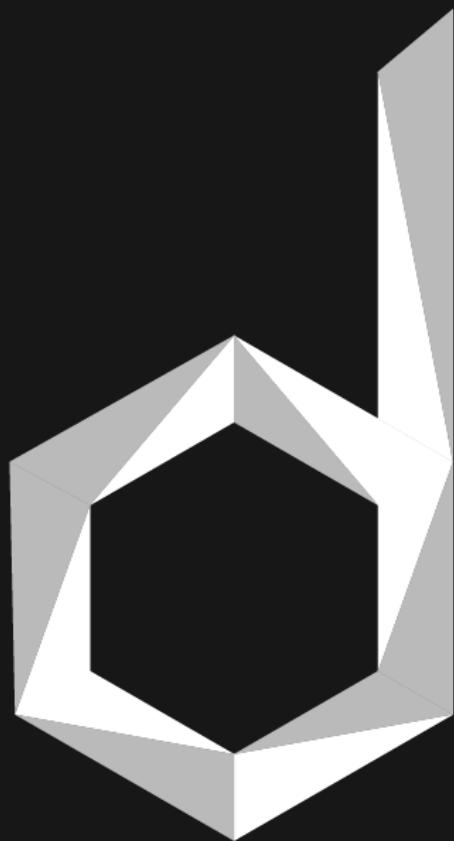


# INGENIERÍA MECATRÓNICA



## DI\_CERO

DIEGO CERVANTES RODRÍGUEZ

INGENIERÍA ASISTIDA POR COMPUTADORA

COMSOL MULTIPHYSICS 5.6

12: Modelo Importado de SolidWorks  
- Esfuerzo de un Tornillo y una Llave

## Contenido

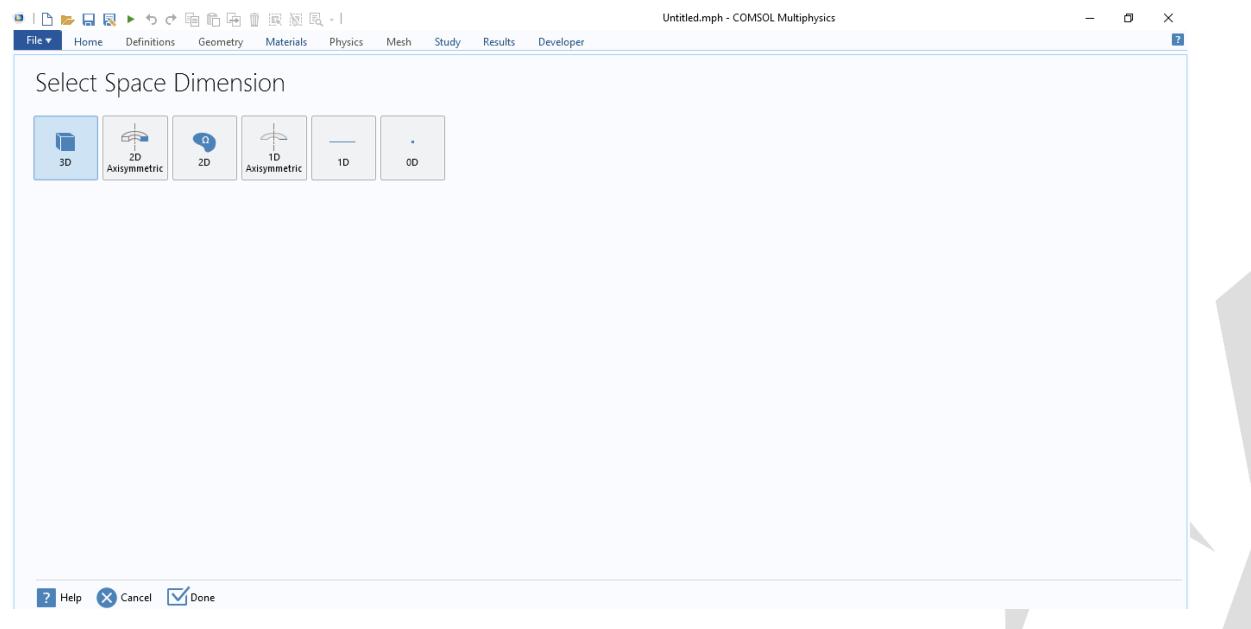
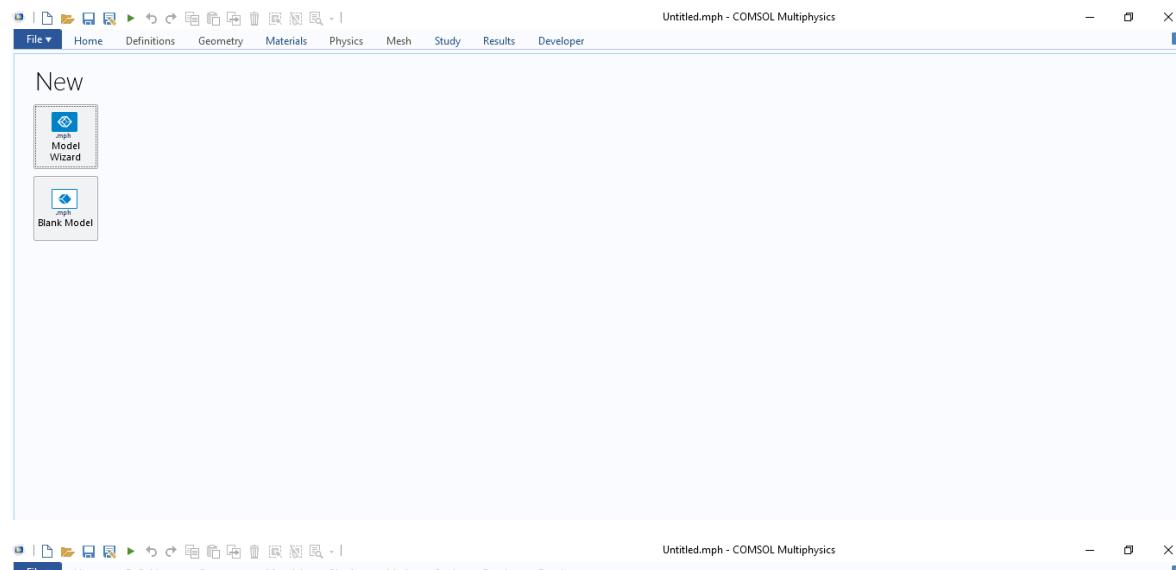
IMPORTACIÓN DE UNA PIEZA DE SOLIDWORKS DENTRO DE COMSOL:	2
ANÁLISIS MECÁNICO EN COMSOL:	7
RESULTADO DEL ELEMENTO FINITO EN COMSOL:	21
ANÁLISIS DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN COMSOL:	27
BIBLIOGRAFÍA:	45

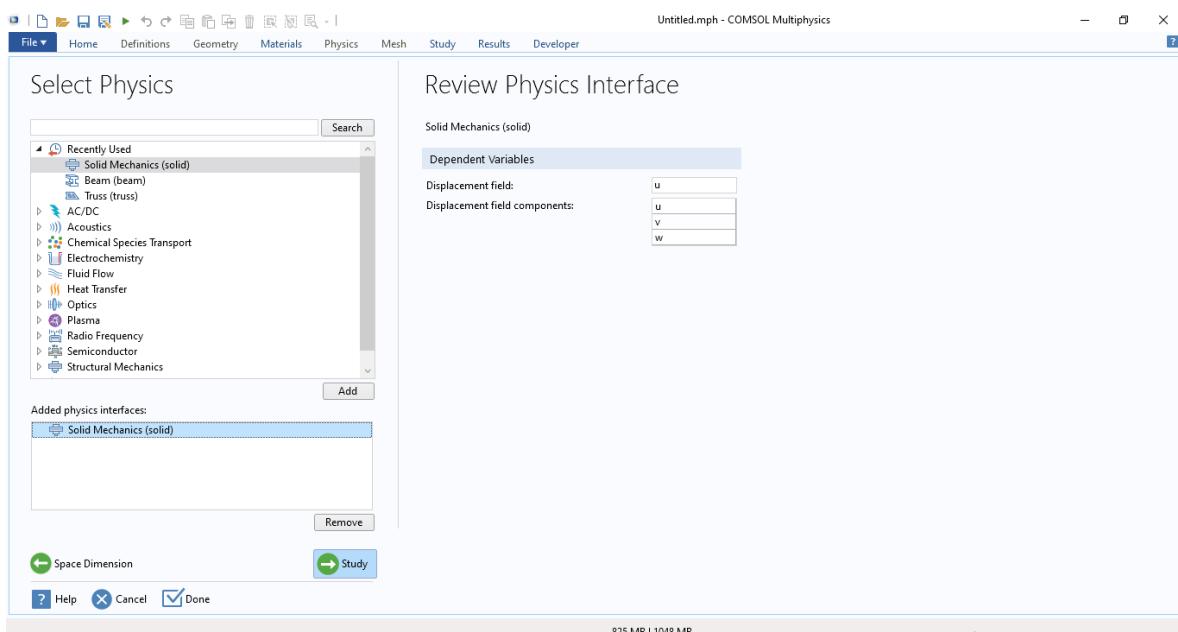
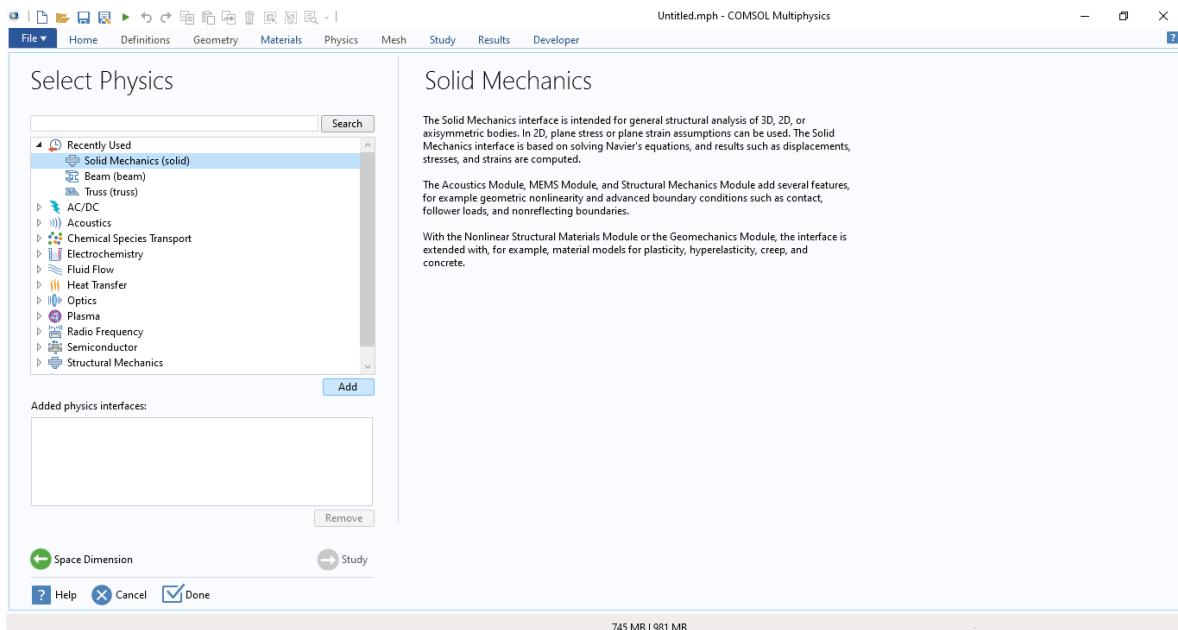


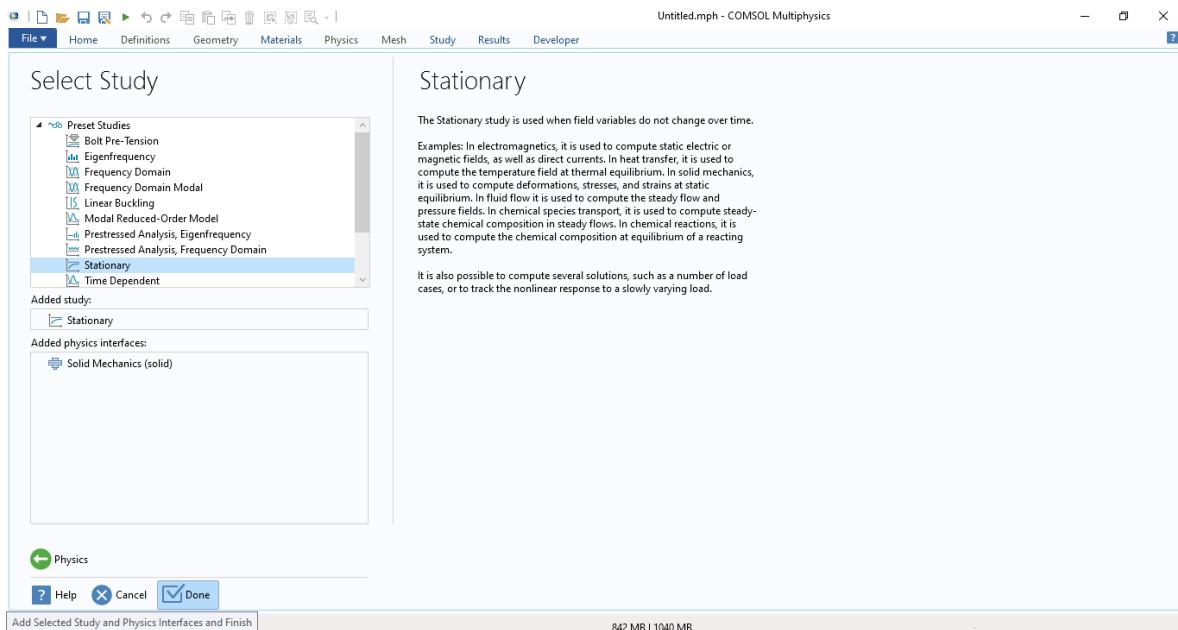
## IMPORTACIÓN DE UNA PIEZA DE SOLIDWORKS DENTRO DE COMSOL:

Para importar un modelo de **Solidworks** se deben seguir los siguientes pasos:

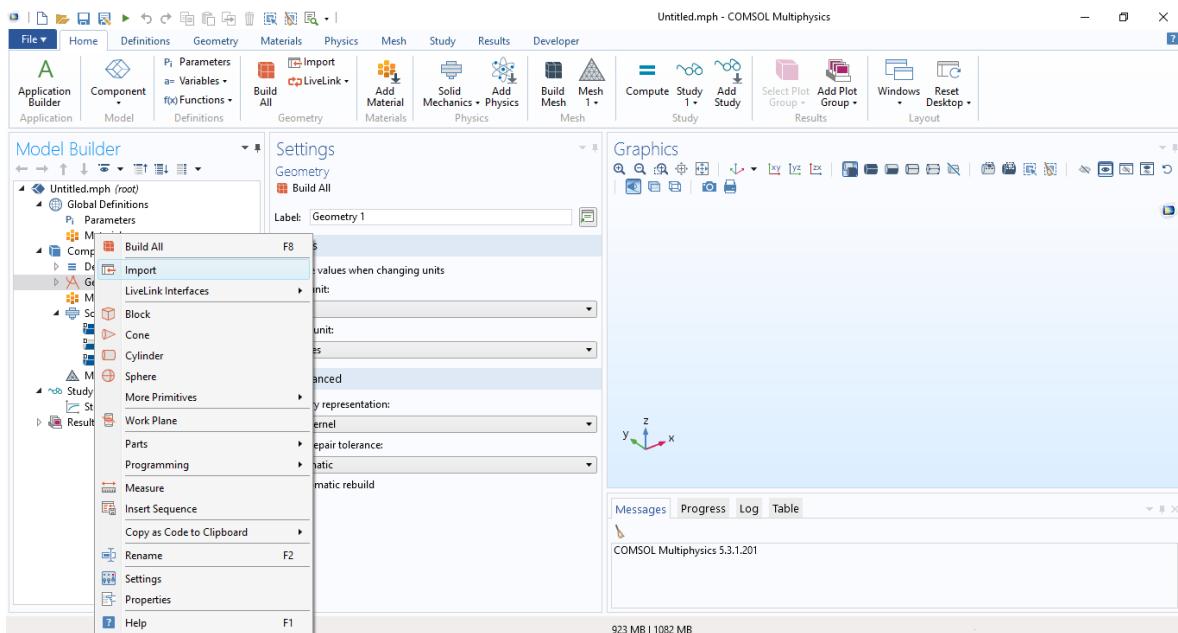
1. Primero que nada, se debe haber previamente guardado un modelo de **Solidworks** con extensión .SETP en vez de .SLDPRT (para piezas) o .SLDASM (para ensambles).
2. Despues se debe abrir un modelo 3D en COMSOL con un estudio mecánico cualquiera.
3. Luego se realiza la conversión del modelo **Solidworks** siguiendo los siguientes pasos:
  - a. En primer lugar, se importa el modelo **Solidworks** con la extensión .STEP.
  - b. Posteriormente el modelo .STEP importado se debe convertir a una extensión .mphbin dentro del mismo COMSOL, guardándolo de esa forma.
  - c. Se cierra el programa de COMSOL Multiphysics.
4. Finalmente se inicia un nuevo modelo 3D dentro de COMSOL que ahora sí considere el análisis mecánico que se quiere realizar al modelo con extensión .mphbin previamente convertido dentro de COMSOL para realizar el estudio de la pieza.

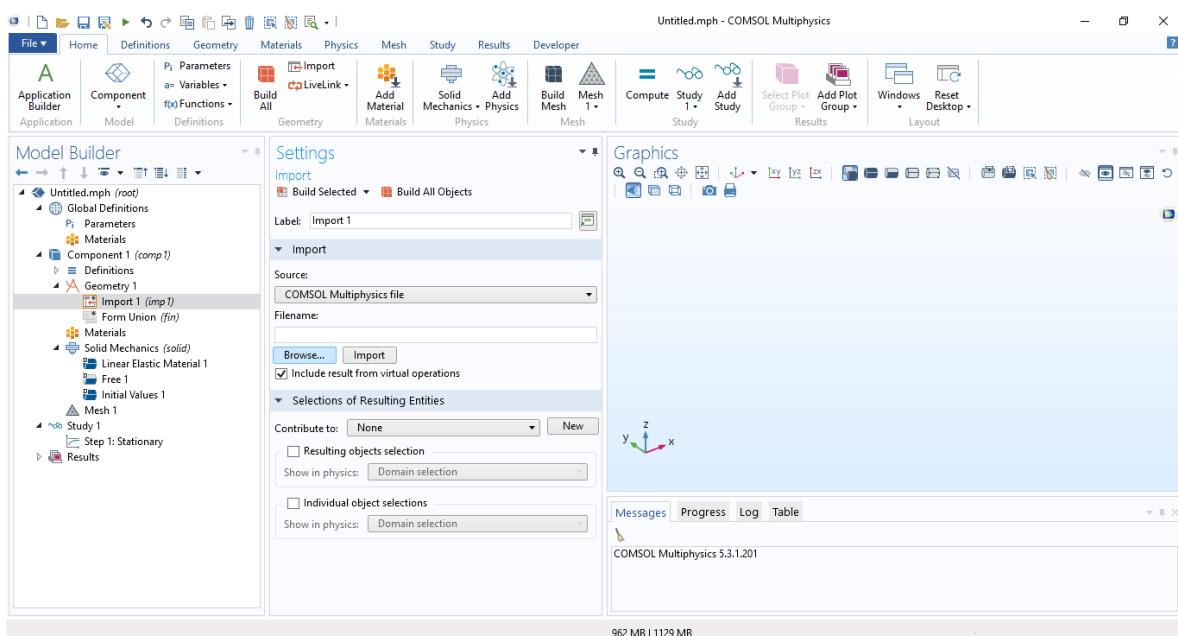
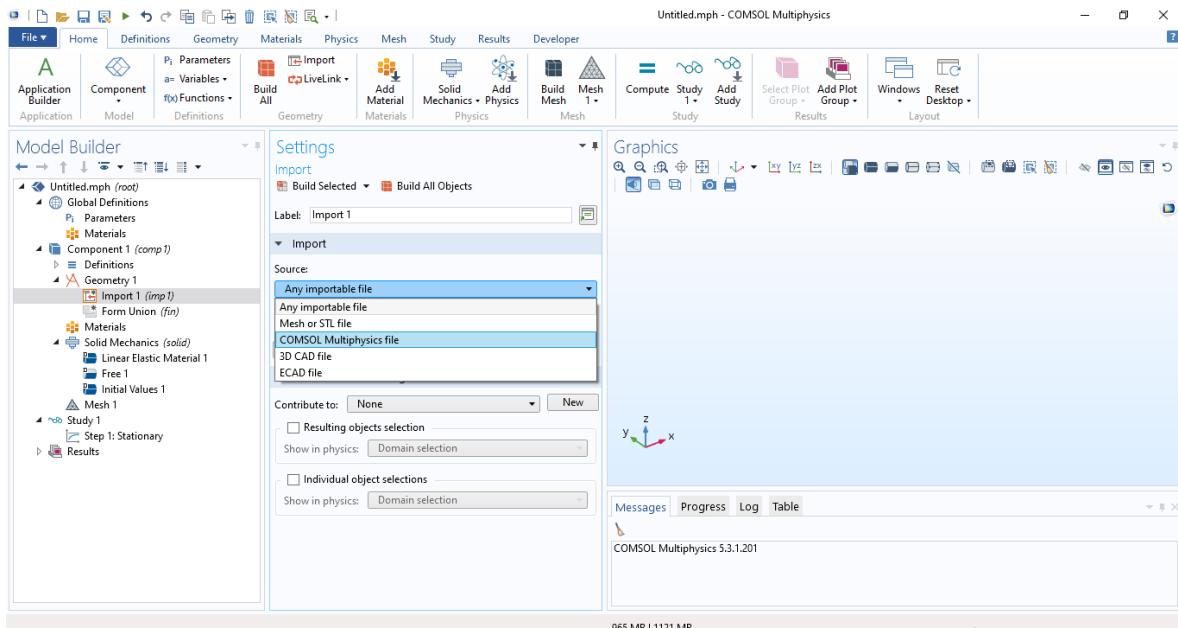






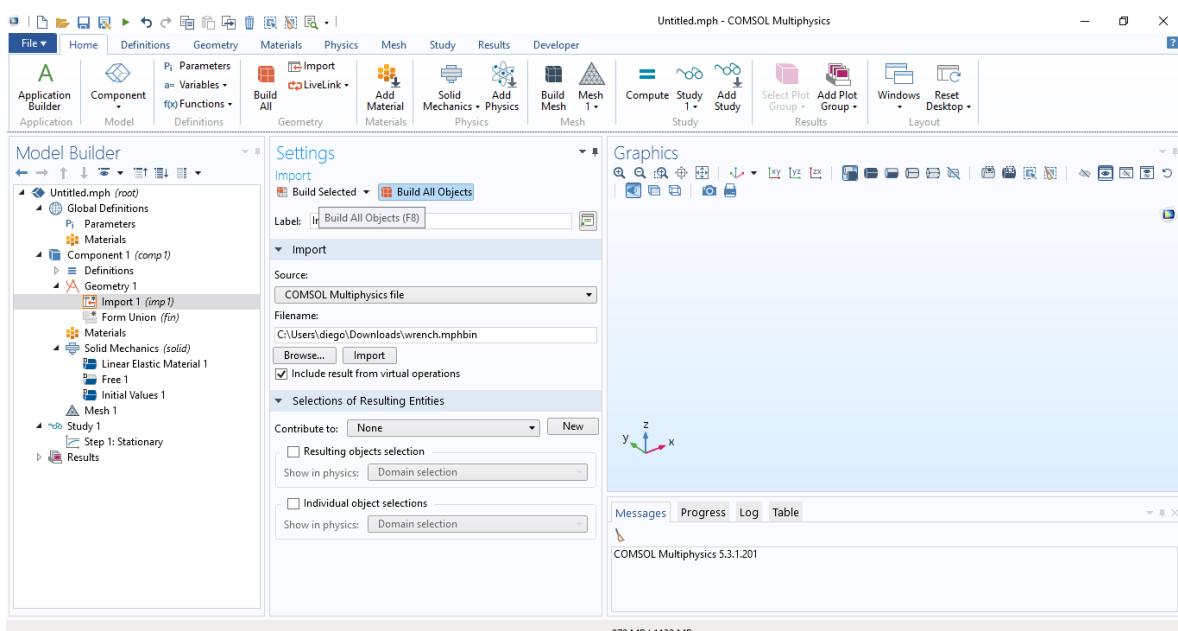
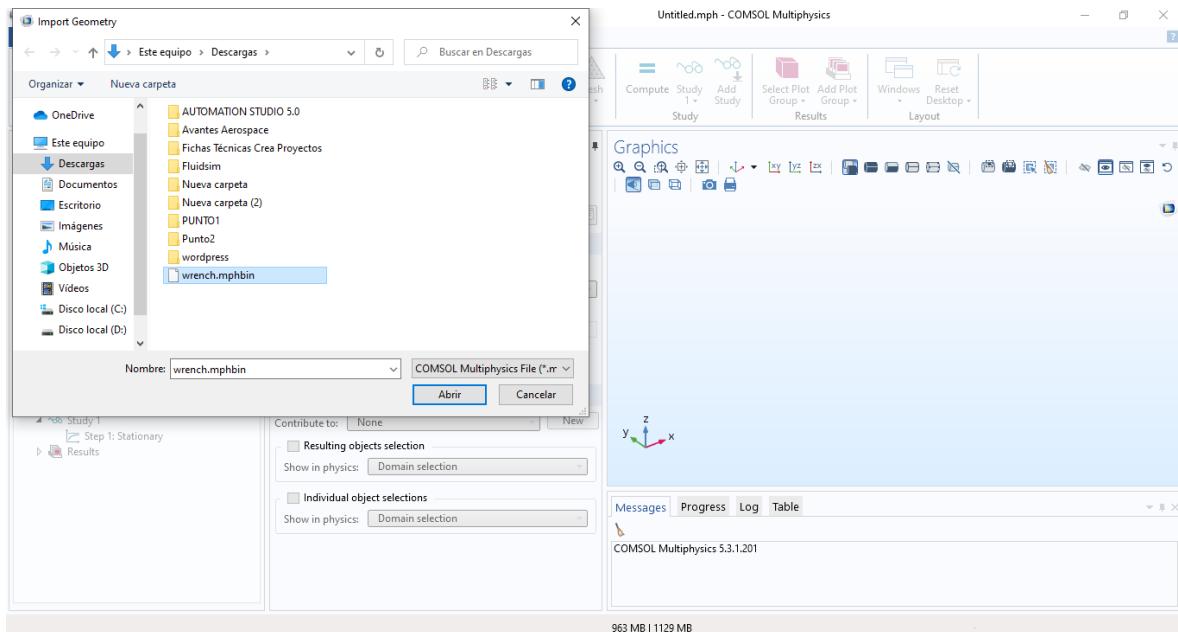
El análisis mecánico se puede realizar a modelos creados con SolidWorks que tengan la extensión .STEP que luego debe ser convertida a una extensión .mphbin dentro del mismo COMSOL o importar un modelo hecho directo en COMSOL Multiphysics.

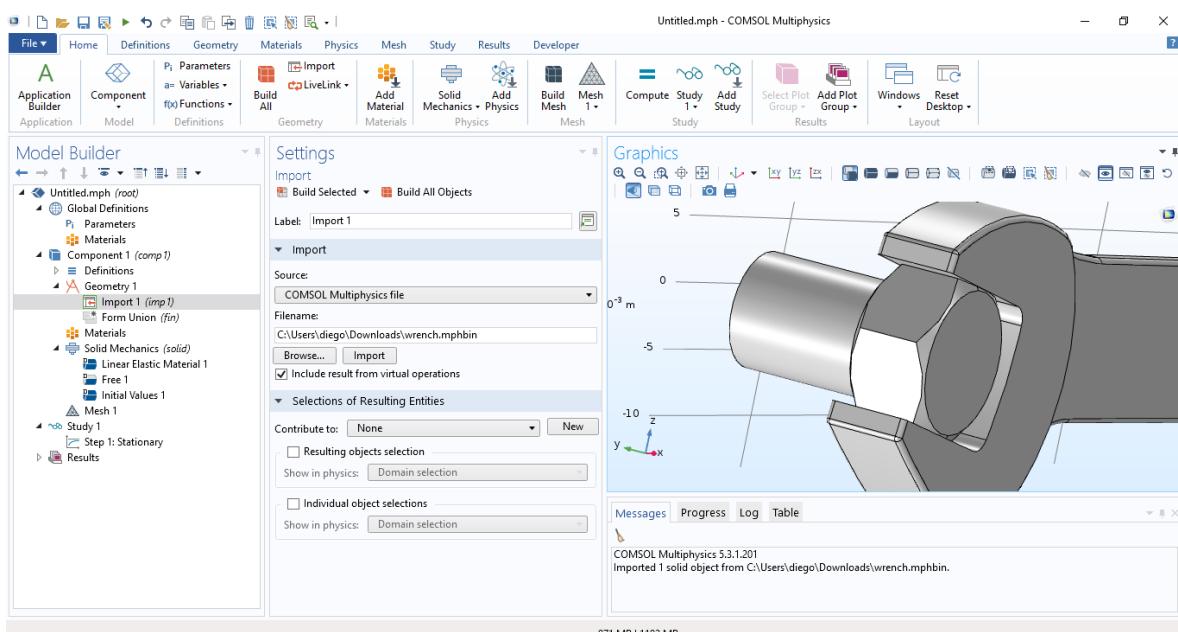
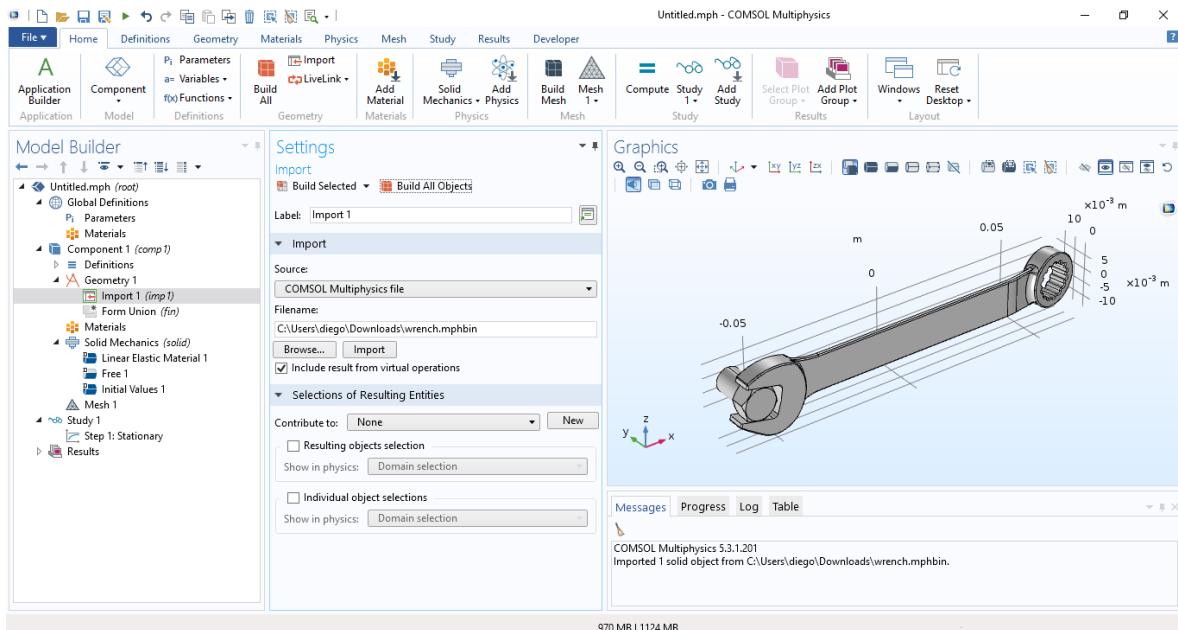




La extensión de los modelos en COMSOL Multiphysics es .mphbin, solo del modelo no del análisis mecánico, la extensión del archivo de análisis mecánico es .mph.





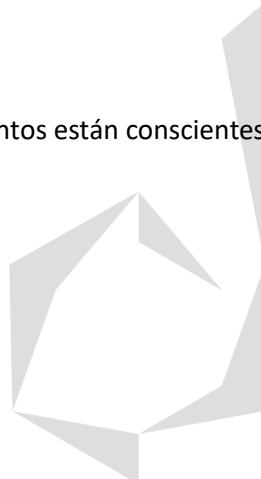


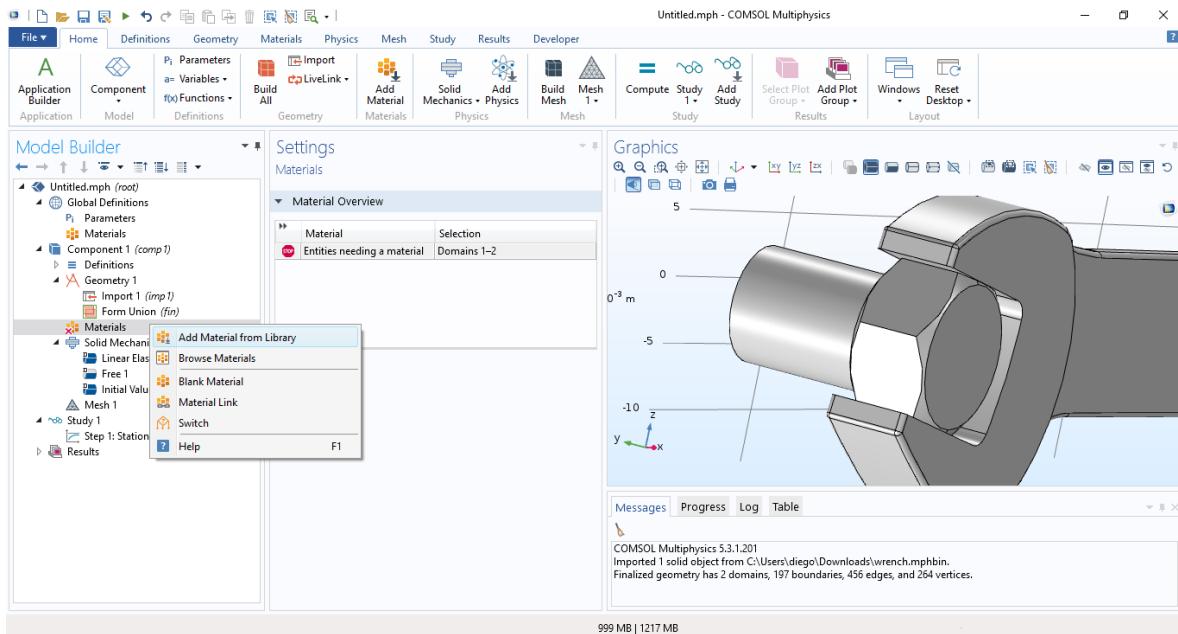
## ANÁLISIS MECÁNICO EN COMSOL:

El modelo por analizar en este caso es un ensamble, porque las caras de los elementos están conscientes una de la otra, osea que están en contacto.

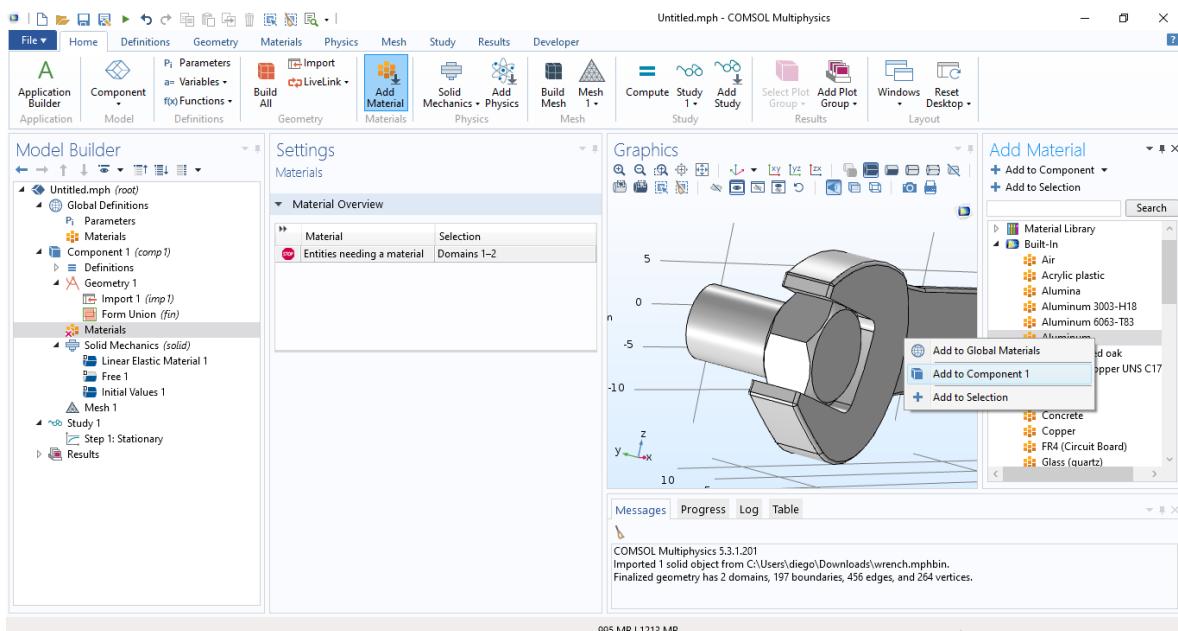
Si el ensamble está mal hecho no se hará correctamente el estudio de la pieza.

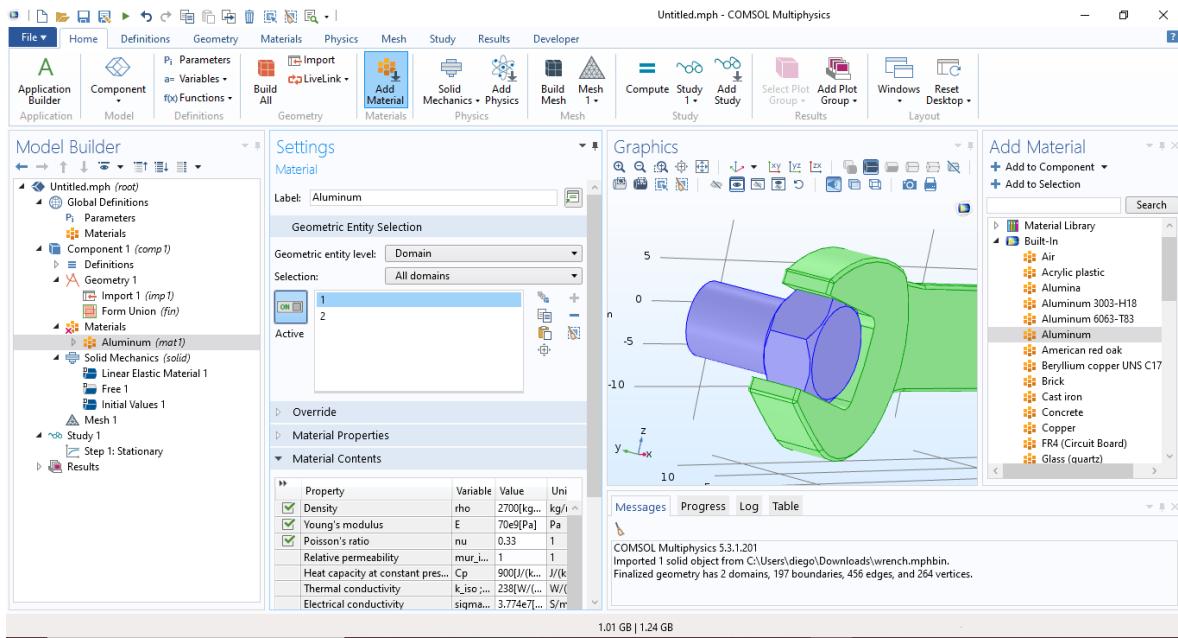
- El tornillo es de aluminio.
- La llave es de acero estructural.



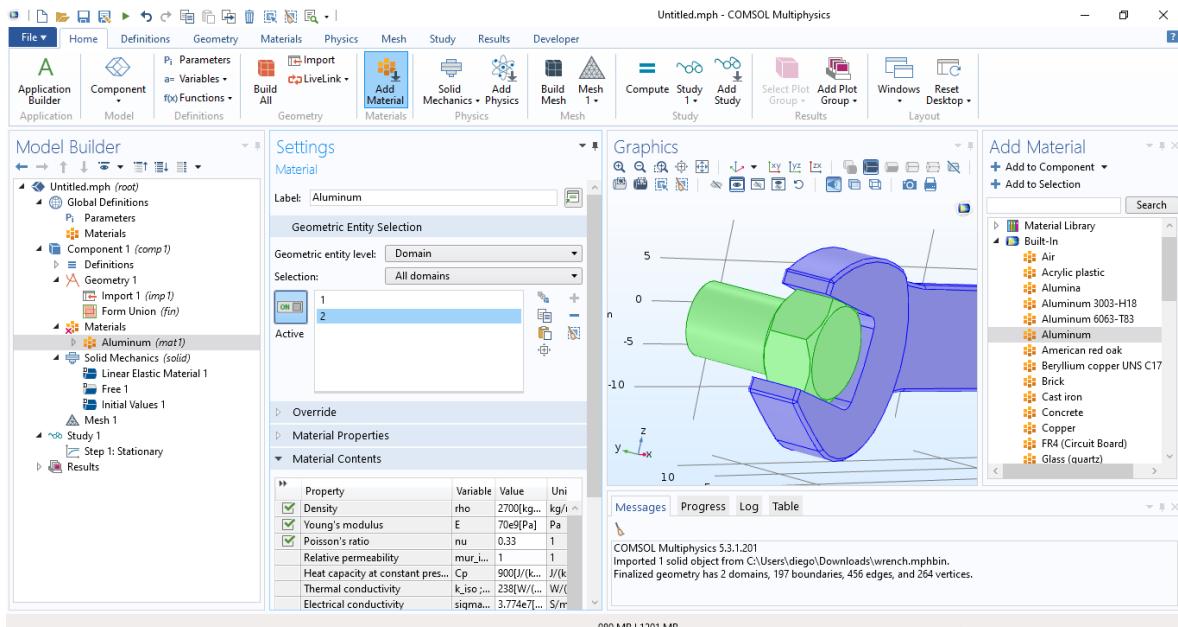


Para el tornillo se elige el Aluminium porque es el que encontramos en cualquier ferretería, mientras Aluminia es una aleación y Aluminium 3003-H18 es un aluminio aeronáutico.

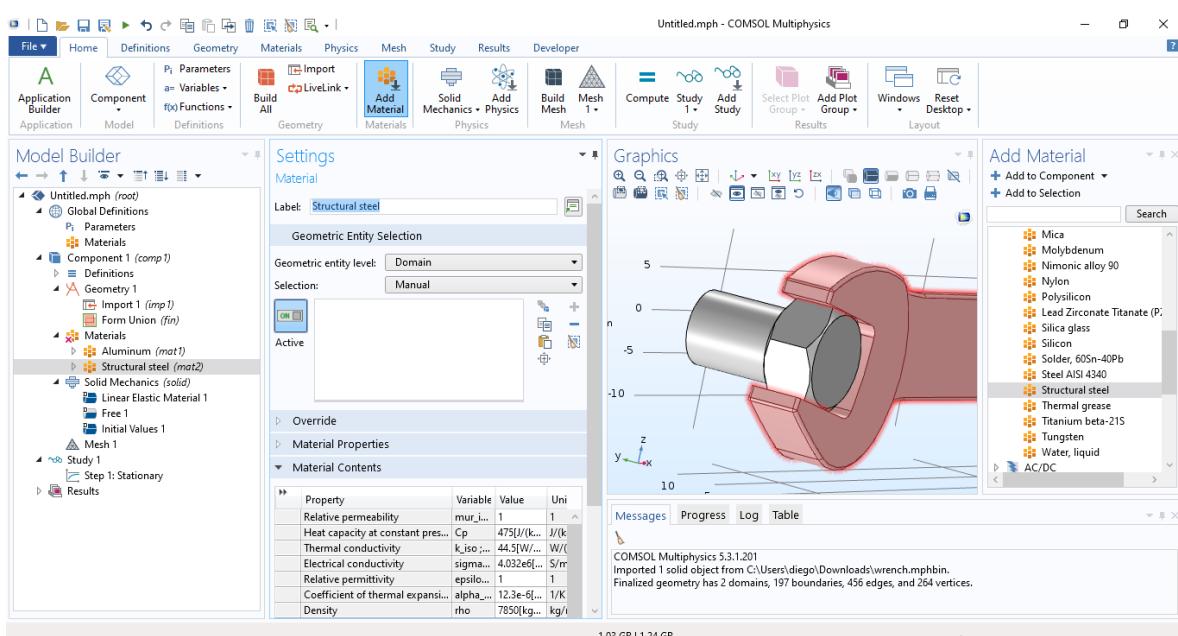
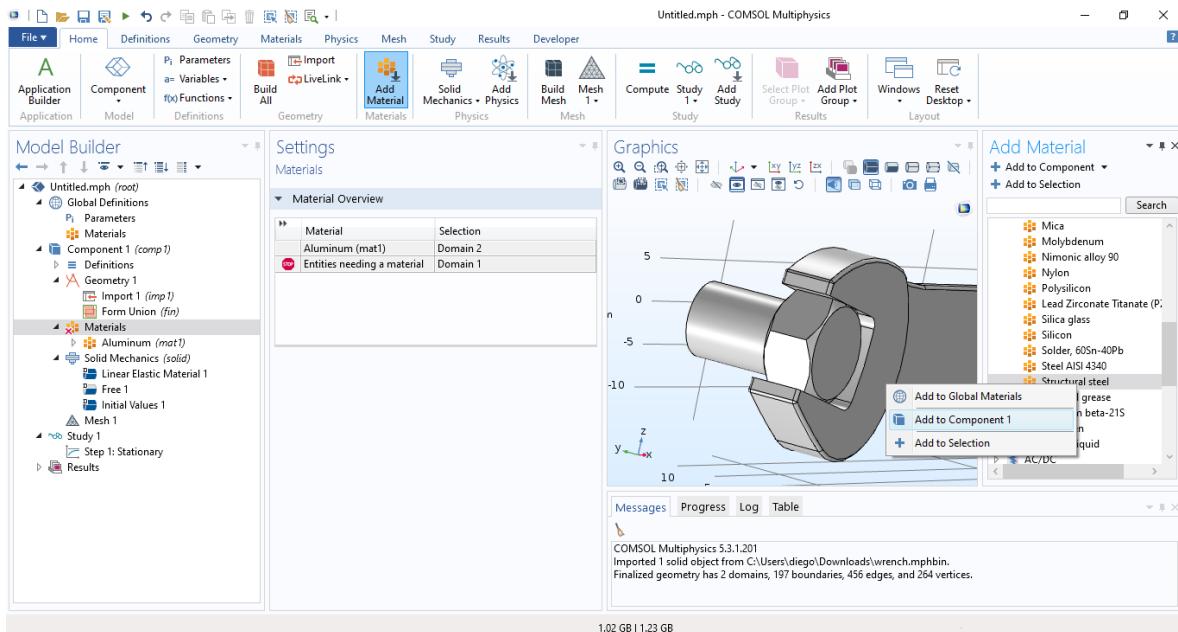


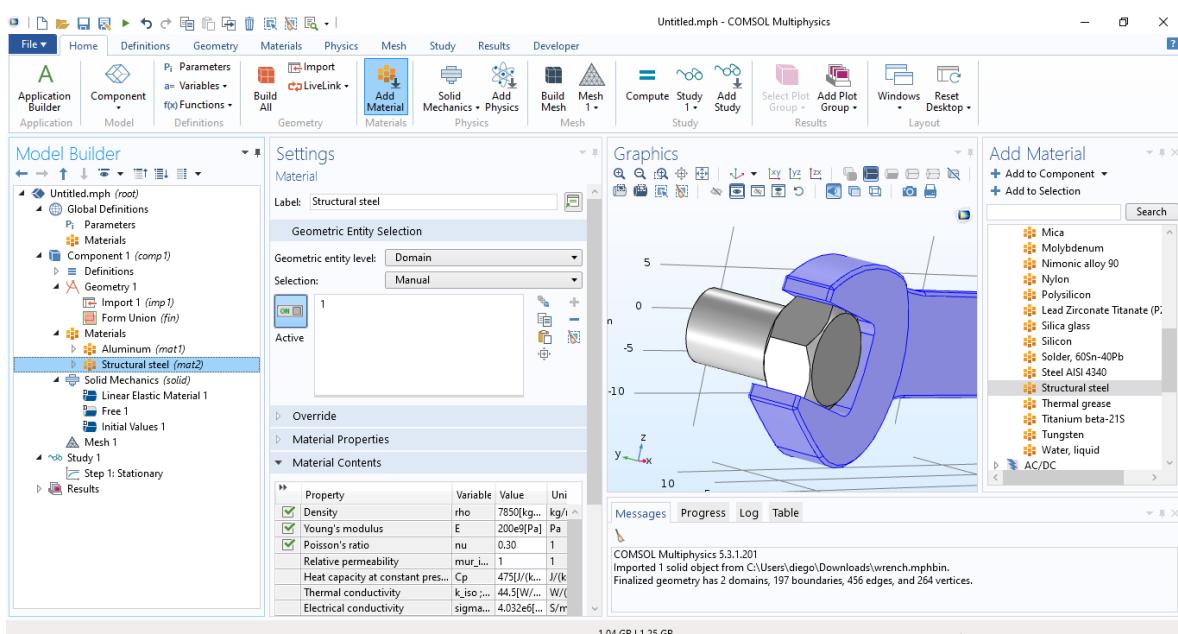
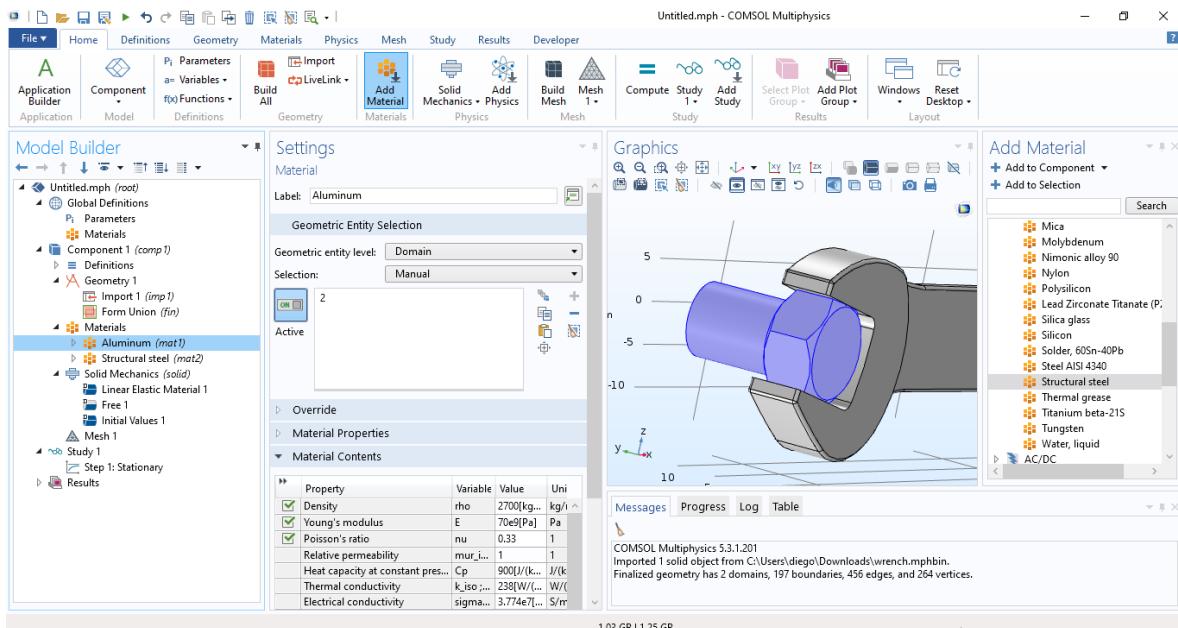


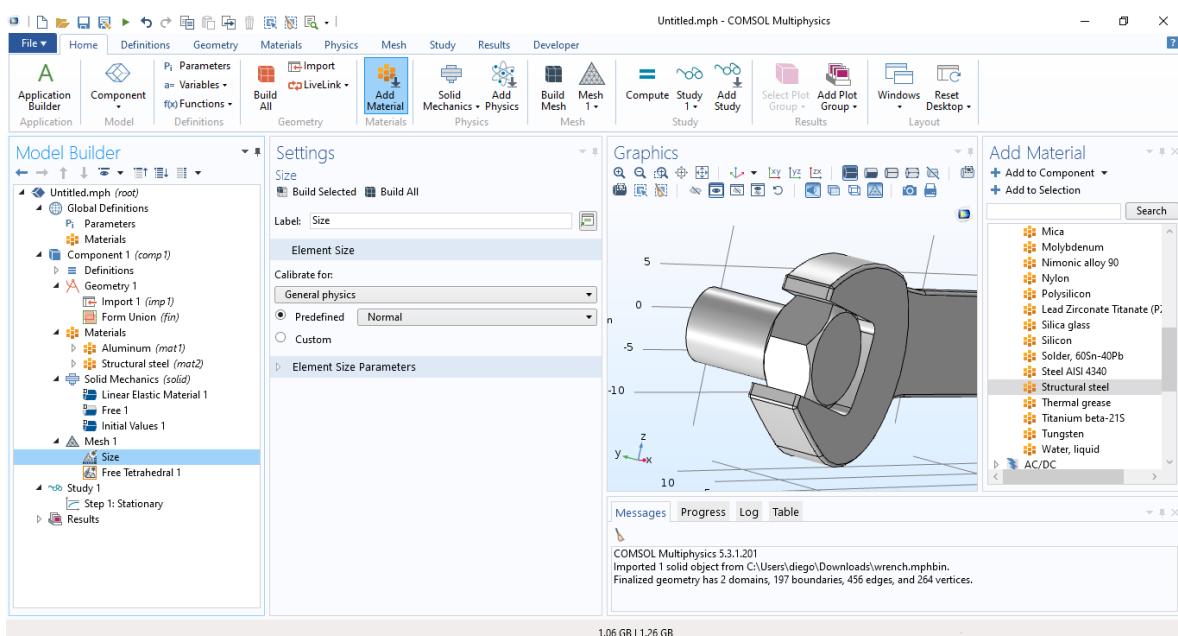
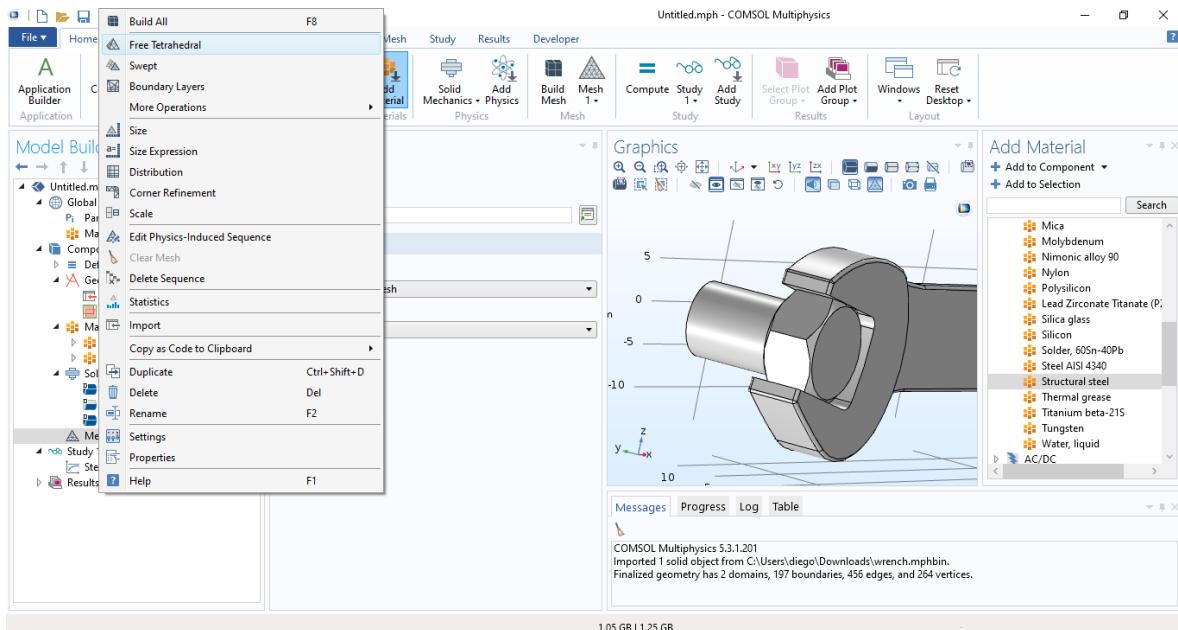
La llave se ilumina de verde, esto significa que a ella no se le adiciona el material del tornillo que es Aluminio.

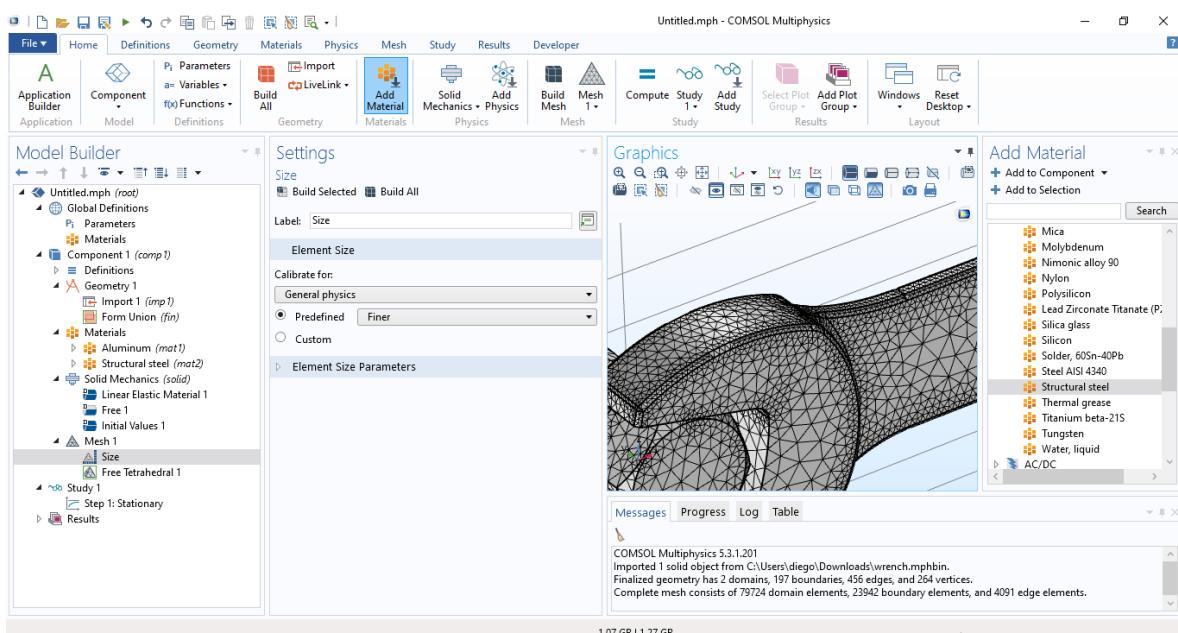
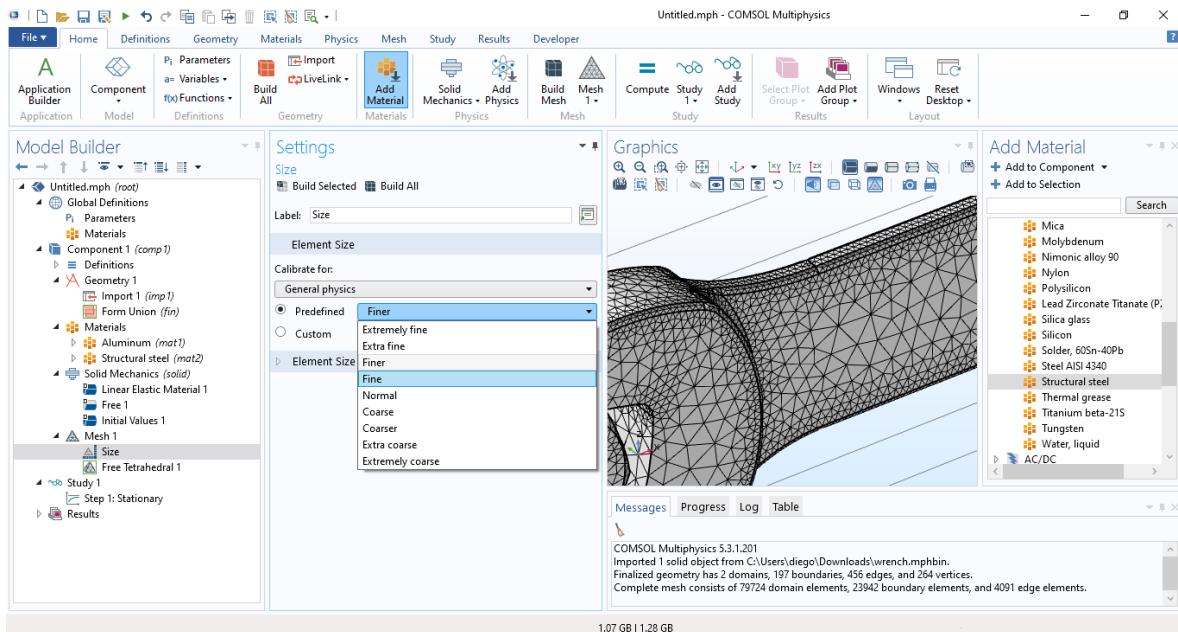


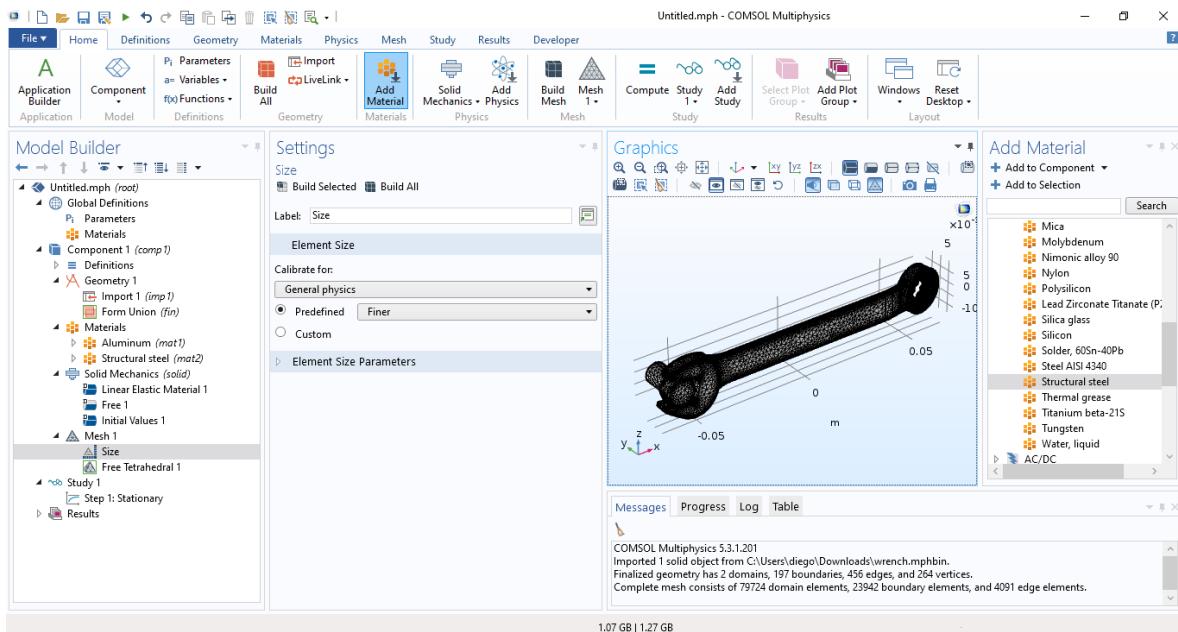
Para adicionarlo solo al tornillo debo seleccionar el elemento 1 y debo dar clic en el signo -, luego se repiten los mismos pasos para adicionar el material de Acero Estructural a la llave.



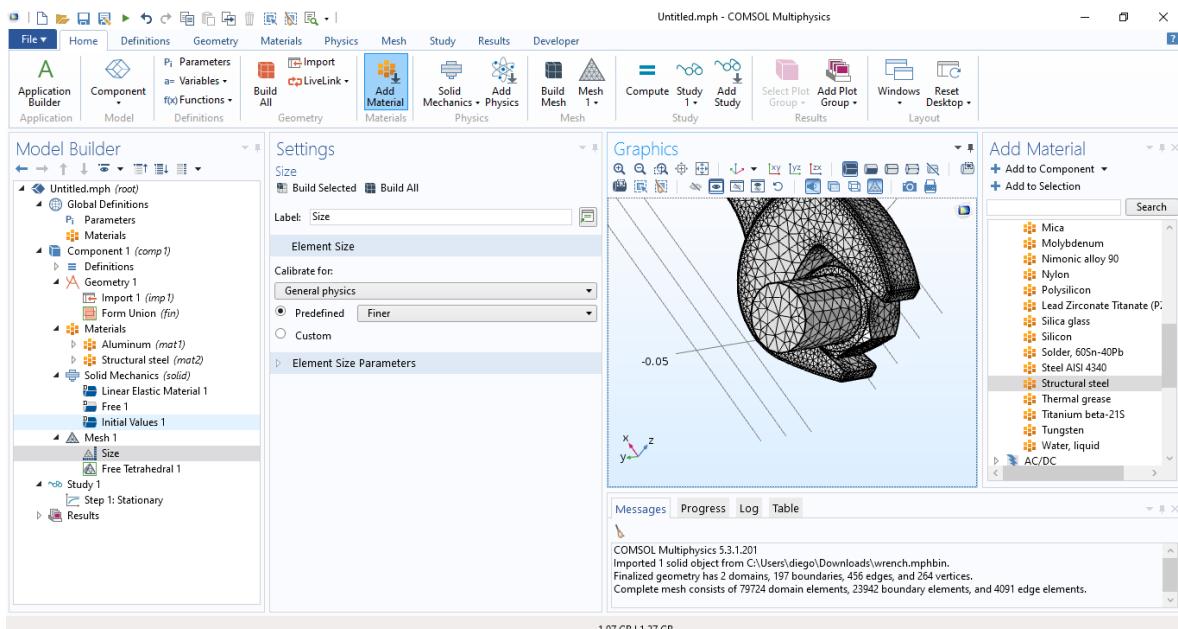


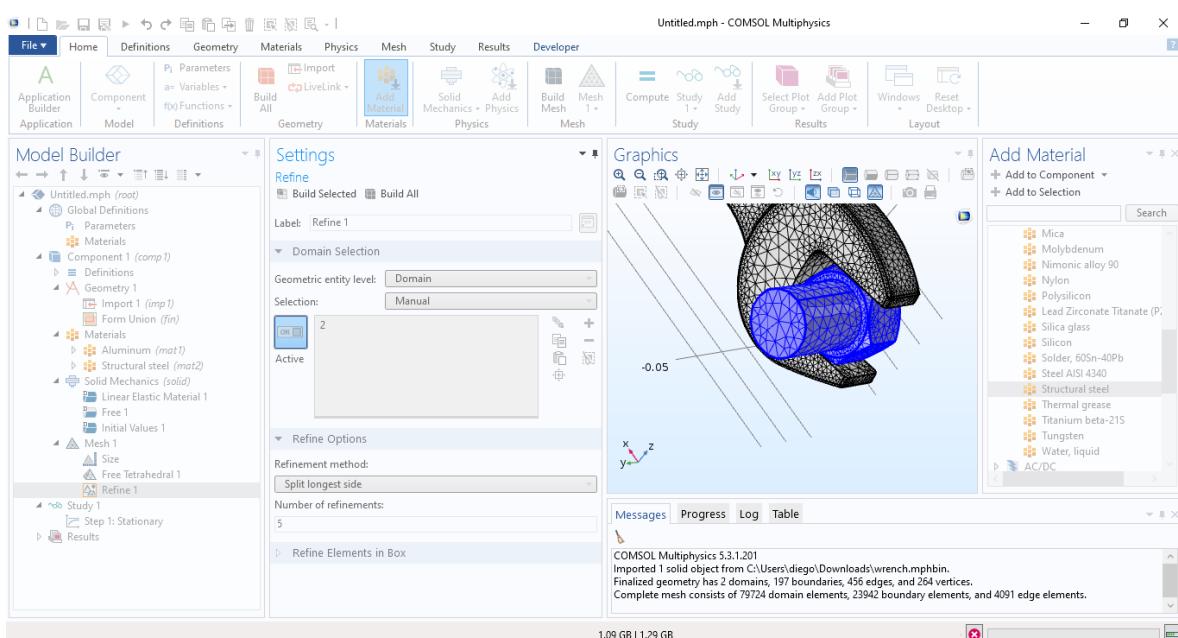
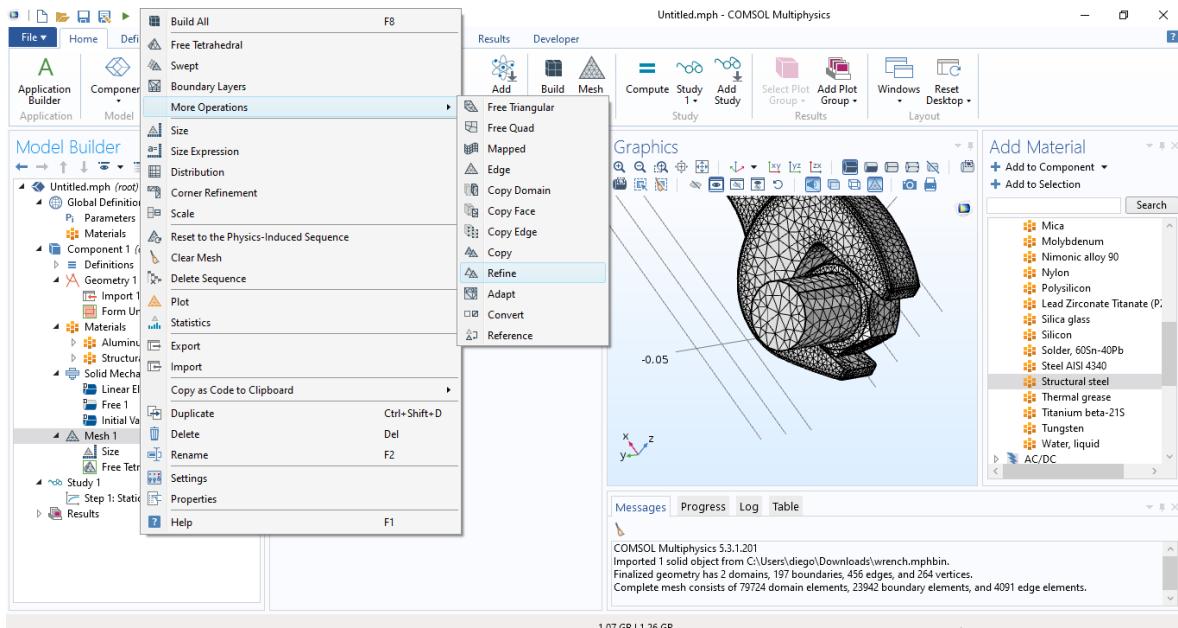




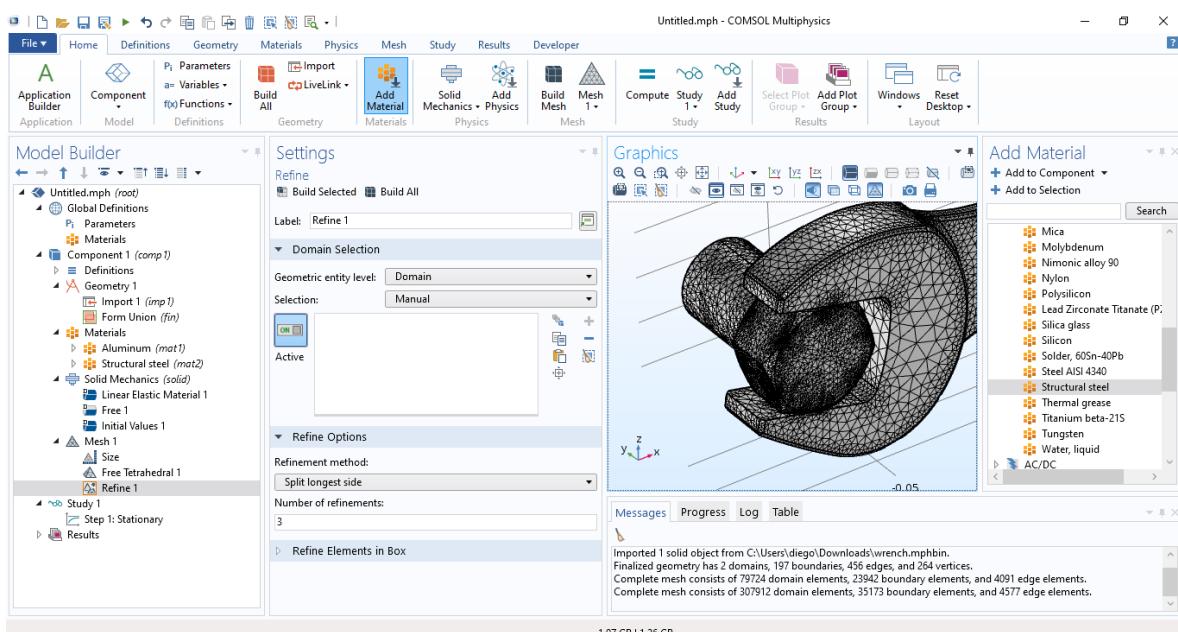
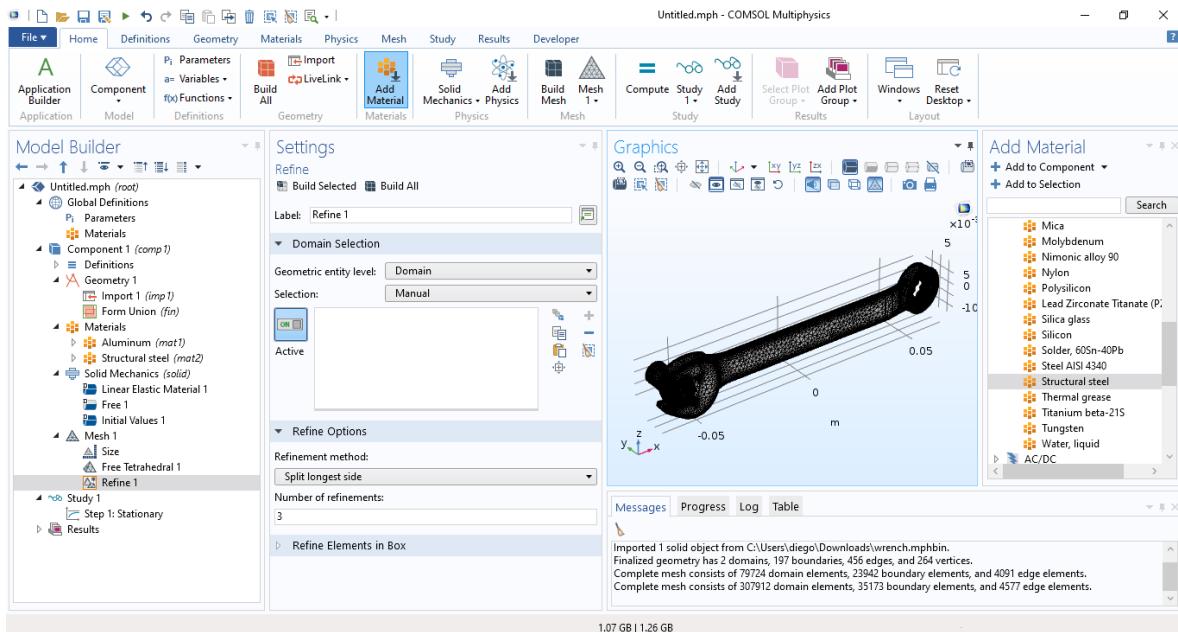


En el área del tornillo que sufrirá torsión se debe poner la malla más fina, porque en ese punto es donde se realizará el mayor esfuerzo provocado por la torsión de la llave, esto solo se puede realizar de la versión 5.6 de COMSOL Multiphysics en adelante.

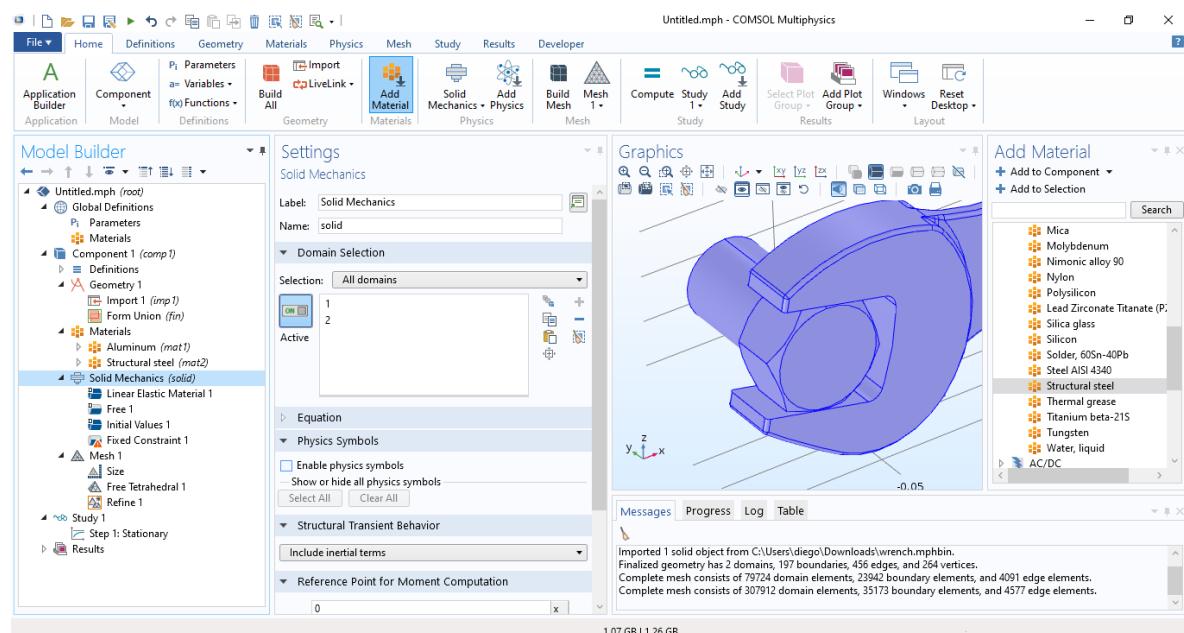
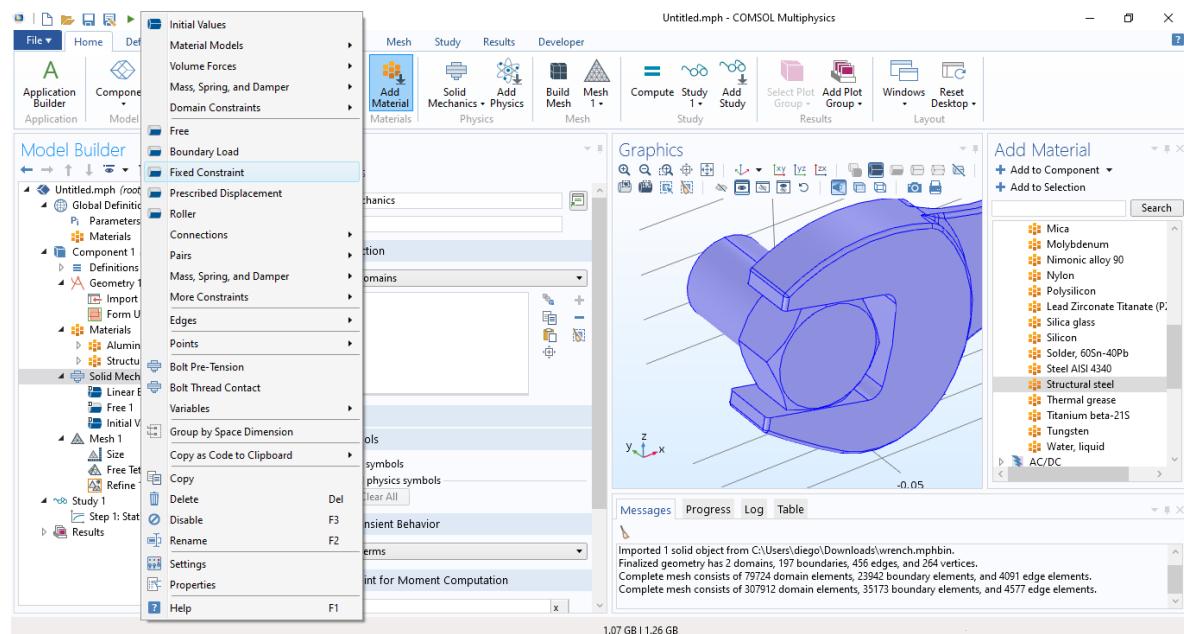


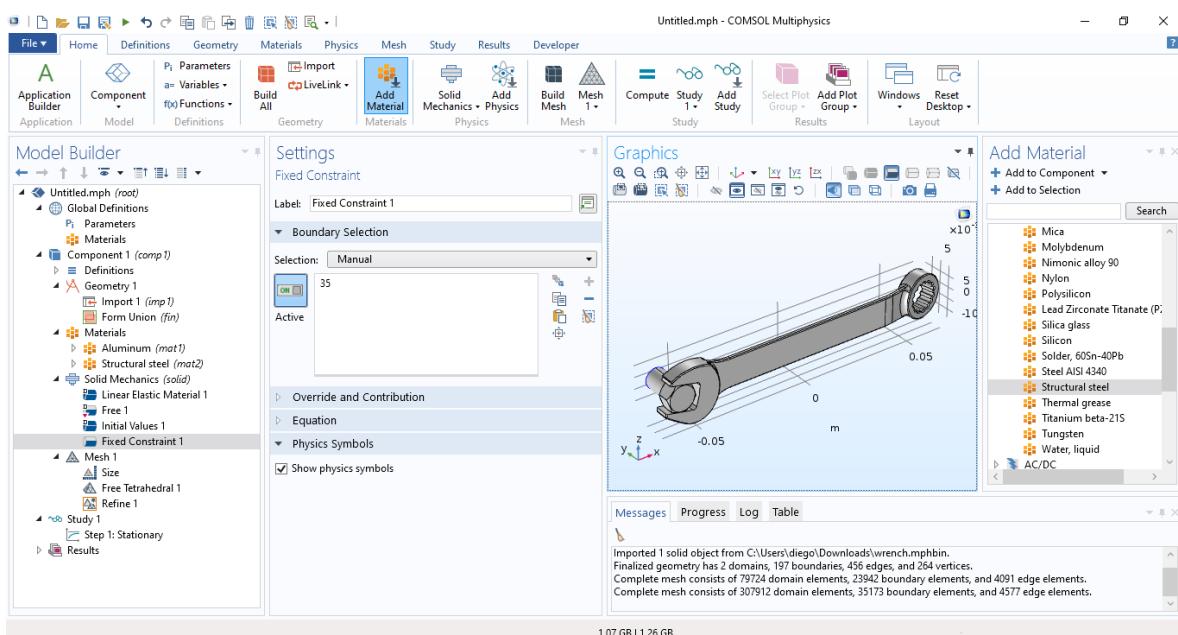
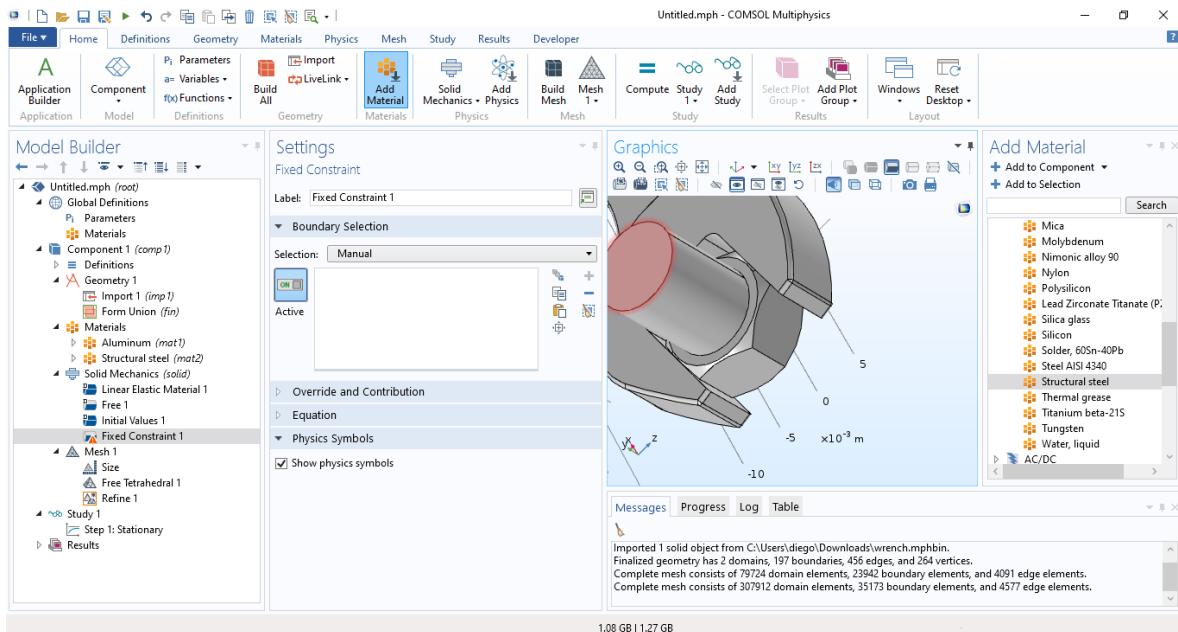


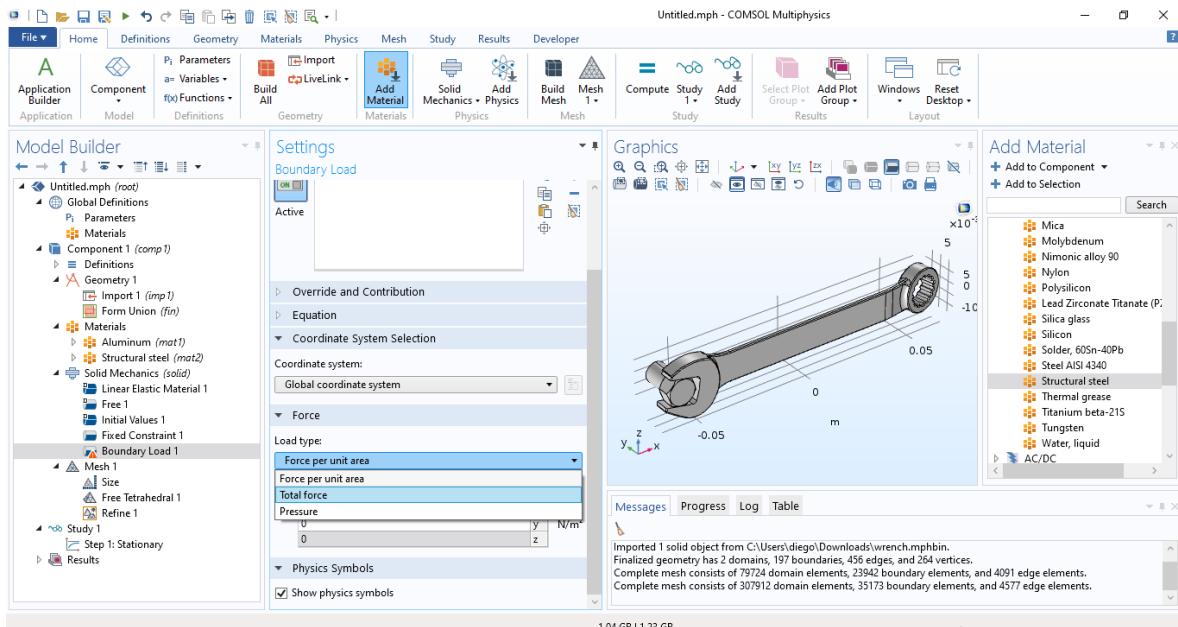
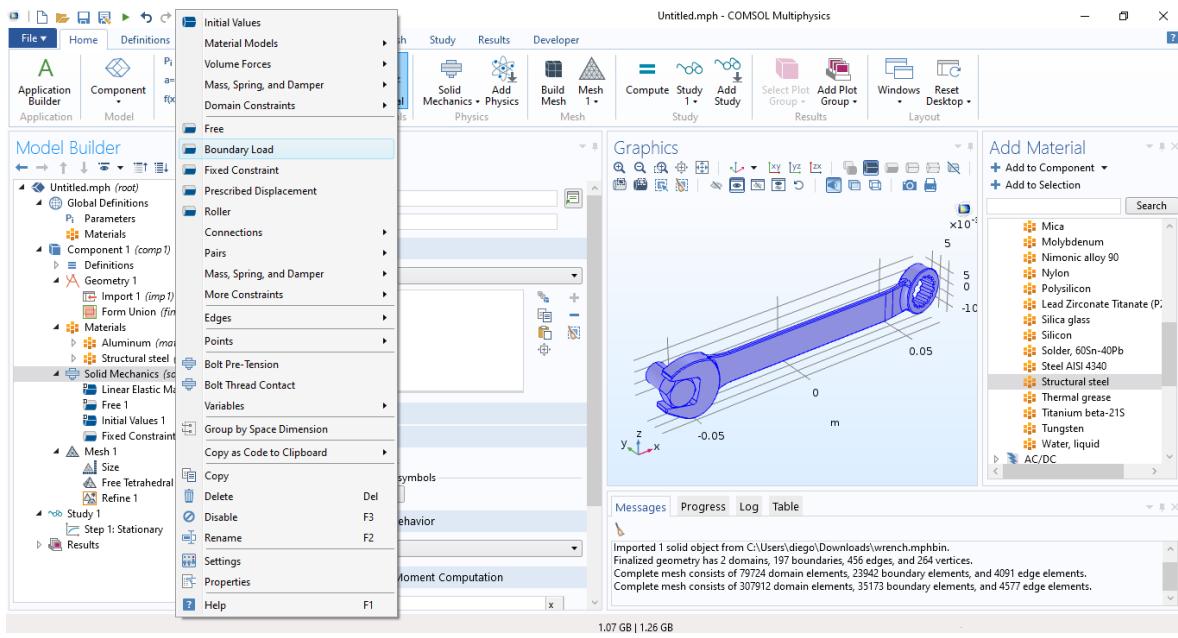
En algunas versiones del programa se puede seleccionar solo el área, pero en esta versión se selecciona todo el tornillo y no hay problema con que el cálculo se realice así.

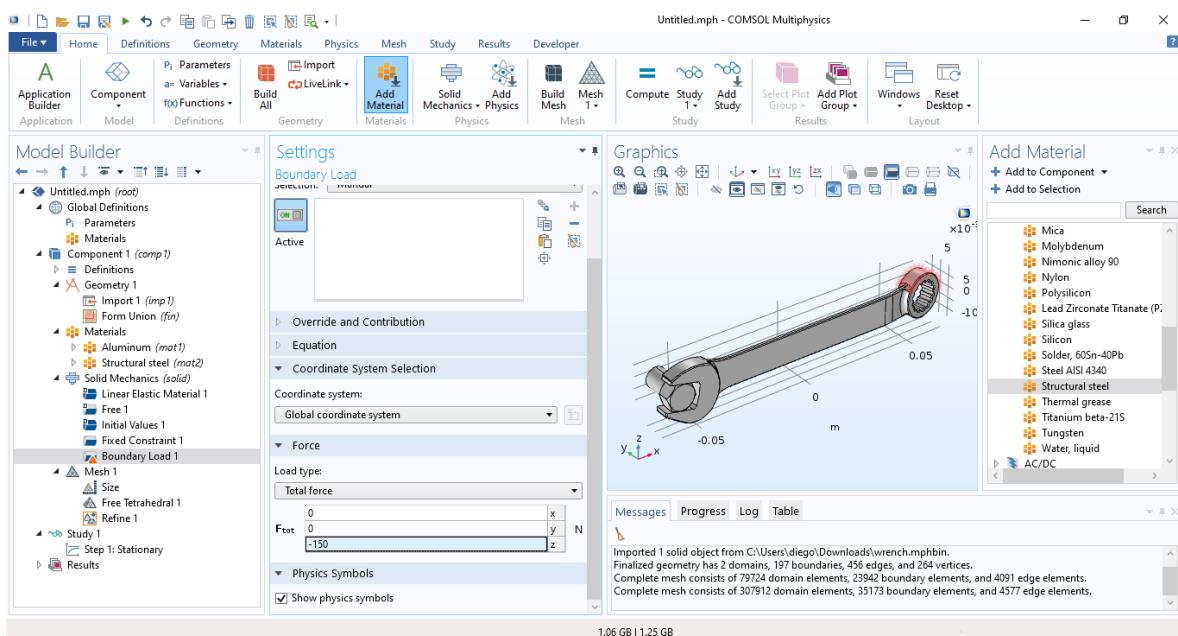
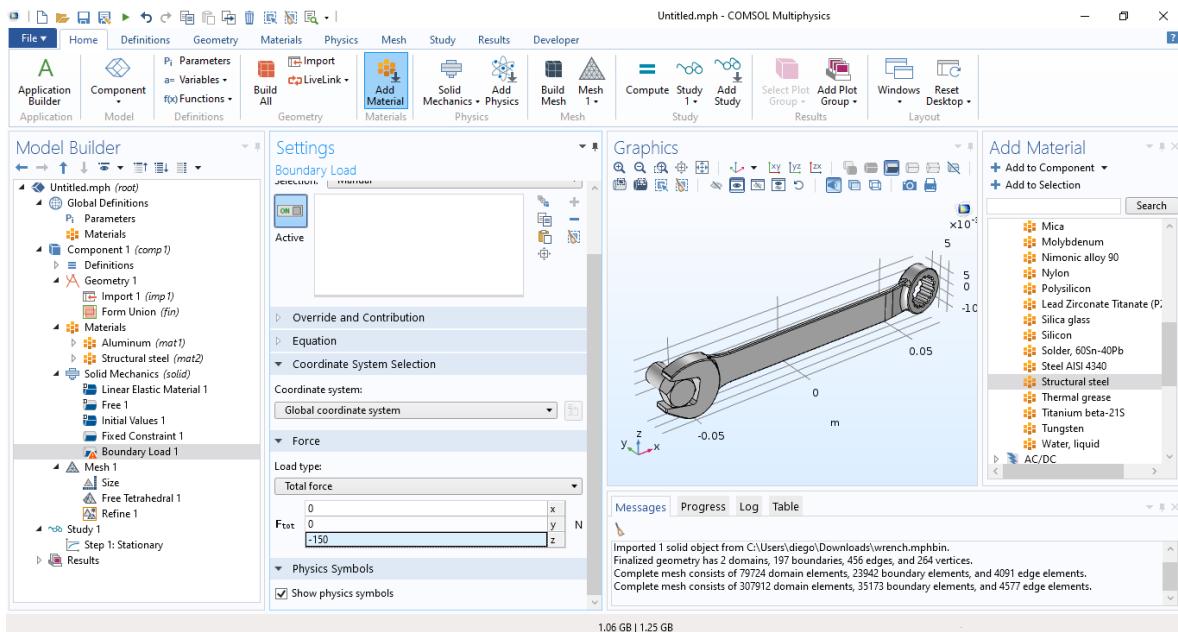


Ahora se añadirán las fuerzas y apoyos.

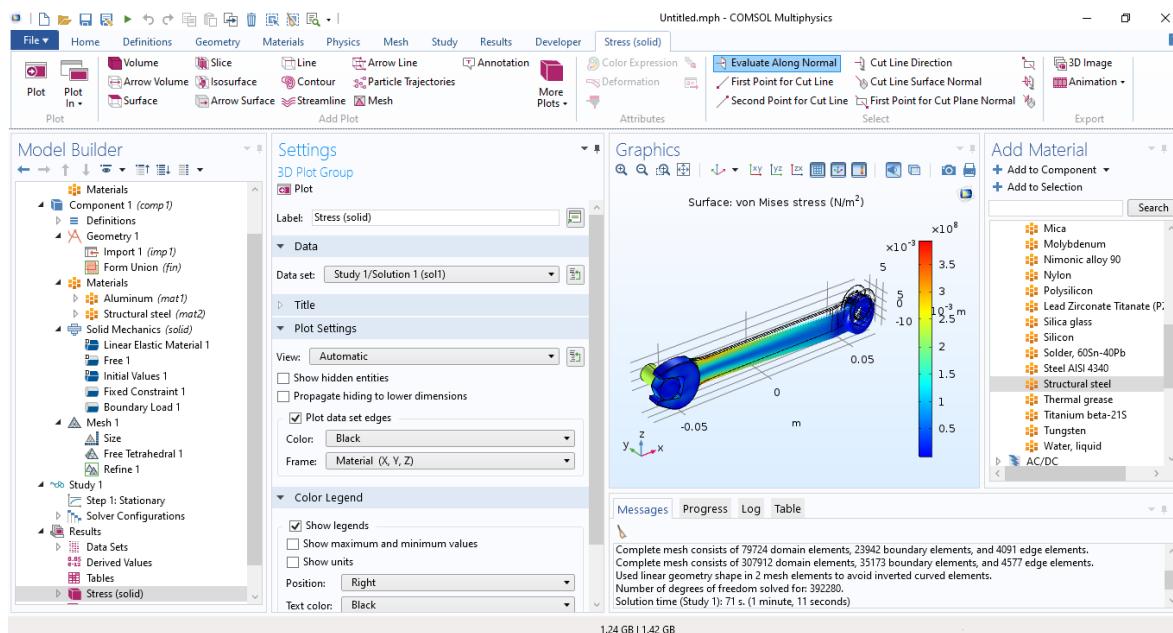
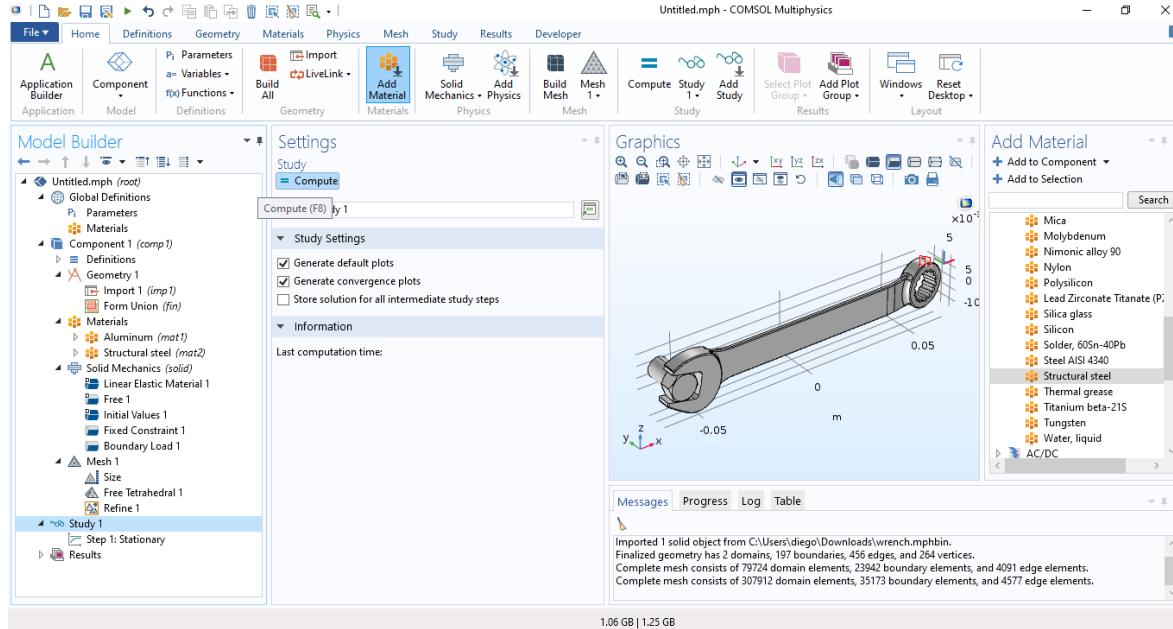




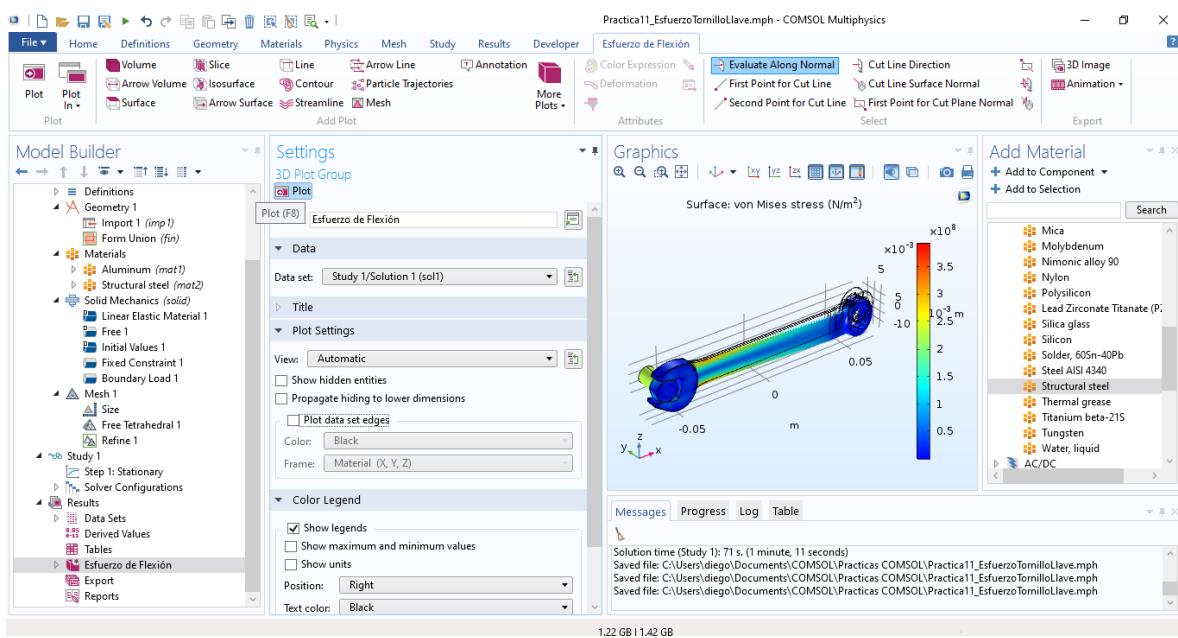
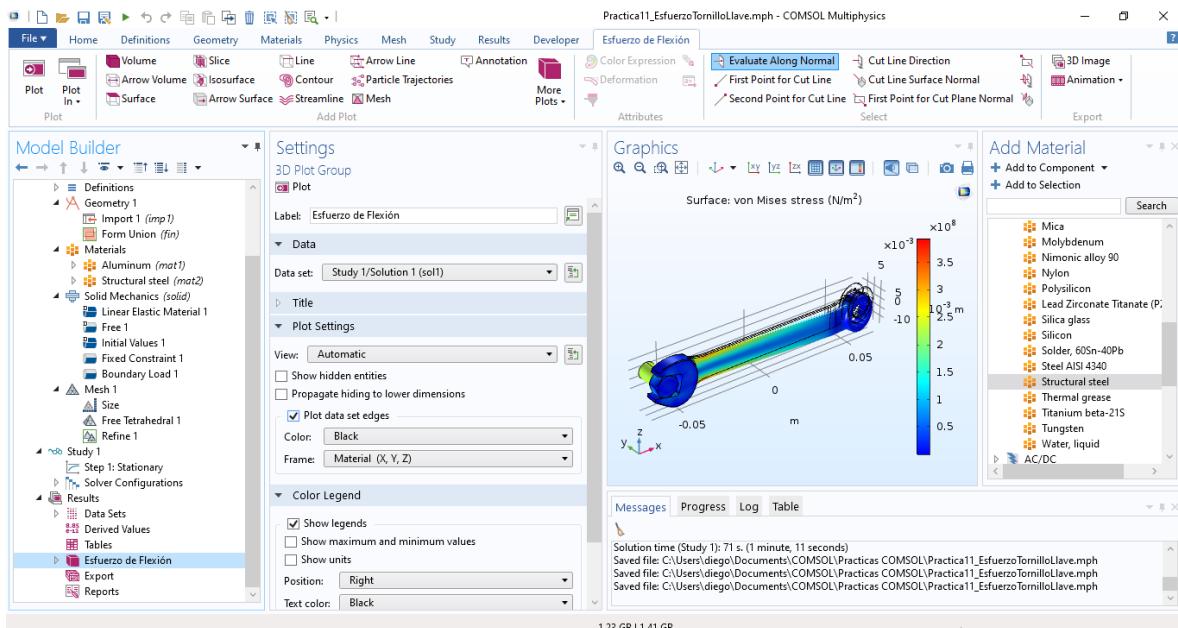


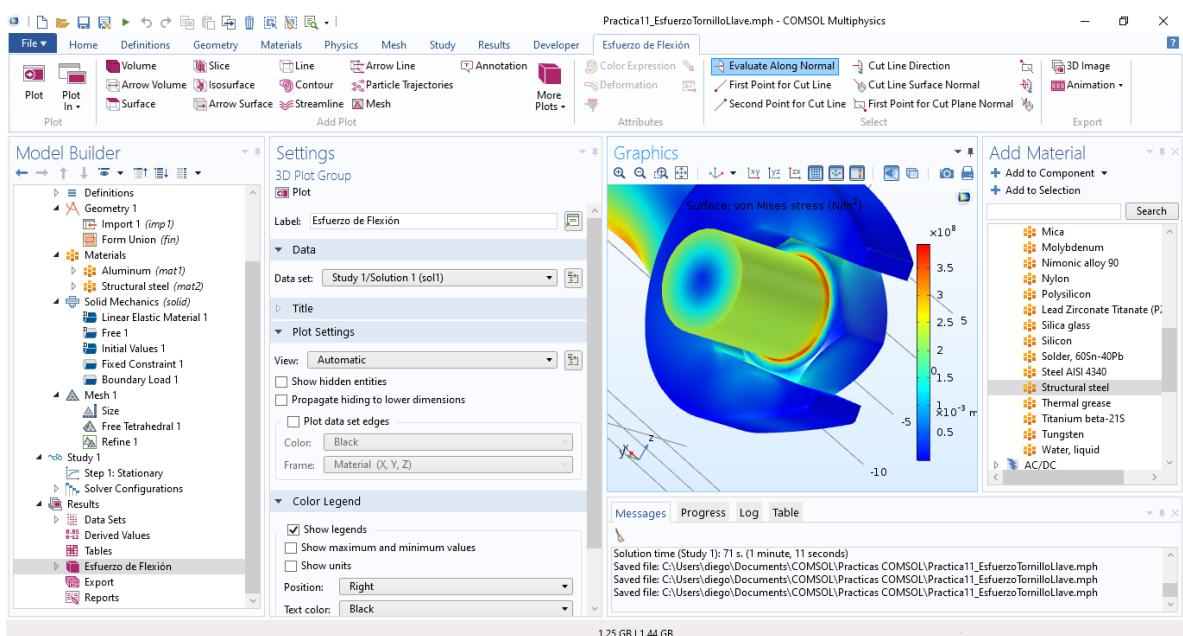
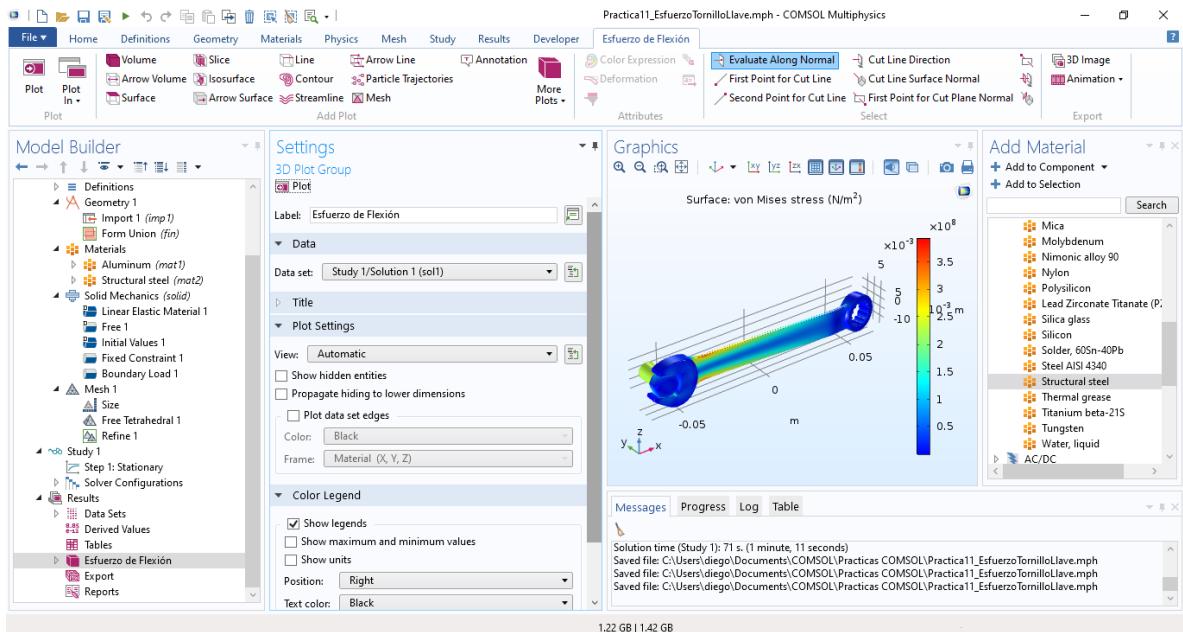


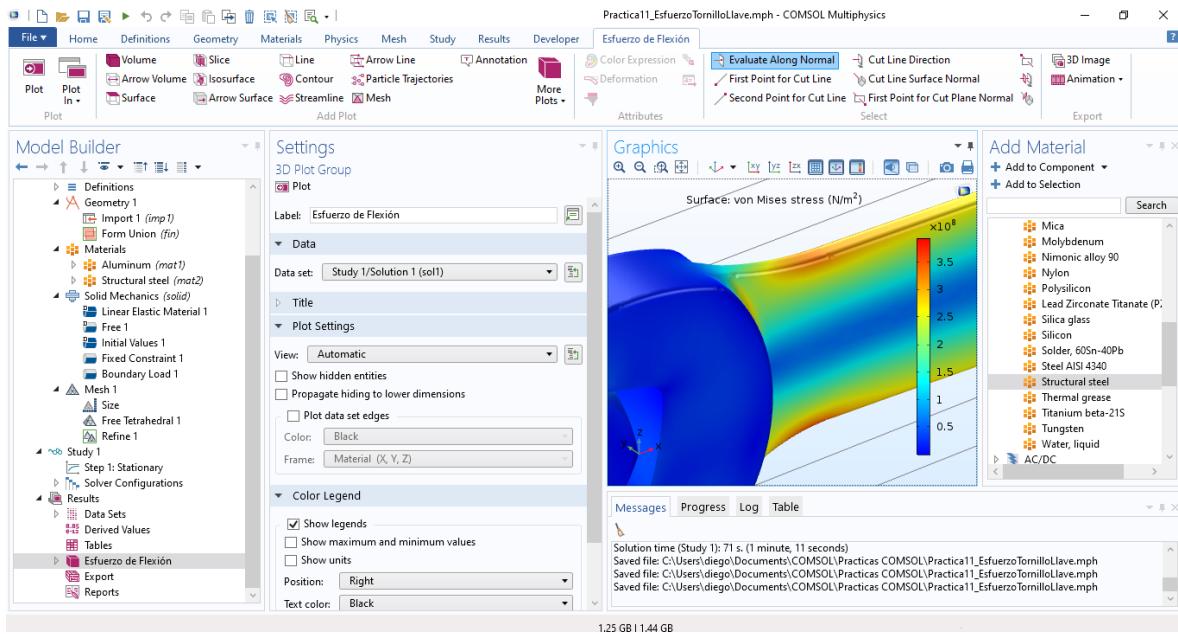
# RESULTADO DEL ELEMENTO FINITO EN COMSOL:



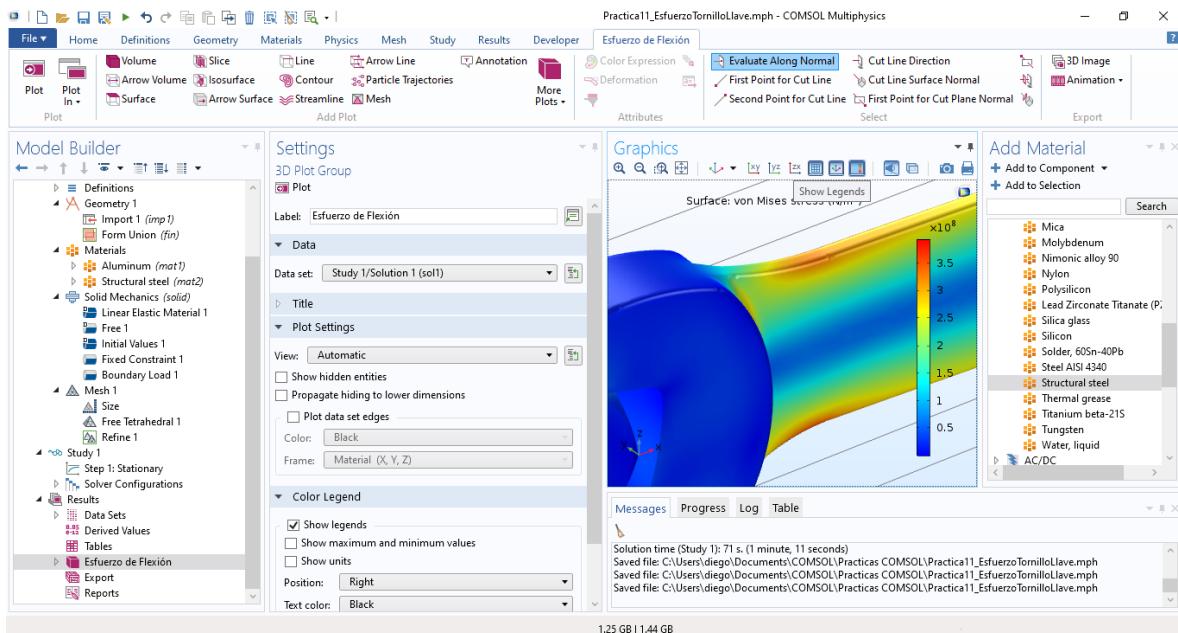
Puedo des seleccionar el checkbox que dice *Plot data set edges* para que no se muestre la posición inicial de la estructura en el diagrama mostrado de la deformación después de haber aplicado la fuerza.

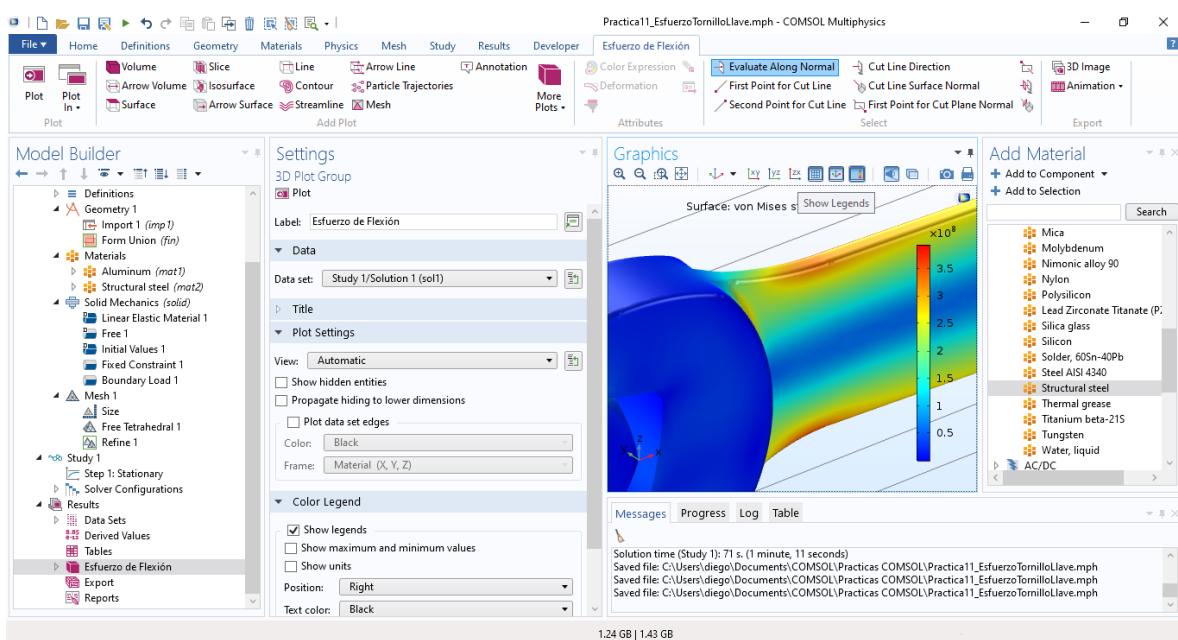
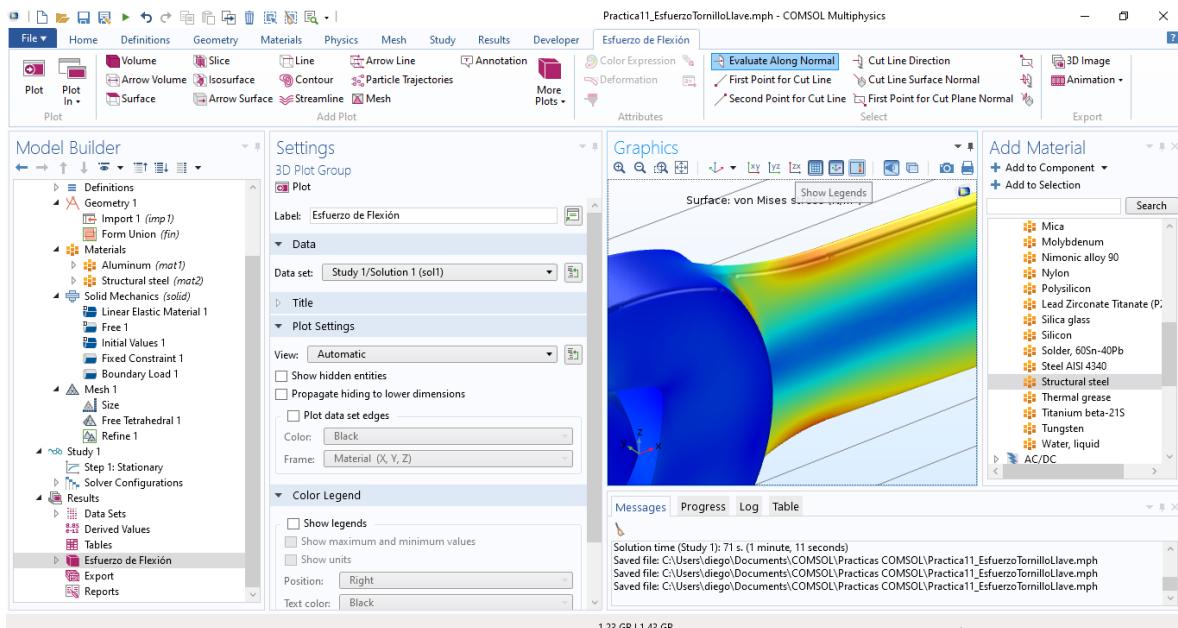




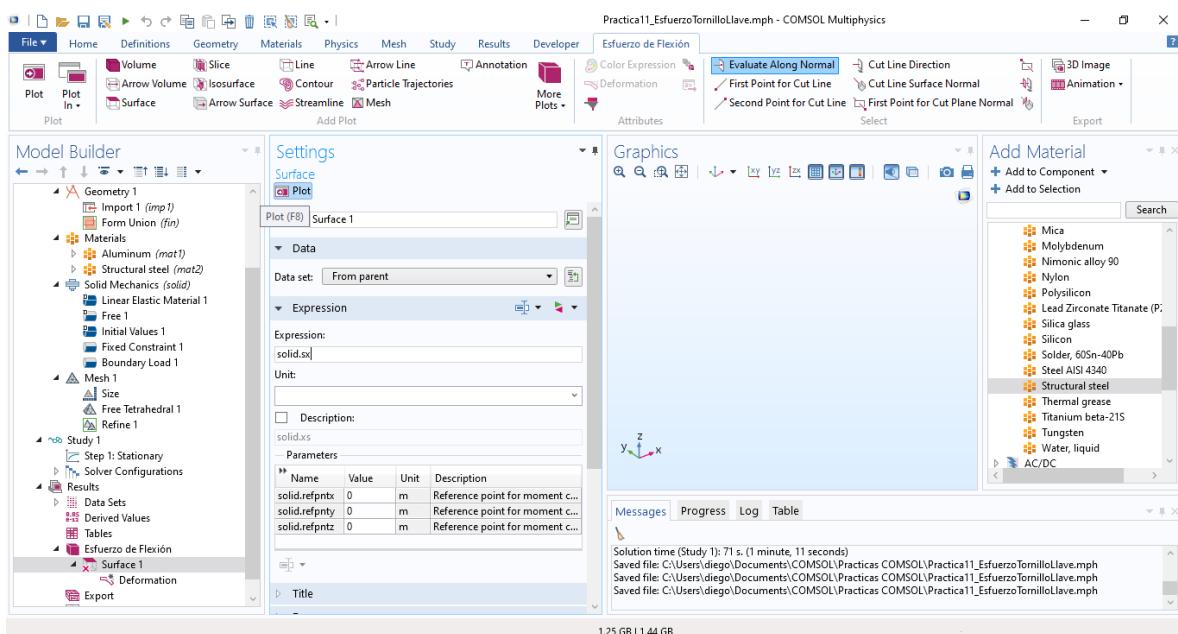
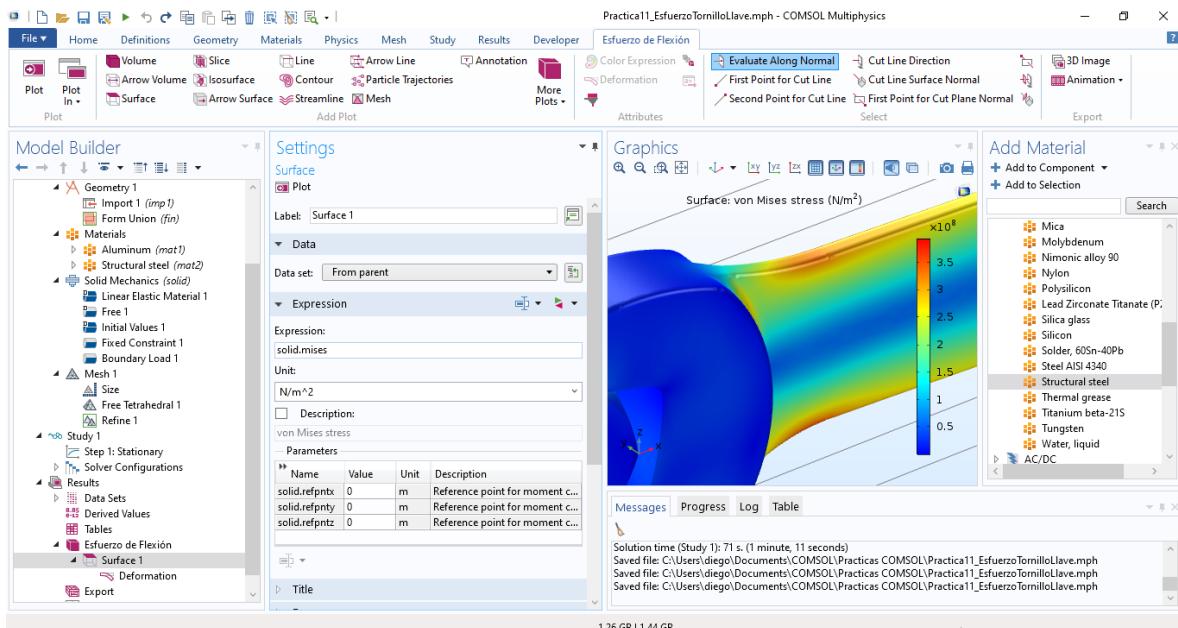


De igual forma al des seleccionar el checkbox que dice *Show legends* puedo hacer que se deje de mostrar la barra de colores del esfuerzo existente en el modelo.

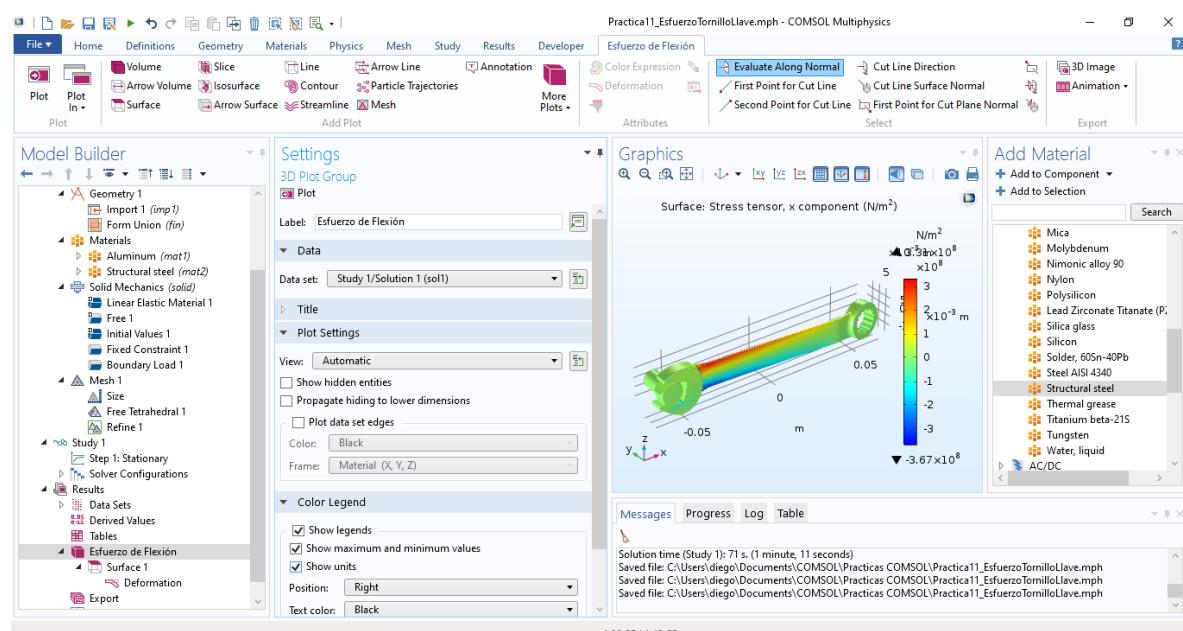
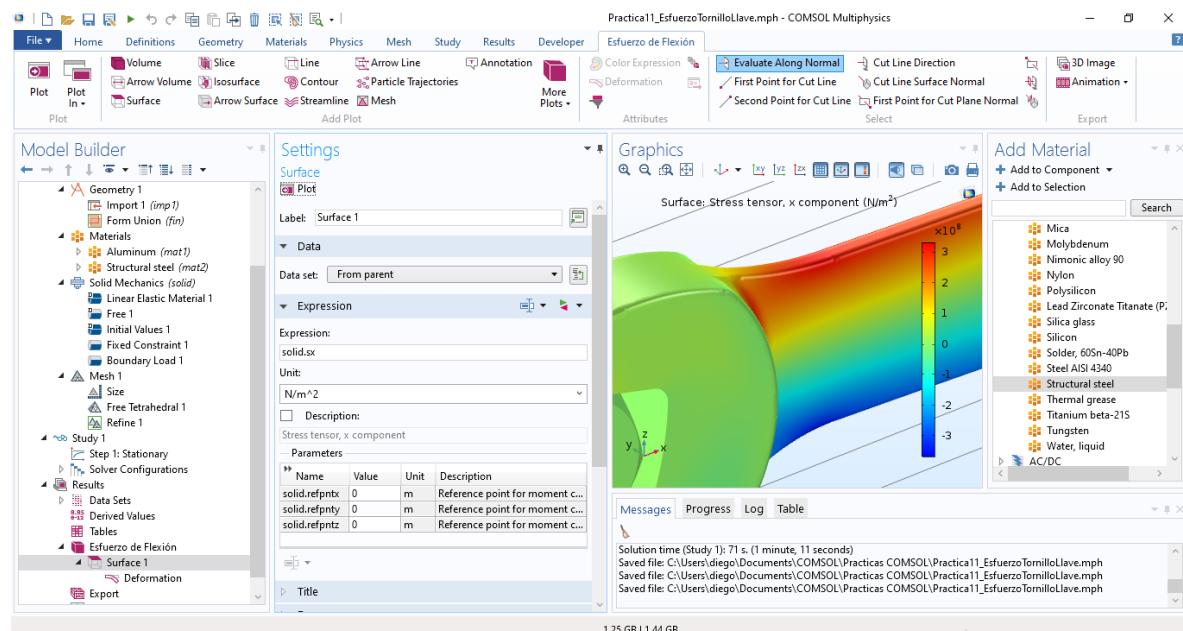


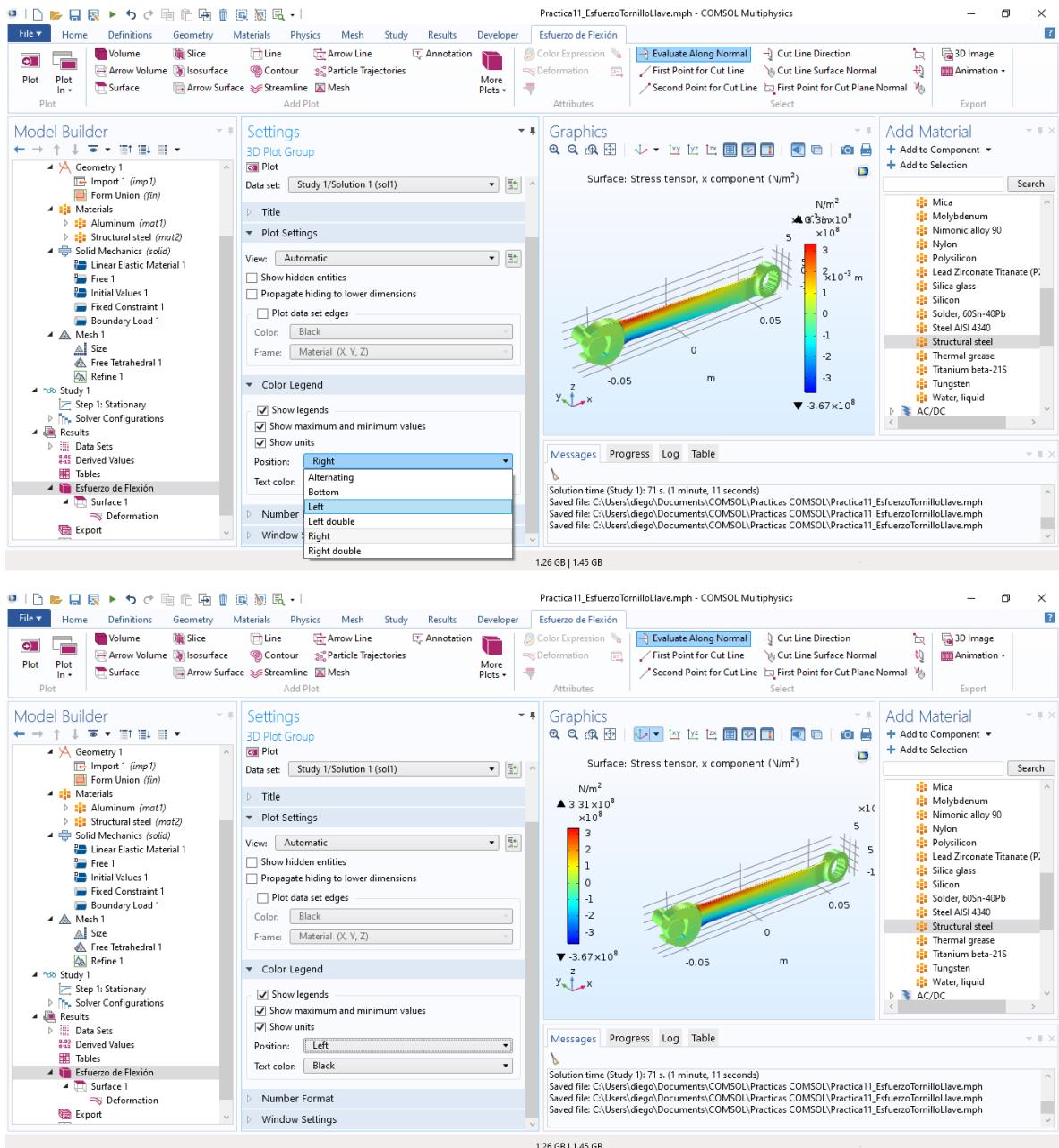


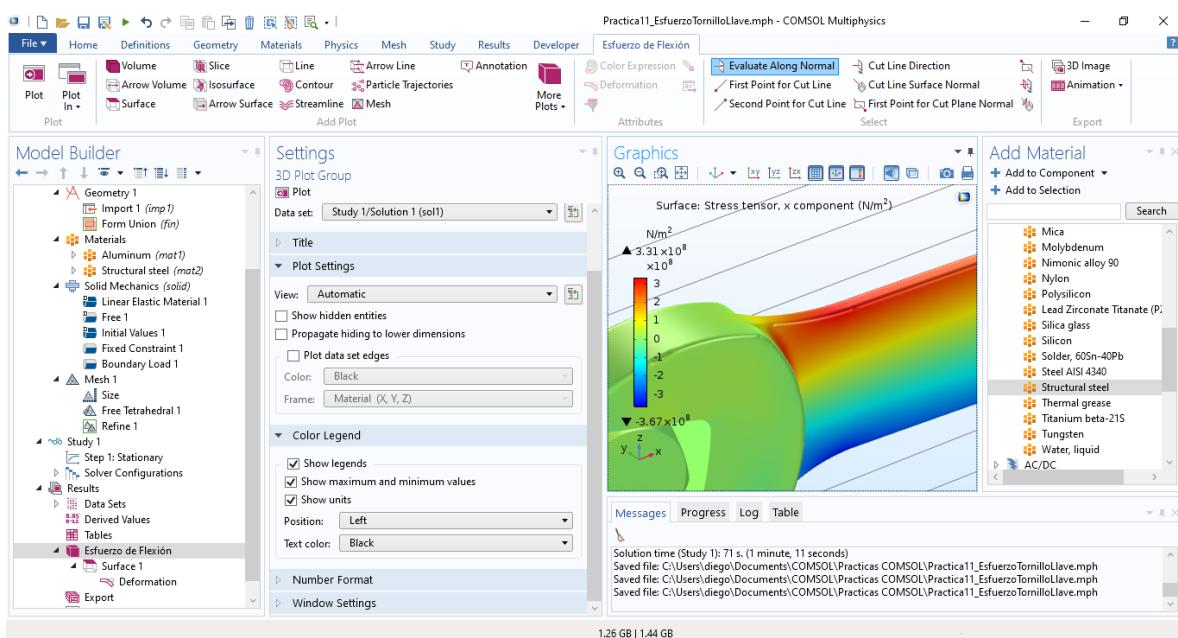
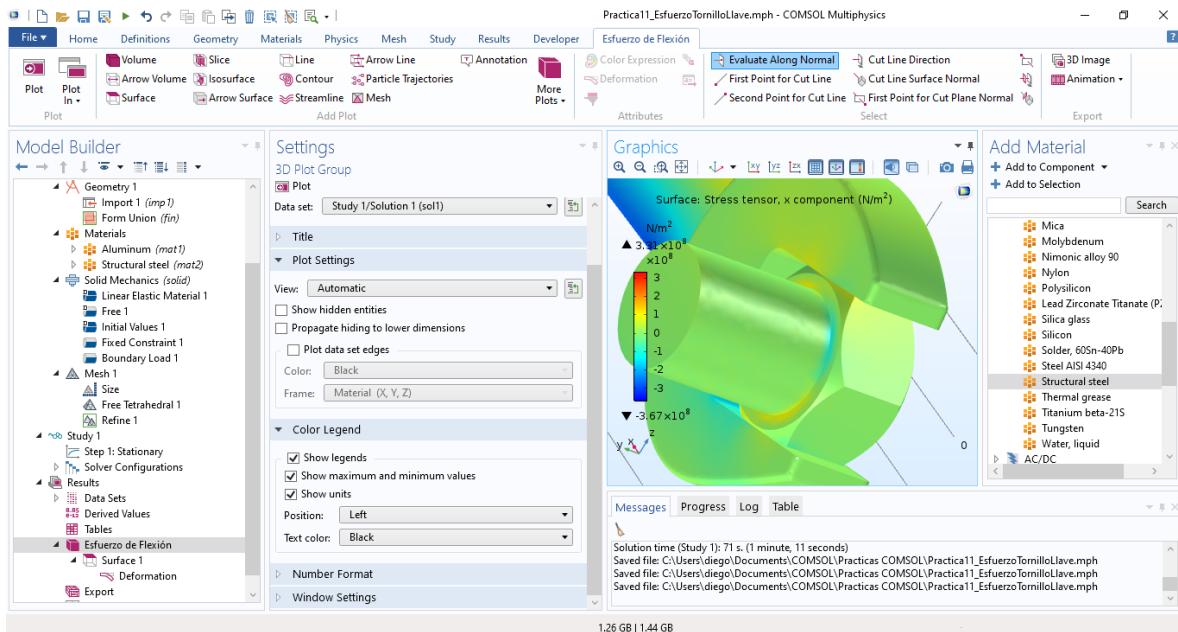
Como en este caso el esfuerzo de **Von Mises** para la falla de la llave no es el que quiero ver, sino el **Esfuerzo Aplicado en el Eje x**, se utiliza el comando de ***solid.sx*** en vez del comando ***solid.mises***, recordemos que este esfuerzo en el eje x es el que se obtiene de acuerdo al círculo de Mohr en los esfuerzos combinados y solo considera una sola dirección del total.



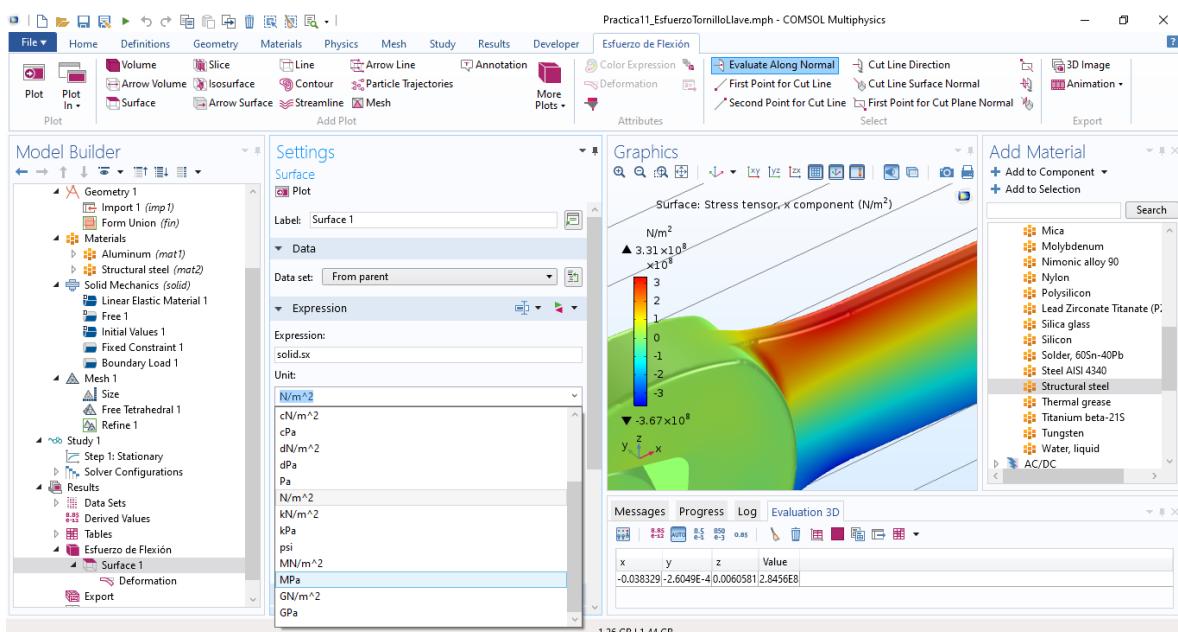
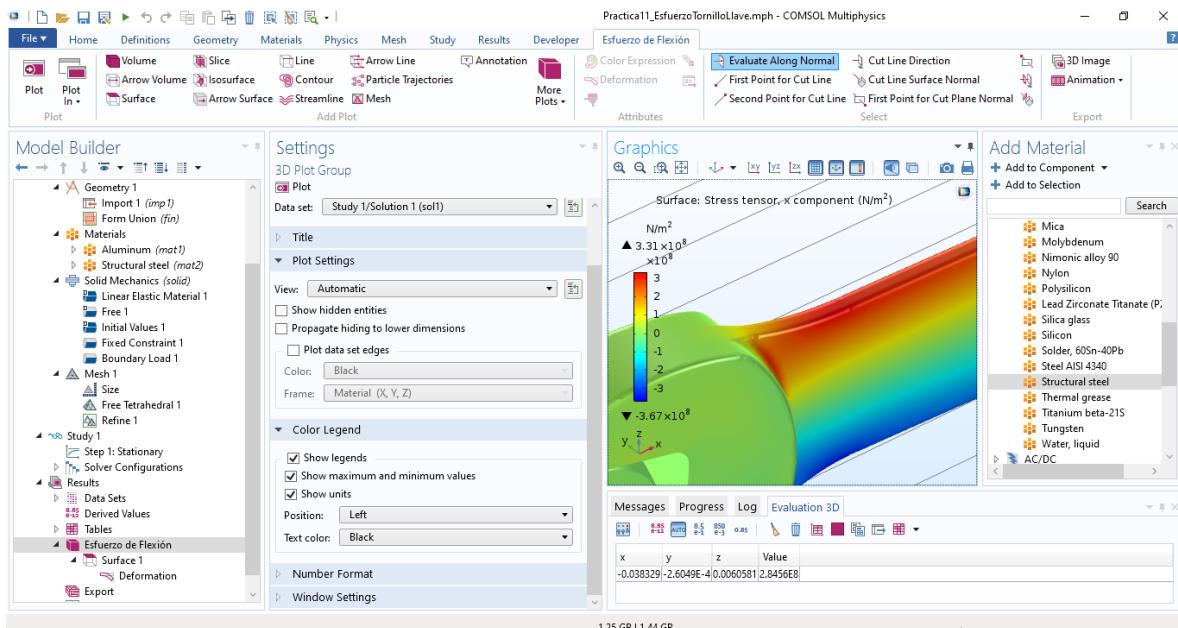
# ANÁLISIS DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN COMSOL:

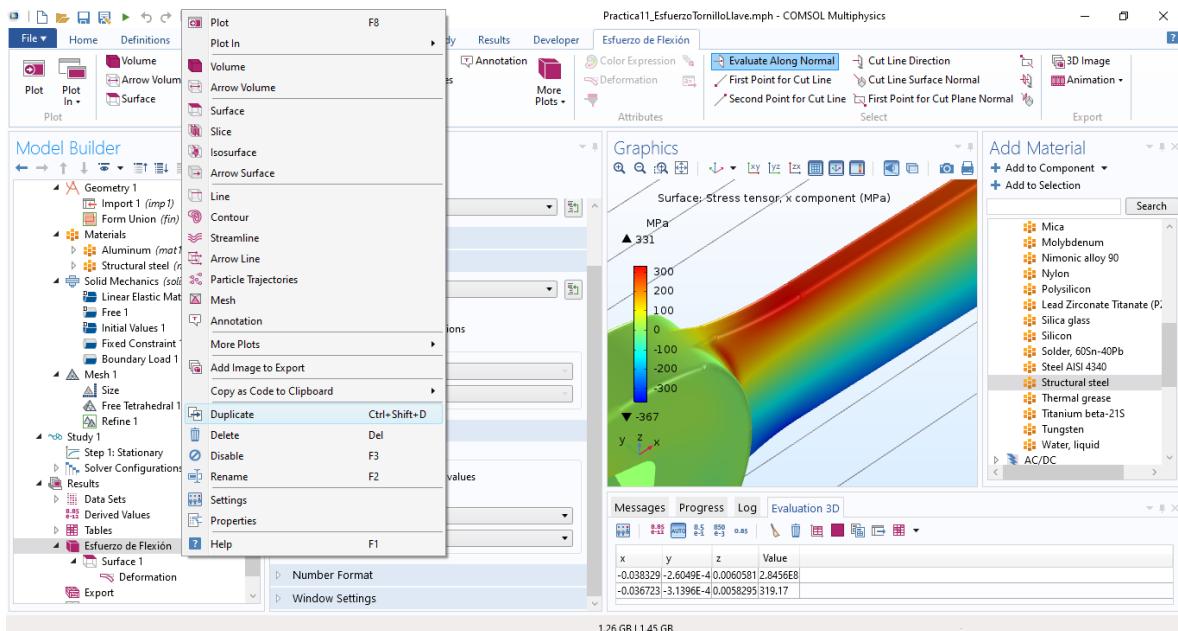
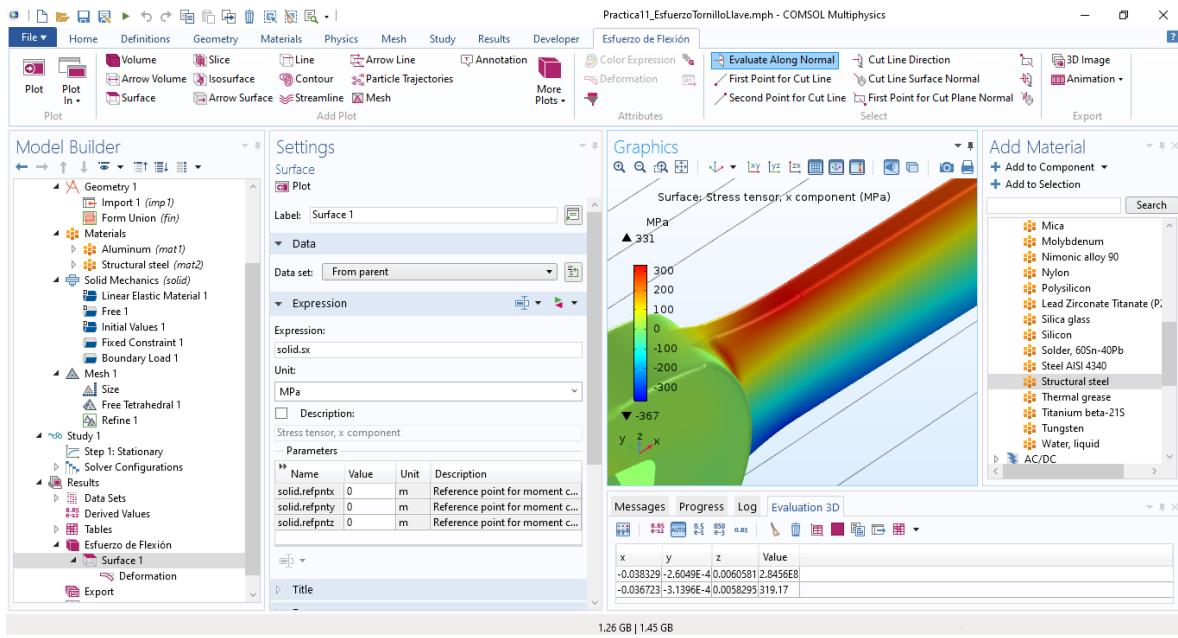






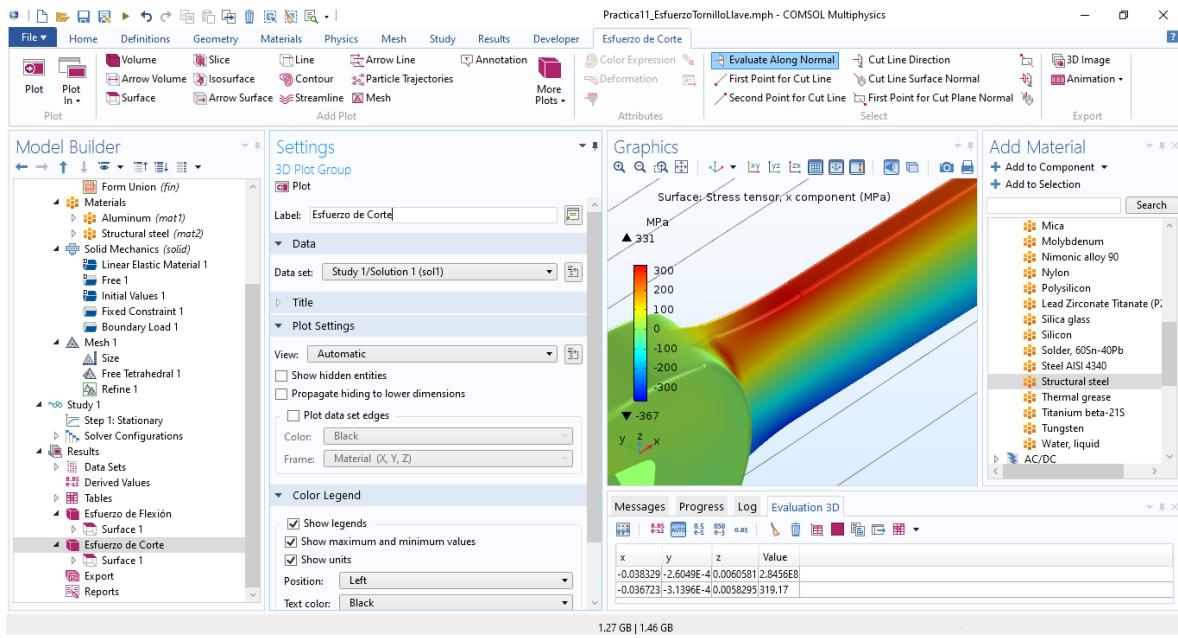
Ya habiendo realizado el análisis mecánico si doy clic en un punto del modelo, me mostrará los valores de los esfuerzos en cada punto donde haya dado clic en la parte de debajo de la figura dentro de una pestaña nombrada Evaluation 3D que aparece solo después de haber realizado un clic sobre la figura.



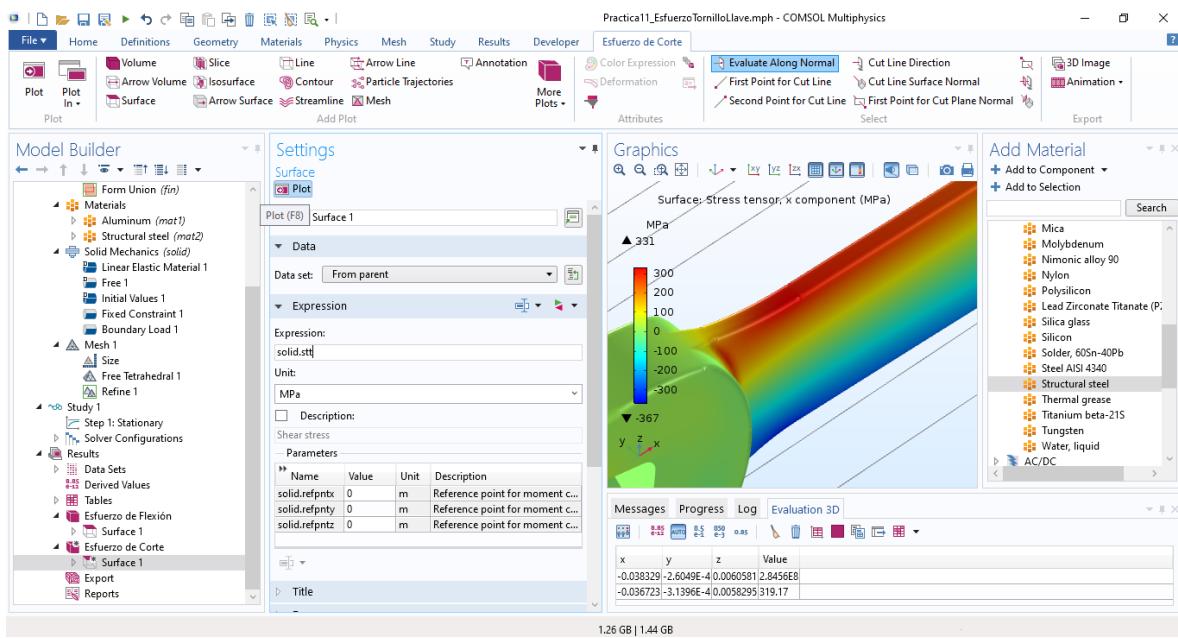


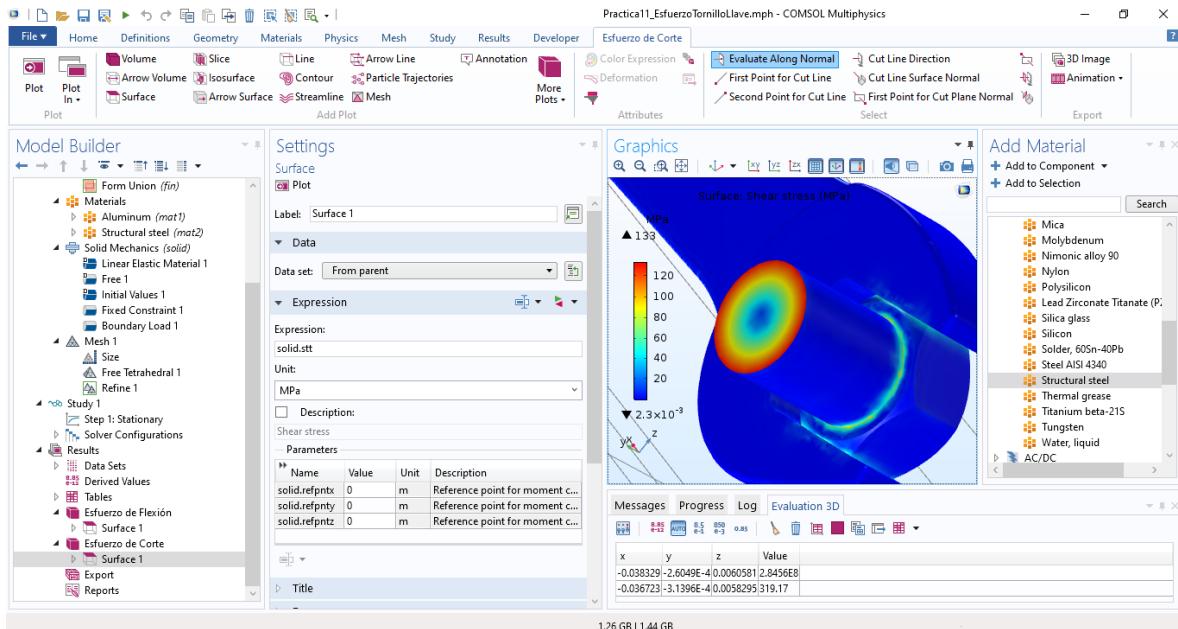
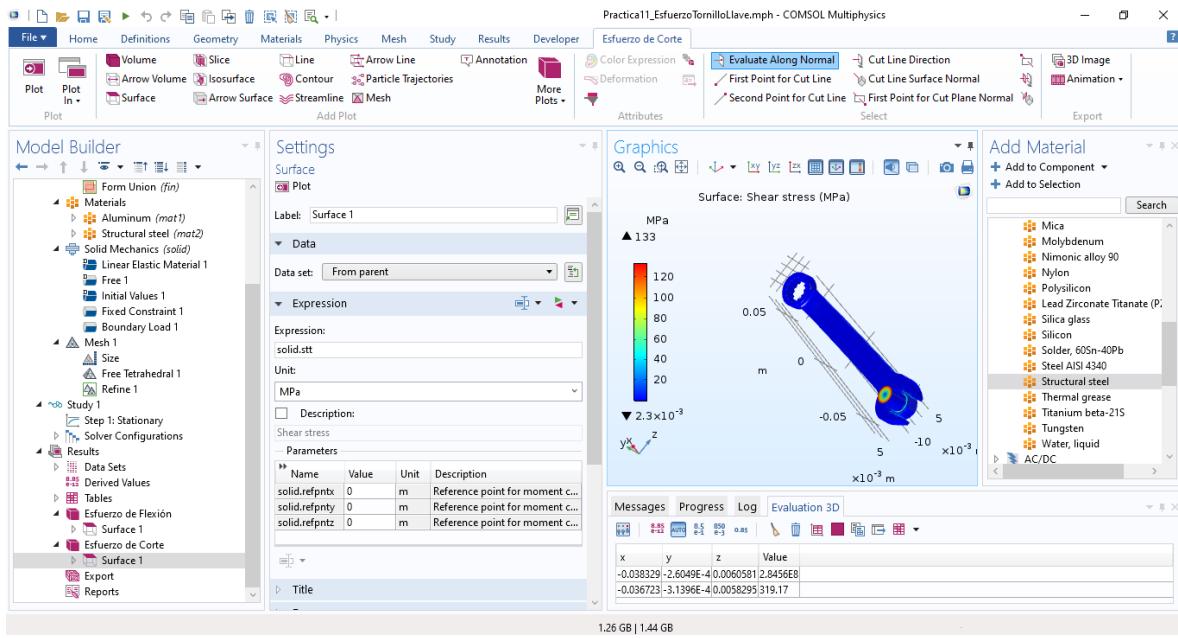
Ahora quiero obtener el esfuerzo de torsión en el tornillo, que es el esfuerzo de corte.

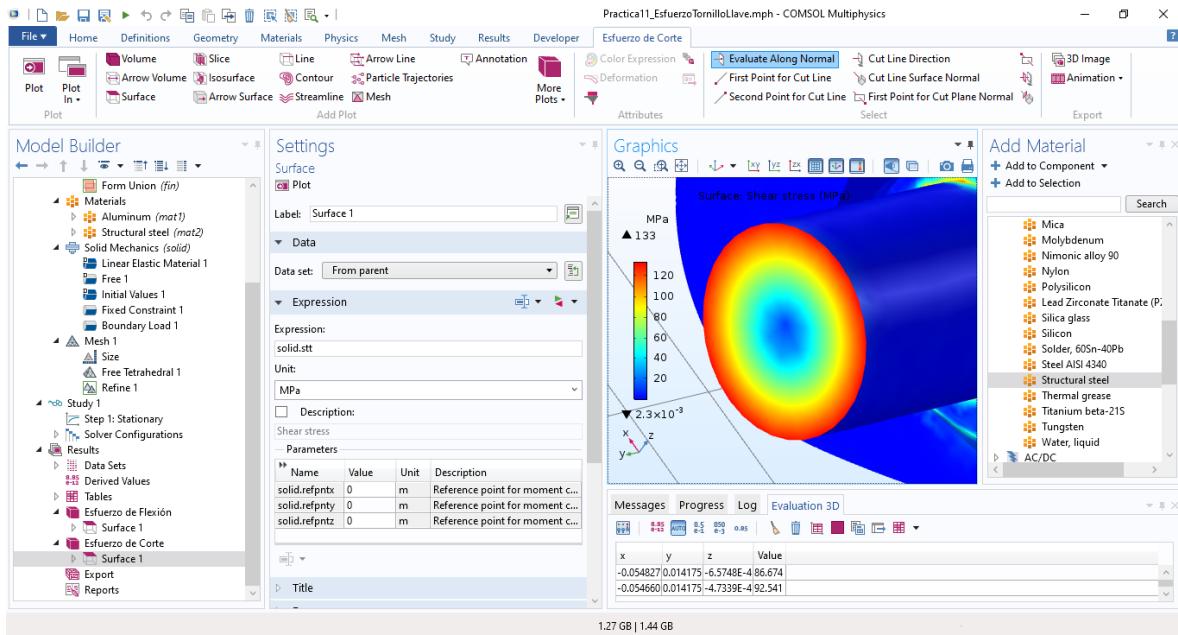
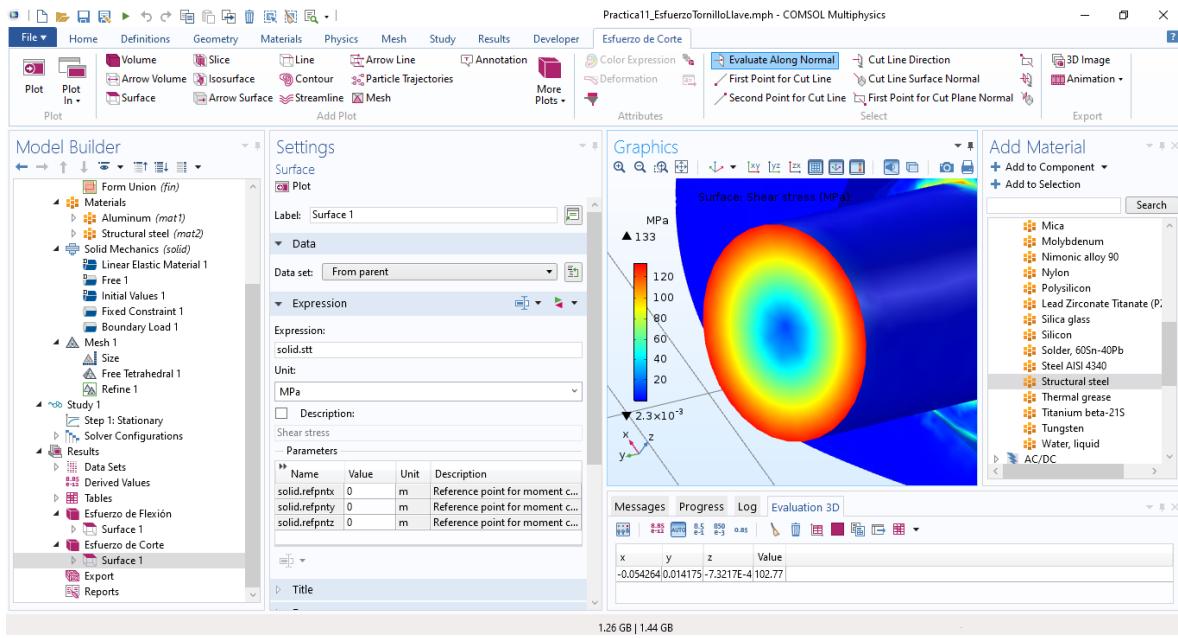




Para observar el esfuerzo cortante en el tornillo se utiliza el comando ***solid.stt*** al análisis mecánico del modelo.



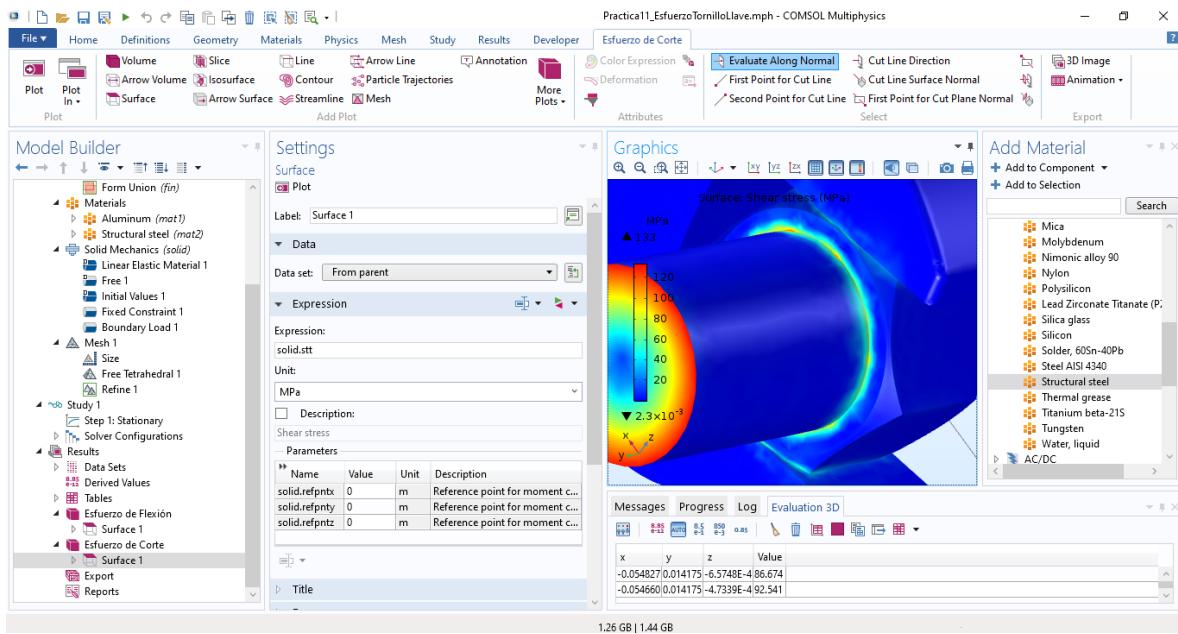




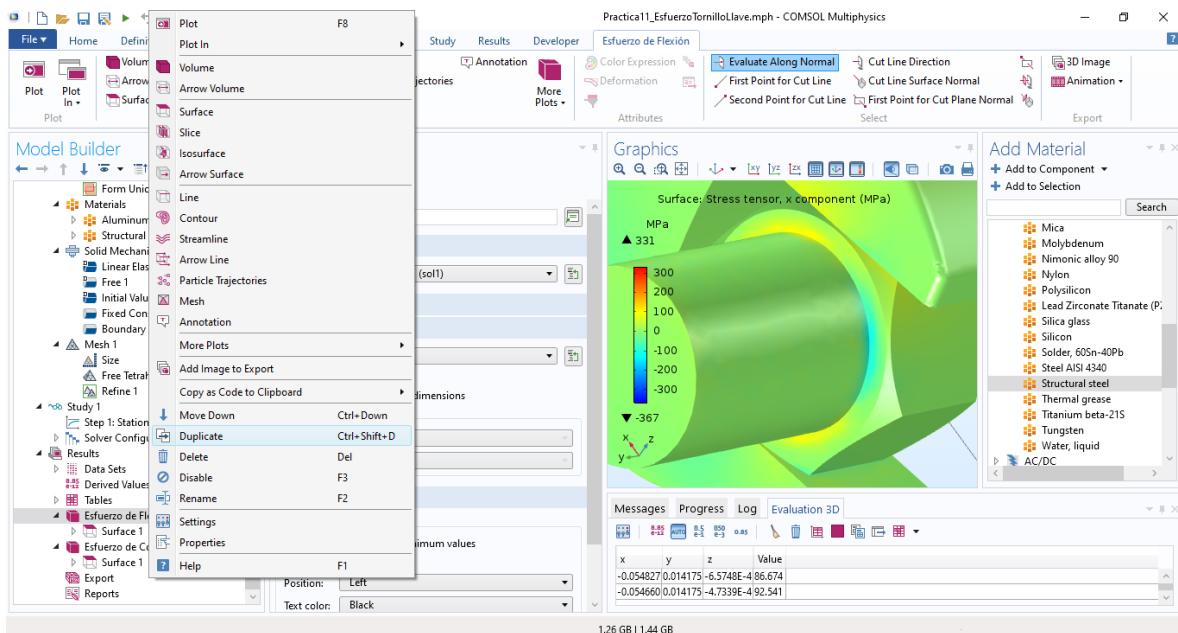
Se calcula el esfuerzo de forma analítica con el objetivo de encontrar un resultado parecido en la zona naranja del modelo, porque la zona roja normalmente corresponde a un concentrador de esfuerzo causado por una esquina o algún otro factor atenuante, por lo que no se considera como el resultado real del modelo que debe ser comparado con el del cálculo analítico.

Por ejemplo, se ve en el tornillo un poco de esfuerzo rojo porque es una esquina del modelo.

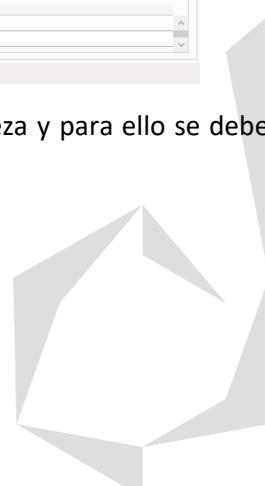


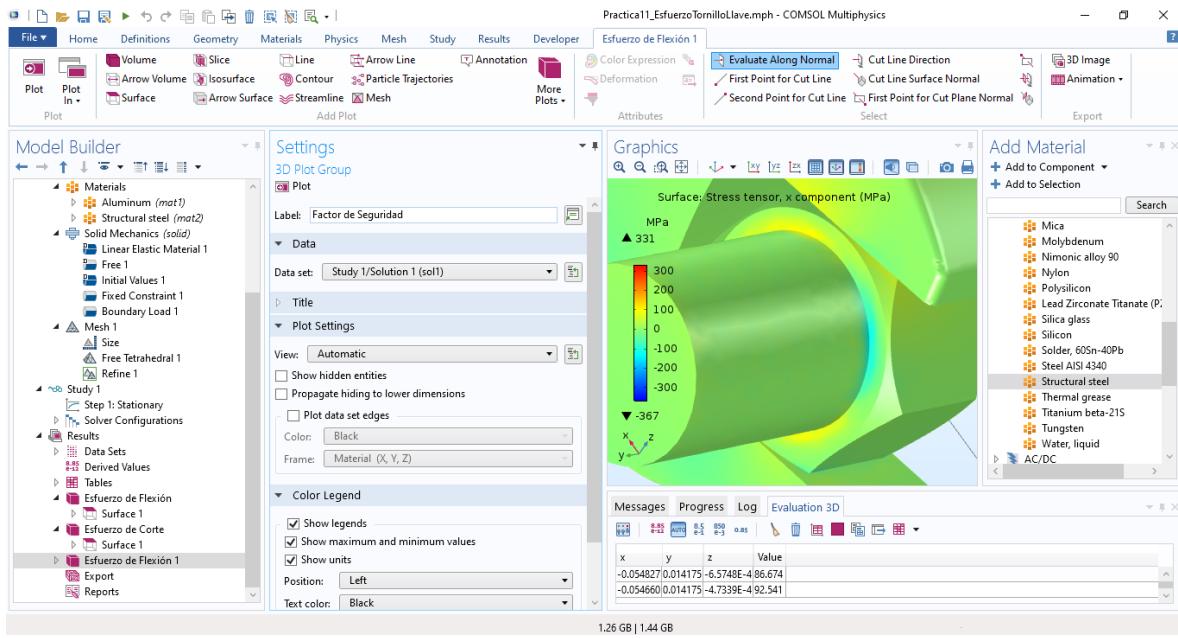


El esfuerzo en ese punto no debe superar el esfuerzo crítico donde se rompe la pieza, por lo cual se puede indicar un límite de esfuerzo para observar si hay falla o no en el modelo por las fuerzas aplicadas de forma gráfica de la siguiente manera:

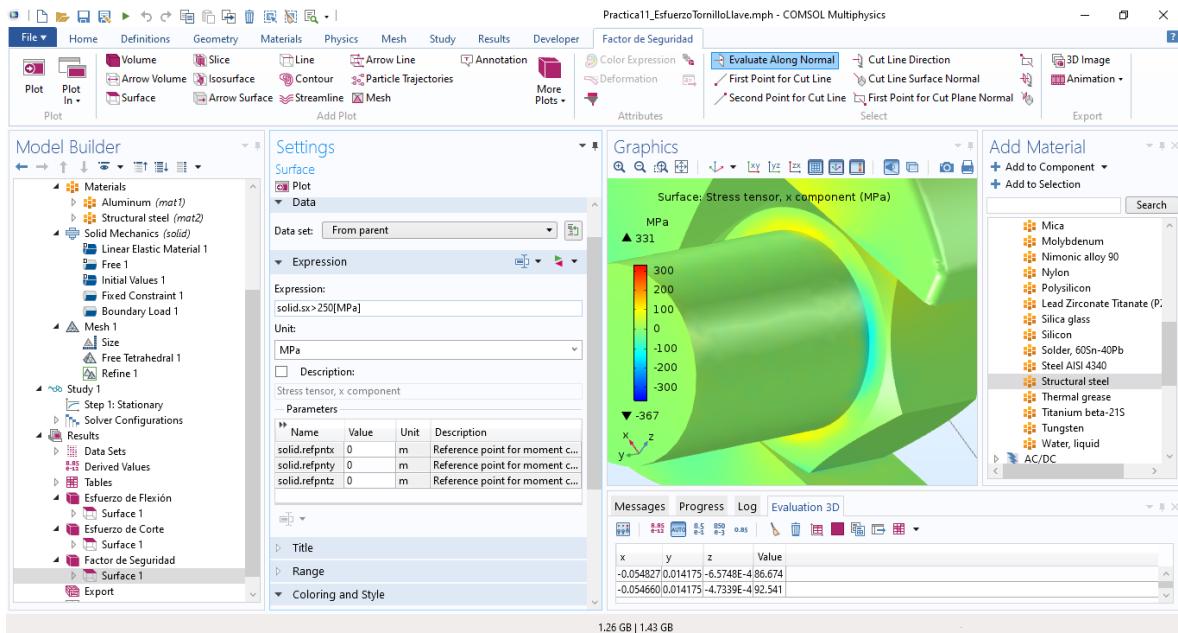


Esto se realiza considerando el factor de seguridad que se quiere tener en la pieza y para ello se debe crear un nuevo 3D Plot Group.





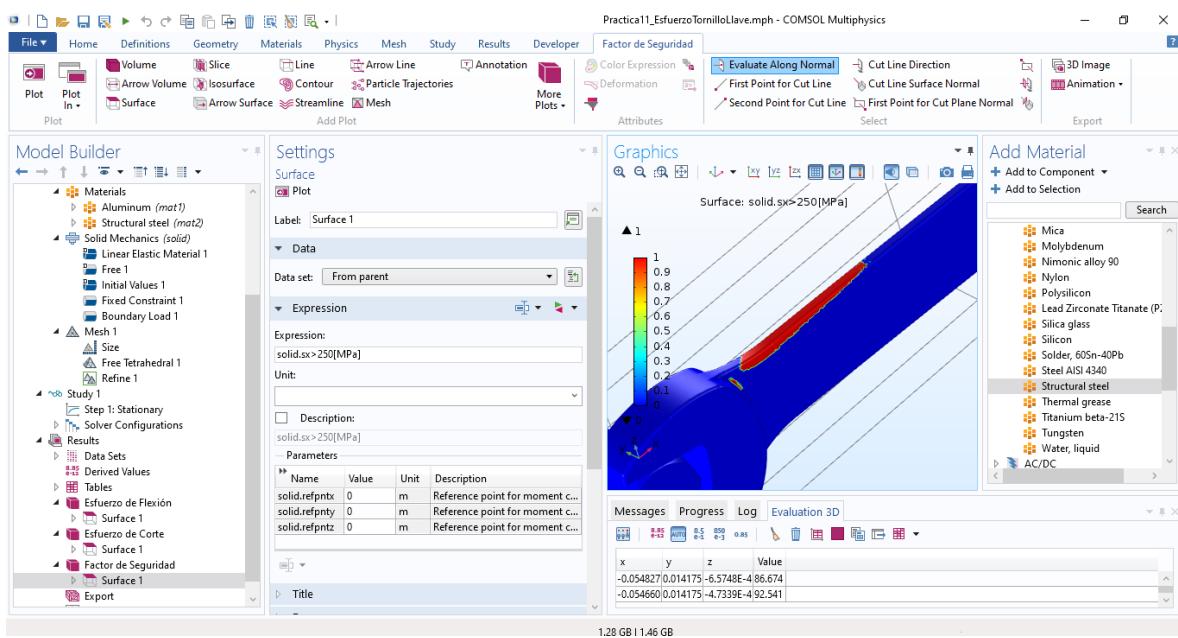
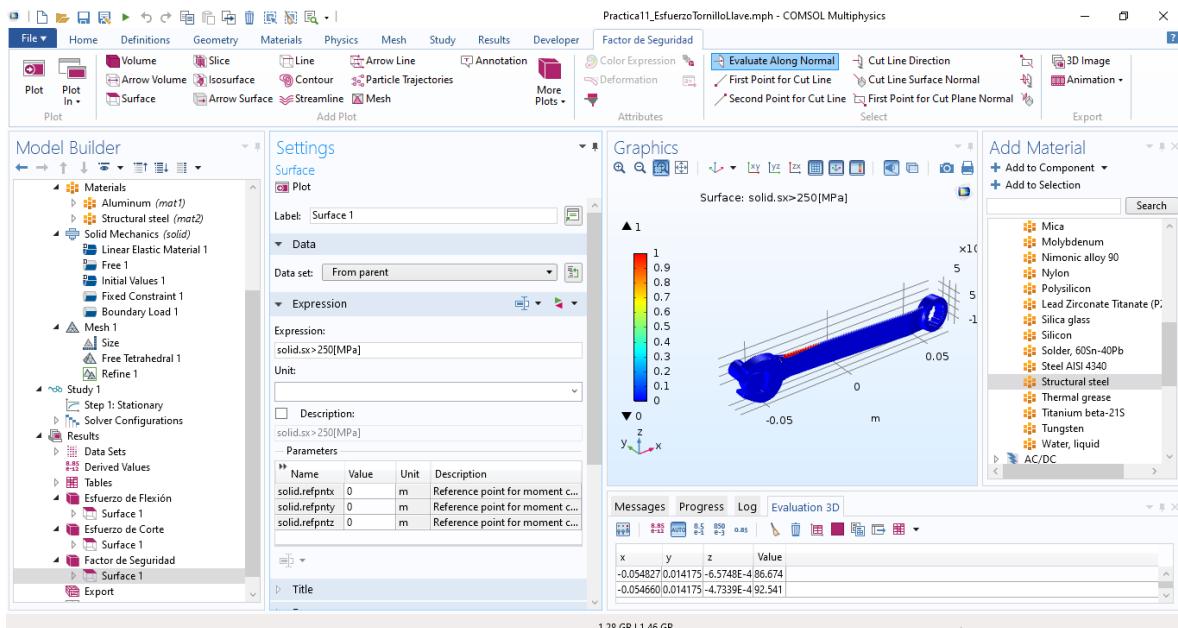
Esto se debe hacer para cada uno de los esfuerzos.



Para el Esfuerzo en el Eje x se realice la comparación de los esfuerzos con el del factor de seguridad con el comando: **solid.sx>250[MPa]**

Y esto mostrará donde se rebasa este valor, que es donde posiblemente se presente la falla al aplicar las fuerzas.



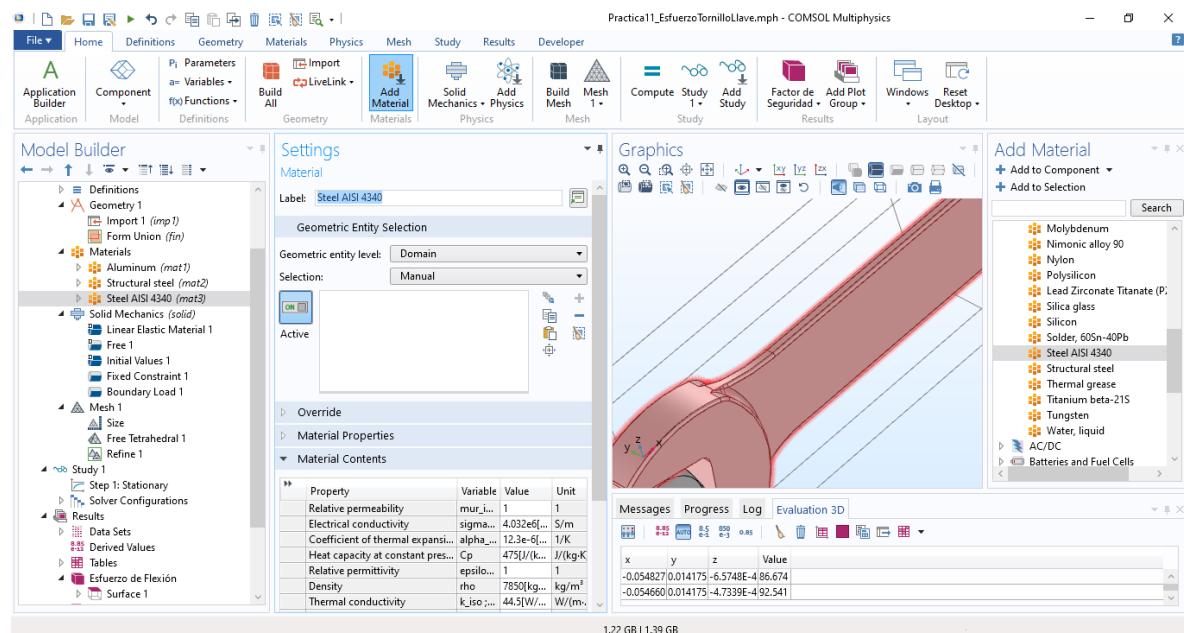
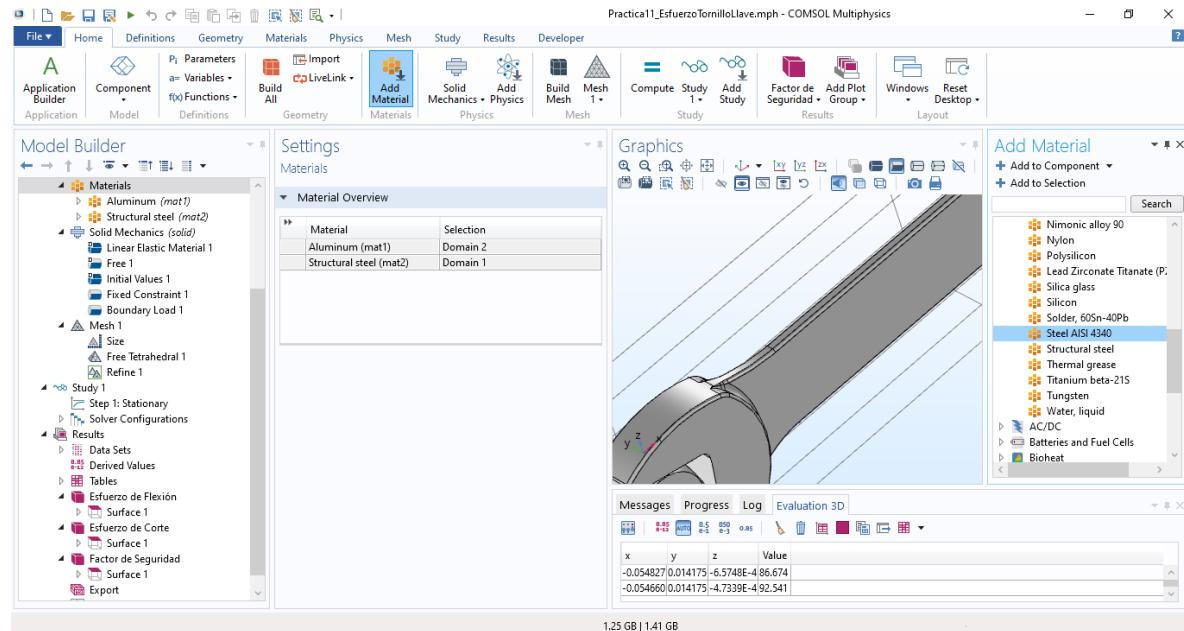


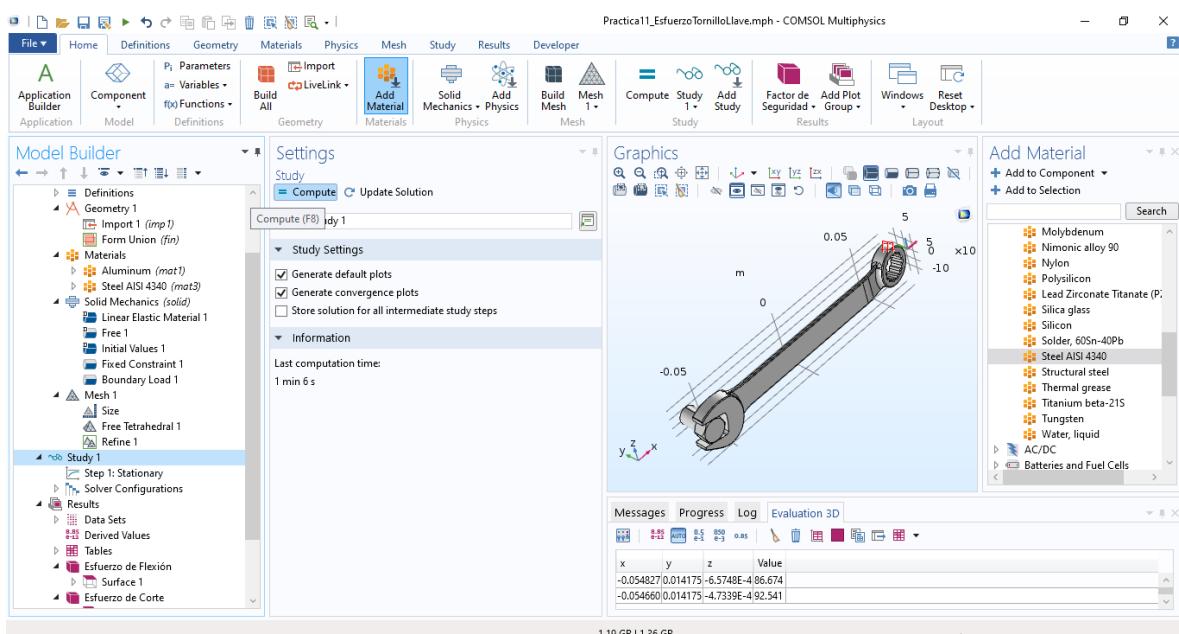
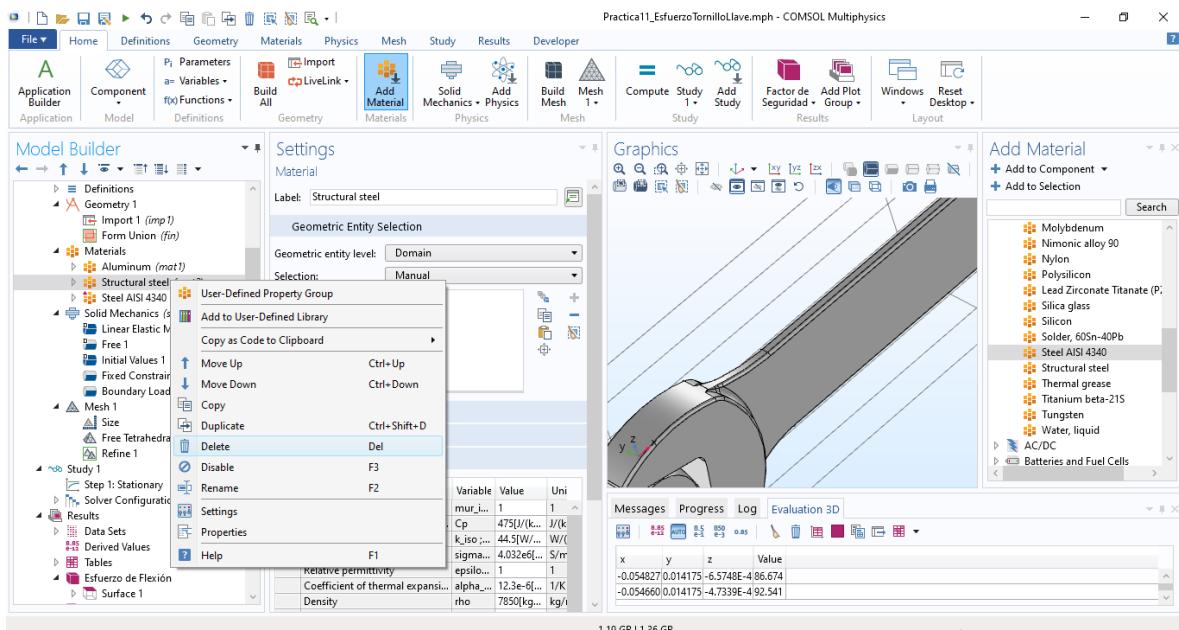
El desgaste visto en la figura se hará visible en la vida real después de haberle aplicado varias veces seguidas la fuerza externa, donde se iniciará a crear una grieta en cualquier parte de esta zona que se muestra como roja.

La pieza no se deformará permanentemente si aplico la carga, la dejo de aplicar y luego la aplico en un tiempo después, pero si aplico esta carga repetidas veces en una jornada de un tiempo largo la estructura se romperá, empezando en esta zona.

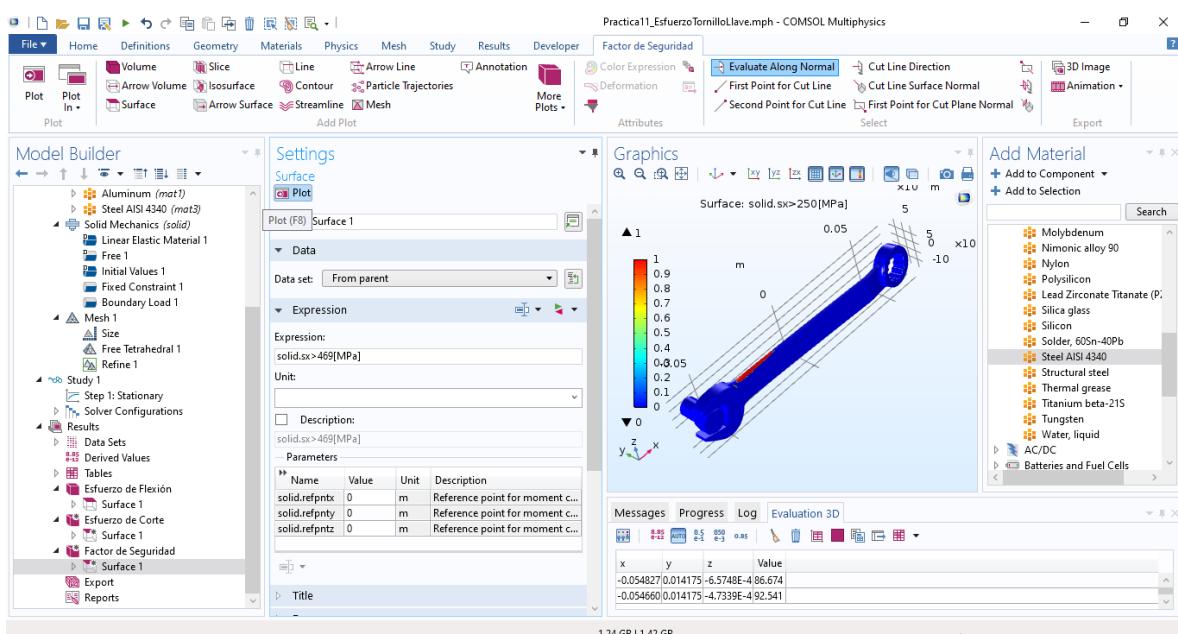
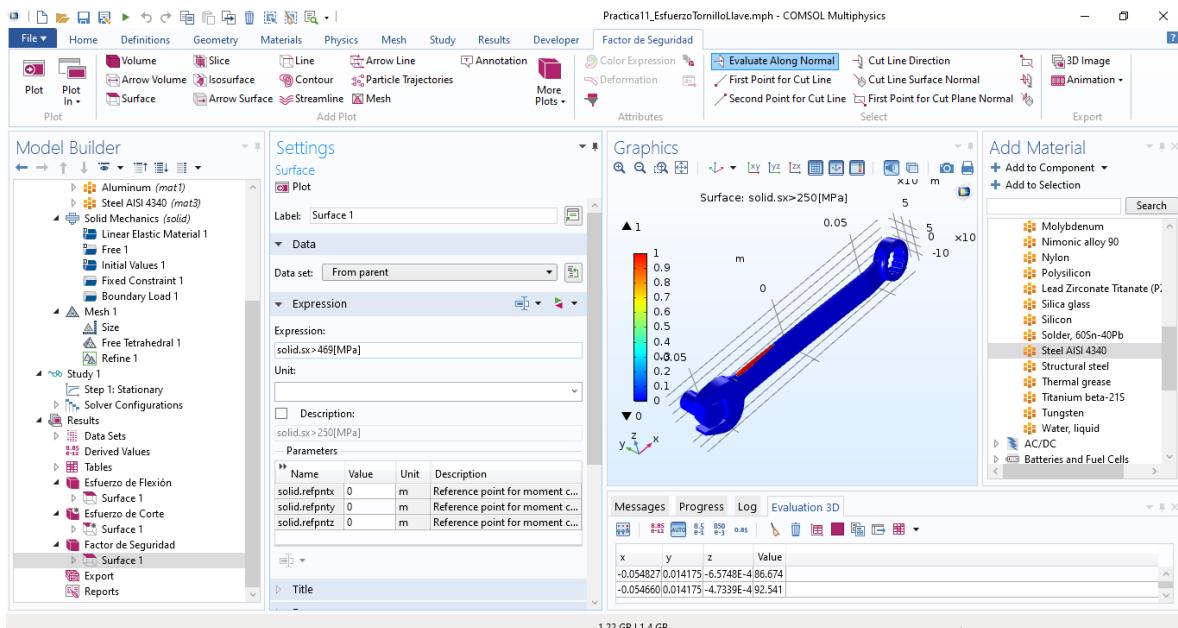


La llave actualmente es de acero 4340, vamos a cambiar el material para ver ahora que pasa con los esfuerzos y el factor de seguridad.

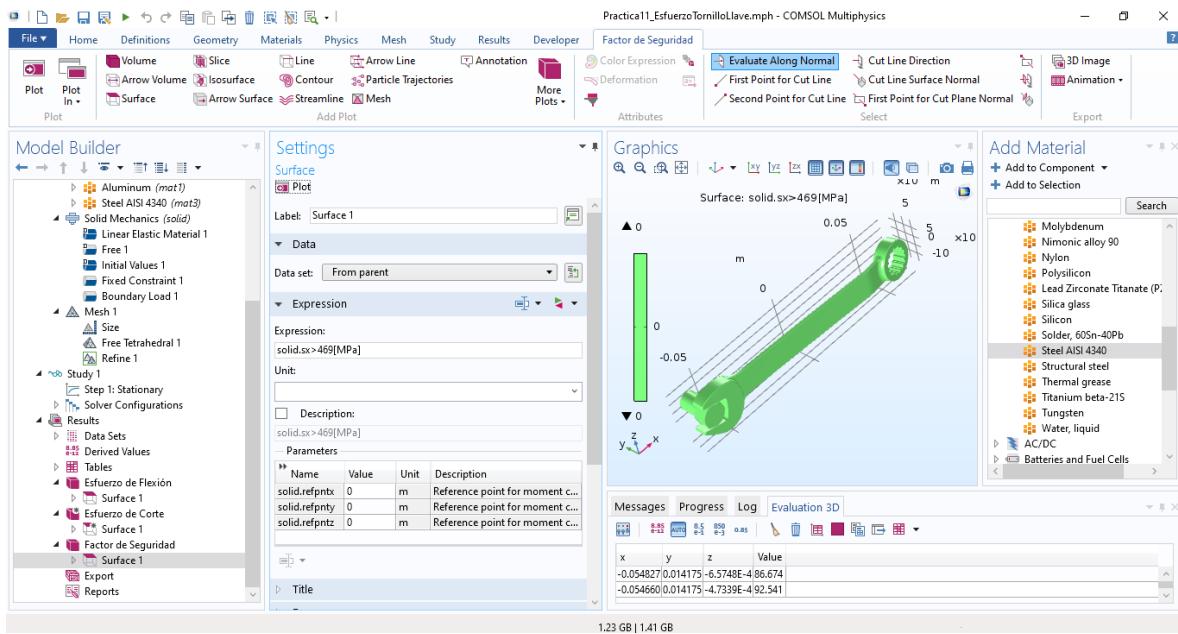




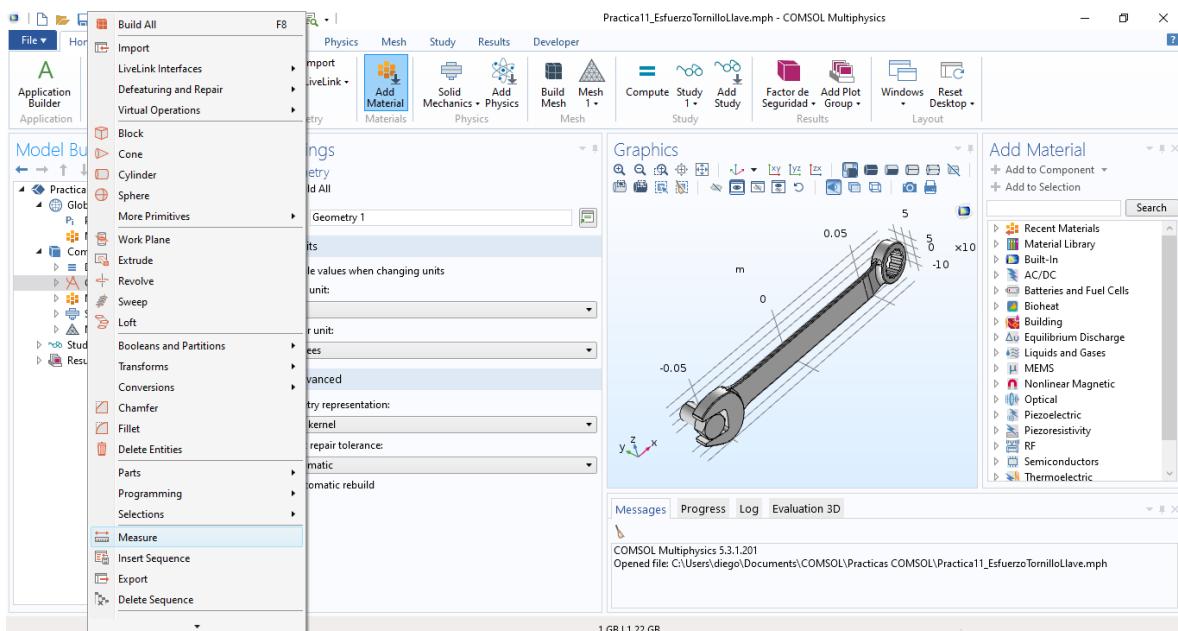
Todo se quedará igual, pero ahora se debe considerar el nuevo esfuerzo de cedencia en el cálculo del factor de seguridad, quedando el código entonces de la siguiente manera: **solid.sx>469[MPa]**

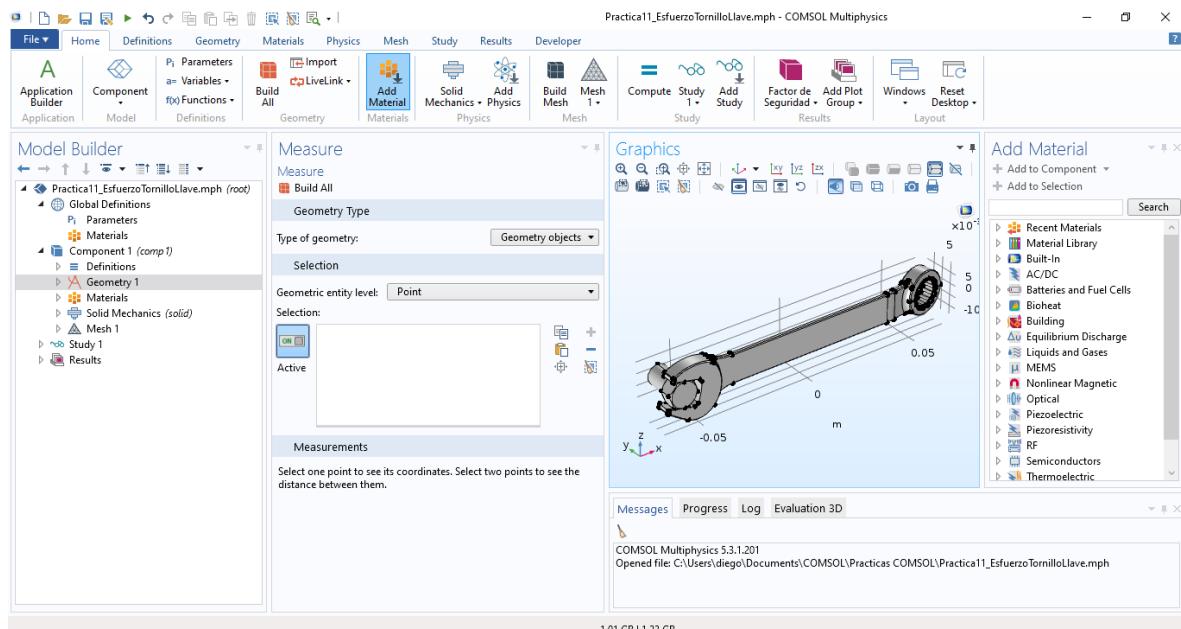
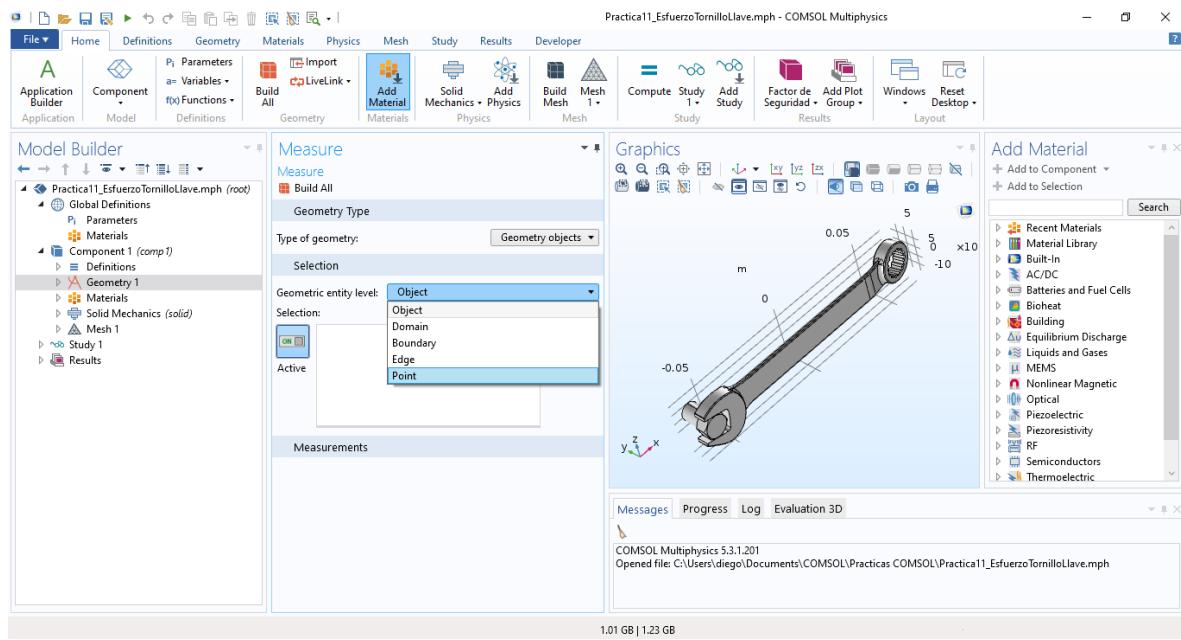


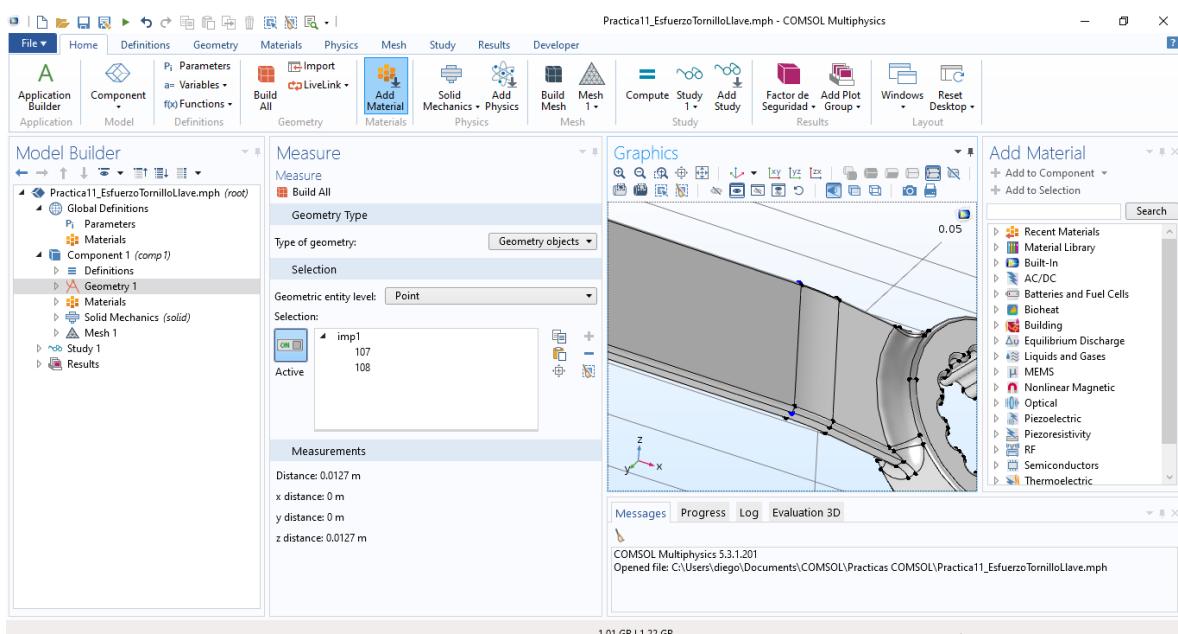
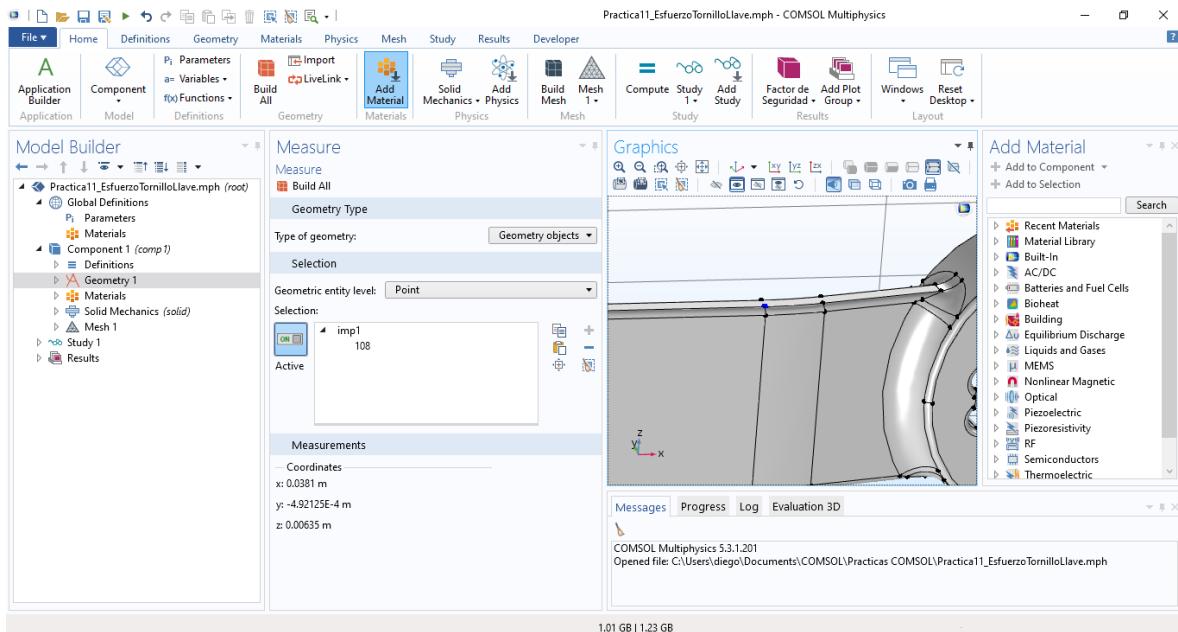
Muestra verde toda la estructura, indicando así cuando en ningún punto se va a superar el factor de seguridad del nuevo acero.



Ahora para calcular las dimensiones del modelo Solidworks se realiza lo siguiente:



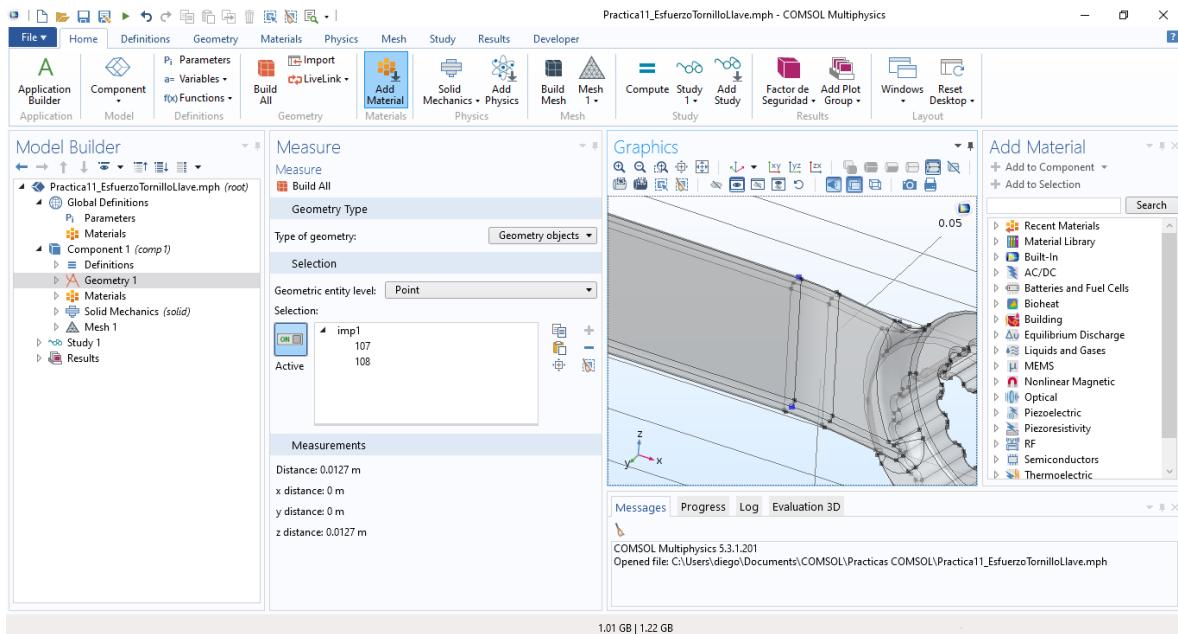




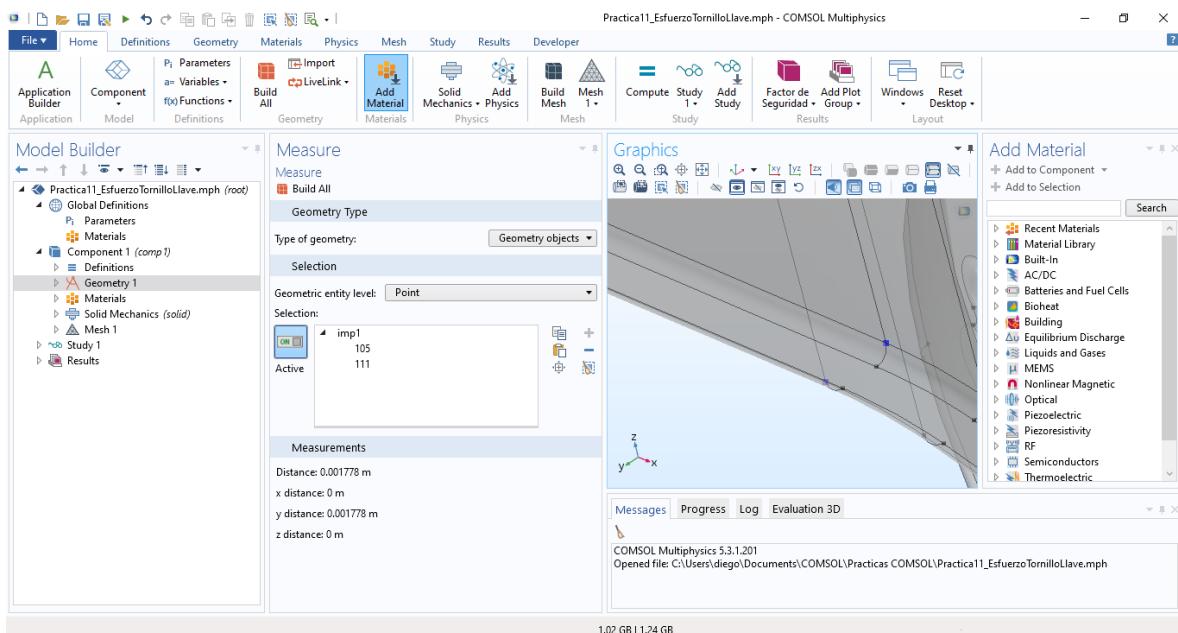
Con esto sé que la altura del brazo de la llave vale 0.0127 metros y es un dato útil porque para el cálculo analítico la llave se puede modelar como una viga en cantiléver, con ello puedo saber cuál es el área de sección transversal de la llave. Esto se hace despreciando el redondeo.

Con el menú que se encuentra encima del modelo 3D se puede seleccionar el botón de la caja que está alado de la bocina, con este puedo hacer transparente la figura para verla mejor.





Para medir la base des selecciono los puntos y pongo nuevos.

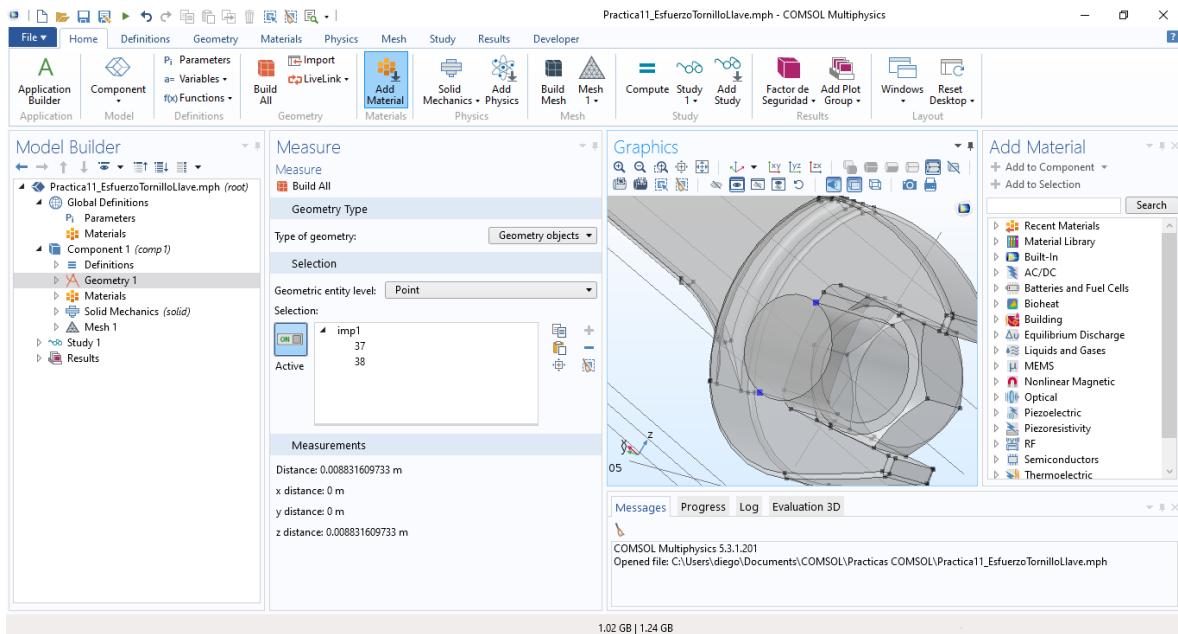


La distancia en este caso es de 0.001778 metros, por lo tanto, el área de sección transversal es de:

$$A = b(h) = 0.01778(0.0127) = 0.000225806 \text{ m}^2$$

Ahora se realiza el mismo procedimiento para medir las dimensiones del perno dentro del modelo:





El perno tiene un diámetro de 0.008831 metros, por lo tanto, su área de sección transversal es de:

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} 0.008831^2 = 6.1250 \times 10^{-5}$$

Esto se usa para poder hacer el método analítico que comprueba los resultados de mi problema.

## BIBLIOGRAFÍA:

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