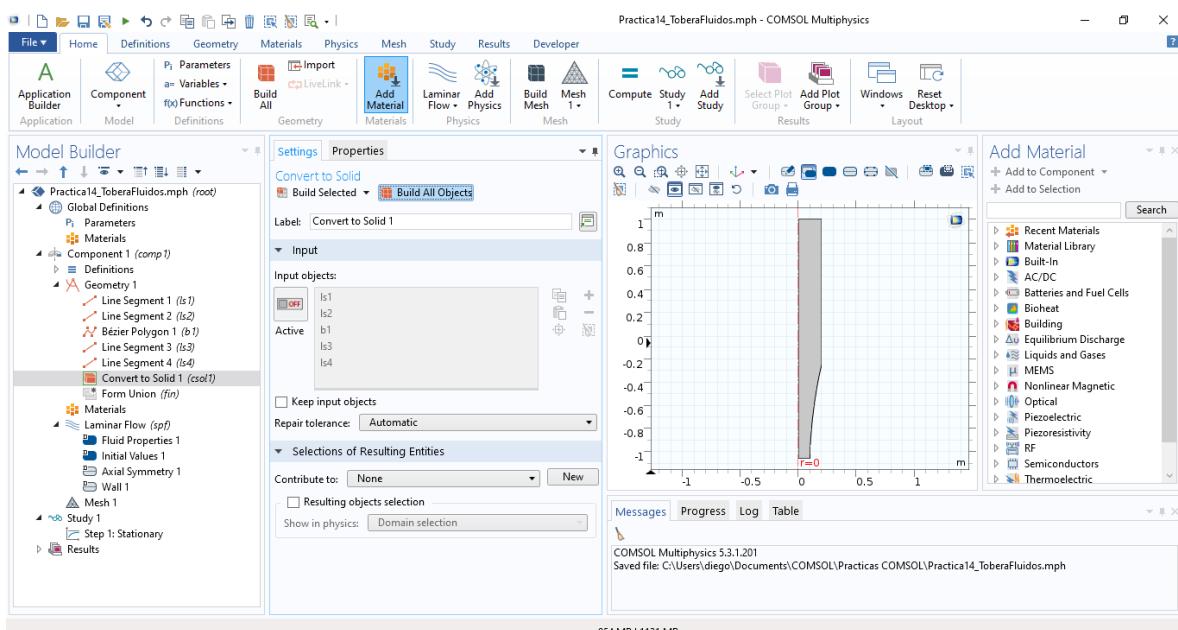
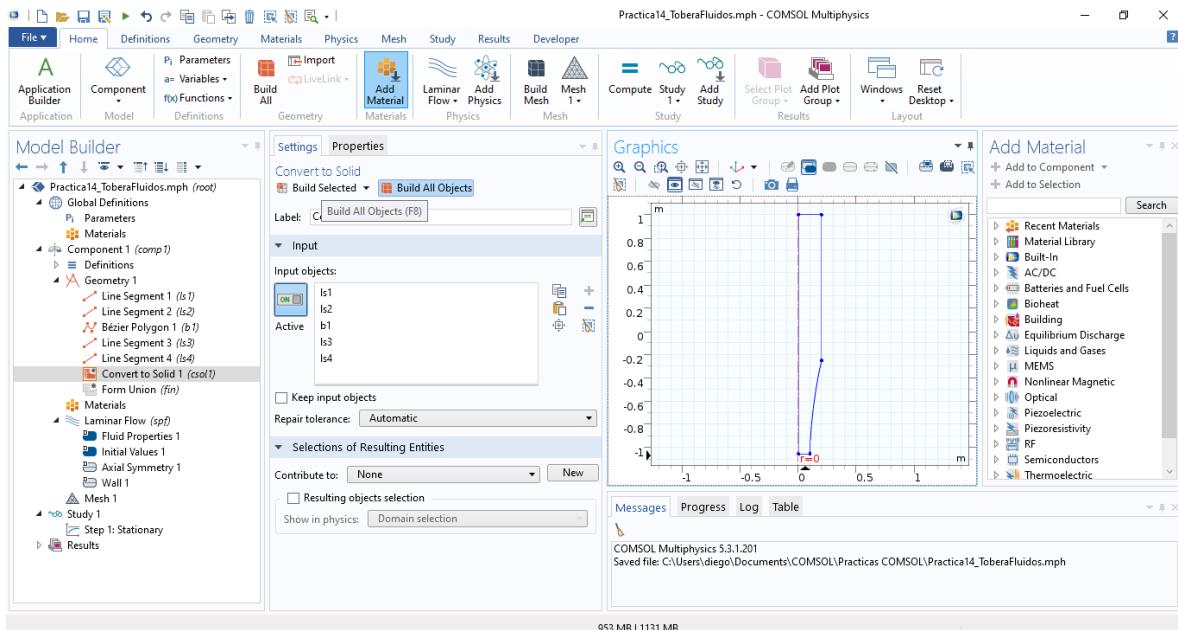


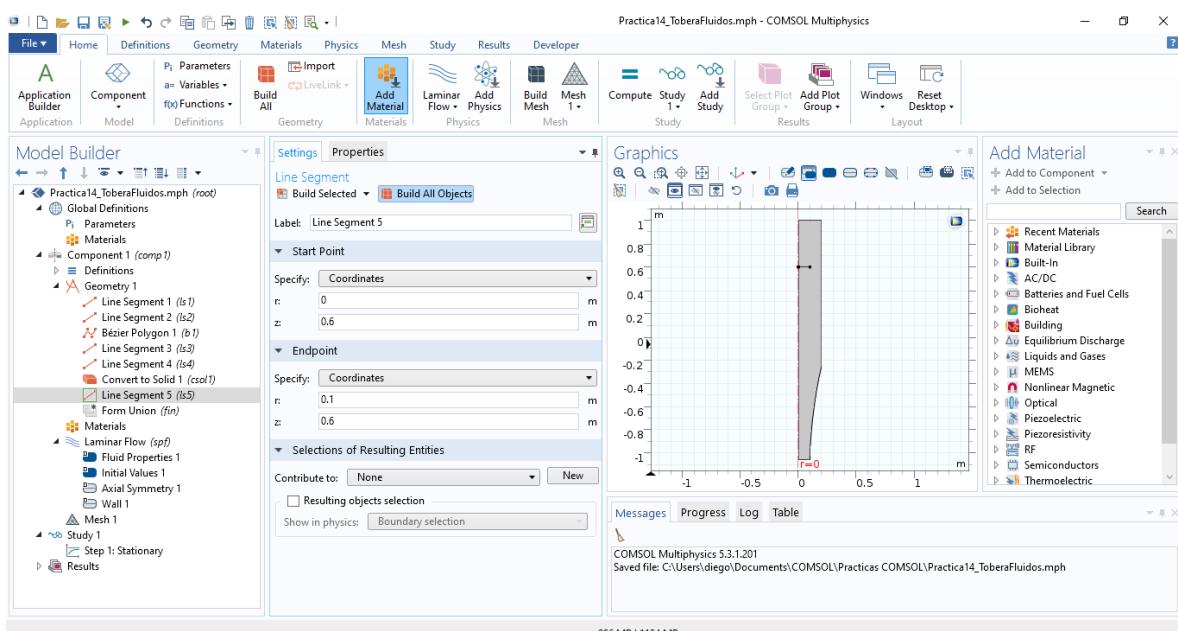
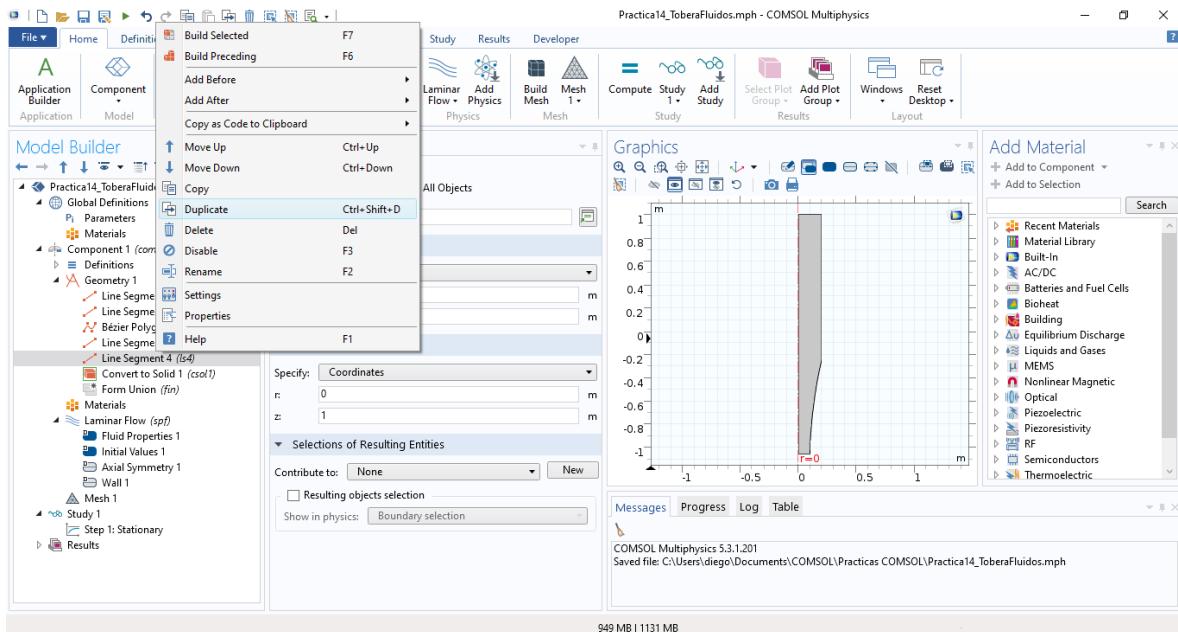


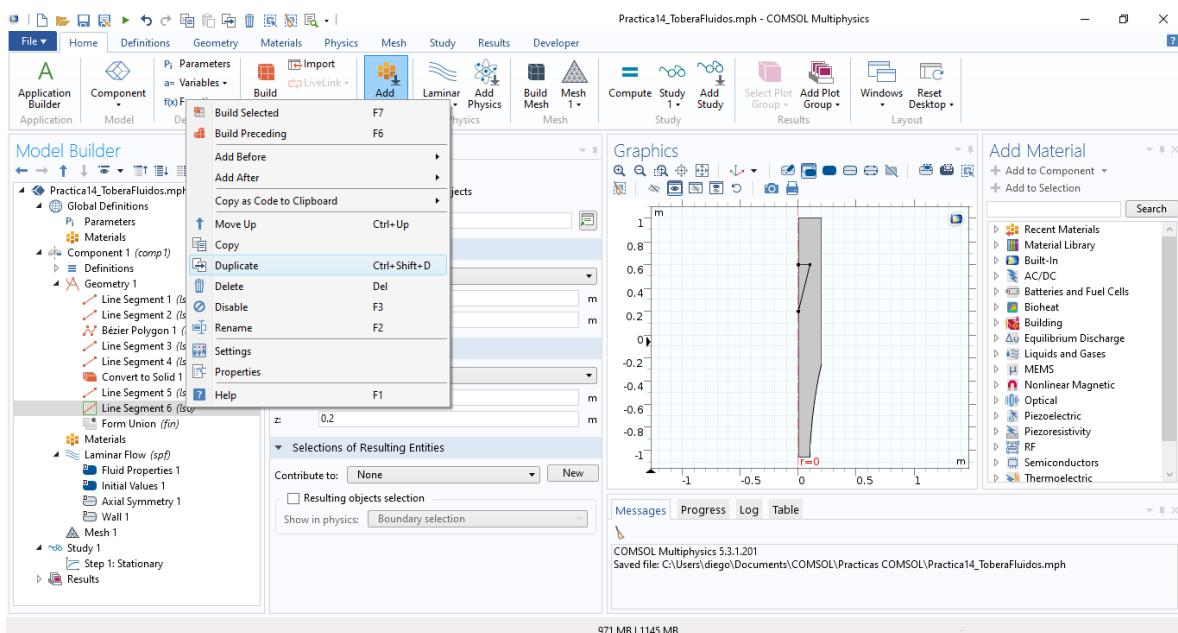
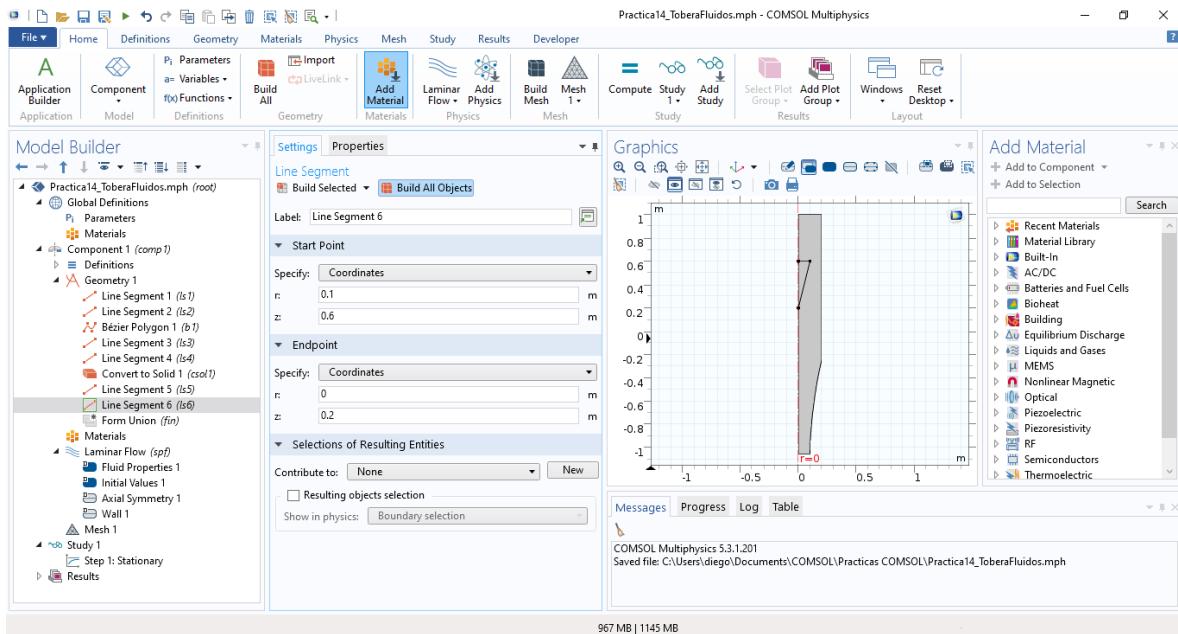


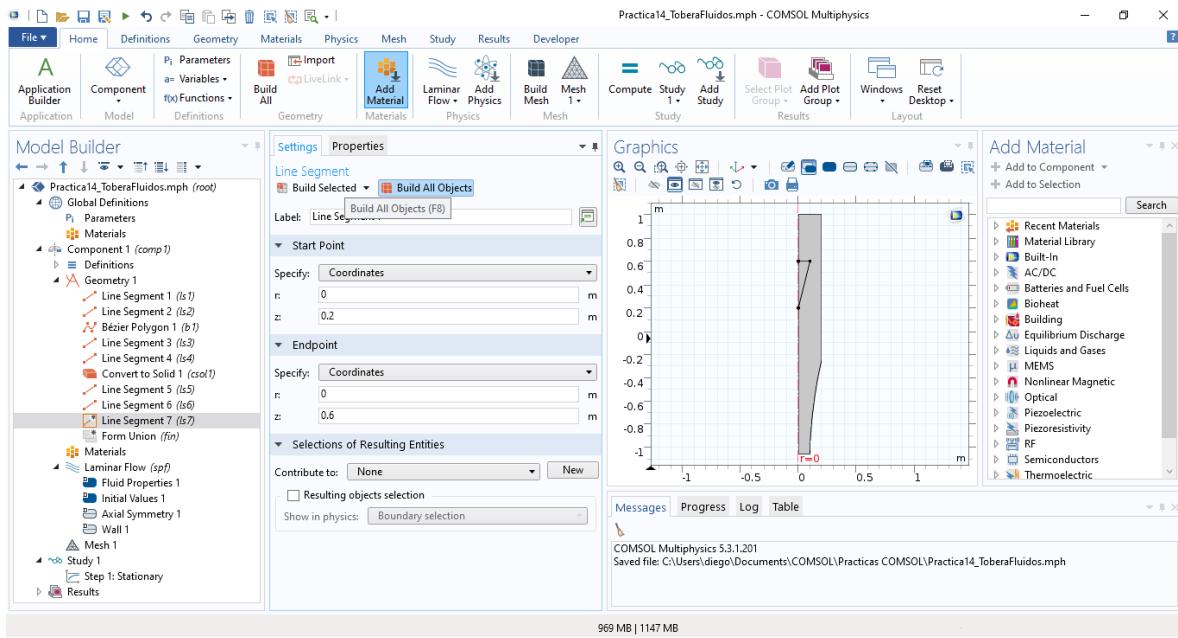




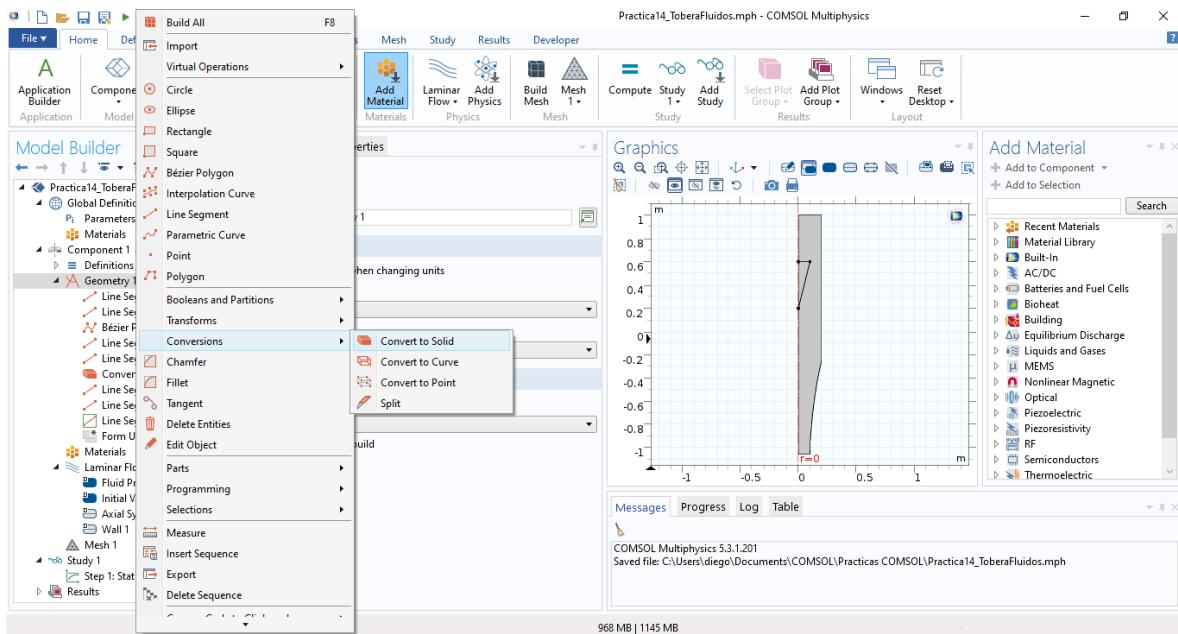






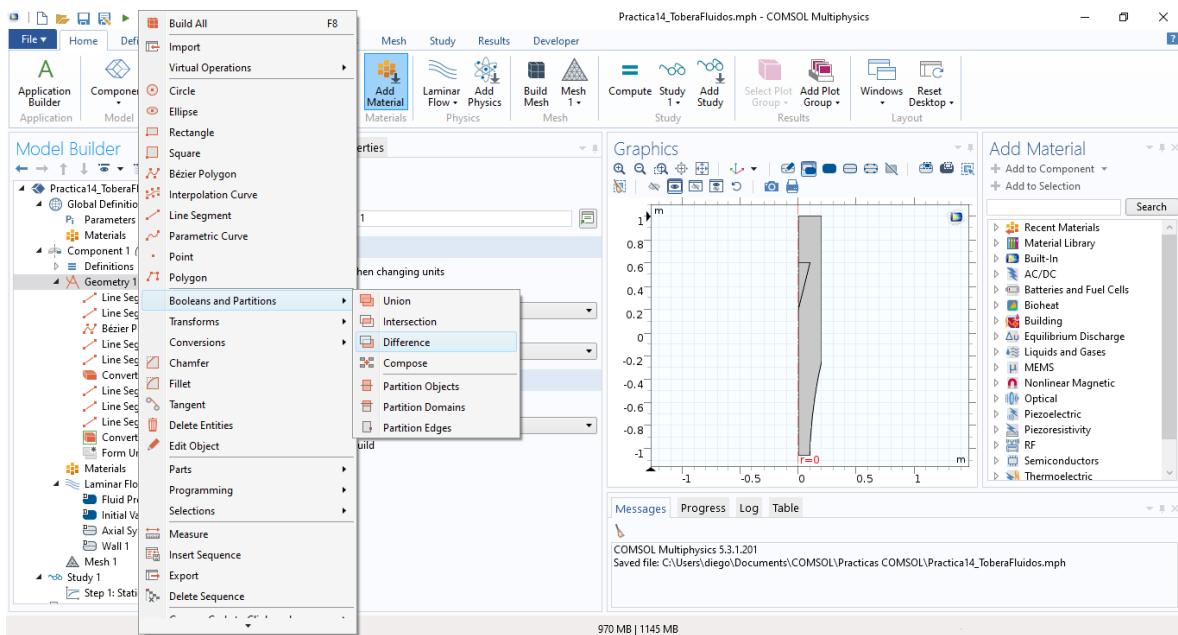
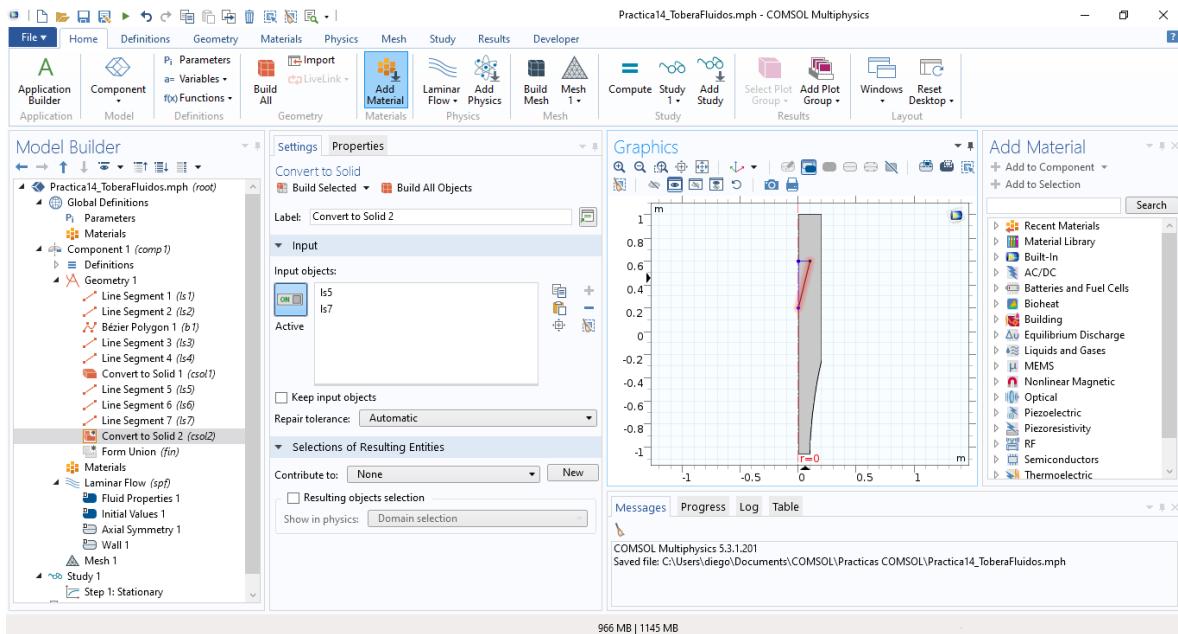


Con esta operación se crea la pequeña región que está dentro de la tobera.



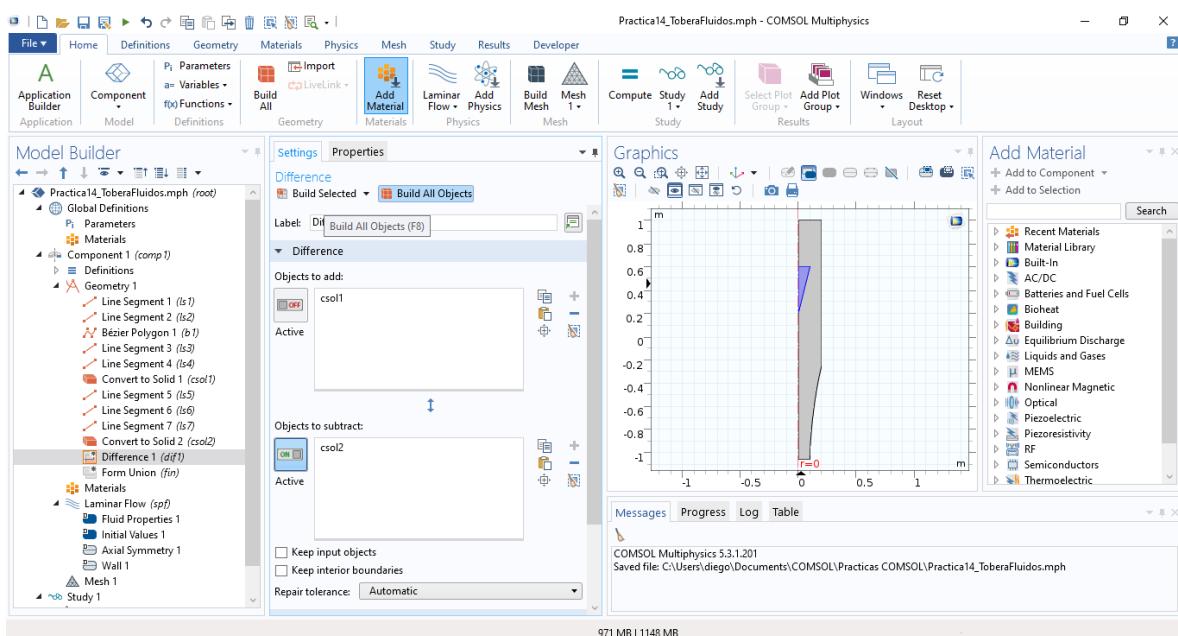
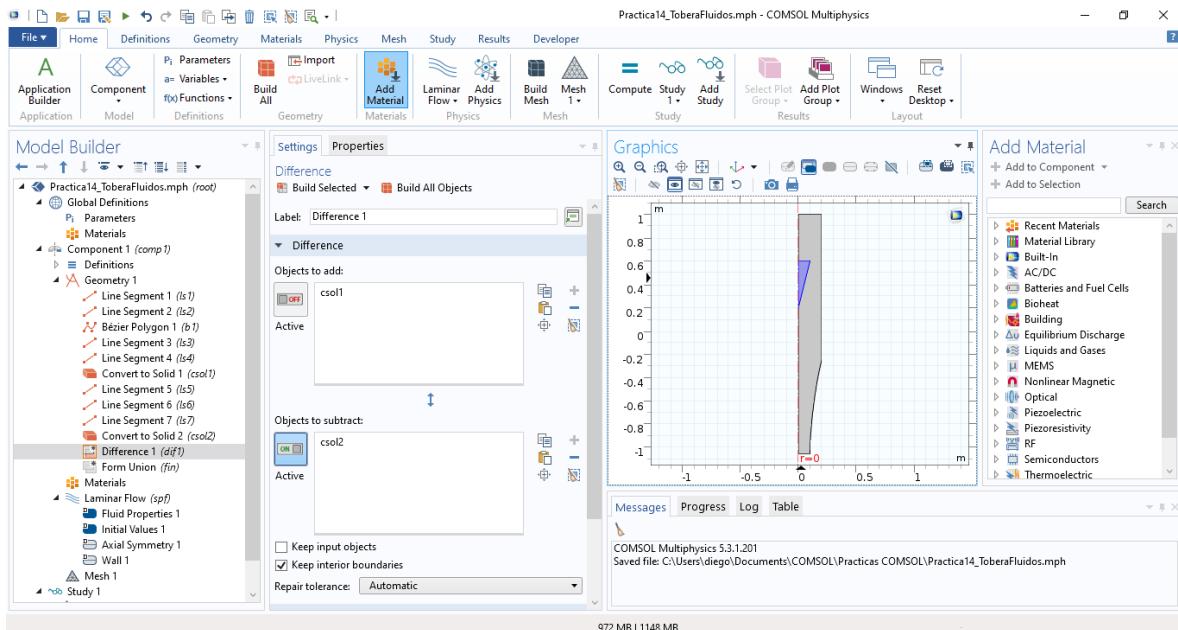
Pero debo crear el área interna otra vez.





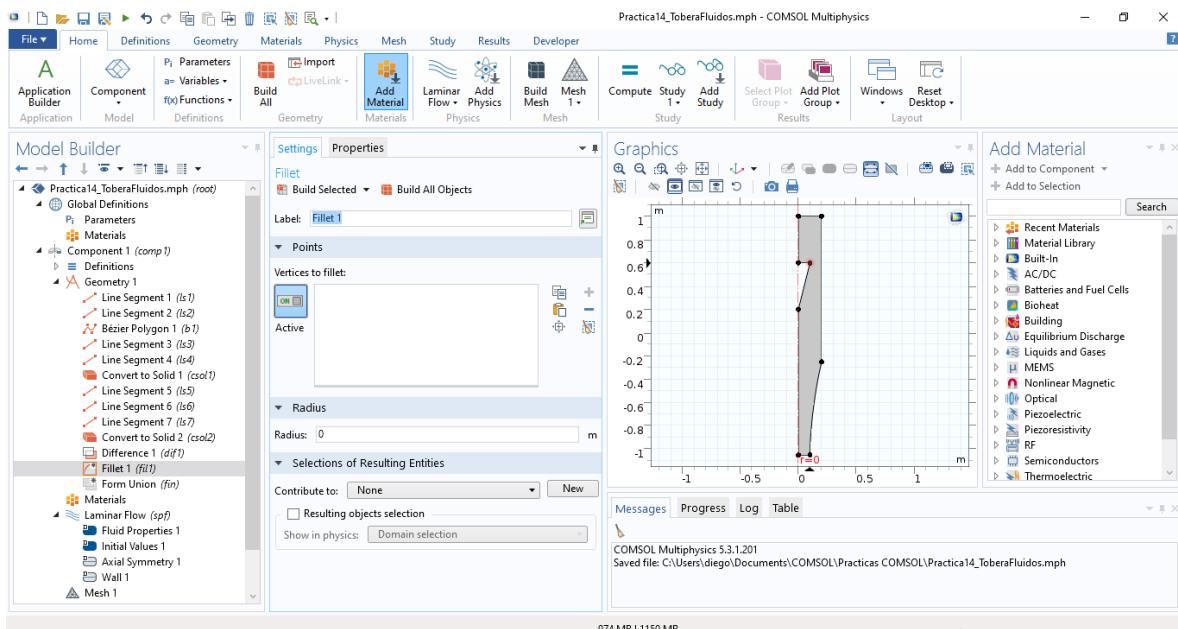
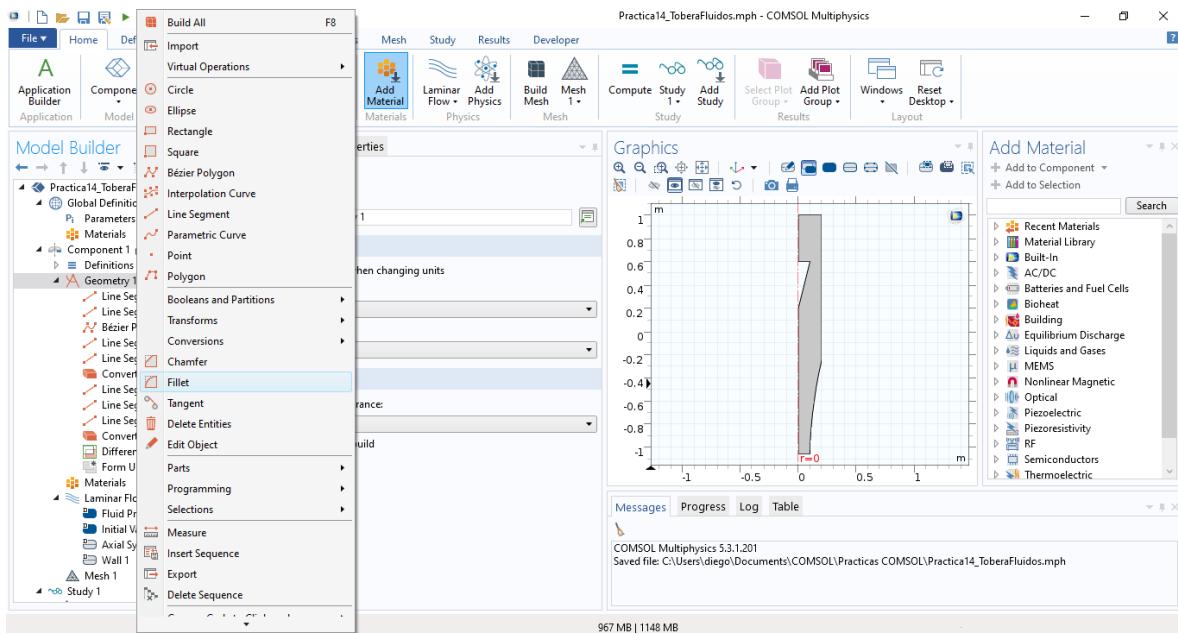
Arriba pongo el área que va a sobrevivir y abajo pongo el área que voy a quitar.

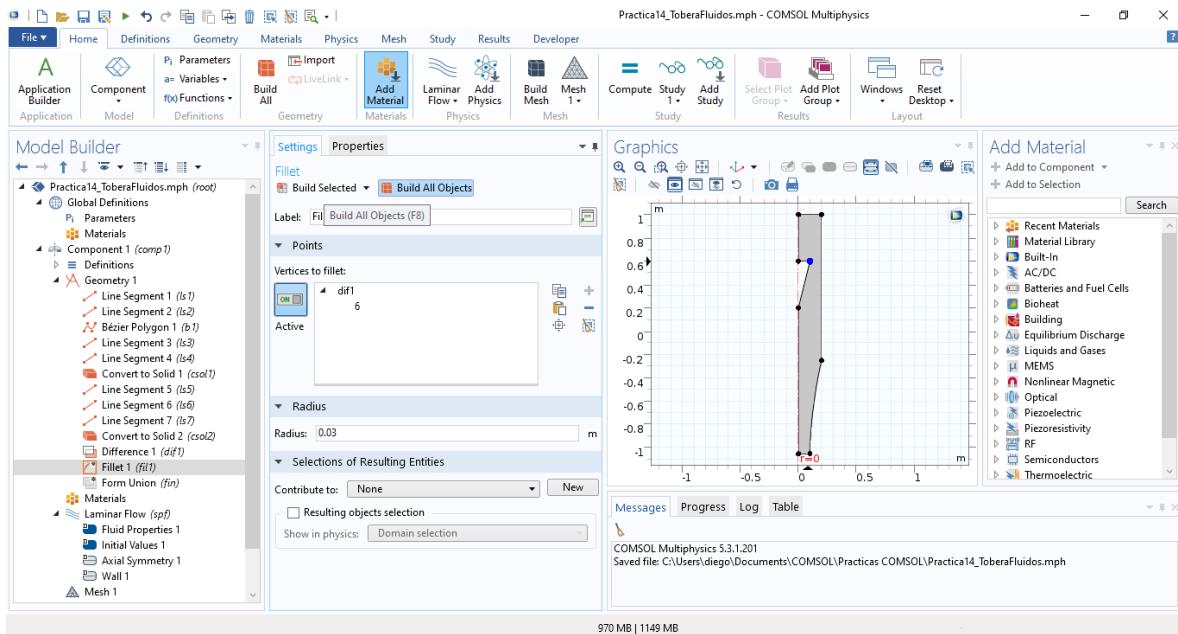




Ahora solo nos falta agregar un radio de curvatura de 3mm en el punto 9 para terminar la figura.

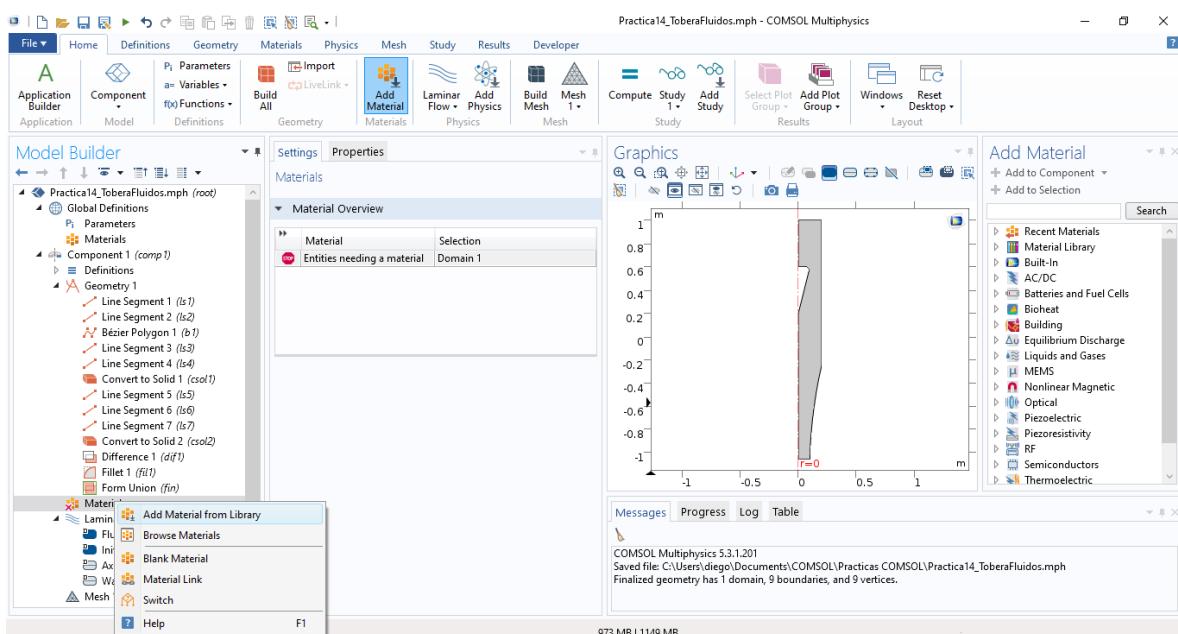


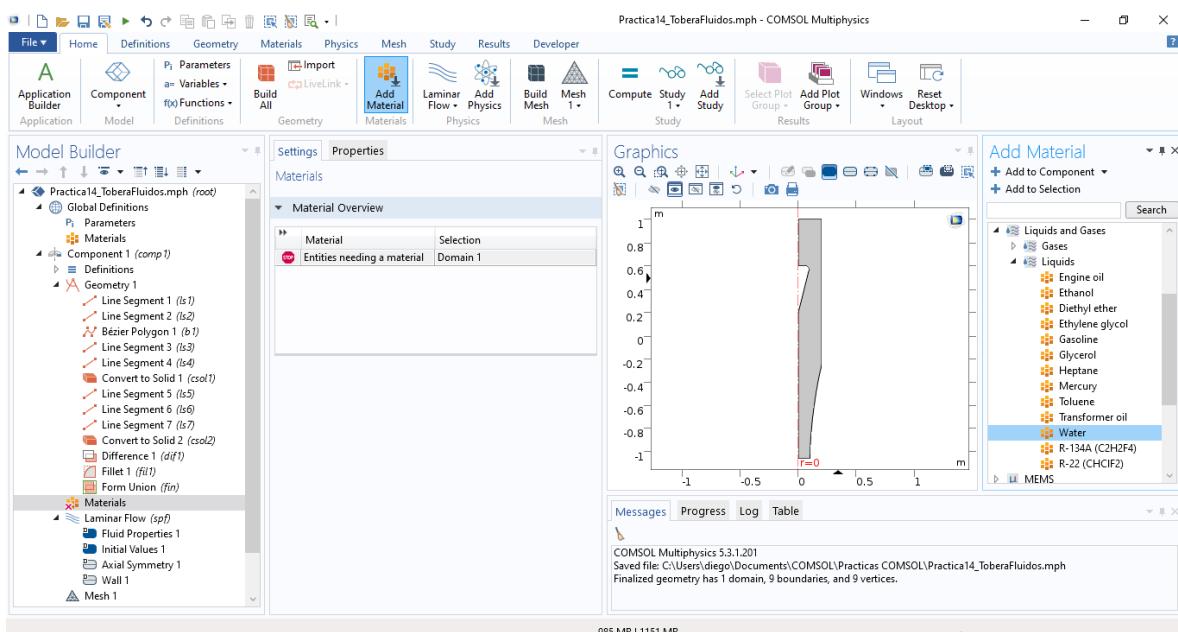
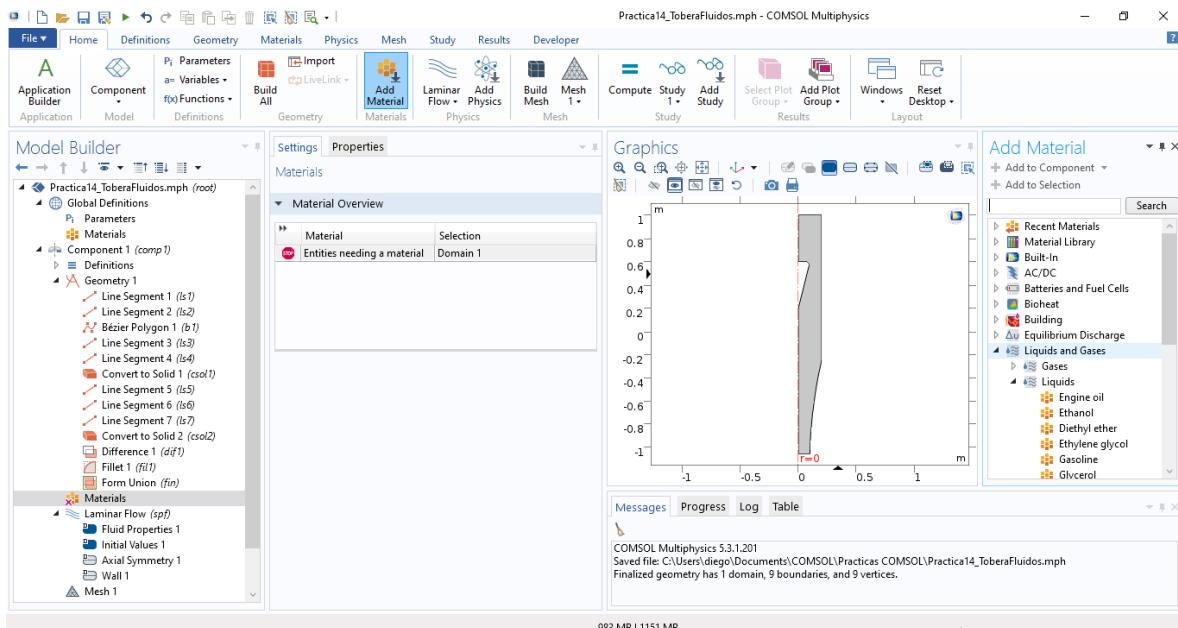




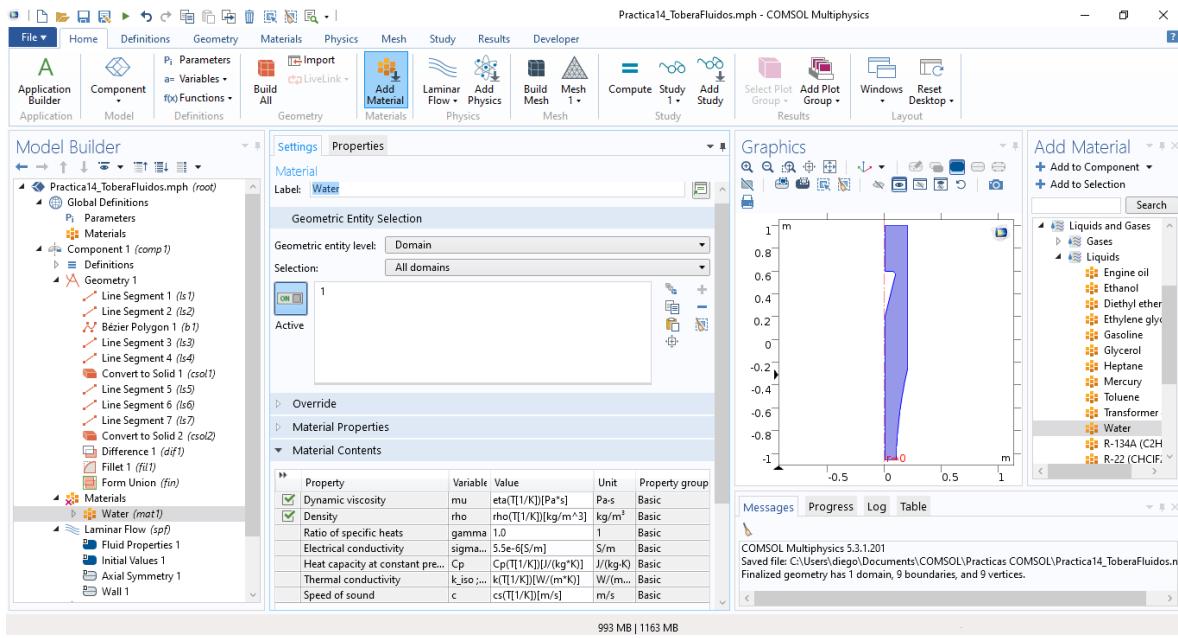
## ANÁLISIS DE FLUIDOS EN COMSOL:

Voy a agregar el material que va a estar dentro de la boquilla, osea el agua que tiene una densidad de  $1000 \frac{kg}{m^3}$ .



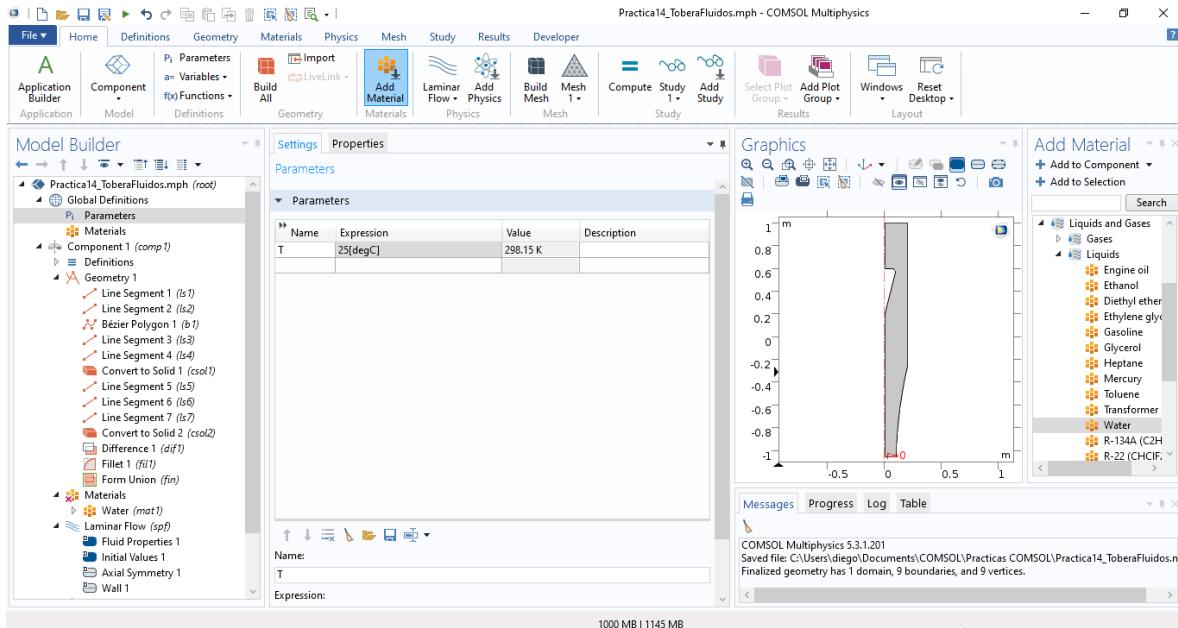


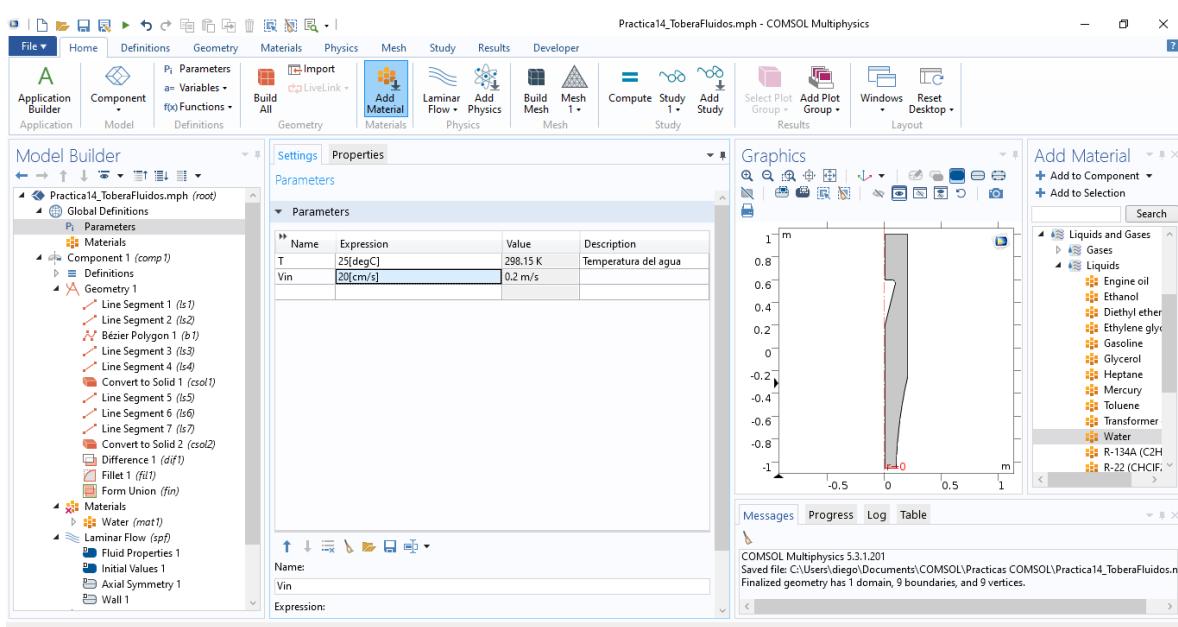
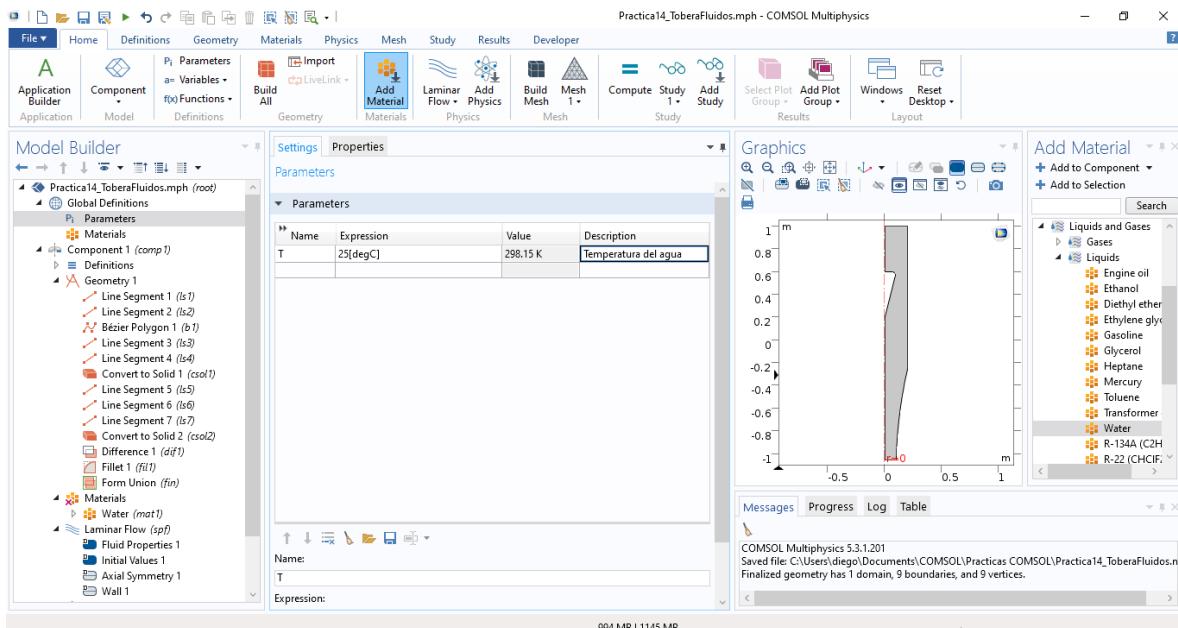
Al programa le debo definir si es un flujo laminar o turbulento, por eso todo se debe indicar en términos de la temperatura, ya que, si la temperatura cambia, todas las propiedades del fluido cambiarán.



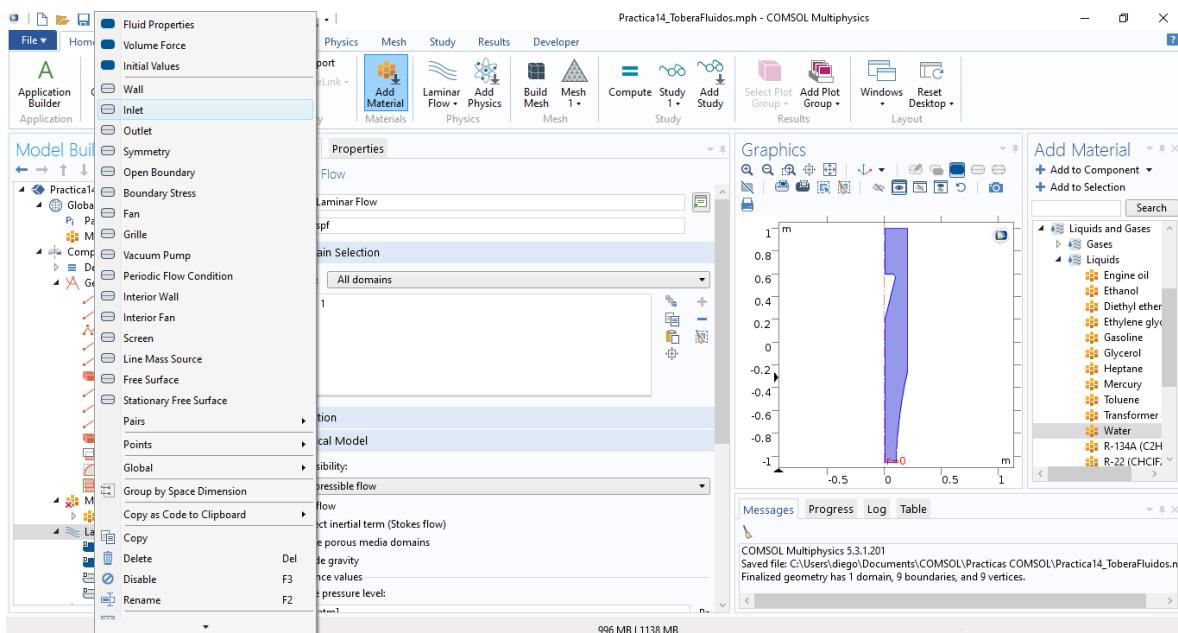
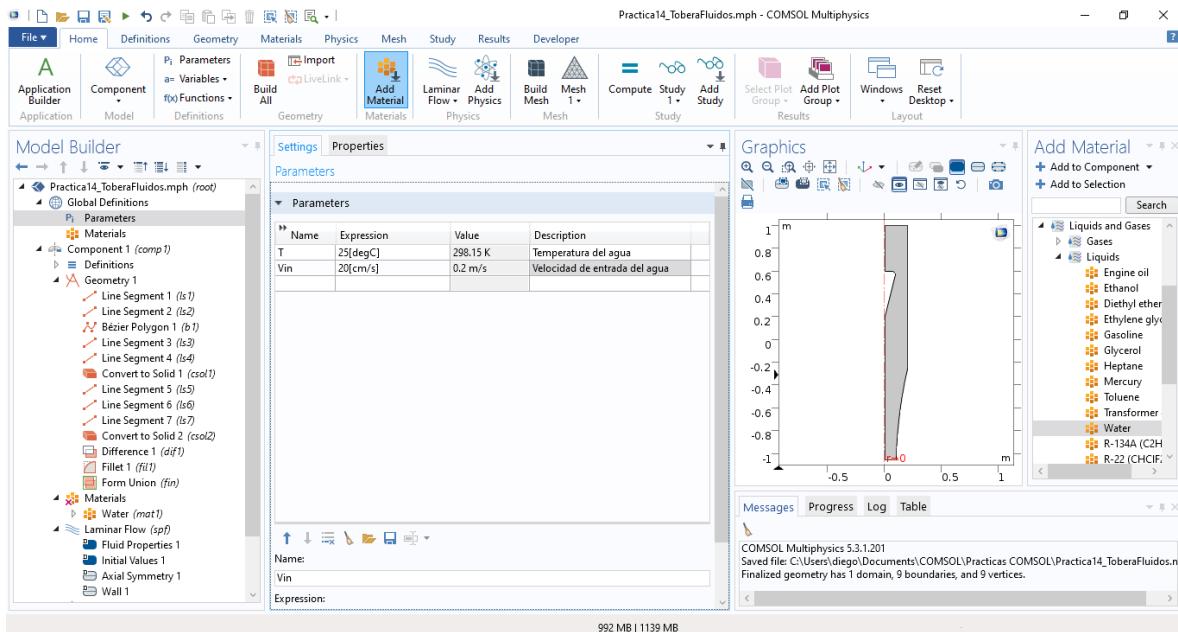
La temperatura del fluido la introduciré al programa en la parte donde dice donde dice: Global Definitions  
 → Parameters, esta se debe meter como lo indica el programa en las propiedades del material.

Como es de 25°C la temperatura se pone como 25[degC].

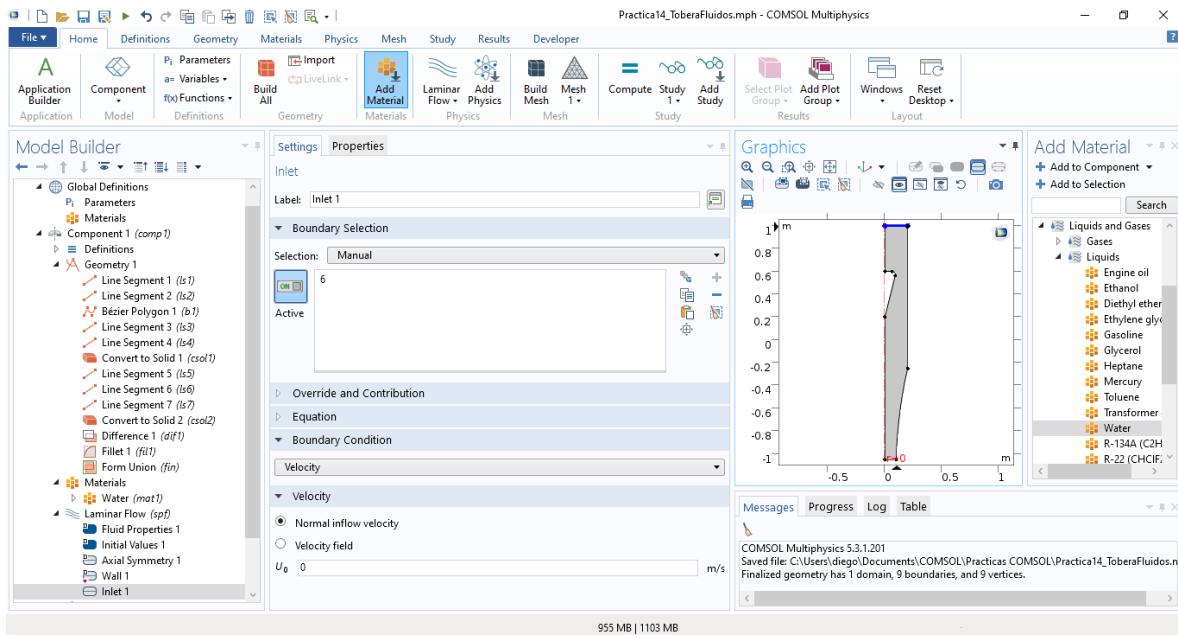




- En esta parte se indica también la velocidad de entrada del fluido (agua).
- Las demás propiedades del agua el programa las va a calcular solita porque ya tiene el parámetro de la temperatura.

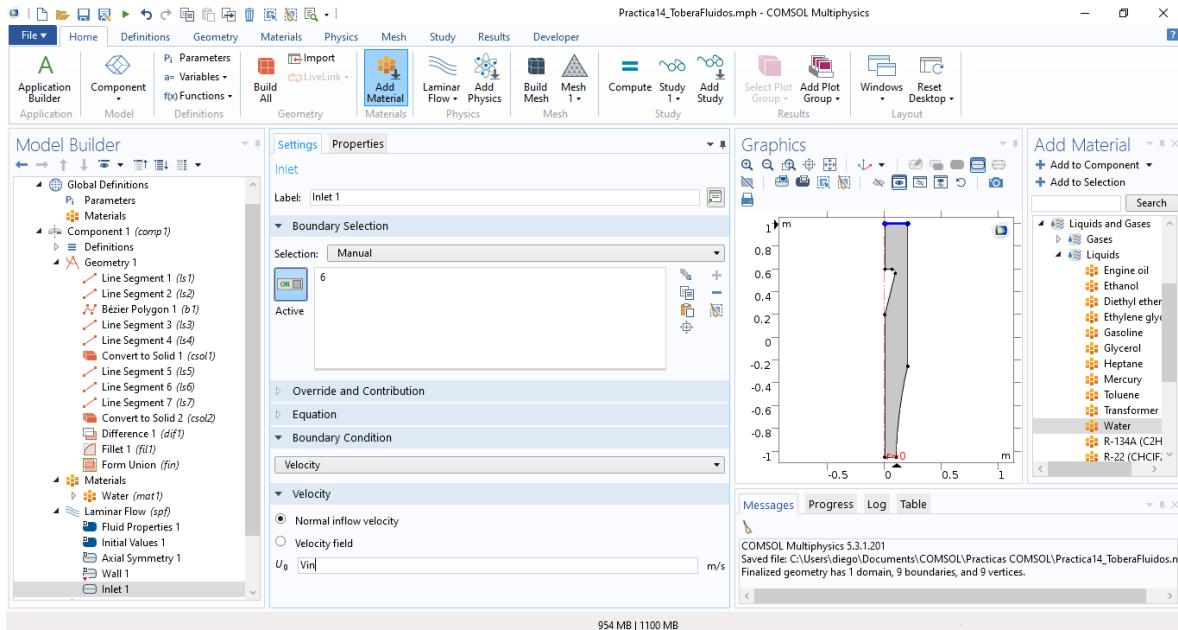


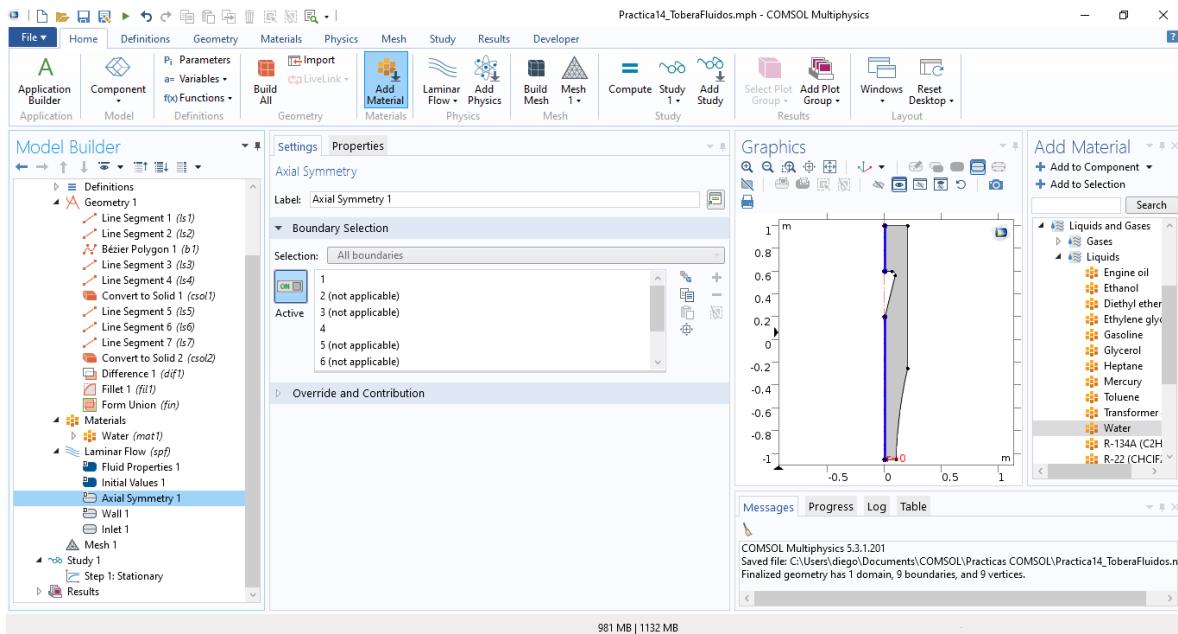
Seleccionamos la parte de entrada de la boquilla en la tobera.



Aquí no hay nada que cambie la velocidad, por eso se selecciona la opción de: Inlet → Velocity → Normal inflow velocity.

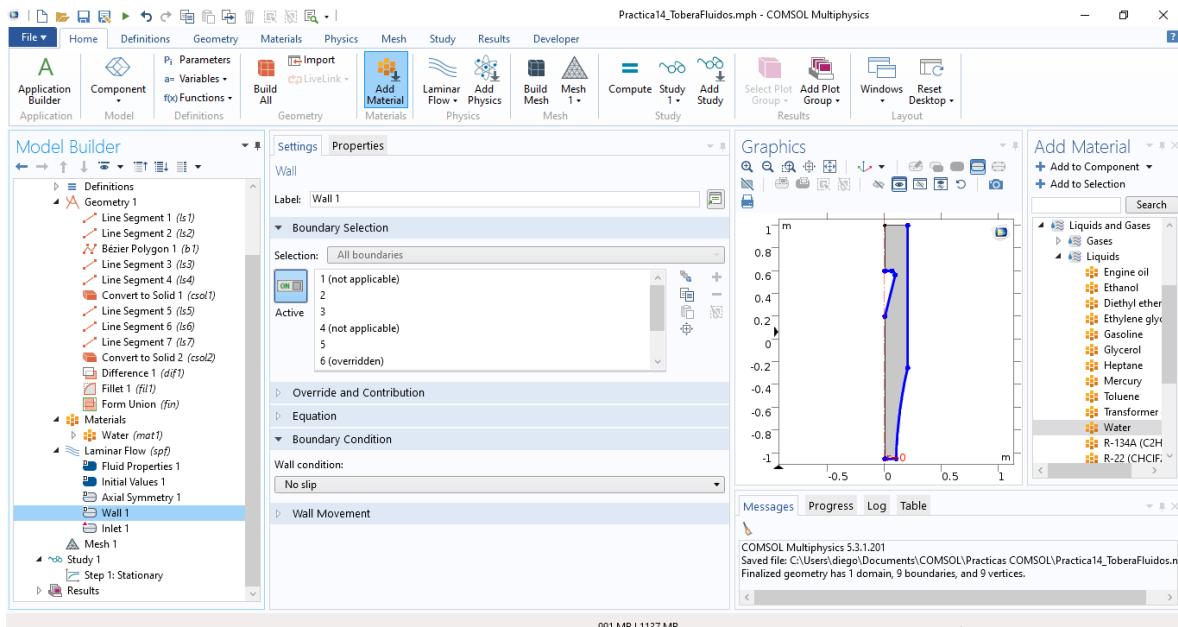
Y debajo se coloca el parámetro Vin de la velocidad inicial antes declarado en la parte de Global Definitions → Parameters.





El programa por sí solo sabe que el eje R es el que servirá para hacer el perfil de revolución, creando así la forma 3D de la tobera.

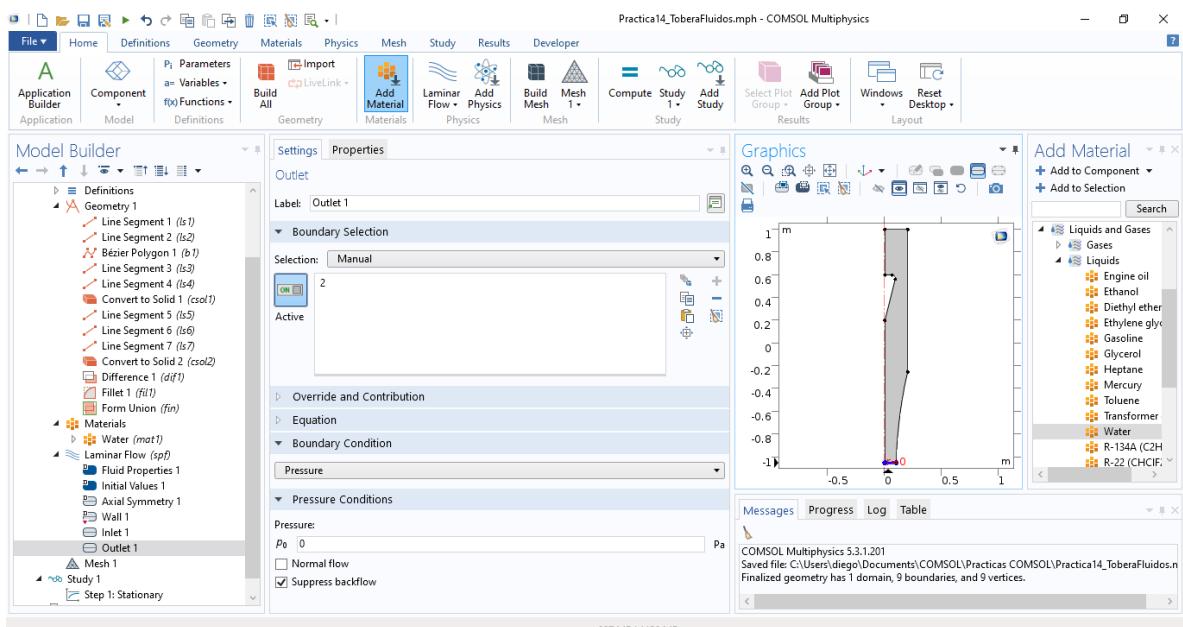
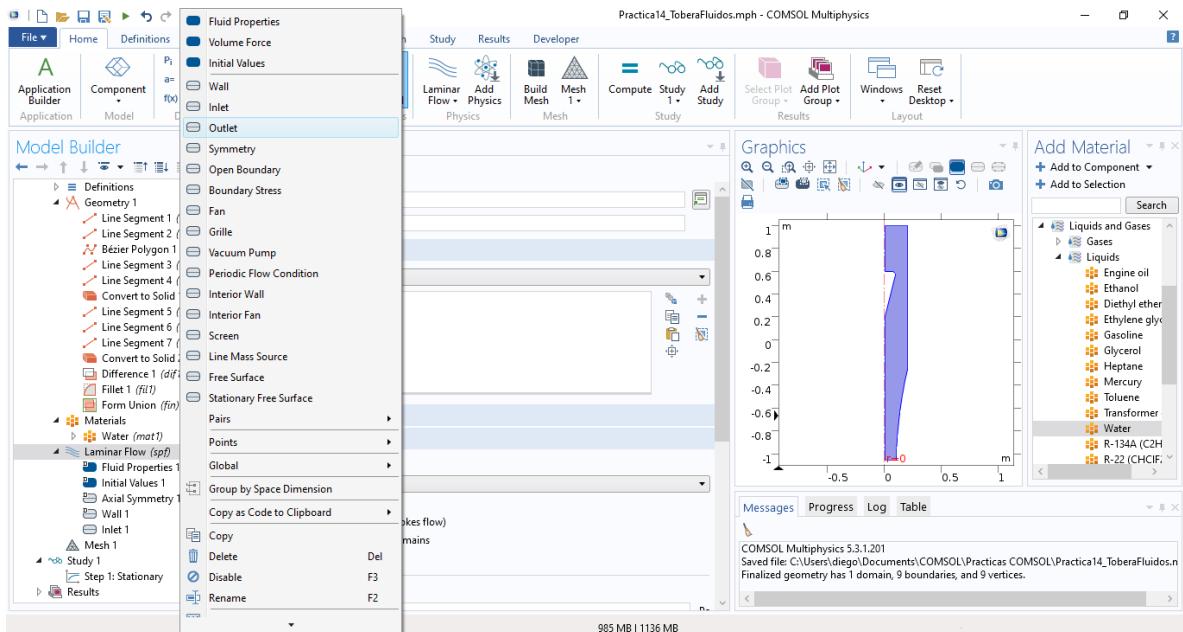
En wall se ponen todas las paredes de la tobera donde la velocidad será cero.



Esto lo hace el programa por sí solo.

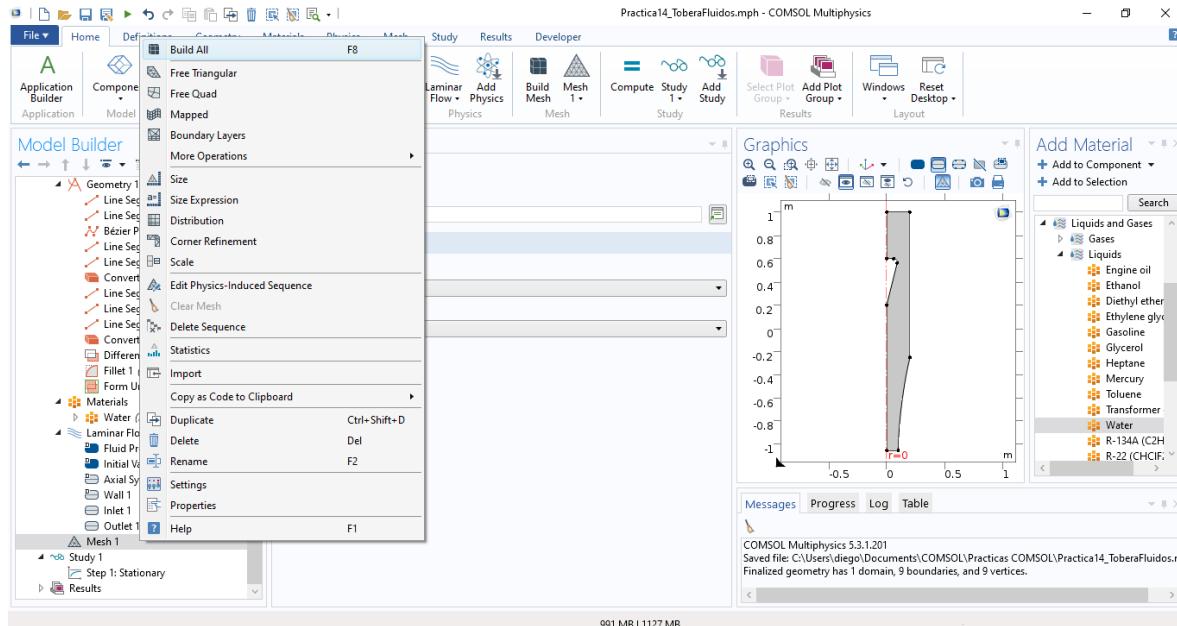
Ahora agrego el outlet para indicar que ahí hay una presión de cero.



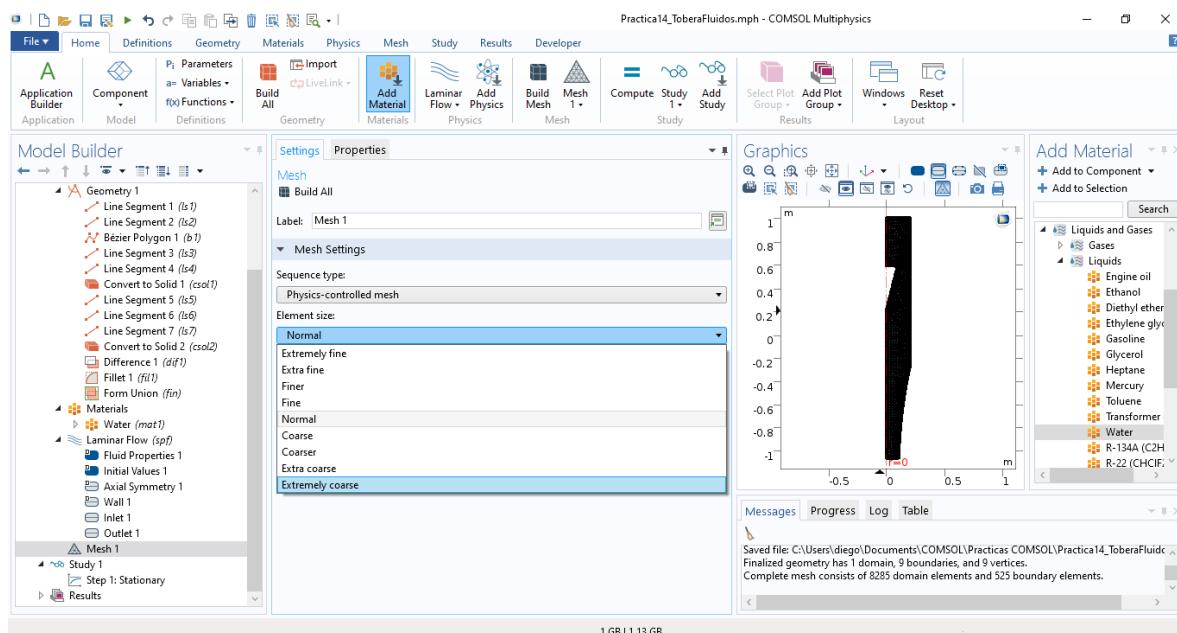


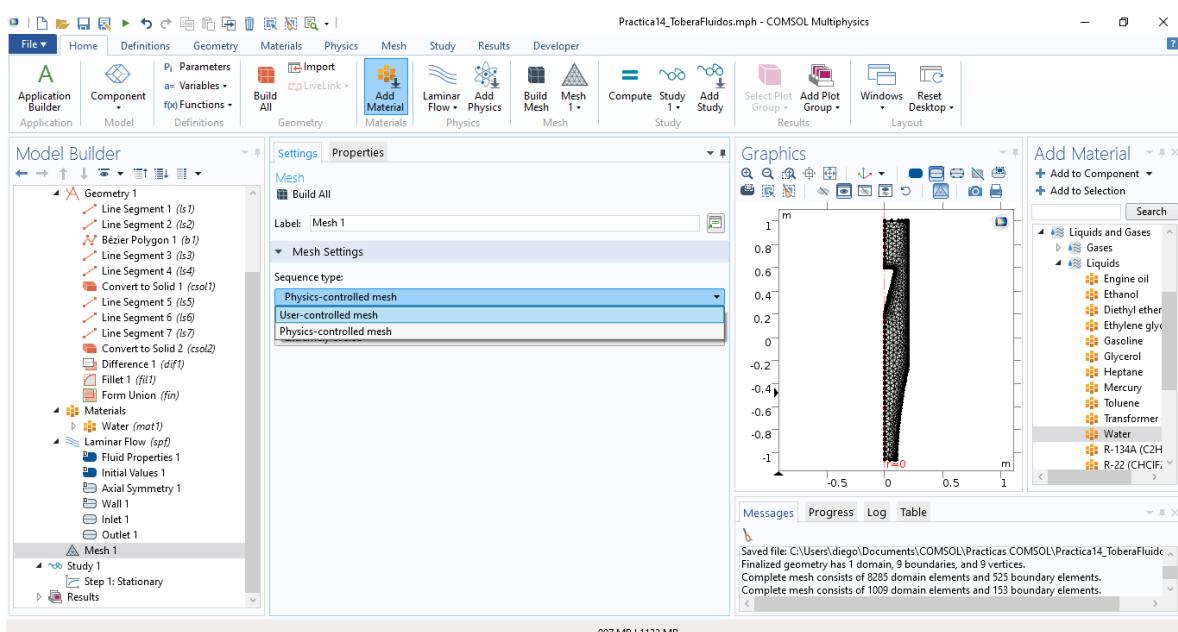
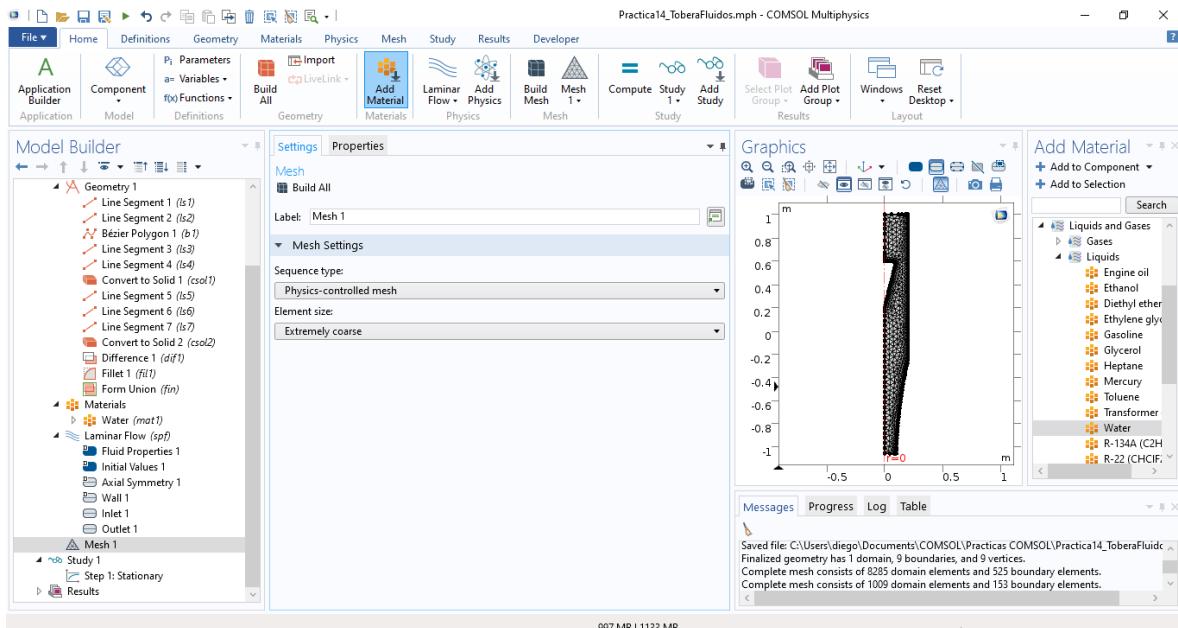
Luego selecciono la línea que representa la salida de la tobera y si no está indicado ya debo poner que la presión es de 0 Pa.

# RESULTADO DEL ELEMENTO FINITO EN COMSOL:

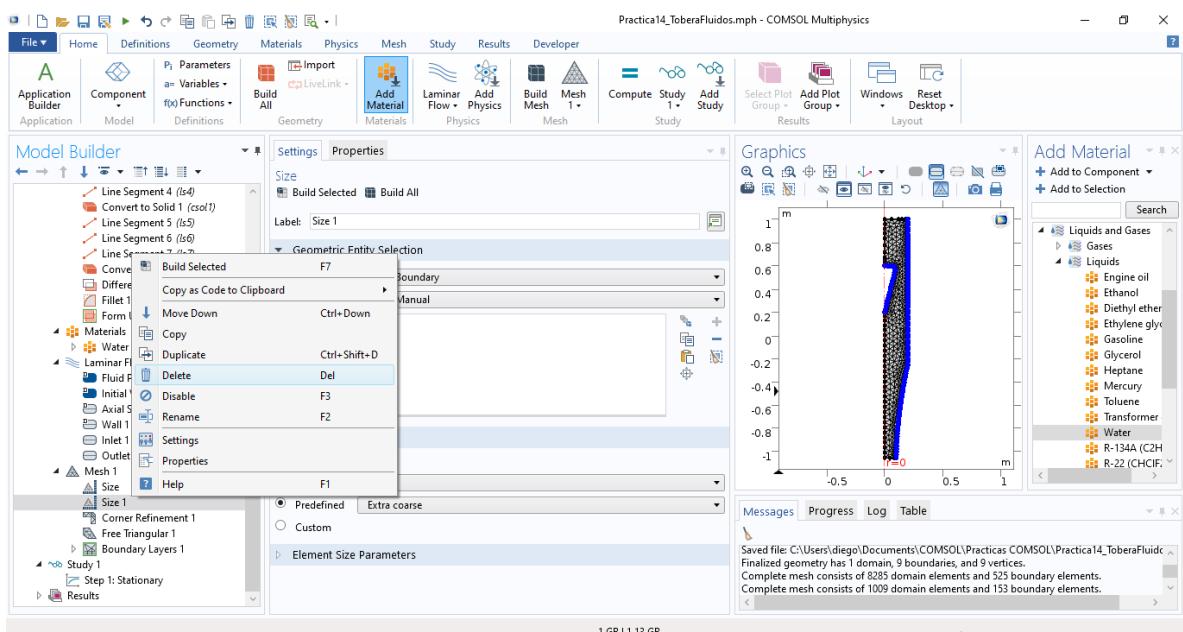
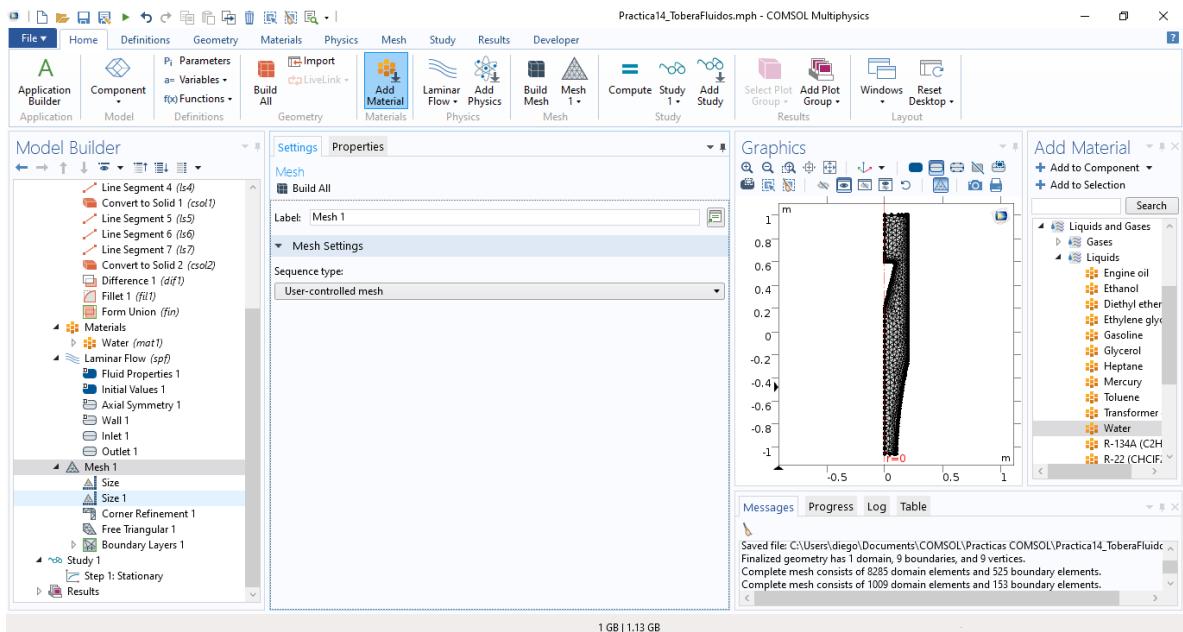


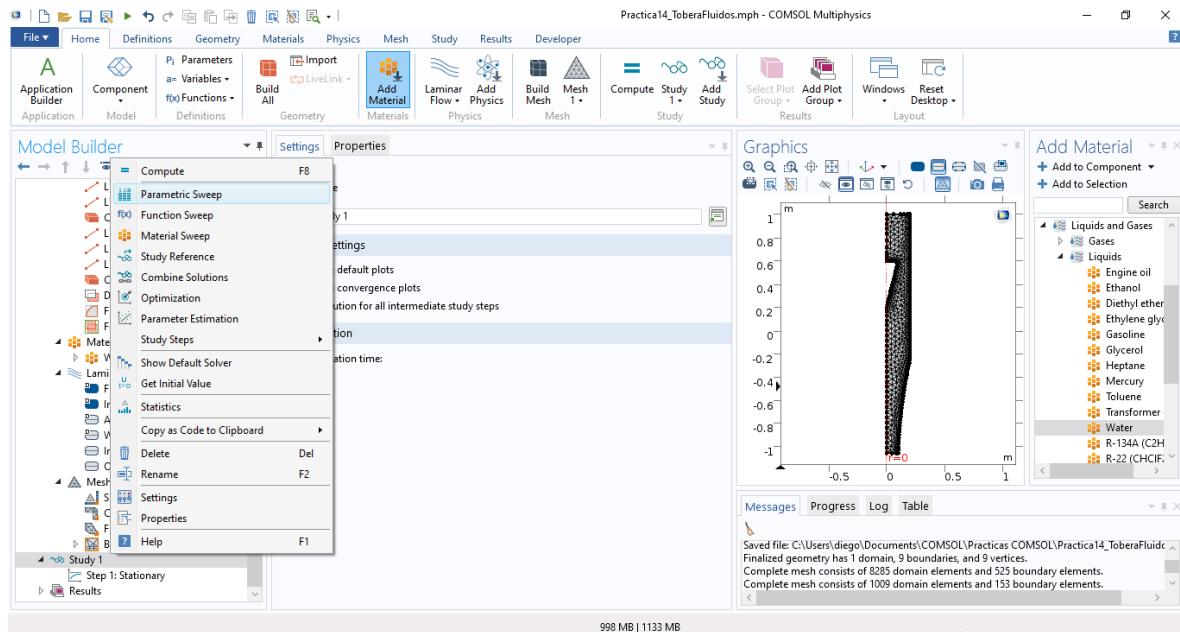
Como se utilizó un modelo muy simplificado para exemplificar la tobera, no hay problema con el tamaño de la malla, ya que no se debe elegir una malla muy fina para que obtengamos un cálculo correcto.



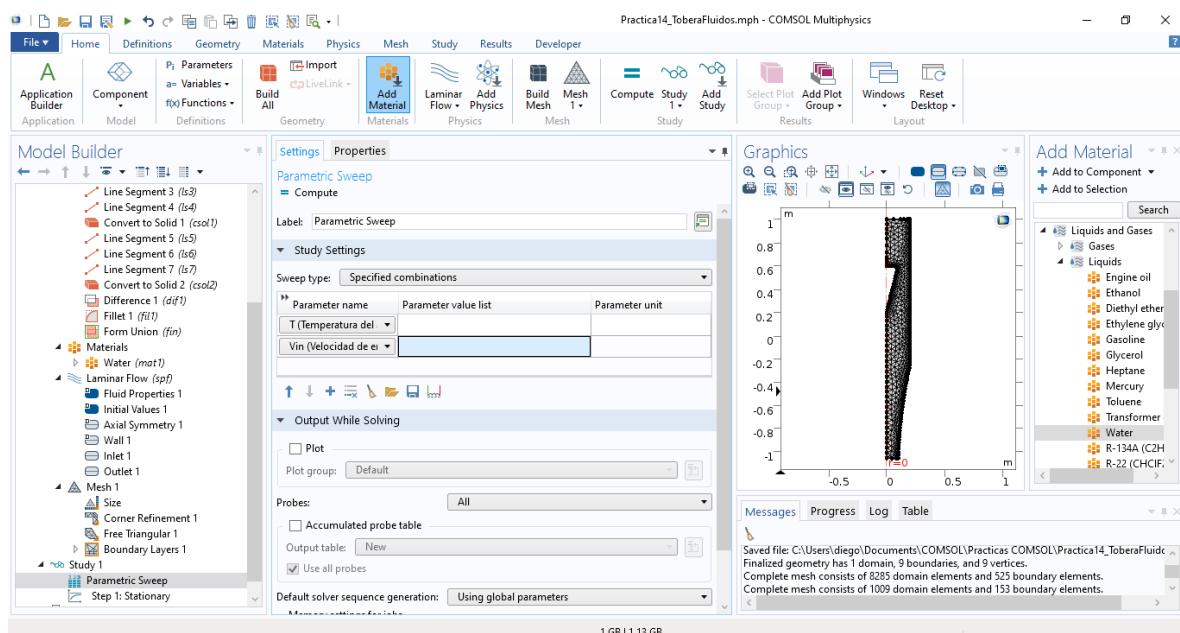


Cuando seleccione esto último aparecerá otro mesh y lo debo borrar.

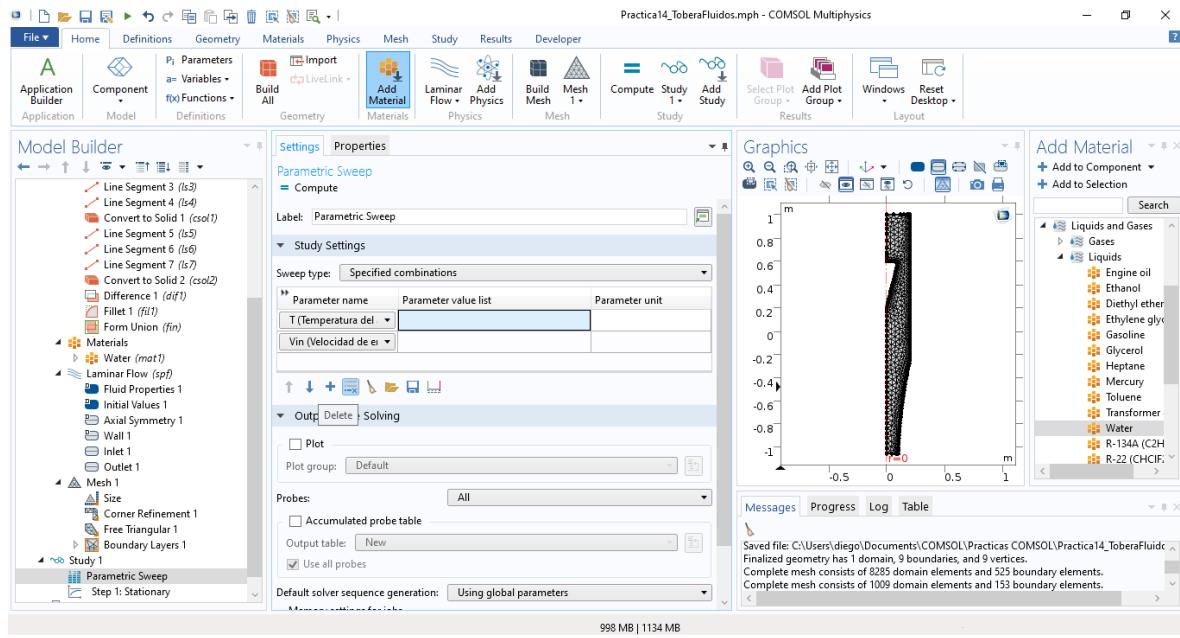




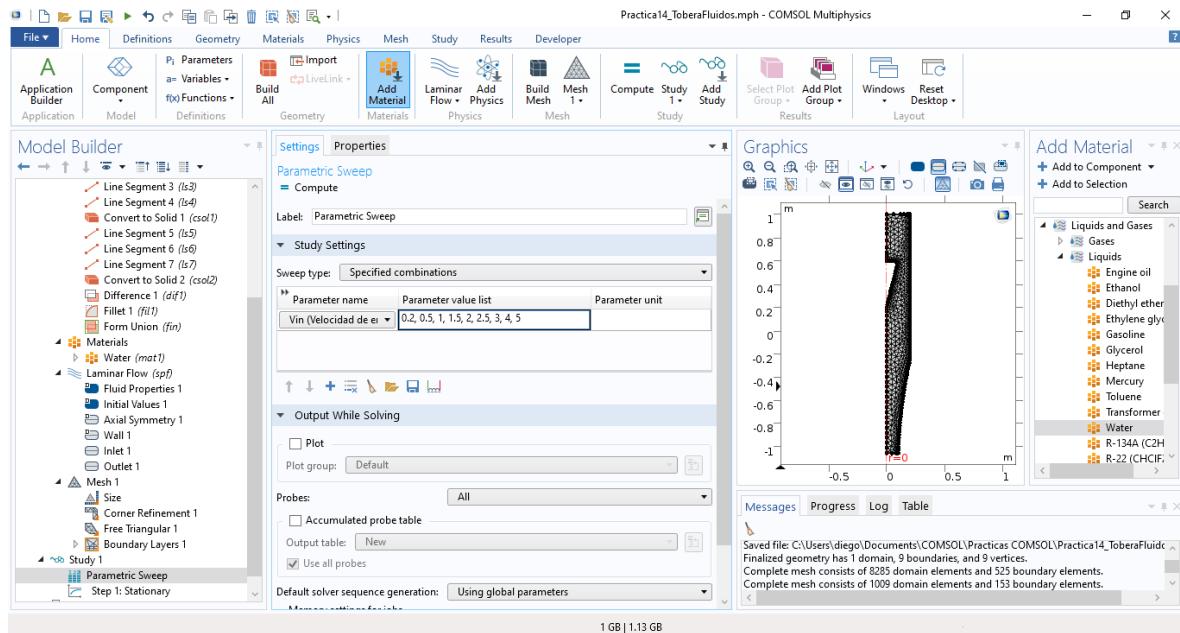
Ahora con el signo + añado las variables que había añadido antes.



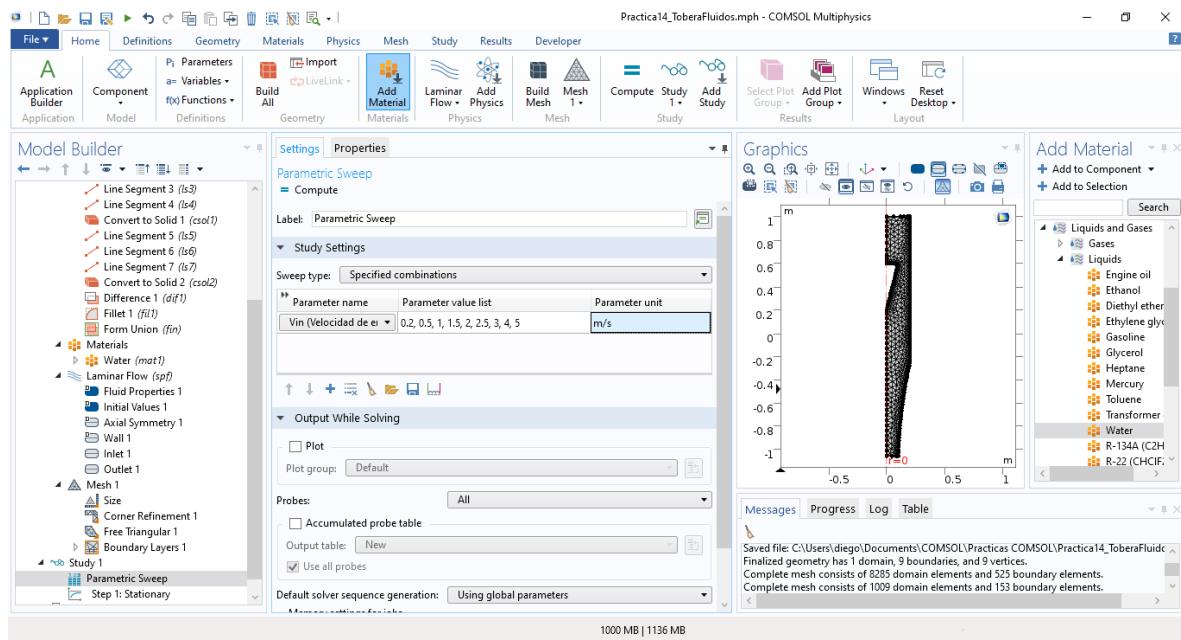
En este caso solo quiero variar la velocidad por eso solo dejo el parámetro  $V_i$ .



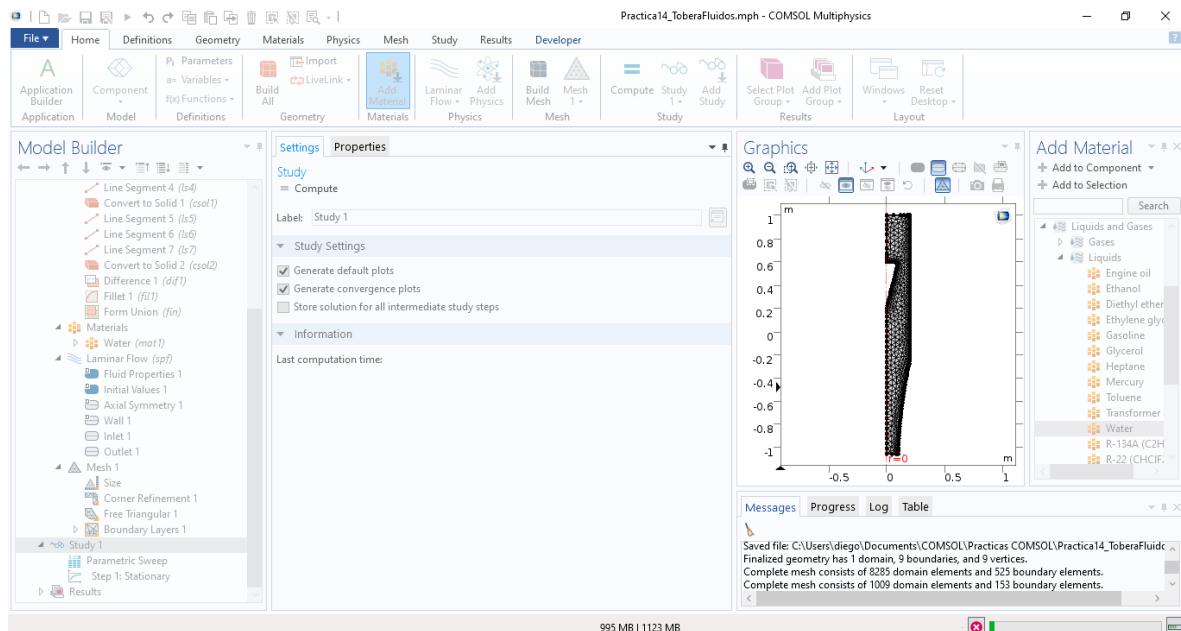
Dentro de la ventana le meto varias velocidades iniciales para ver qué pasa con cada una.



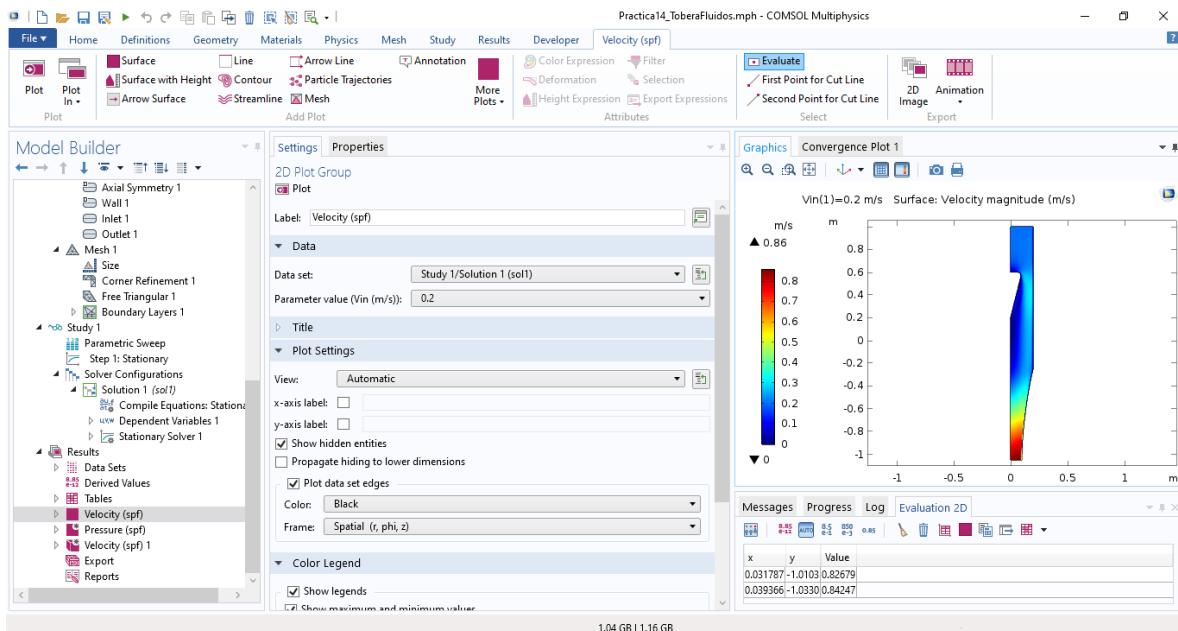
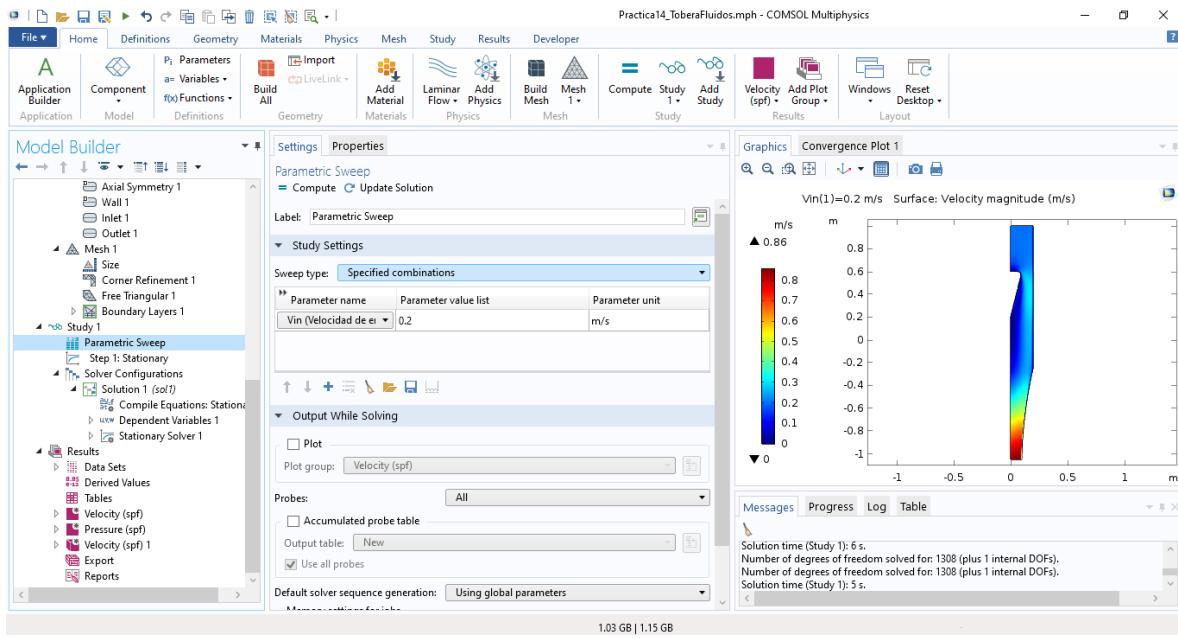
Y además pongo las unidades.

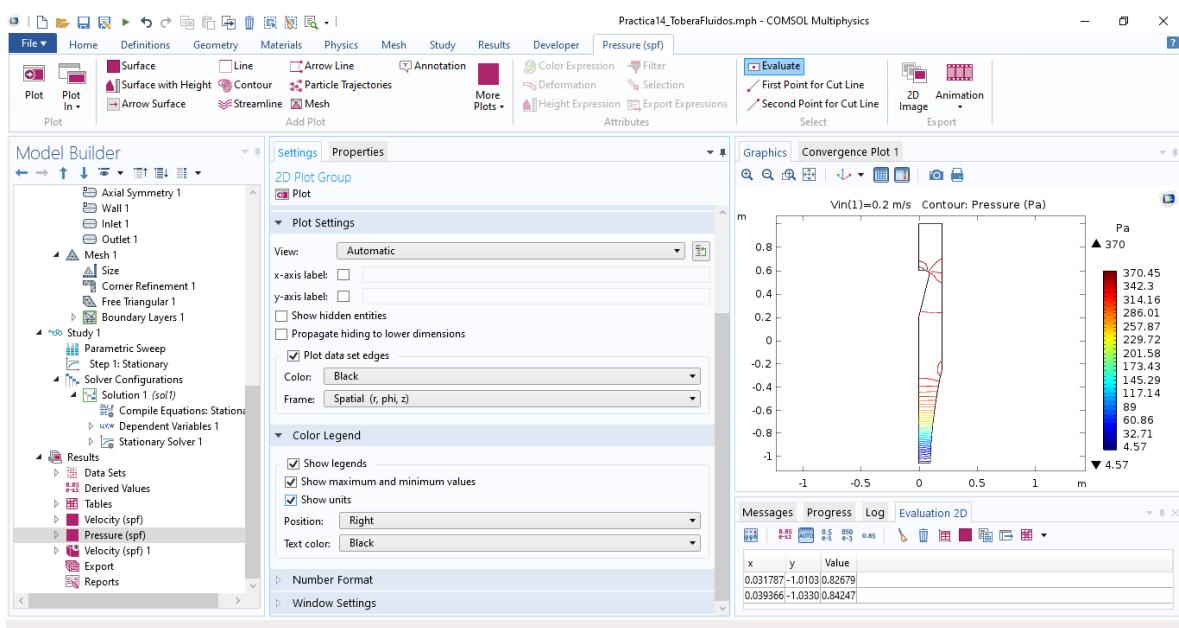
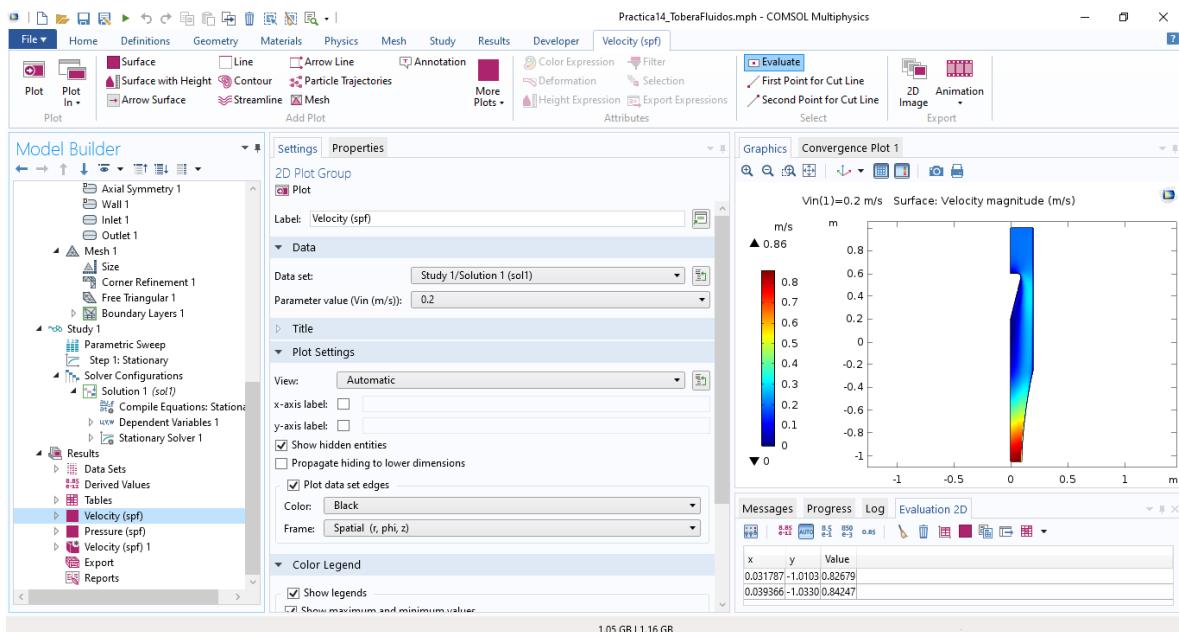


Ya puedo ejecutar las operaciones de Study y Compute para calcular el resultado del flujo.

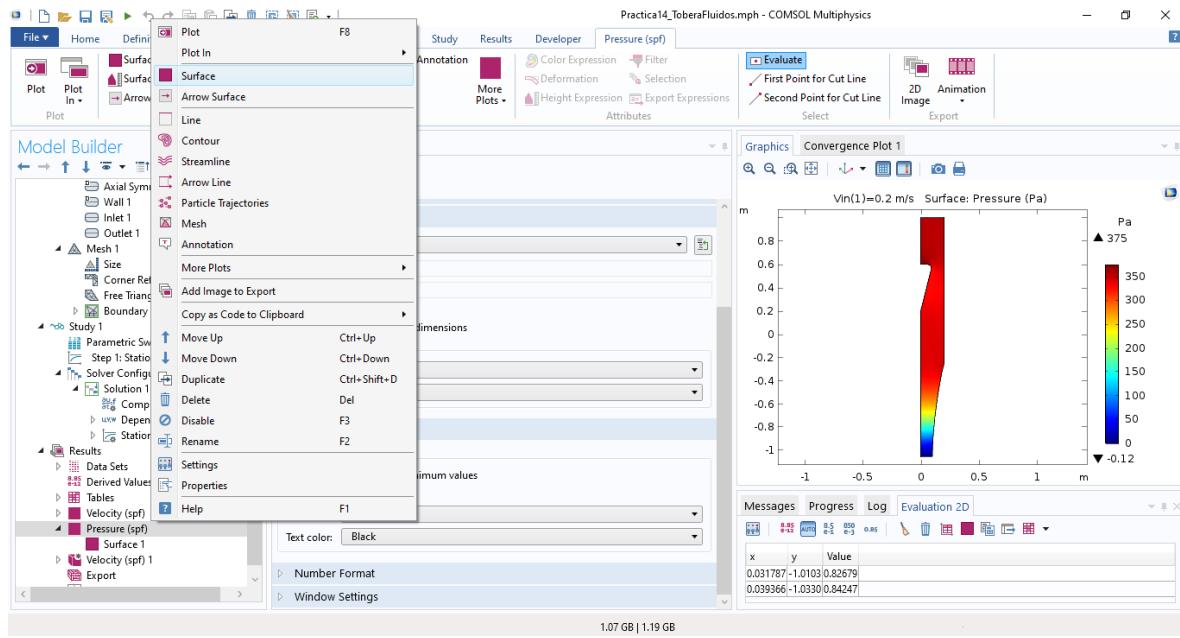


La versión 5.3 de COMSOL Multiphysics solamente acepta un parámetro.

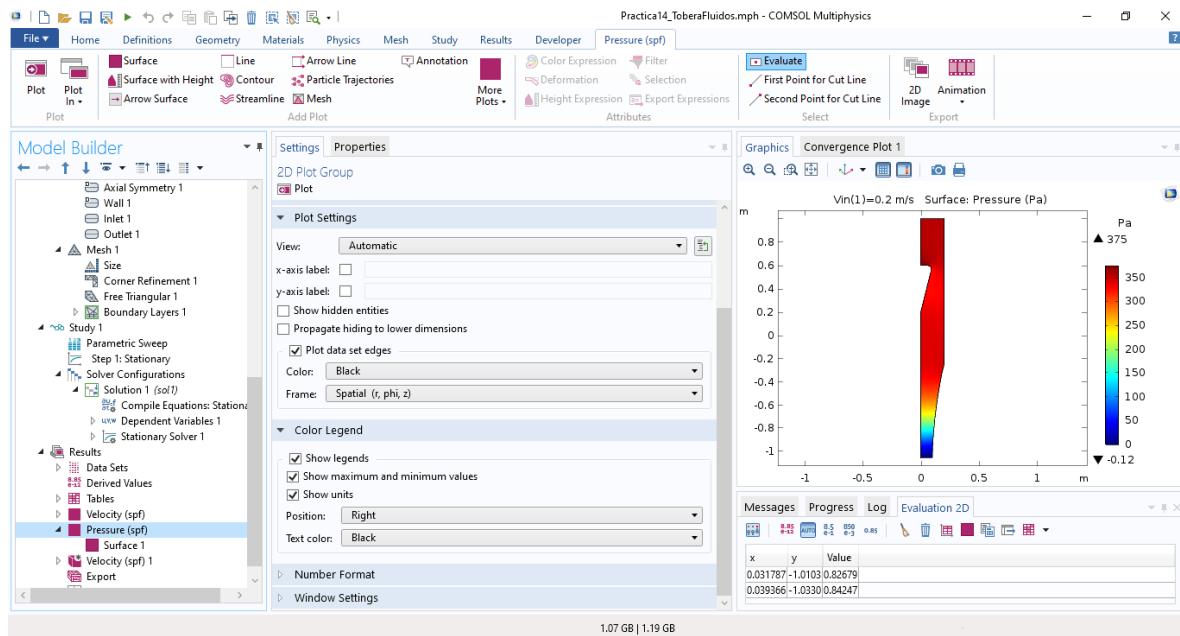




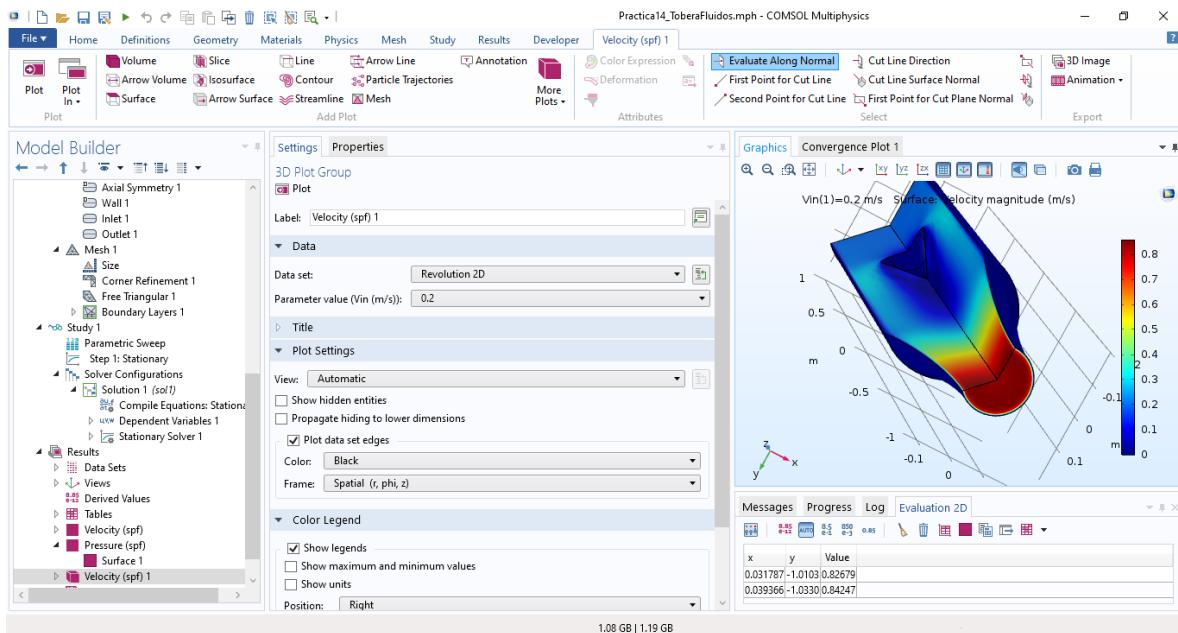
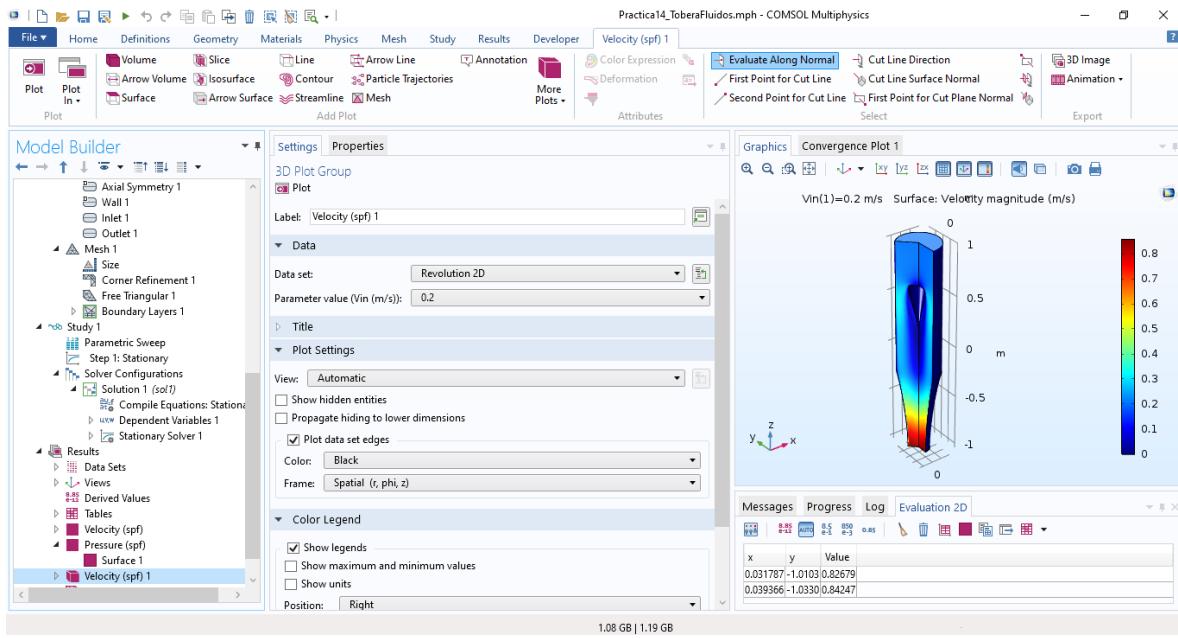
La presión se muestra en forma de líneas de contorno, esto no es de mucha utilidad porque no me da la presión en todos los puntos. Para ello se debe dar clic derecho a la medida Pressure y seleccionar la opción de Surface.



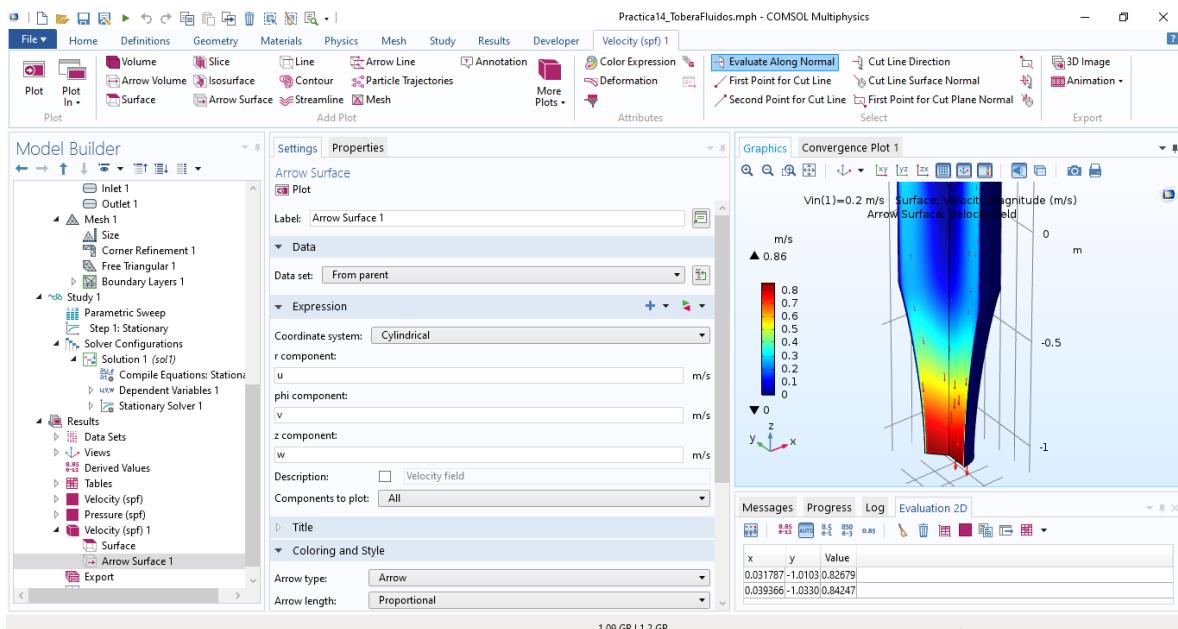
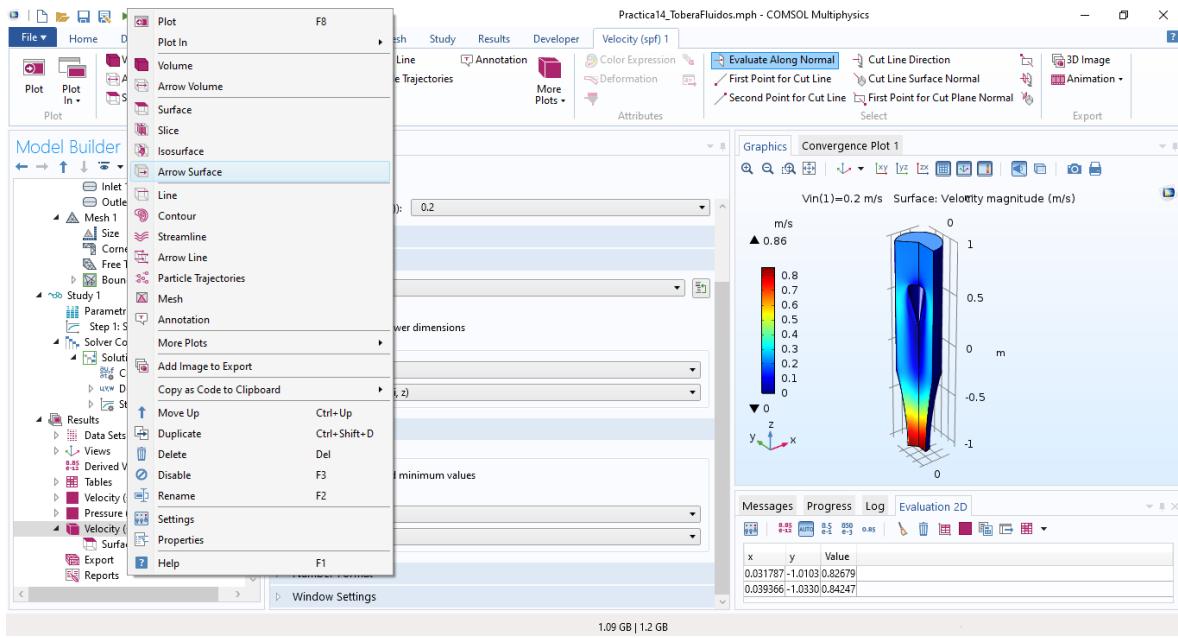
Ya con esto puedo ver en cada punto cual es la presión en cada punto.



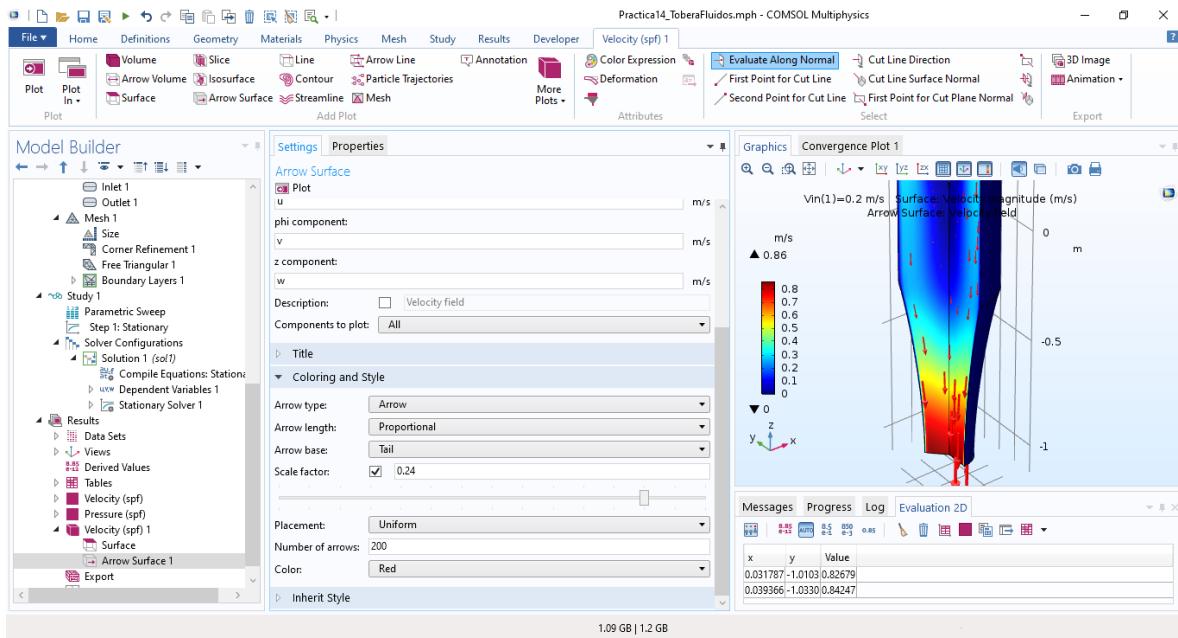
Con la opción de Velocity 3D la boquilla saldrá en 3D para que se muestre la velocidad en el modelo.



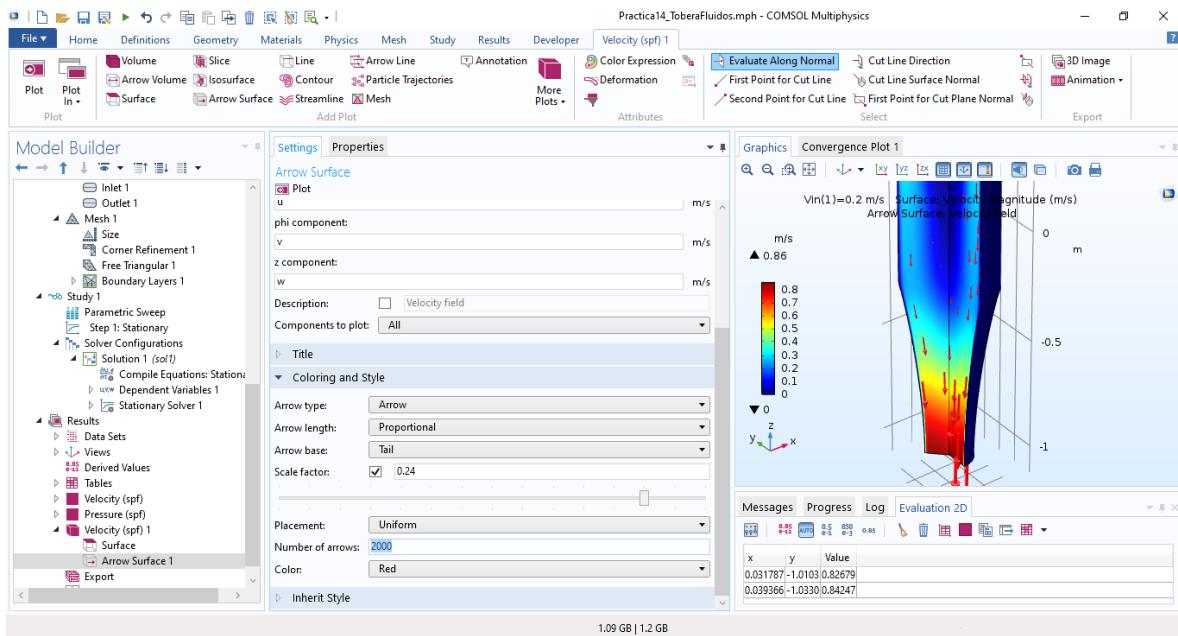
Si quisiera ver el campo vectorial en la boquilla lo que debo hacer es lo siguiente:

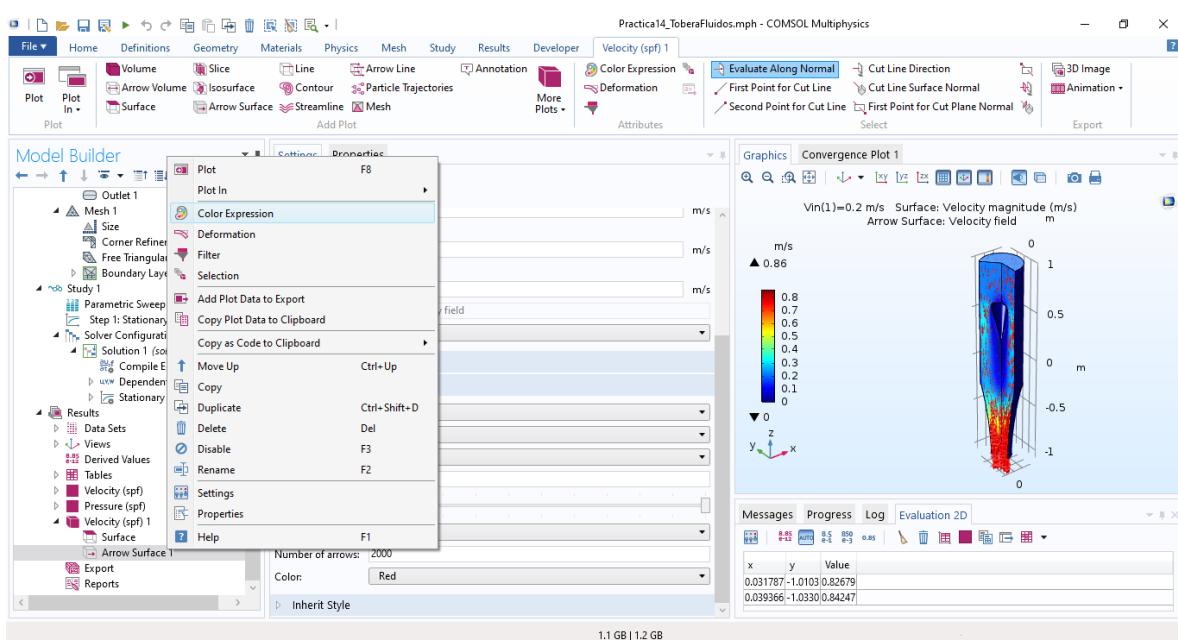
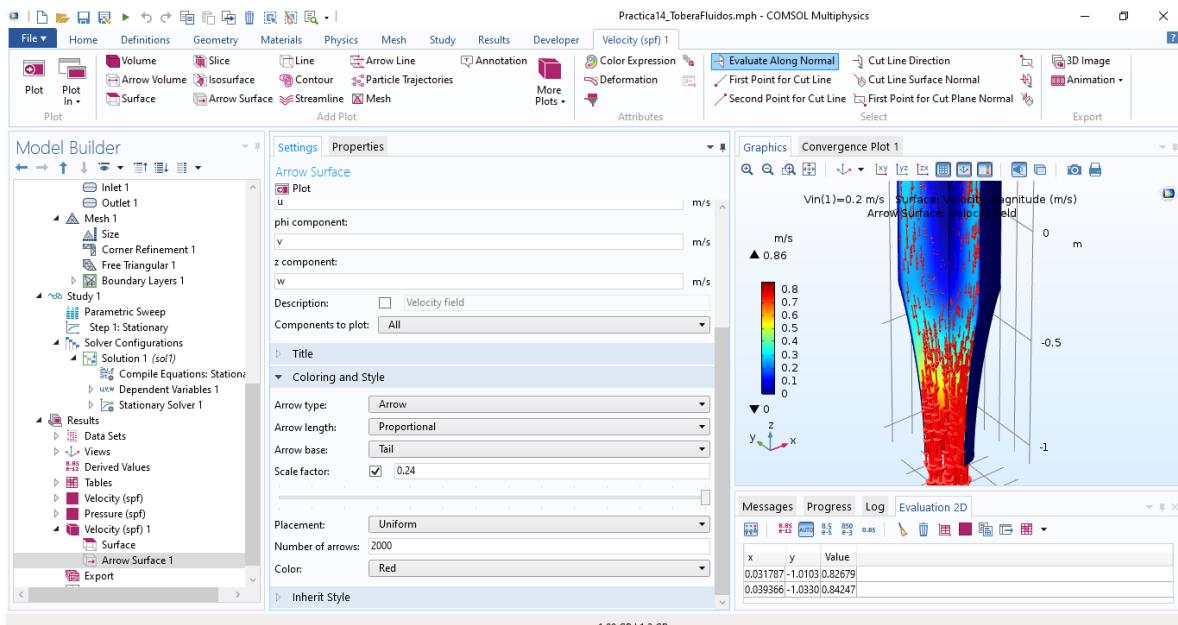


En un inicio salen pocos vectores y de tamaño pequeño, pero con la opción de Scale factor aumento el tamaño de los vectores.

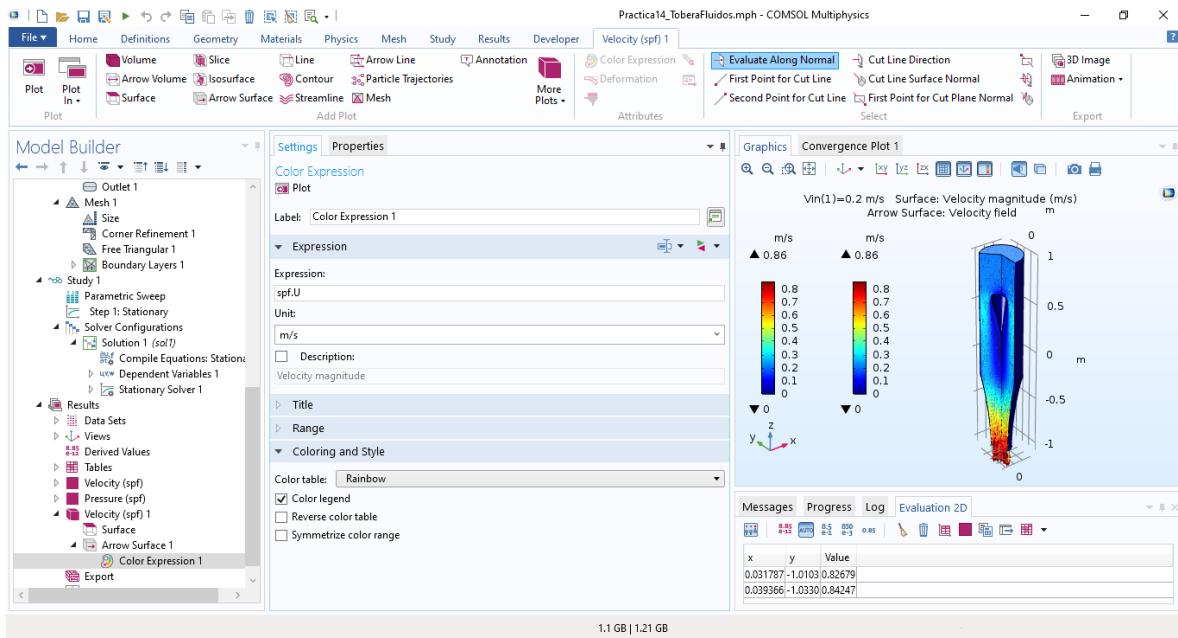


En la parte de Number of arrows se indica el número de flechas del campo vectorial.

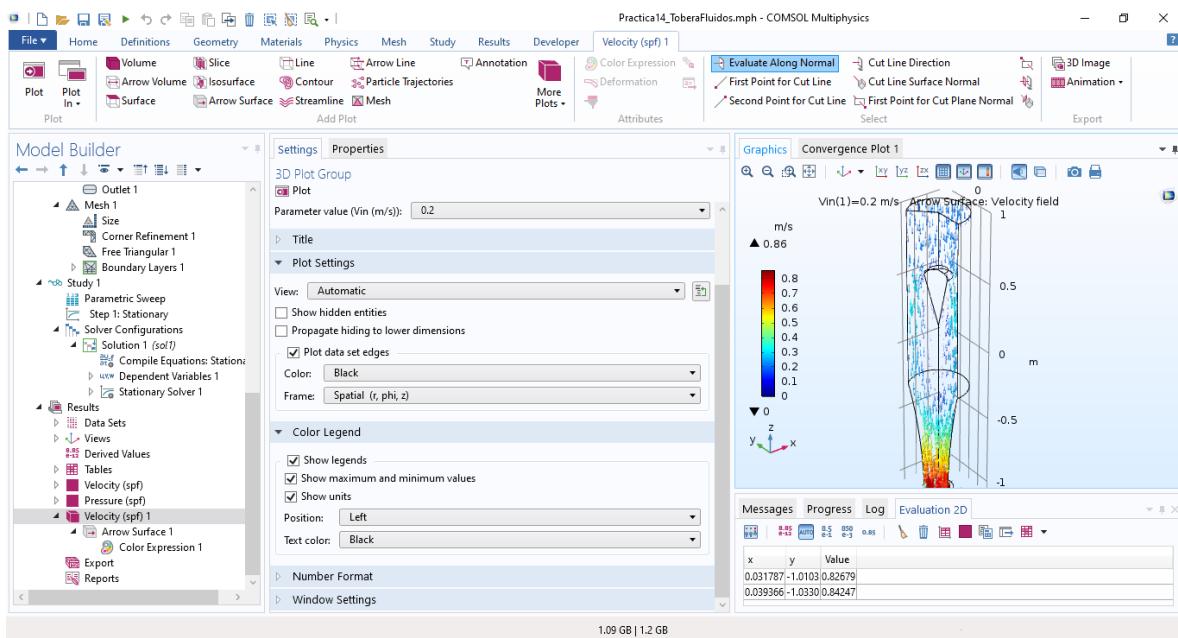




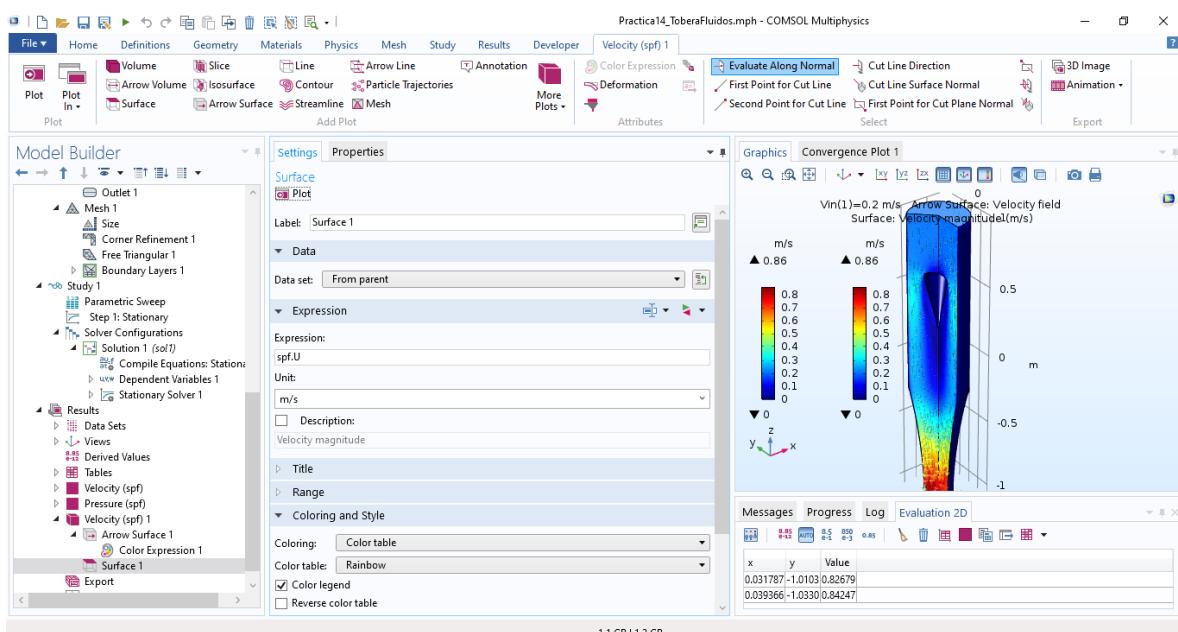
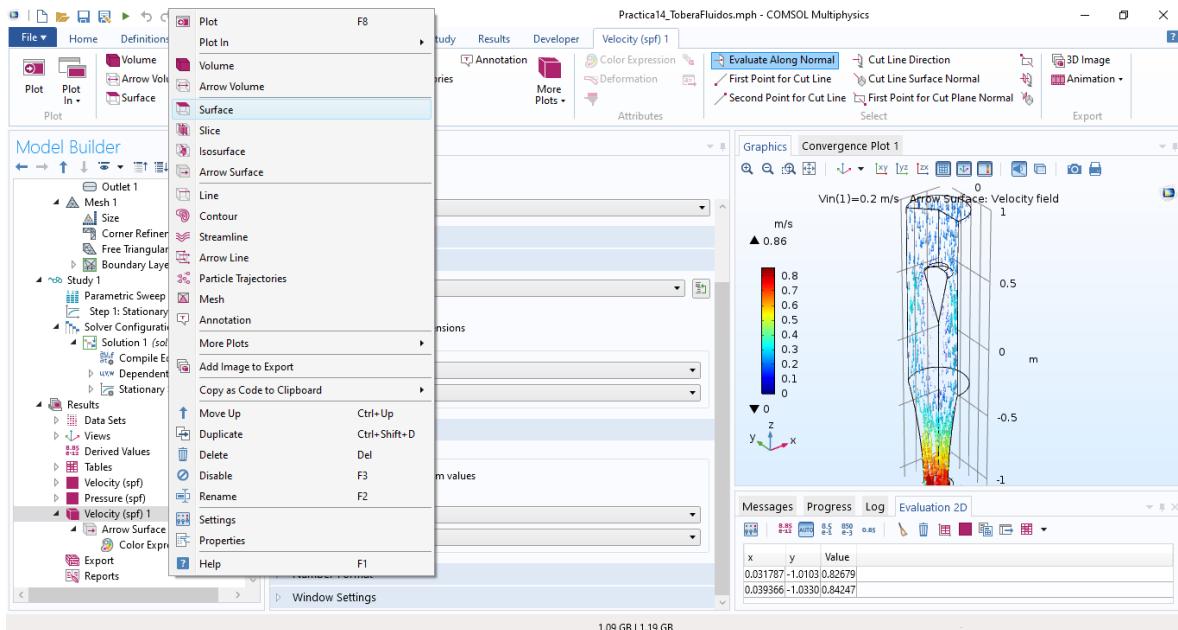
Con la siguiente opción lo que se hace es darles color a las flechas dependiendo su valor.



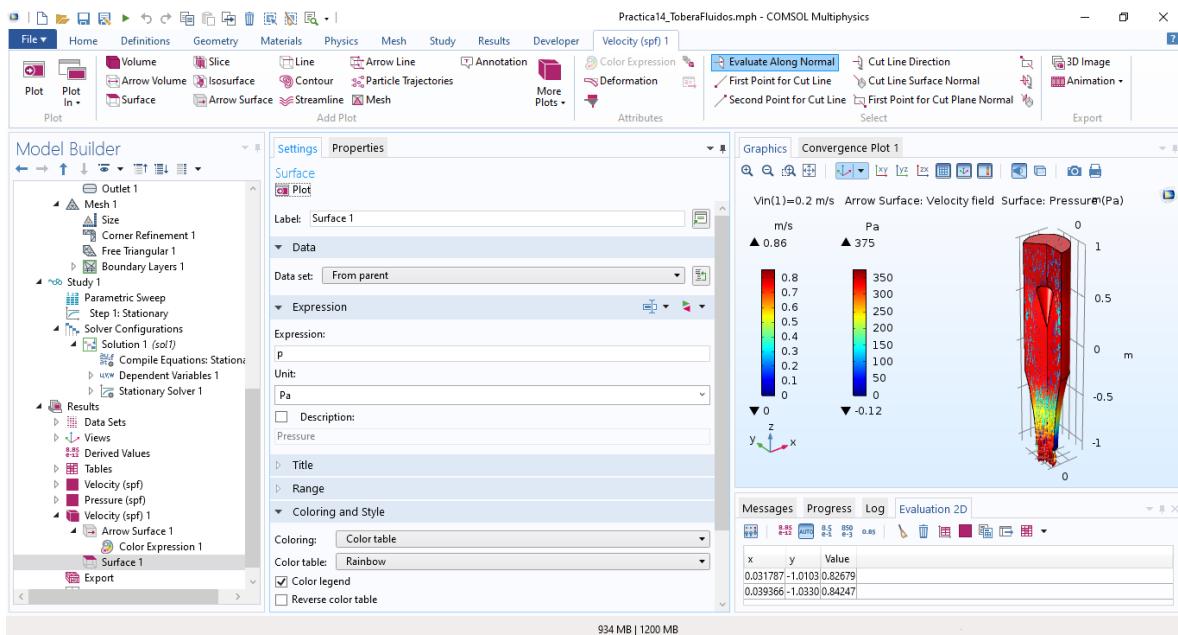
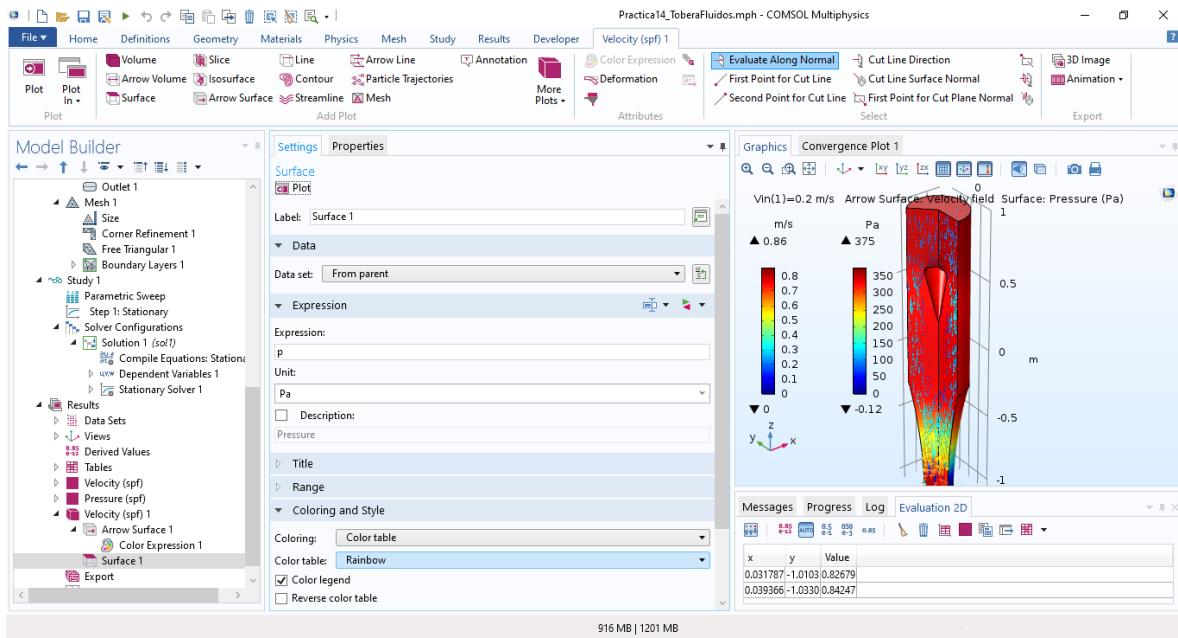
Si quito el Surface se ven solo las flechas del campo vectorial.



Si se lo quiero volver a agregar doy clic derecho y vuelvo a agregar el Surface.



Ahora bien por ejemplo, si al Surface le pongo  $p$  en su expresión (código de lo que quiero obtener en el análisis) saldrá la Surface de la presión y el campo vectorial de las velocidades del fluido.



## BIBLIOGRAFÍA:

INGENIERÍA MECÁNICA ESTÁTICA (12VA EDICIÓN) – RUSSELL C. HIBBELER.