icemm
SIMULATION ENGINEERING

Tutorial CFD 02

Desprendimiento de Vórtices: Análisis transitorio

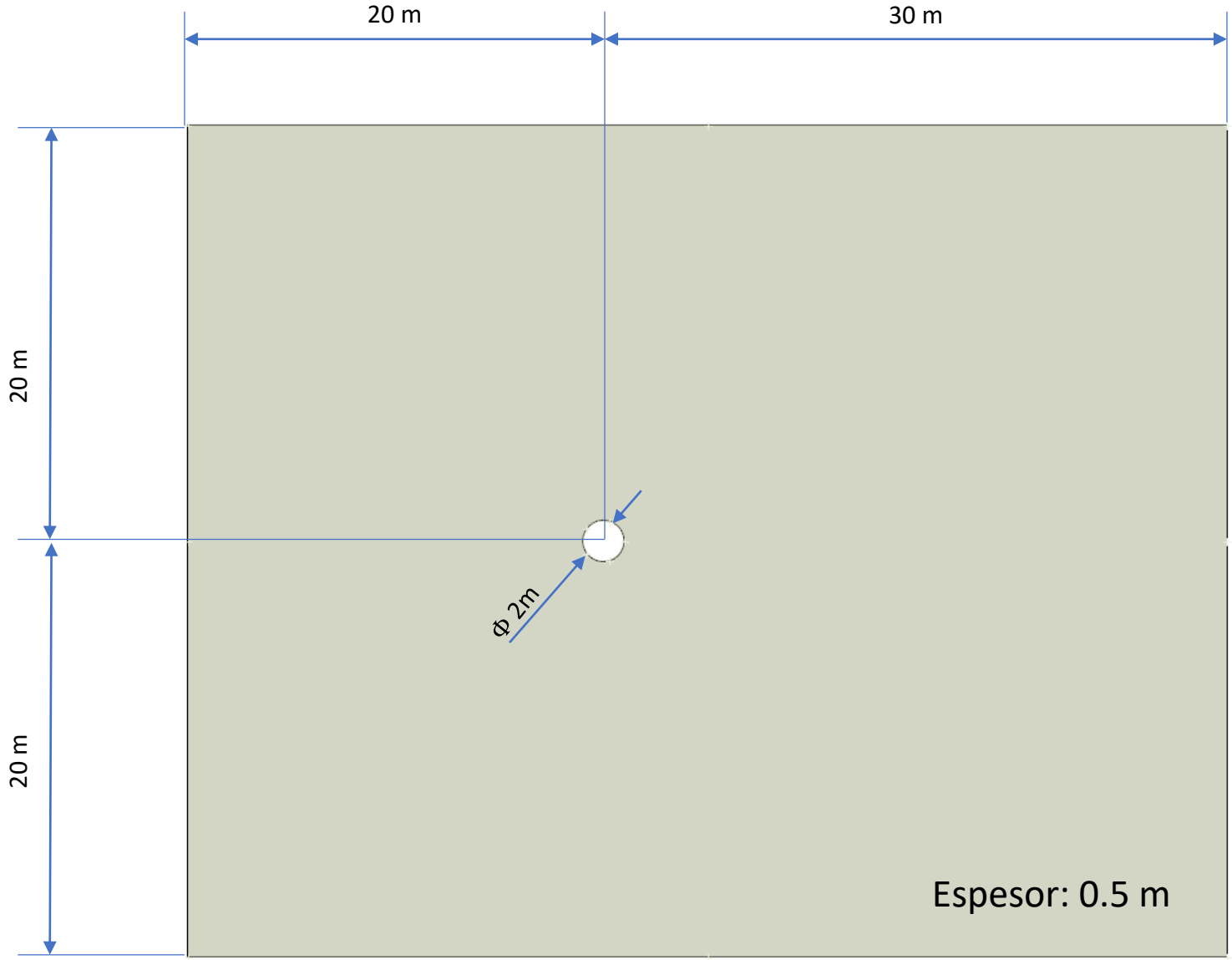
CERTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD
DNV·GL
ISO 9001
PYME INNOVADORA

- Se busca simular el flujo transitorio que aparece alrededor de un cilindro cuando el número de Reynolds es cercano a 100.
- En primer lugar se resolverá el caso estacionario para emplear los resultados como condición inicial del estudio transitorio.

Flow pattern	Reynolds number	Description
	Re < 5	No separation, laminar steady flow
	5 < Re < 45	Pair of vortices, laminar steady flow
	45 < Re < 150	Laminar vortex street, unsteady flow
	$150 < Re < 3 \cdot 10^5$	Transitional unsteady flow
	$3 \cdot 10^5 < Re < 3 \cdot 10^6$	Turbulent unsteady flow
	$Re > 3 \cdot 10^6$	Turbulent vortex street, unsteady flow

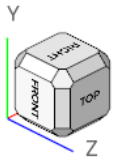
Fuente Imagen: https://www.idealsimulations.com/resources/reynolds-number/

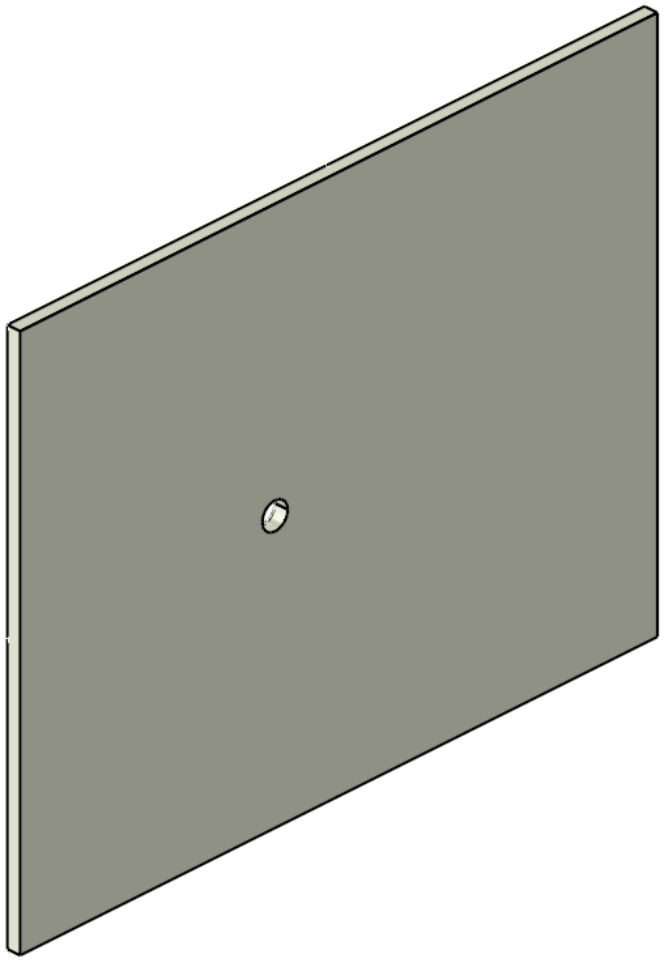
- La geometría del dominio se muestra en la imagen de la derecha.
- Como se trata de una geometría sencilla, puede crearse en Hyperworks CFD si se desea.
- El espesor se escoge del tamaño del elemento a emplear ya que el análisis es prácticamente bidimensional.



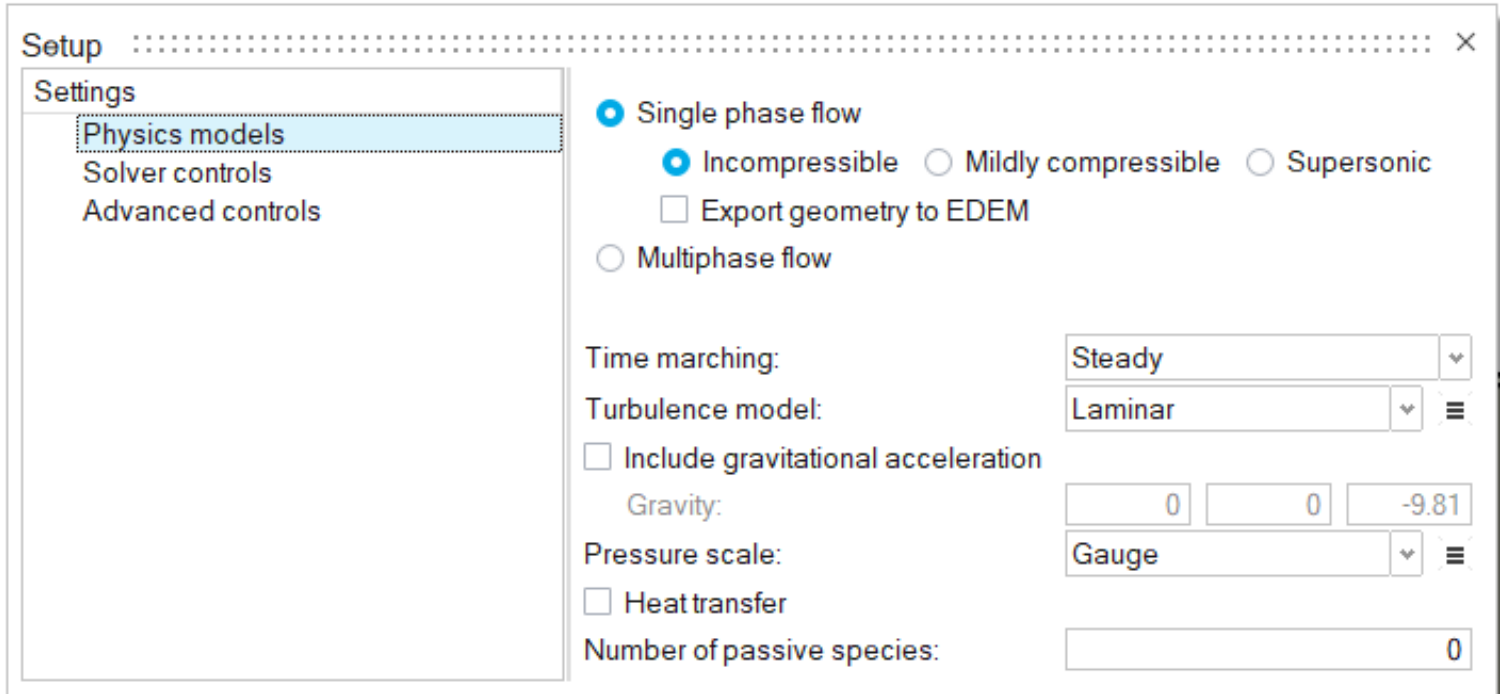
- Con la geometría construida se pulsa en Validate y se comprueba que aparezca el Tick azul necesario para mallar.







- En primer lugar se realiza un análisis estacionario para obtener las condiciones iniciales.
- Se escoge como modelo de turbulencia Laminar en base al número de Reynolds estimado.

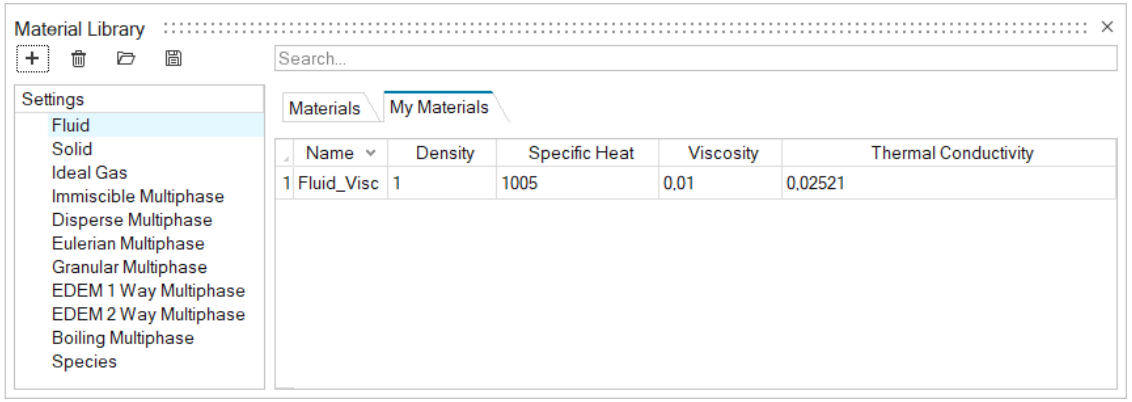


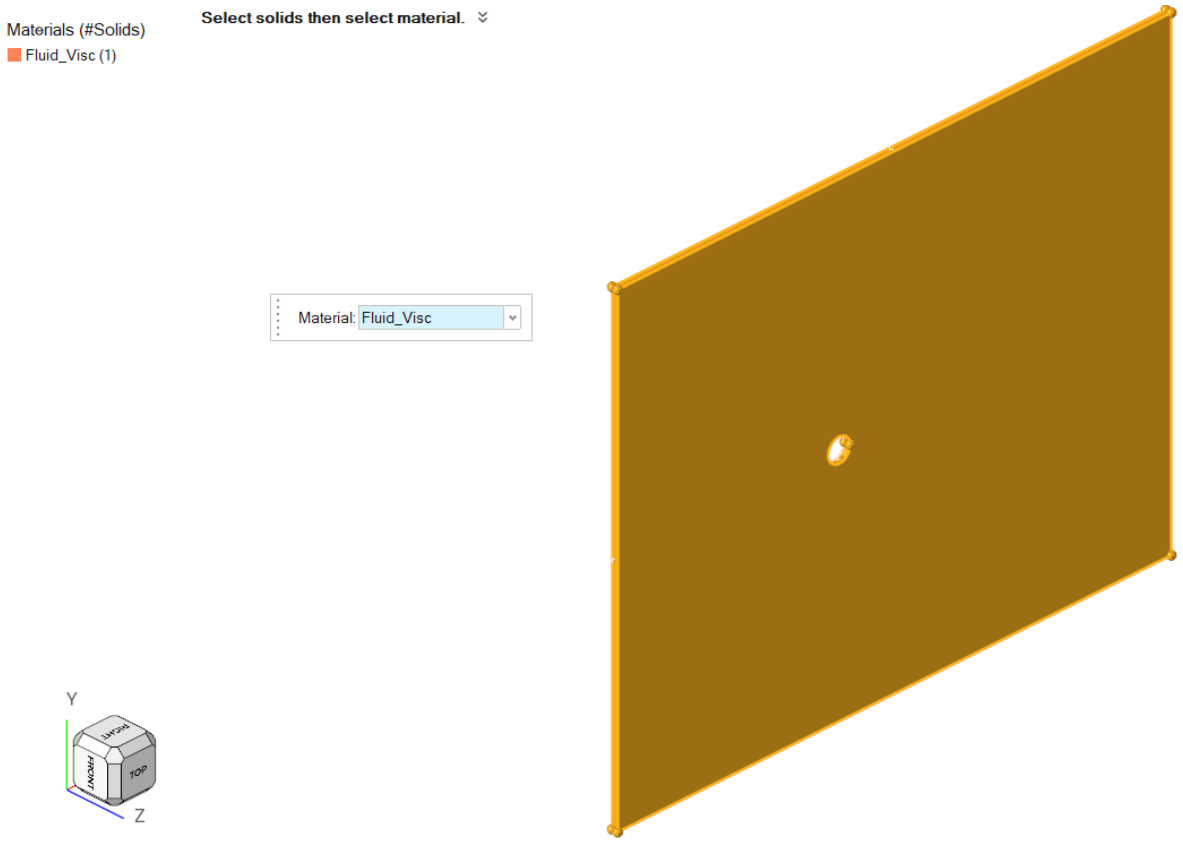
Flow: Material

- A continuación se define un nuevo material que tenga como densidad 1 kg/m^3 y como viscosidad 0.01 Pa·s
- De esta forma tendremos, definiendo una velocidad de entrada de 1 m/s:

$$Re = \frac{UL\rho}{\mu} = \frac{U_{ent} \cdot R_{Cil} \cdot \rho}{\mu} \approx 100$$

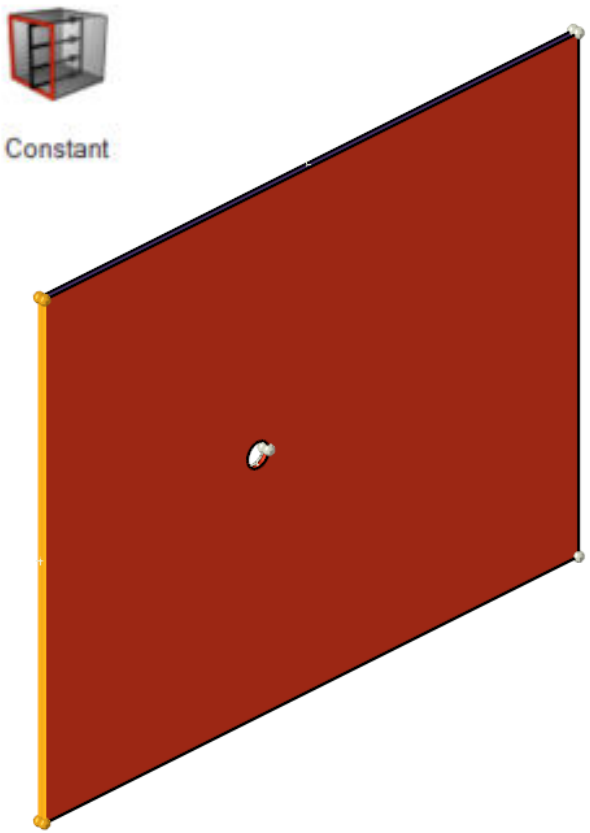
- Se asigna este material al dominio creado

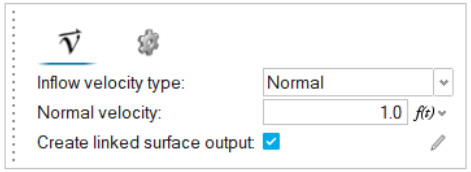


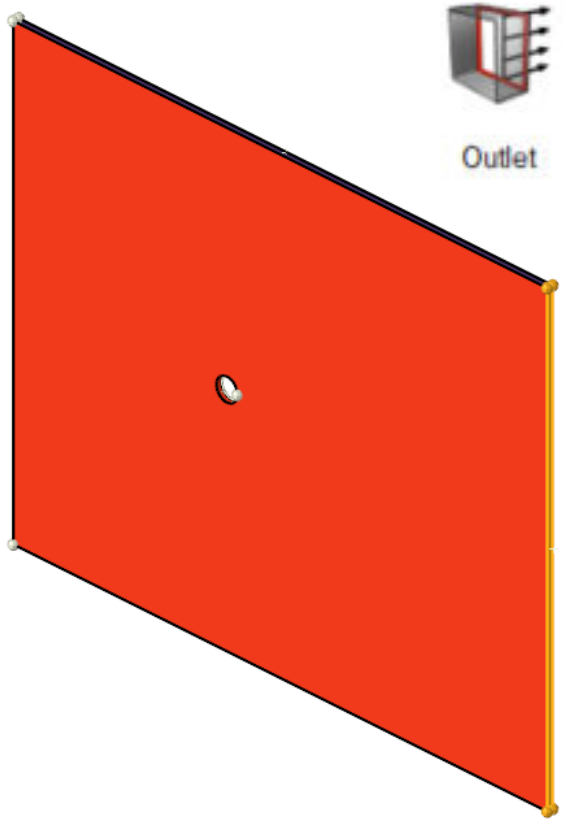


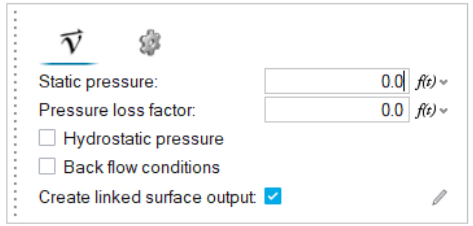
Flow: Boundary Conditions

- Se definen como entrada y salida las fronteras mostradas en la imagen
- De acuerdo con el Reynolds buscado, se escoge 1 m/s como velocidad de entrada







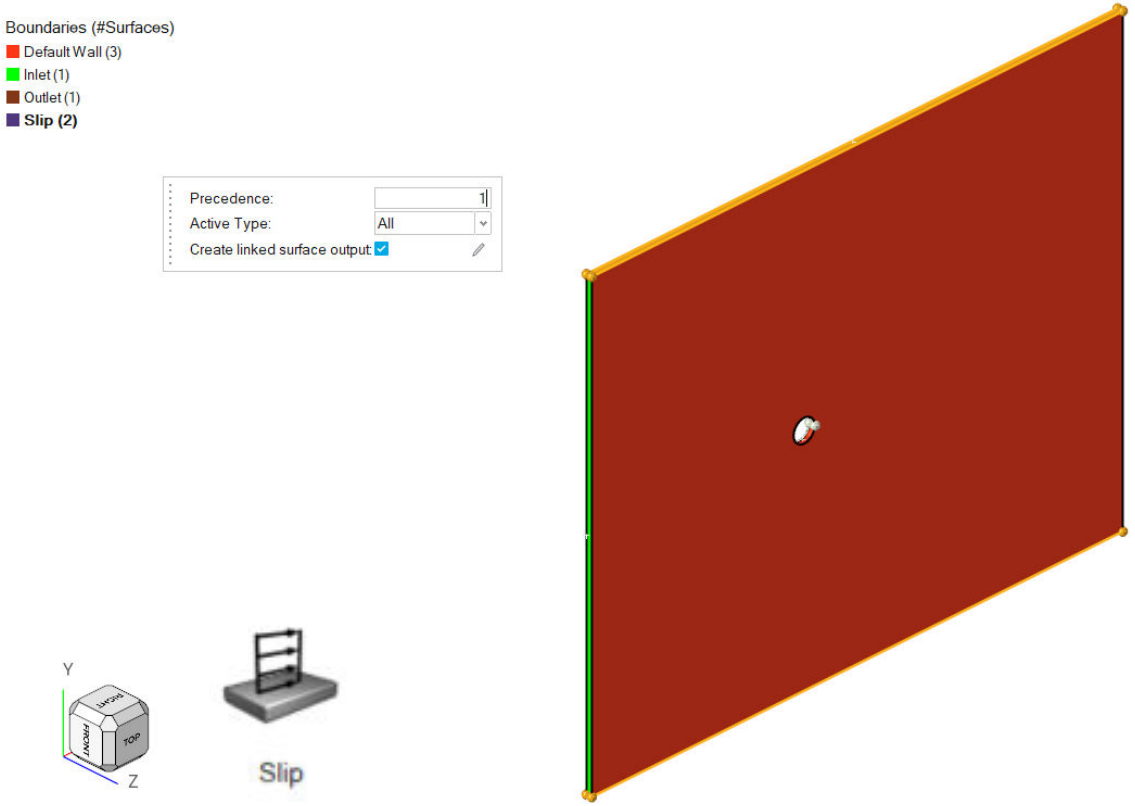


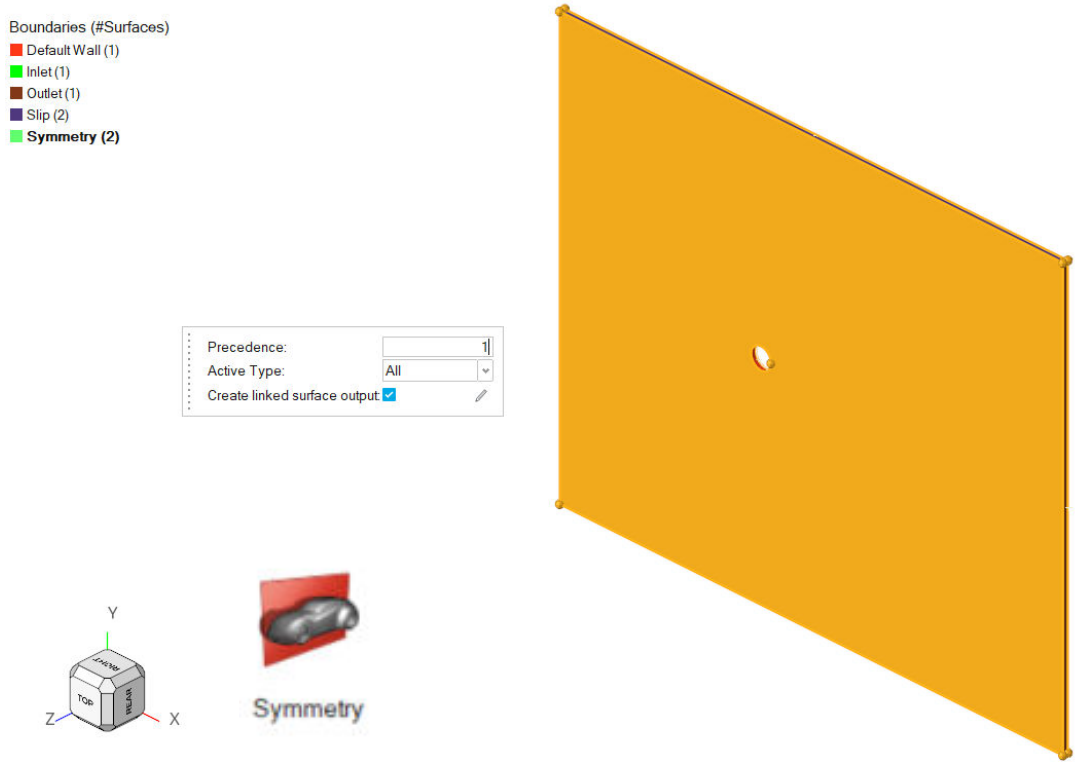
Flow: Boundary Conditions

- Para las fronteras inferior y superior se definen condiciones de pared con deslizamiento (Slip)
- Para las paredes laterales se definen condiciones de simetría para mantener las condiciones de bidimensionalidad buscadas.
- La pared del cilindro se deja por defecto como No Slip Wall.

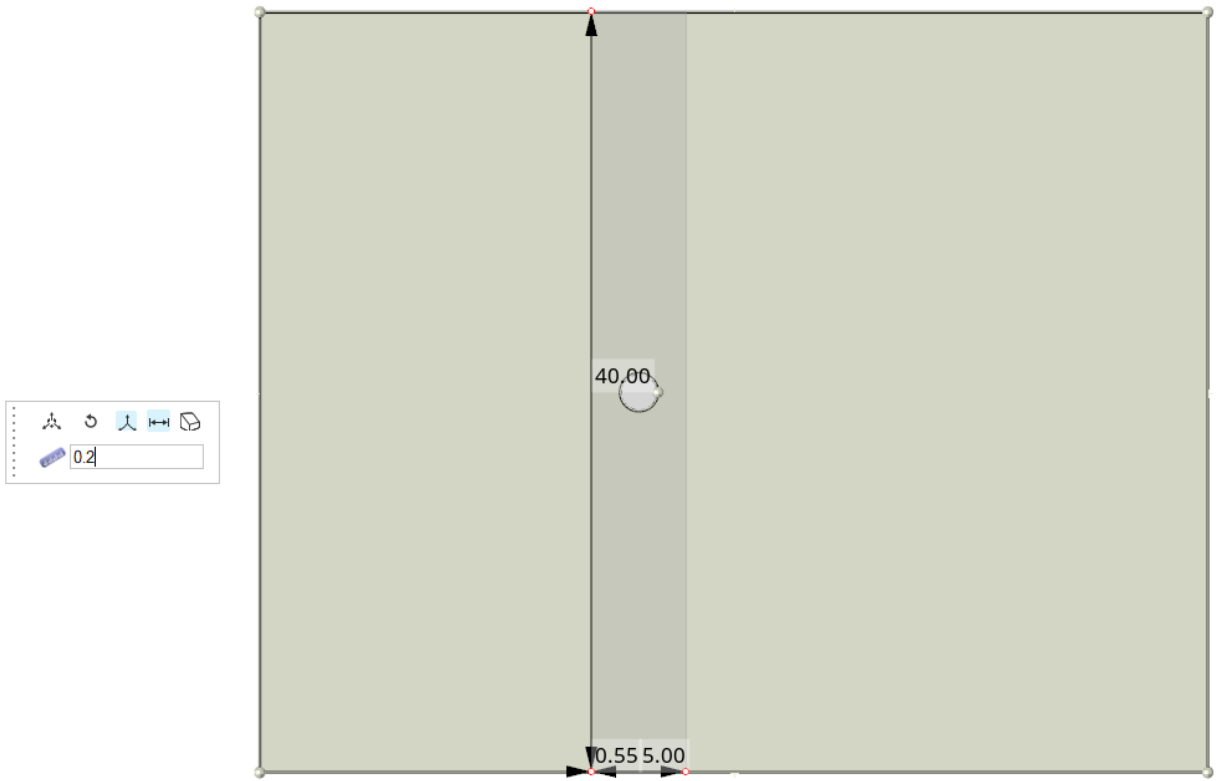


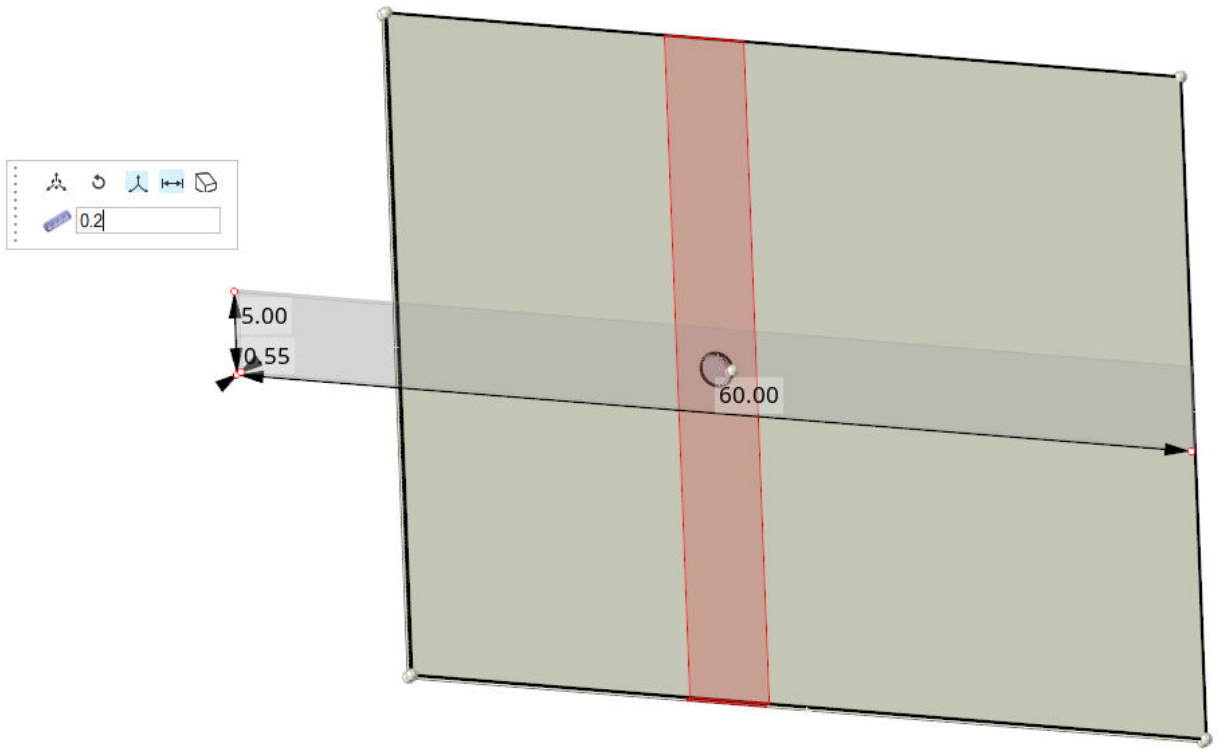
No Slip





- Para mallar el dominio, en primer lugar creamos dos zonas de refinamiento prismáticas en las secciones cercanas al cilindro según se muestra en las imágenes.
- El tamaño de elemento será de 0.2 m en estas regiones.



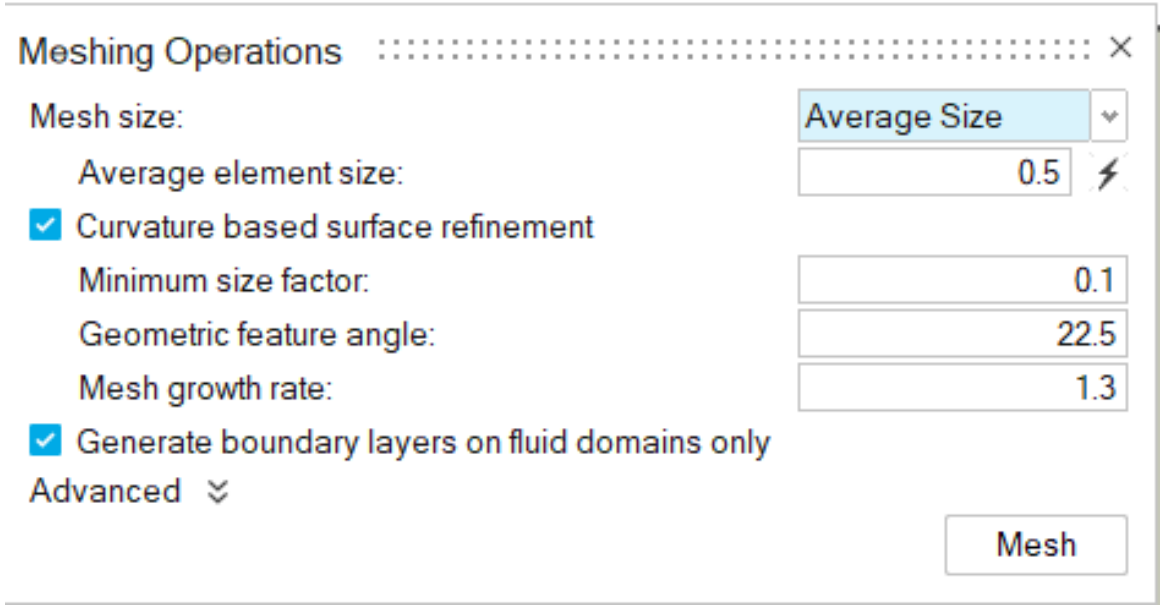


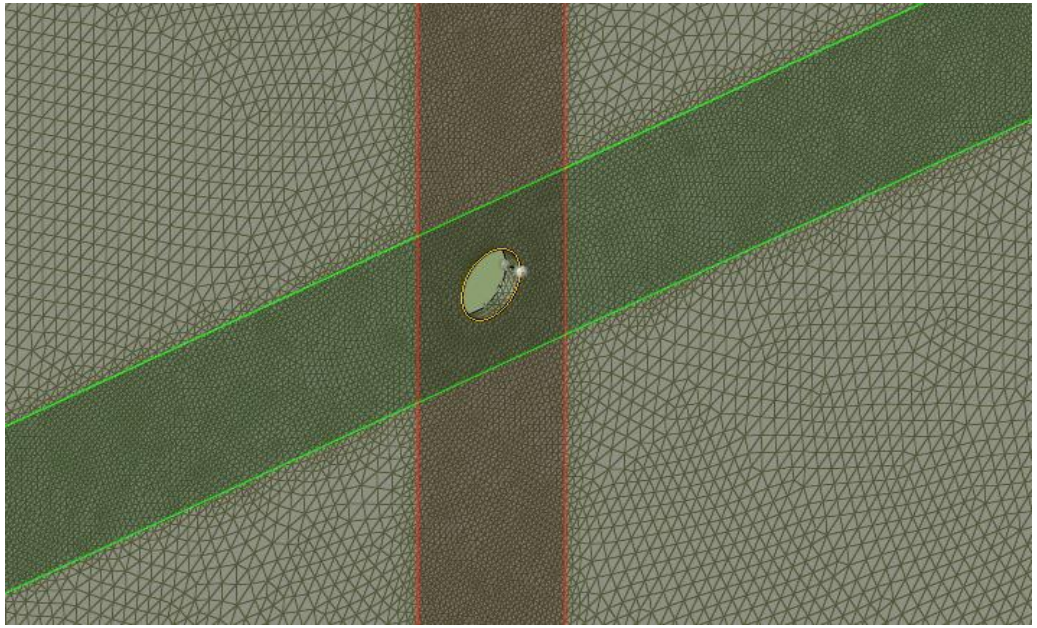
- Tras ello se selecciona Volume Mesh y se escoge como tamaño medio de elemento 0.5 m, igual al espesor del dominio.
- Pulsando en Mesh se genera la malla, que debería tener un aspecto como el de la imagen.
- Pulsando en el icono que aparece debajo de la opción Measure se puede obtener un recuento de los nodos y elementos generados.



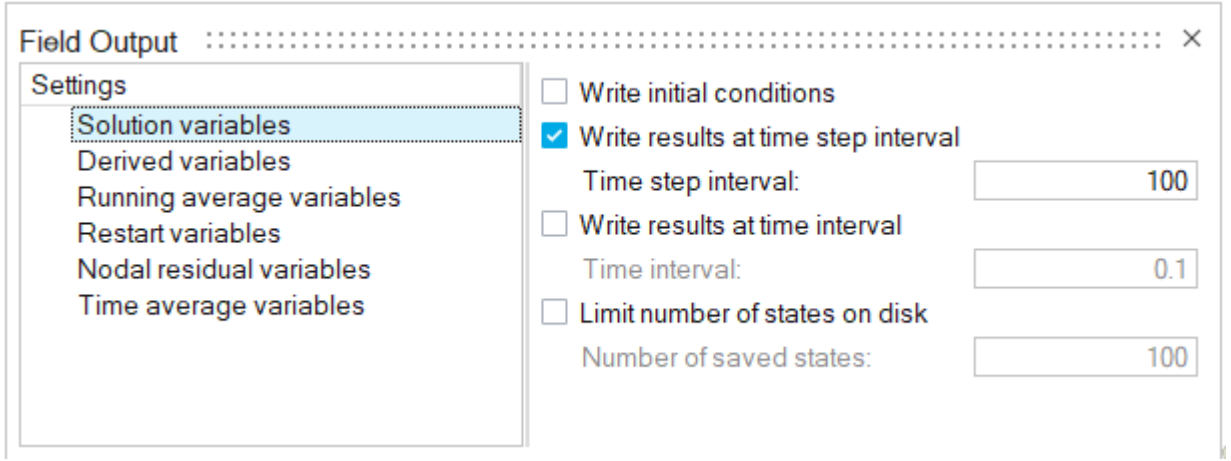
Entity Count

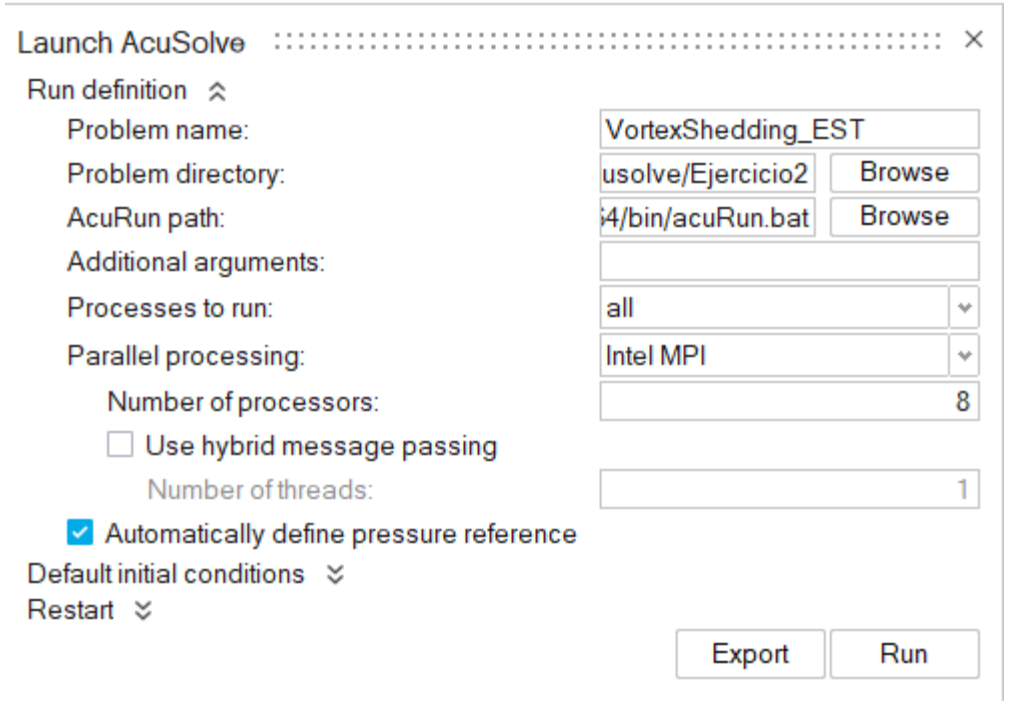
Entity	Count
Points	10
Lines	20
Surfaces	7
Solids	1
Parts	1
Nodes	83115
2d Elements	83360
3d Elements	369575





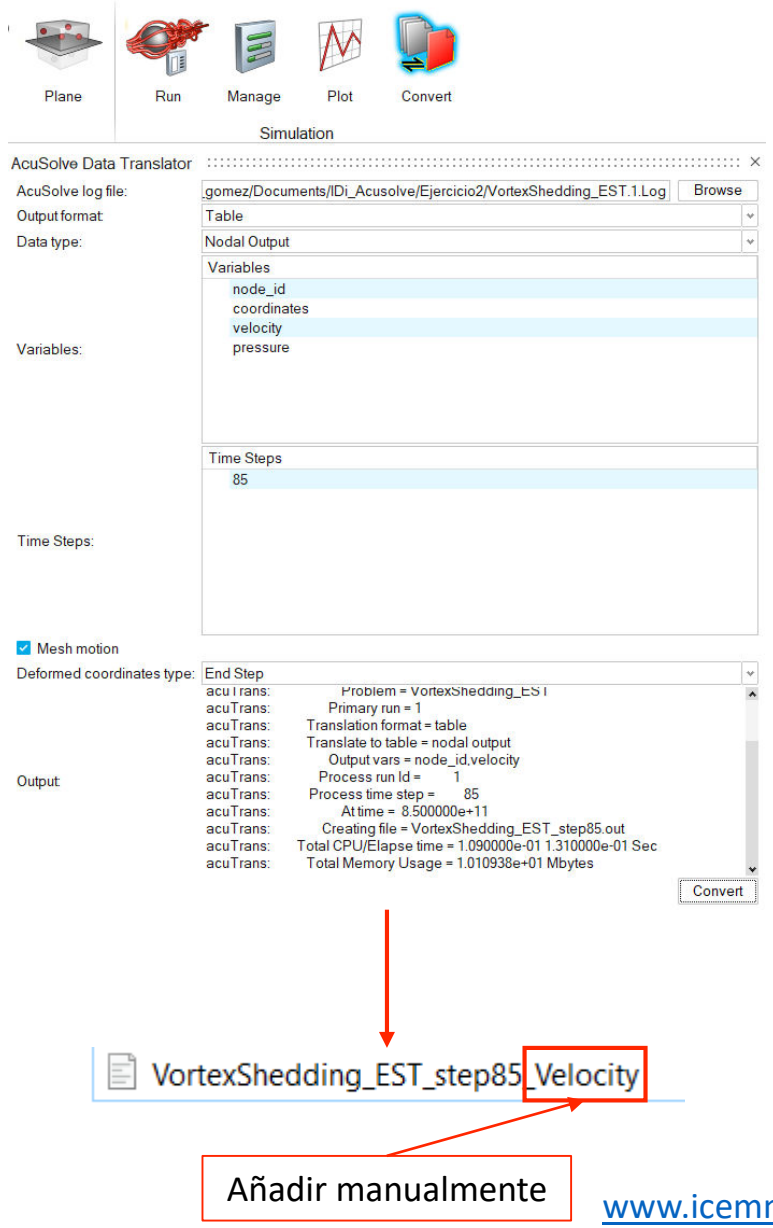
- En la cinta Solution se comprueba que dentro de Field Output el campo Time Step Interval tenga el valor 100 tanto en Solution Variables como en Derived Variables.
- Tras ello se da un nombre adecuado al problema, aquí VortexShedding_EST, se selecciona la carpeta donde generar los archivos en Problem Directory y se pulsa Run para comenzar la simulación.



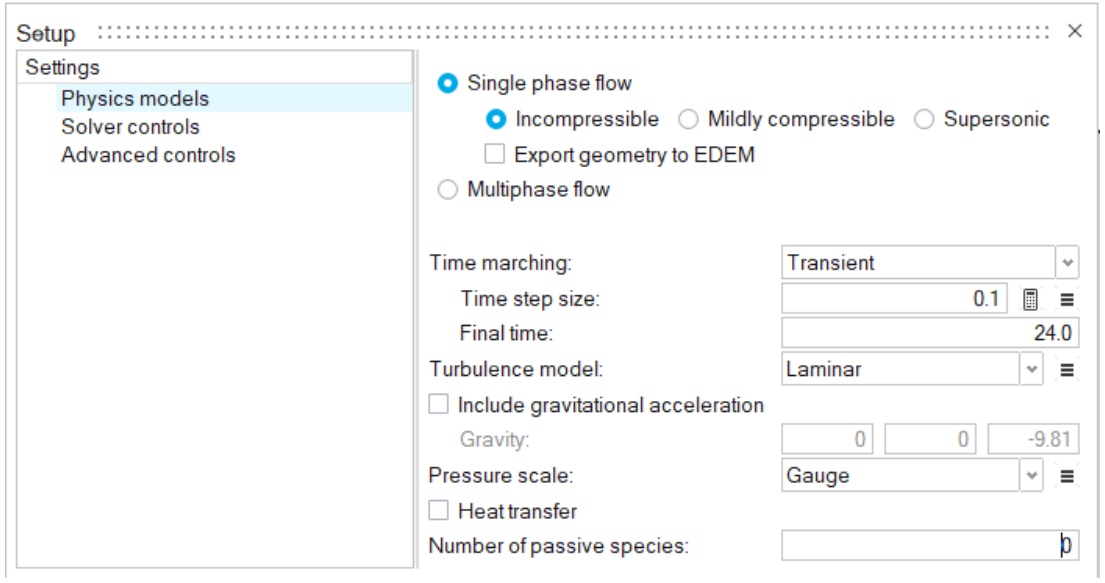


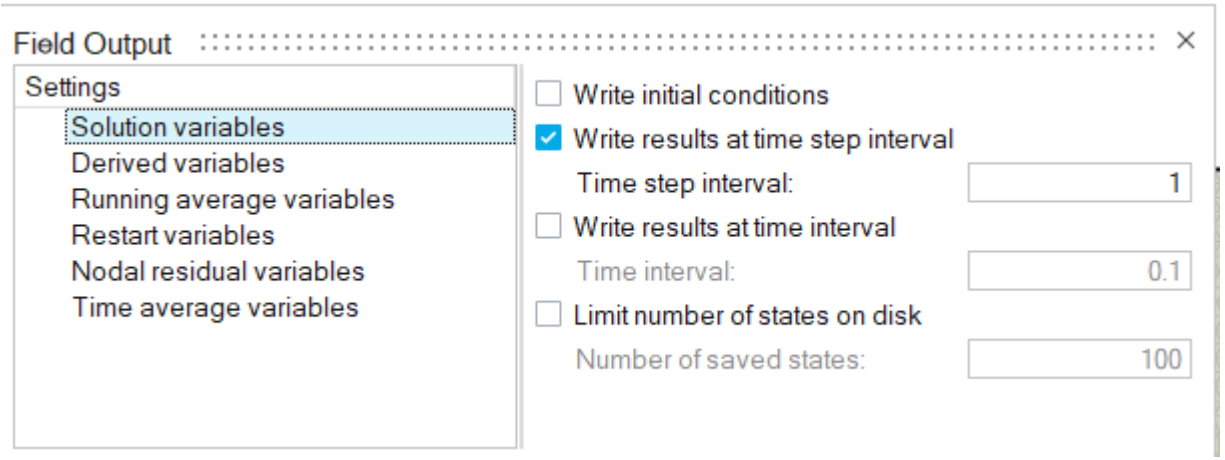
Exportar resultados

- Una vez completada la simulación, pueden visualizarse sus resultados para comprobar que sean coherentes importando el .log generado desde la pestaña post.
- Para exportar los resultados como se requieren, en la pestaña Solution se selecciona Convert. Se escoge el .log de la simulación estacionaria en Acusolve log file.
- Los campos siguientes deben ser Output format: Table y Data type: Nodal Output.
- En Variables, se selecciona primero node_id y manteniendo la tecla ctrl se escoge también velocity. Se selecciona el último Time Step y se pulsa Convert.
- Esto genera un archivo .out en la carpeta donde está el .log. **Se debe cambiar el nombre de este archivo manualmente desde el explorador de archivos, por ejemplo añadiendo al final _Velocity.**
- Tras ello se repite el proceso pero seleccionando ahora node_id y pressure en Variables y añadiendo _Pressure al nombre del .out.

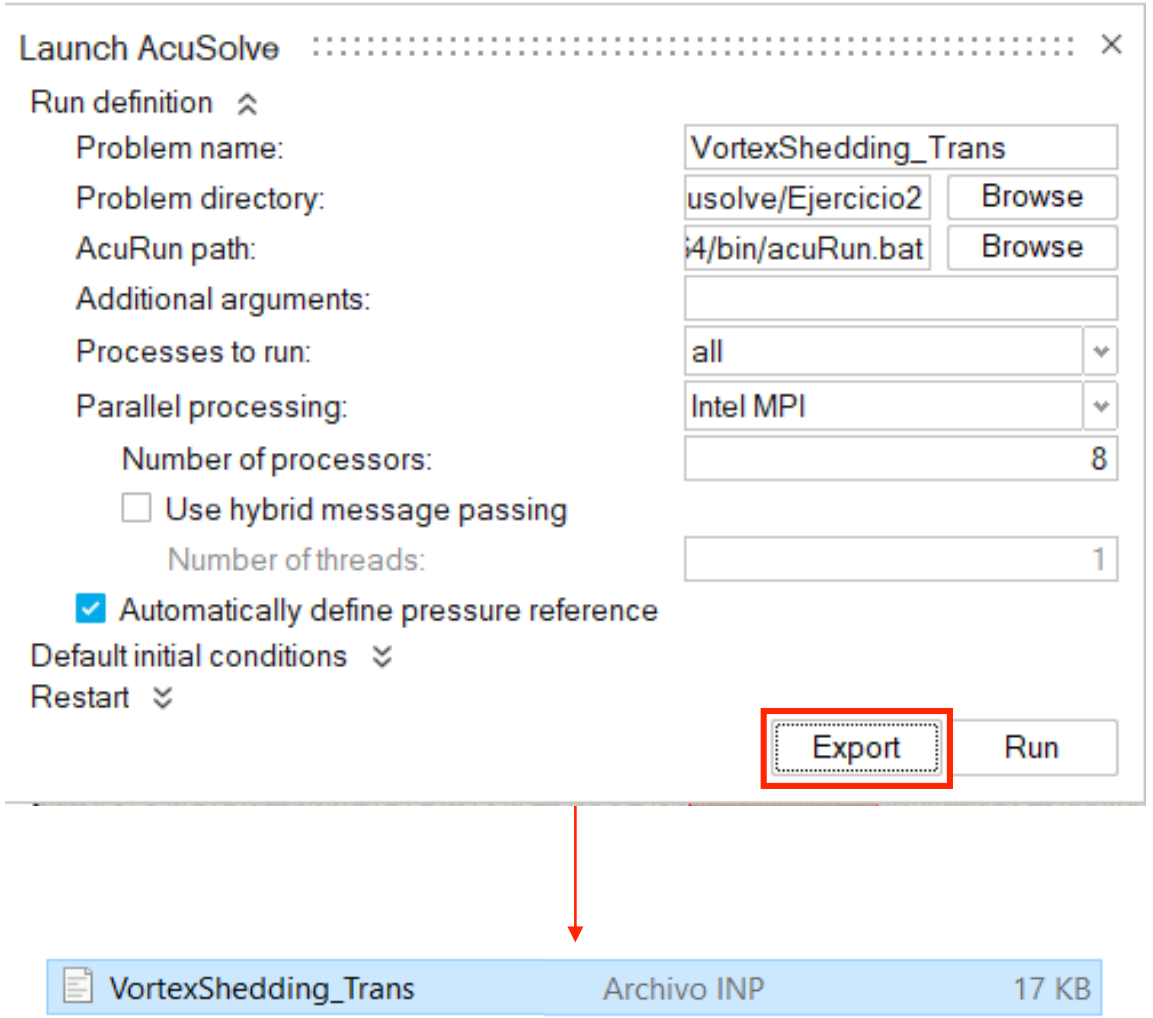


- Se pasa ahora a realizar el análisis transitorio. La geometría, las condiciones de contorno y el mallado no deben variarse respecto al estacionario.
- Los únicos cambios a realizar son:
  - En Flow>>Physics: Seleccionar Time marching: Transient y escoger 0.1 como Time Step y 24.0 como Final Time.
  - En Solution>>Field Output: Cambiar el Time Step Interval de escritura de soluciones a 1 tanto en Solution variables como en Derived variables.
- El paso de tiempo se escoge en base a resultados conocidos para este tipo de problemas.





- En este caso, en el lanzador de Acusolve se da el nombre que se considere al problema y se pulsa el botón Export.
- Esto genera en el Problem Directory el archivo .inp que se debe modificar para definir las condiciones iniciales a partir de las estacionarias.



Modificar el archivo .inp

- Dentro del archivo .inp se debe sustituir el texto del recuadro rojo por el del recuadro verde.
- Los archivos .out deben estar en la misma carpeta que el .inp
- La sintaxis de la parte izquierda debe ser tal cual se muestra, se debe prestar atención a los nombres y las terminaciones en singular o plural.

```
# +-------------------------------------------------------------------+
# | Nodal Initial Condition                                           |
# +-------------------------------------------------------------------+

NODAL_INITIAL_CONDITION( "pressure" ) {
    selection_type                  = all
    type                            = constant
    default_value                   = 0
    precedence                      = 0
    satisfy_boundary_condition      = off
}
```

```
# +-------------------------------------------------------------------+
# | Nodal Initial Condition                                           |
# +-------------------------------------------------------------------+

NODAL_INITIAL_CONDITION( "pressure" ) {
    selection_type                  = all
    type                            = nodal_values
    variable                        = pressure
    default_value                   = 0
    nodal_values                    = Read("VortexShedding_EST_step85_Pressure.out")
    precedence                      = 0
    satisfy_boundary_condition      = off
}

# +-------------------------------------------------------------------+
# | Nodal Initial Condition                                           |
# +-------------------------------------------------------------------+

NODAL_INITIAL_CONDITION( "velocity" ) {
    selection_type                  = all
    type                            = nodal_values
    variable                        = velocity
    default_values                  = {0.001,0.001,0.001}
    nodal_values                    = Read("VortexShedding_EST_step85_Velocity.out")
    precedence                      = 0
    satisfy_boundary_condition      = off
}
```

Lanzar simulaciones externamente

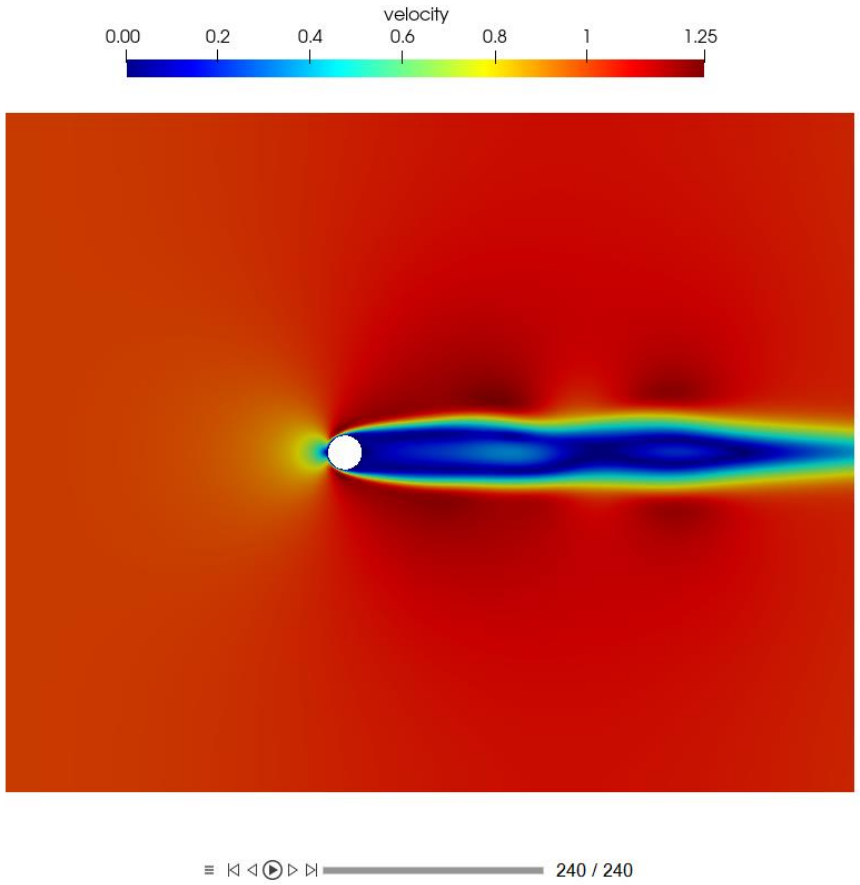
- Para ejecutar un .inp modificado debe crearse un lanzador.
- Esto es un archivo de texto con la forma de la imagen que se muestra en la diapositiva, siendo:
  - "C:\Program Files\Altair\2022\hwcfdsolvers\acusolve\win64\bin\acurun.bat“ la ruta absoluta hasta el archivo acurun.bat de la versión empleada
  - VortexShedding_Trans el nombre del problema asociado al .inp
  - El número después de –np marca la cantidad de procesadores a emplear, 8 en este caso
- Se debe guardar el archivo final con extensión .cmd.
- Se lanza la simulación haciendo click en el lanzador desde el explorador. El progreso de la simulación puede seguirse de forma habitual desde Hyperworks CFD cargando el .log generado desde la herramienta plot.

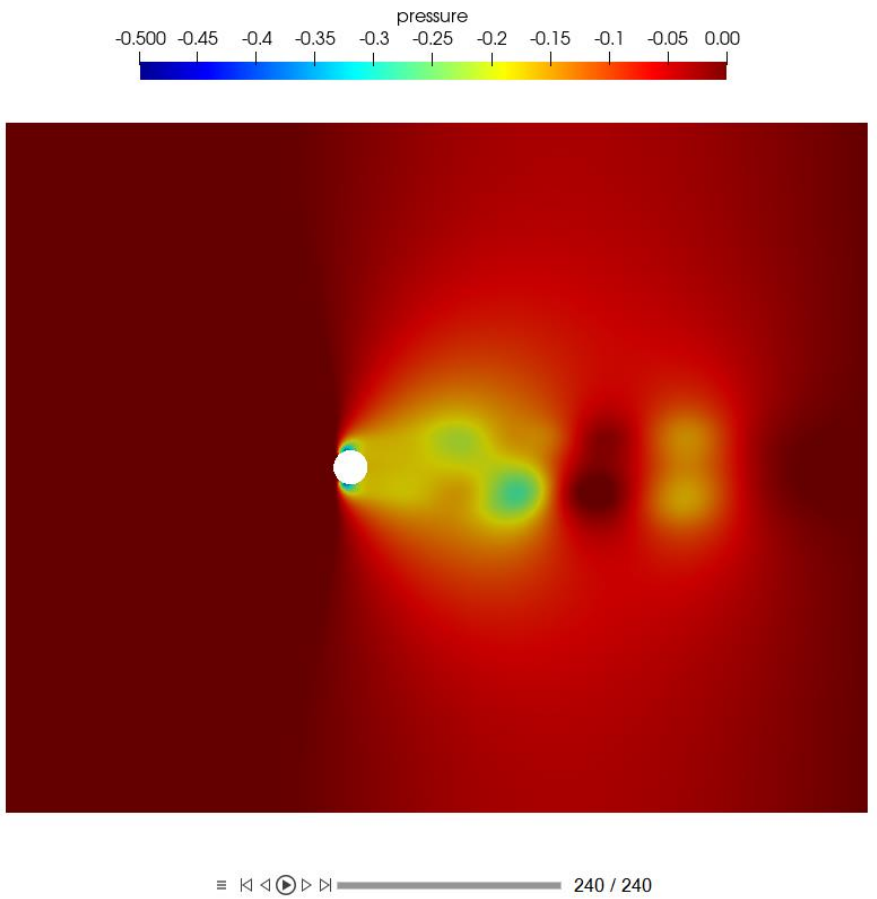
```
call  "C:\Program Files\Altair\2022\hwcfdsolvers\acusolve\win64\bin\acurun.bat" -pb VortexShedding_Trans -np 8

@ rem move *.dat .\06_Results
@ rem move *.odb .\06_Results
```



- Cuando termina la simulación puede abrirse el .log desde la pestaña post de forma habitual.
- Por ser una simulación transitoria aparece en la parte baja un selector de frame que también permite ver la animación con el paso de tiempo seleccionado.
- Se puede comprobar que el primer frame corresponde a la solución del caso estacionario.

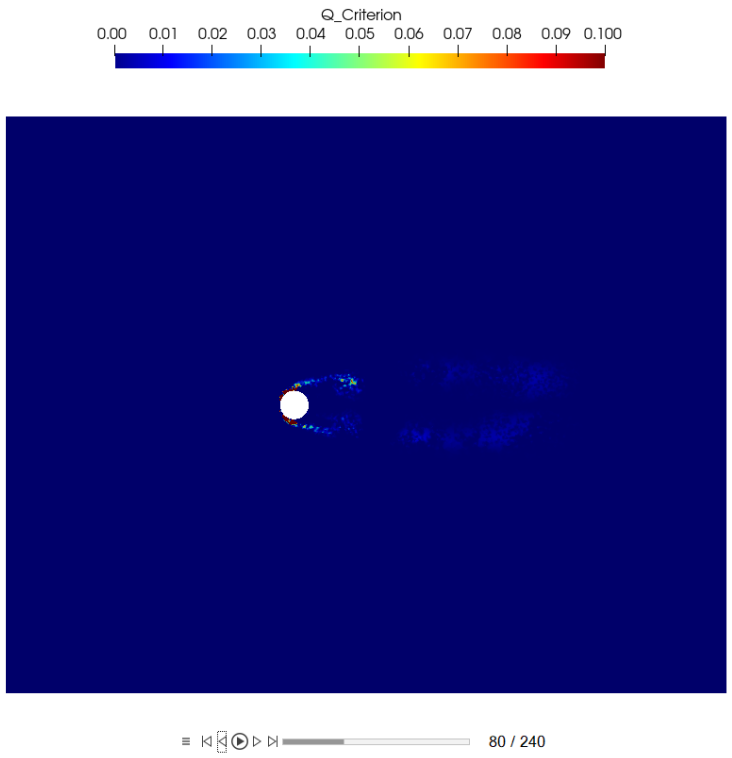


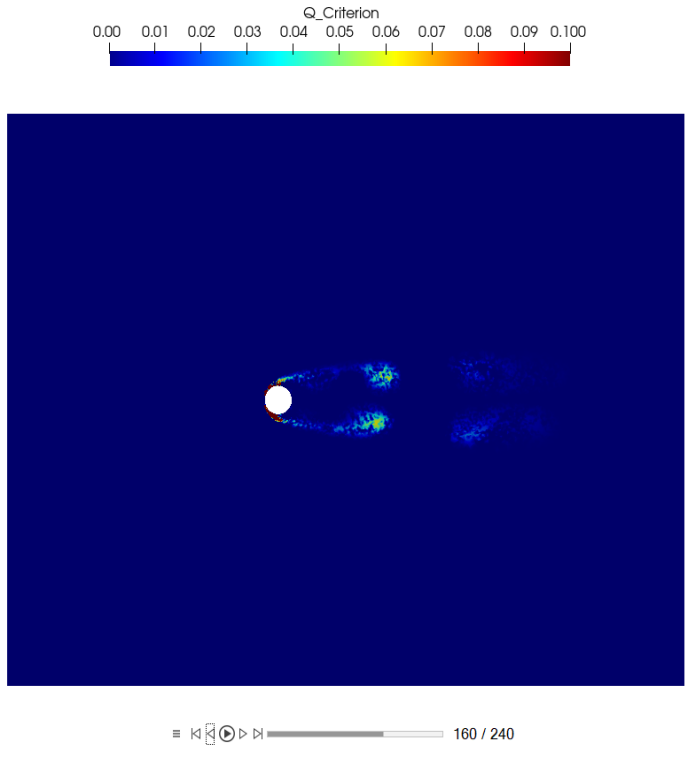


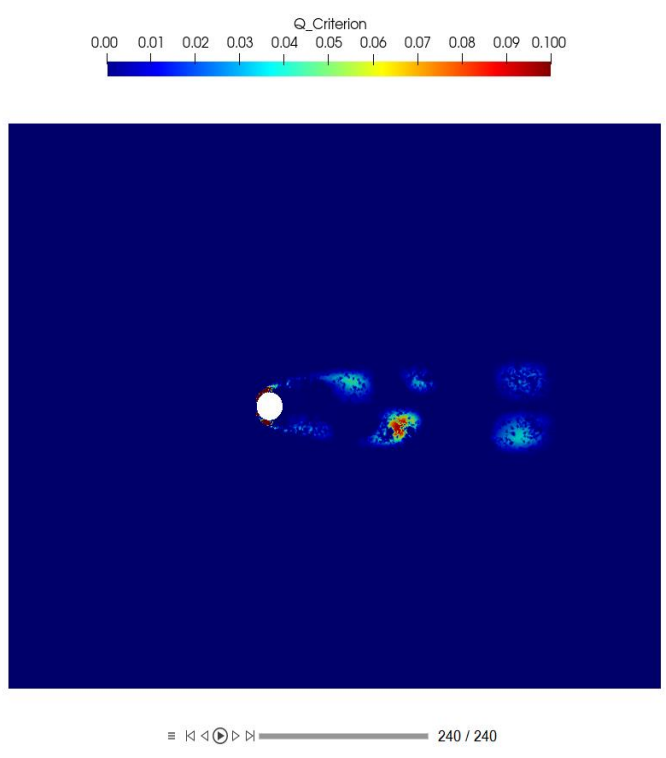
Post: Resultados

- Para ver mejor los torbellinos generados puede definirse desde Calculate: Derived Data Calculator una variable llamada Q_Criterion empleando como variable auxiliar el gradiente de velocidades. Las expresiones se muestran en la tabla de la derecha.
- La expresión en la versión 2022.0 da error al usarla en una superficie de simetría, probablemente por requerir el cálculo de gradientes. Se visualiza por ello en un plano central, donde la definición es algo peor.

Name	Expression
gradVel	gradient(velocity)
Q_criterion	-0.5*(gradVel[:,0,0]*gradVel[:,0,0] + gradVel[:,1,0]*gradVel[:,0,1] + gradVel[:,2,0]*gradVel[:,0,2] + gradVel[:,0,1]*gradVel[:,1,0] + gradVel[:,1,1]*gradVel[:,1,1] + gradVel[:,2,1]*gradVel[:,1,2] + gradVel[:,0,2]*gradVel[:,2,0] + gradVel[:,1,2]*gradVel[:,2,1] + gradVel[:,2,2]*gradVel[:,2,2])



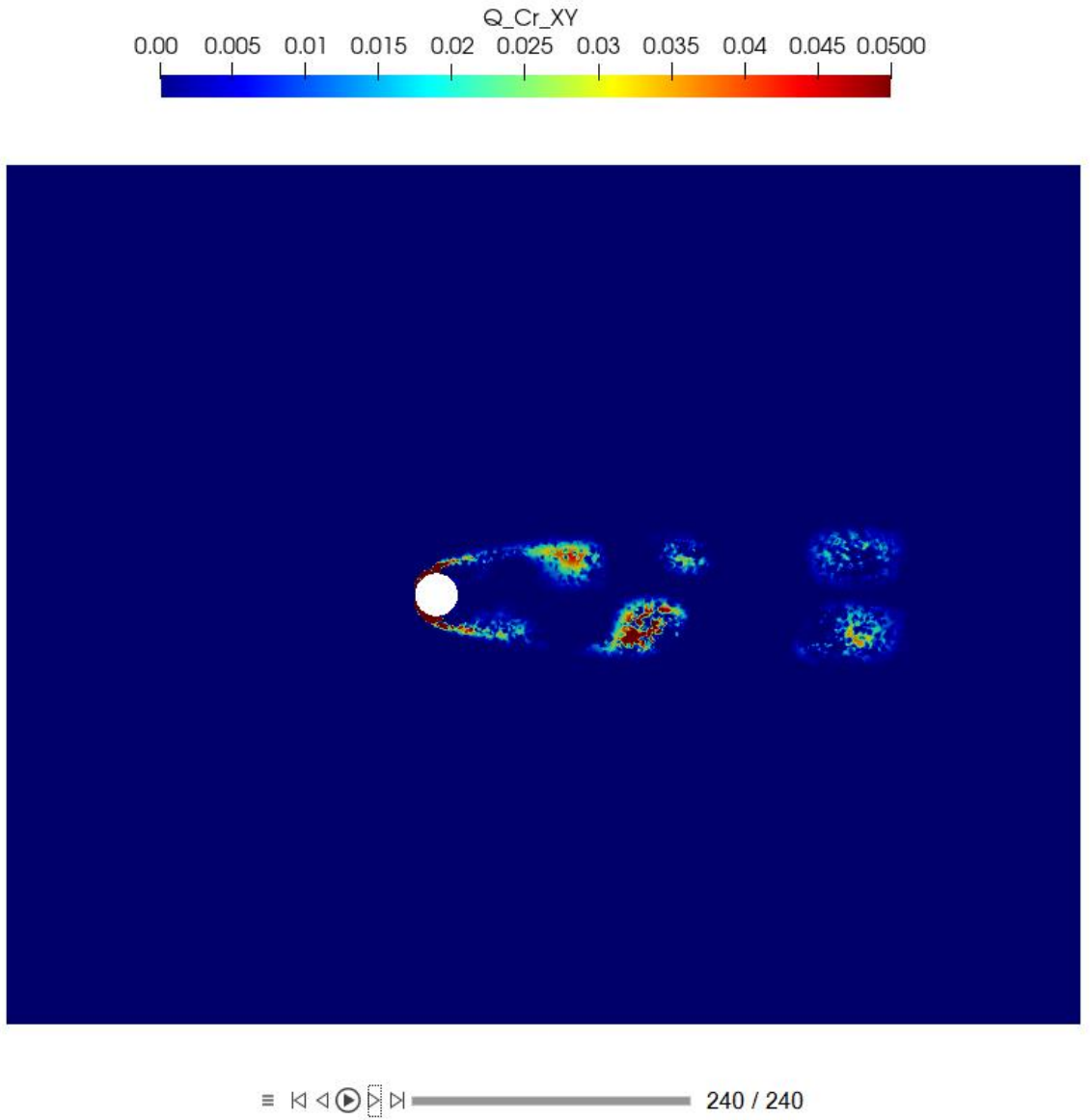




- Se obtienen resultados algo más visibles utilizando la expresión del Q_Criterion bidimensional, aunque también falla en superficies. Se define como:

$$Q_Cr_XY = gradVel[:,0,0] * gradVel[:,0,0] - gradVel[:,1,0] * gradVel[:,0,1]$$

- La animación pulsando el botón de Play muestra como van avanzando los vórtices generados con los pasos de tiempo.
- Cambiando la velocidad de entrada podrían simularse otros casos según el Reynolds. Si este aumenta mucho, debería cambiarse el modelo de turbulencia empleado en la simulación.



EDIFICIO ANTARES

C/ INDUSTRIAS, 8

28923 – ALCORCÓN (Madrid) – España

Tel.(+ 34) 910 569 228 – (+ 34) 629 87 94 37

. . . . .

info@icemm.es

www.icemm.com