

# Estudio aerodinámico de una carrocería con herramientas de simulación y medidas experimentales



Open  FOAM



Alejandro Argüelles Rodríguez



Septiembre 2025

## Partes de la presentación

Introducción  
teórica



Diseño, fabricación  
y montaje



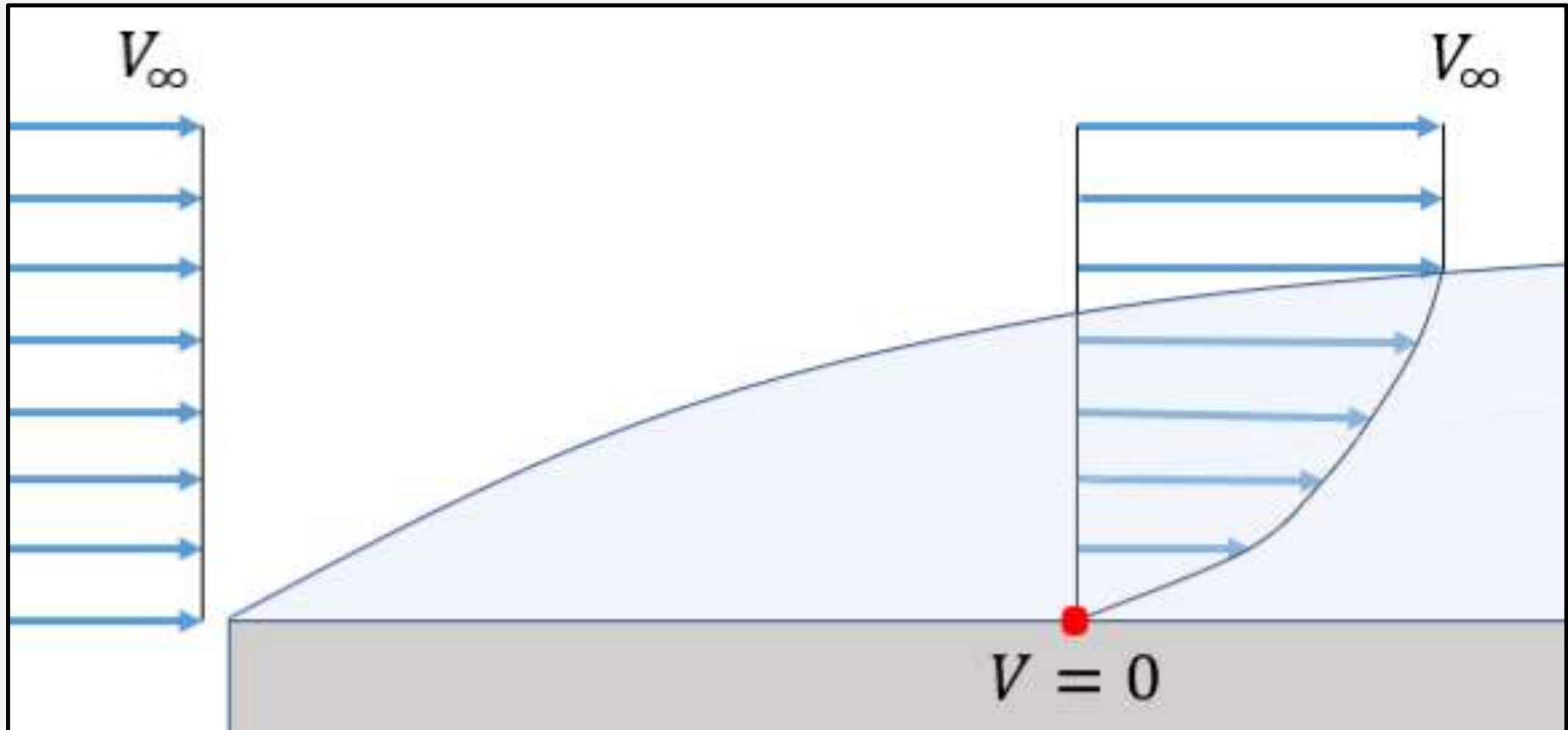
CFD, resultados y  
conclusiones



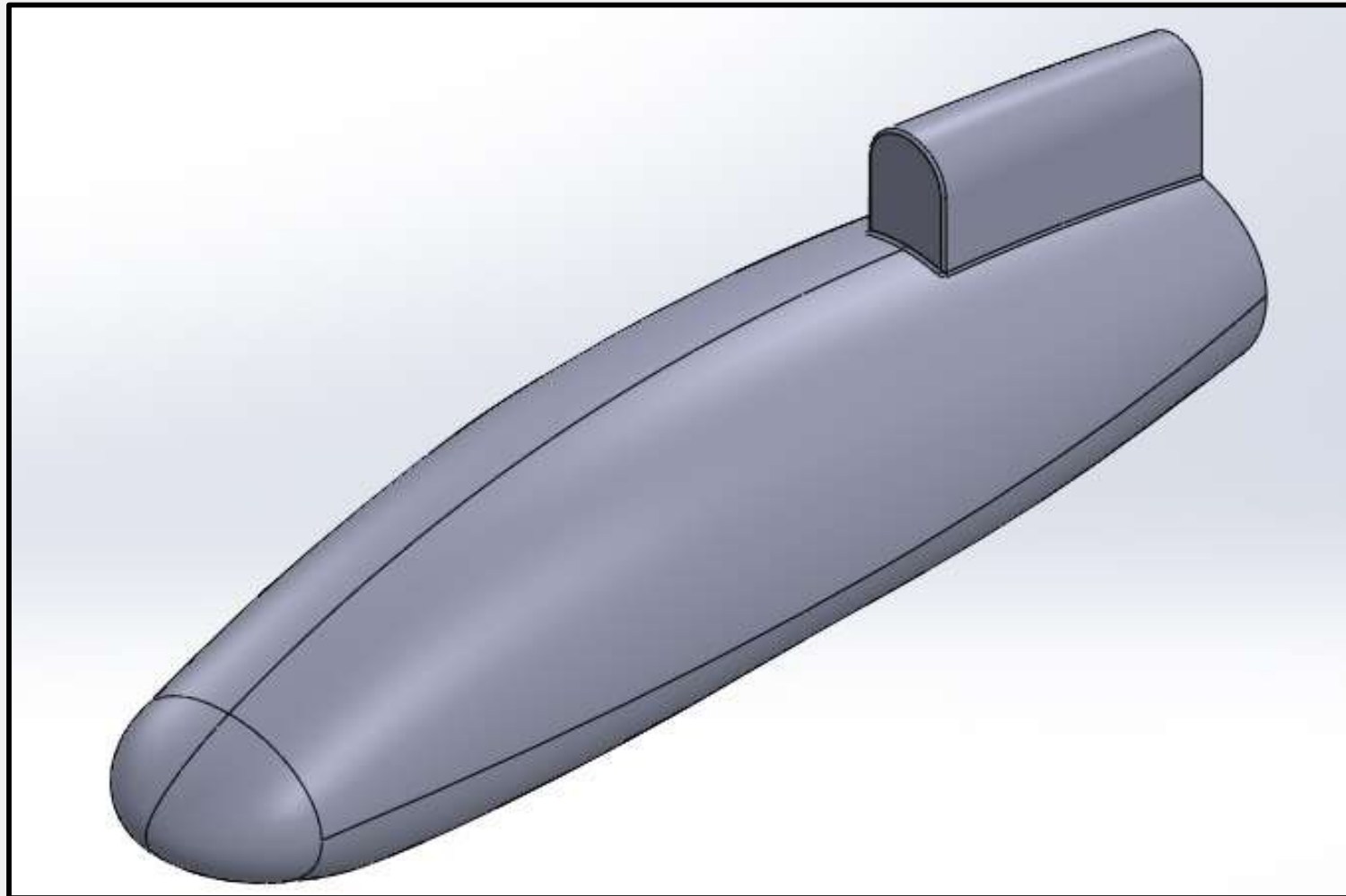


## Conceptos teóricos

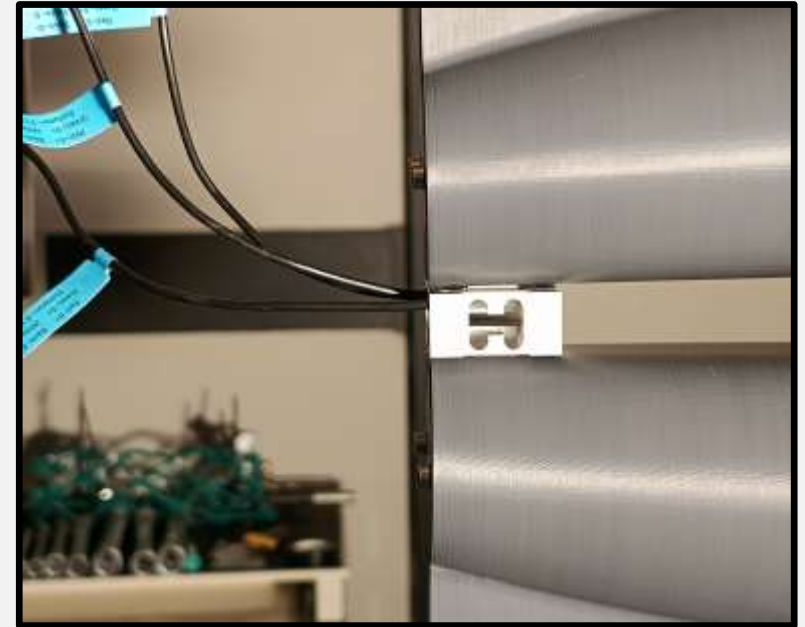
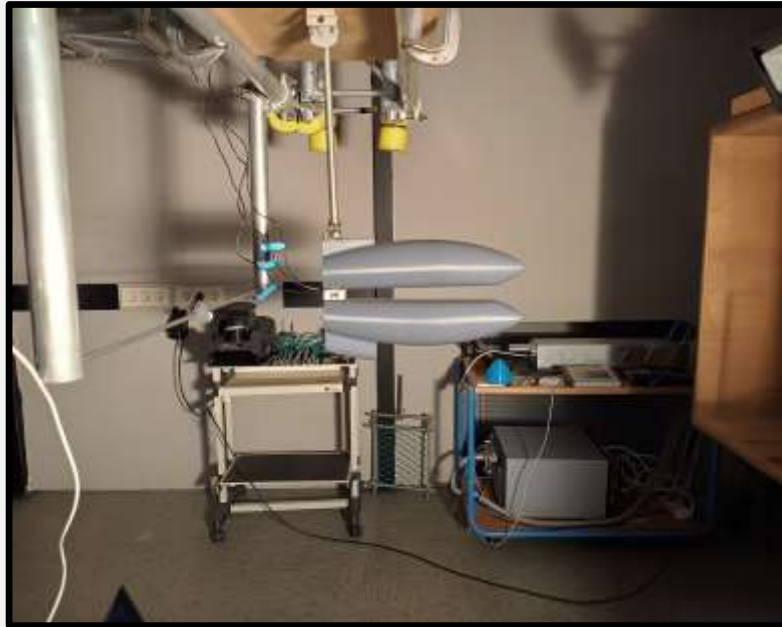
### Perfil de velocidades



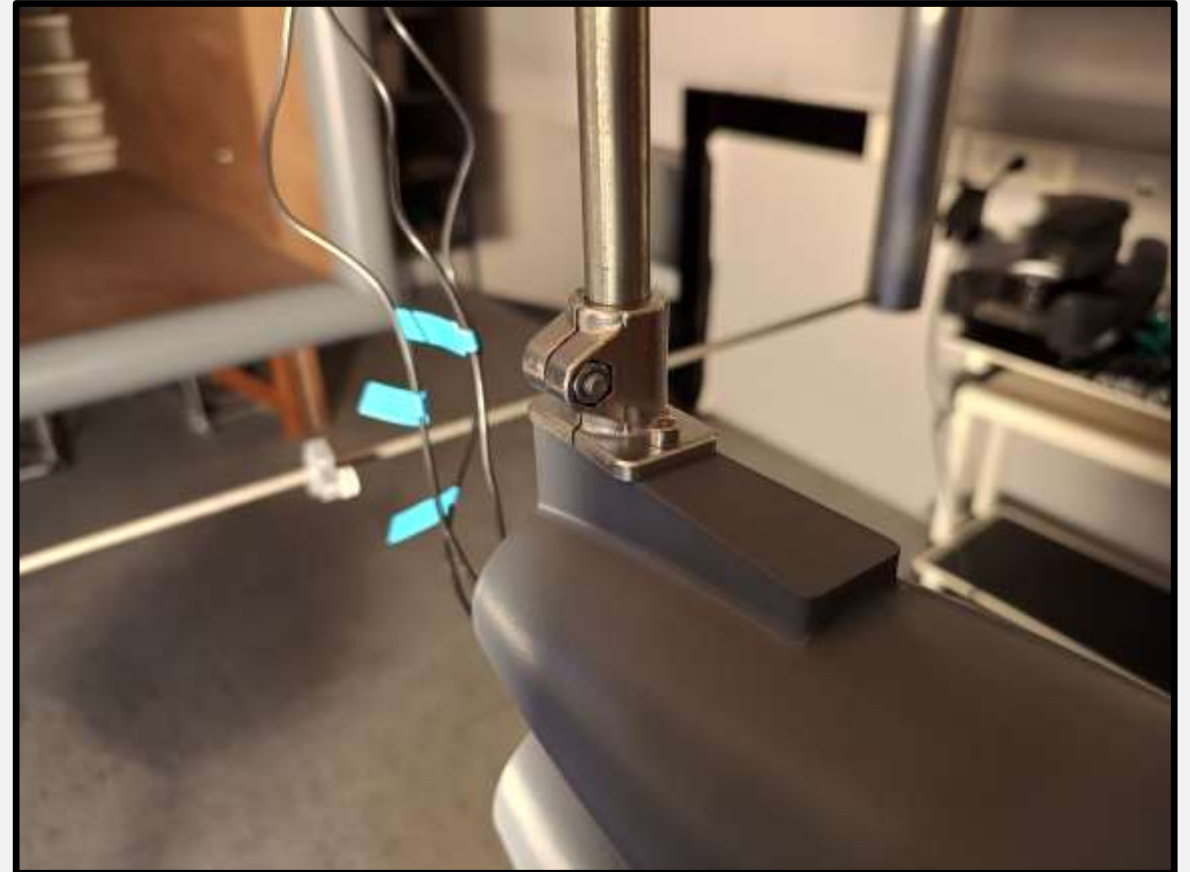
## Diseño y fabricación de la carrocería



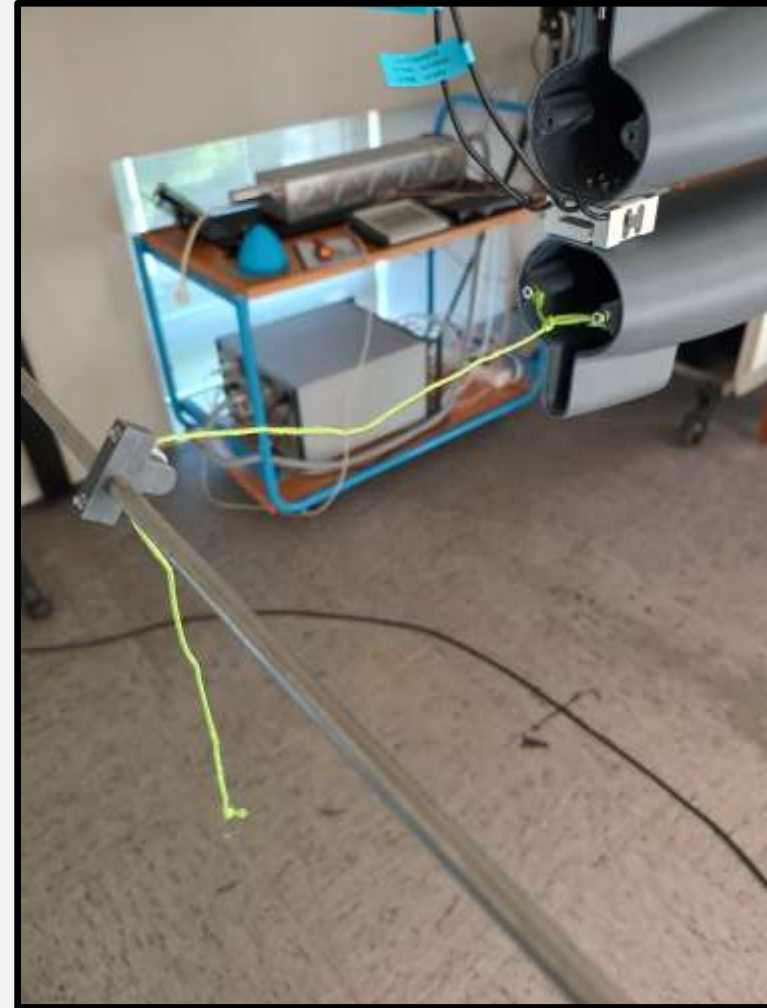
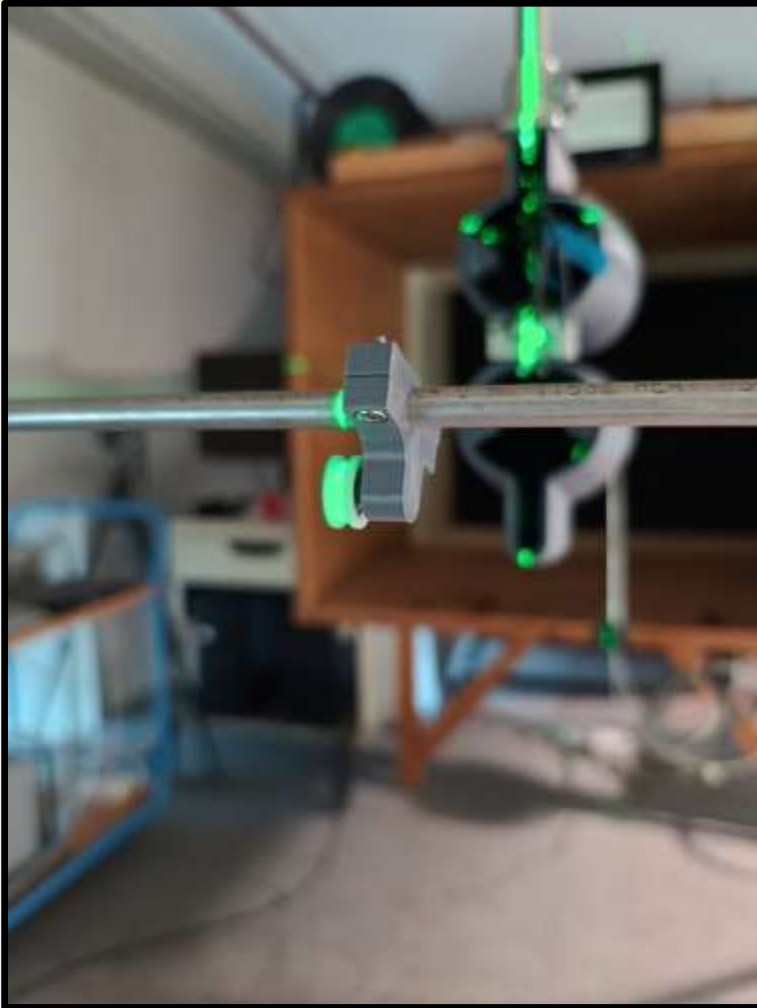
## Montaje en el túnel de viento



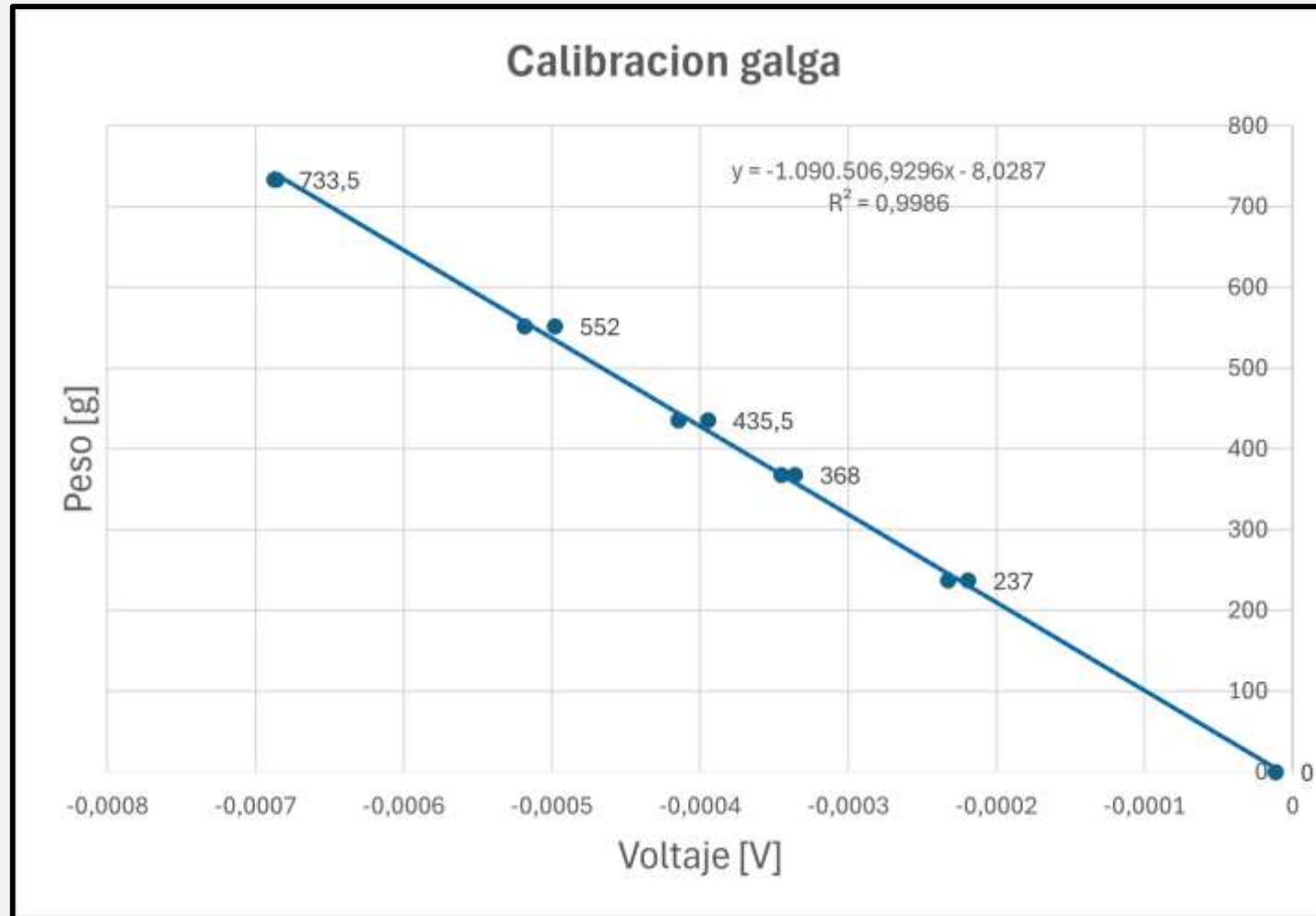
## Montaje en el túnel de viento



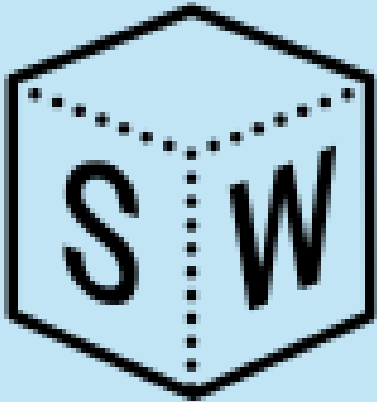
## Calibración de la célula de carga



## Gráfico obtenido de la calibración de la galga

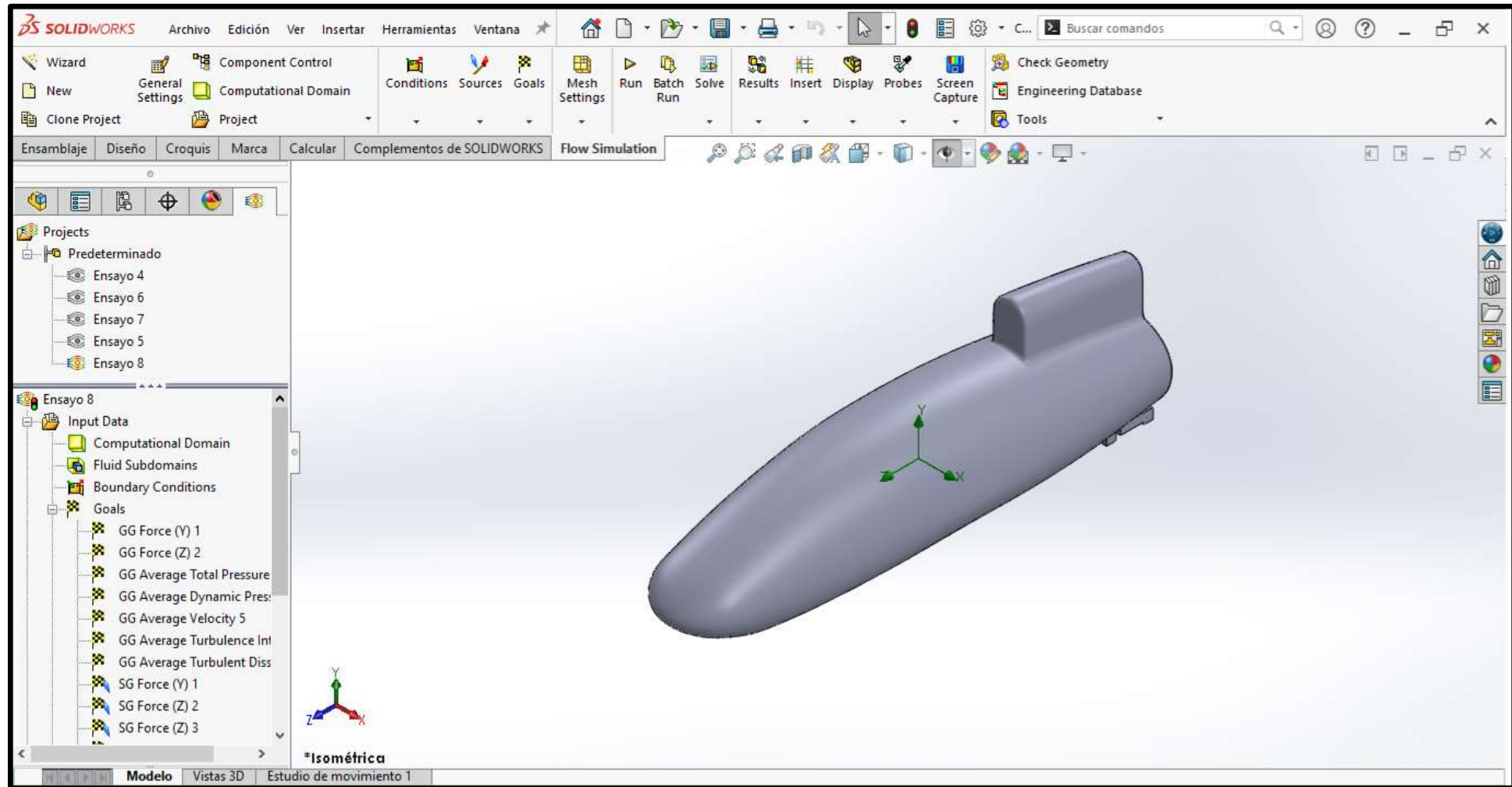


## Introducción sobre los programas empleados



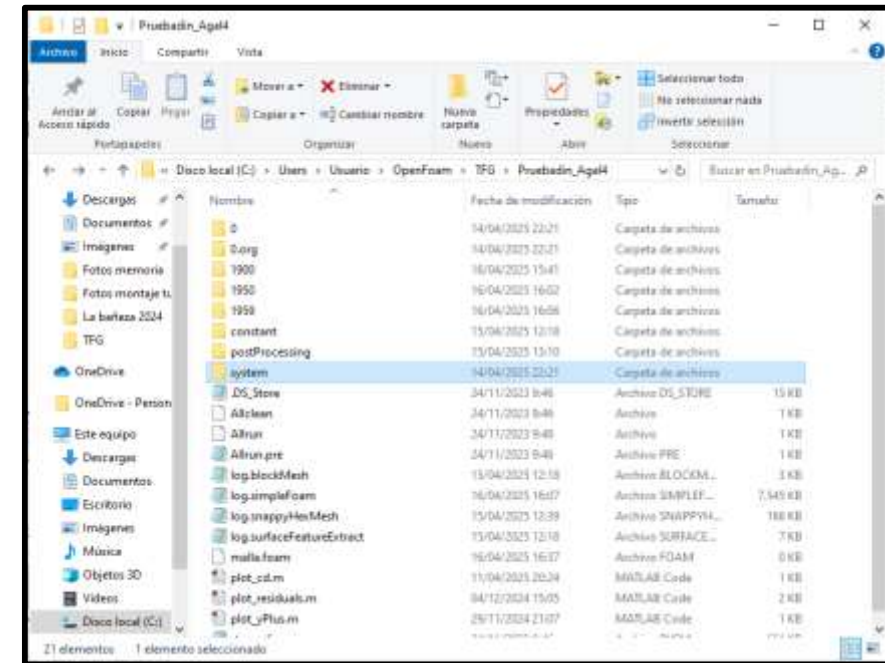
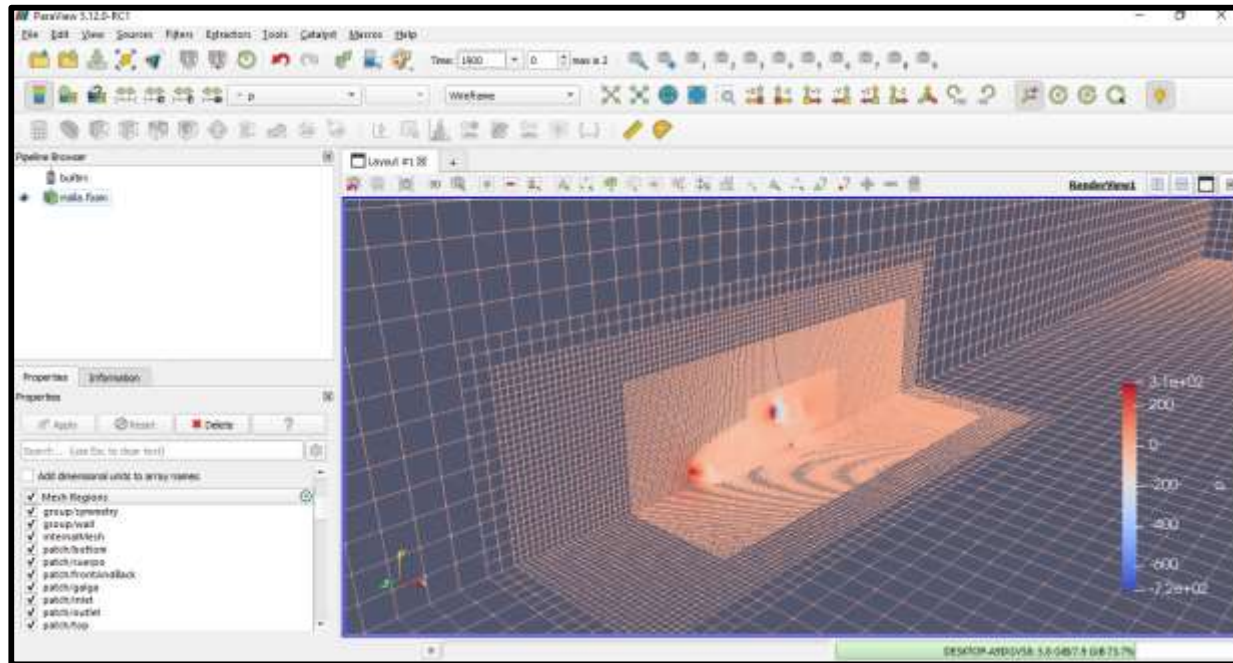
Open $\nabla$ FOAM

# Interfaz de Solidworks Flow Simulation



# Interfaz de OpenFoam

```
alex@DESKTOP-A9DGV58: /mnt/c/users/usuario/openfoam/tfg/Pruebadin_Agal4
root@DESKTOP-A9DGV58:~# su alex
alex@DESKTOP-A9DGV58:/root$ cd /mnt/c/users/usuario/openfoam/tfg
alex@DESKTOP-A9DGV58:/mnt/c/users/usuario/openfoam/tfg$ ls
cannotopen: Prueba_transitorio2 Pruebadin_Agal Pruebadin_Agal2 Pruebadin_Agal3 Pruebadin_Agal4
alex@DESKTOP-A9DGV58:/mnt/c/users/usuario/openfoam/tfg$ cd Pruebadin_Agal4
alex@DESKTOP-A9DGV58:/mnt/c/users/usuario/openfoam/tfg/Pruebadin_Agal4$ ls
0 0.05 Allrun log.blockMesh log.surfaceFeatureExtract plot_residuals.m streamlines.pvsm
0.001 0.05 Allrun.pre log.simpleFoam malla.foam plot_yPlus.m system
1000 Allclean constant log.snappyHexMesh plot_cd.m postProcessing
alex@DESKTOP-A9DGV58:/mnt/c/users/usuario/openfoam/tfg/Pruebadin_Agal4$
```



# Procedimiento seguido para ejecutar las simulaciones

## Definición del problema

Sistema de unidades

Tipo de simulación

Fluido

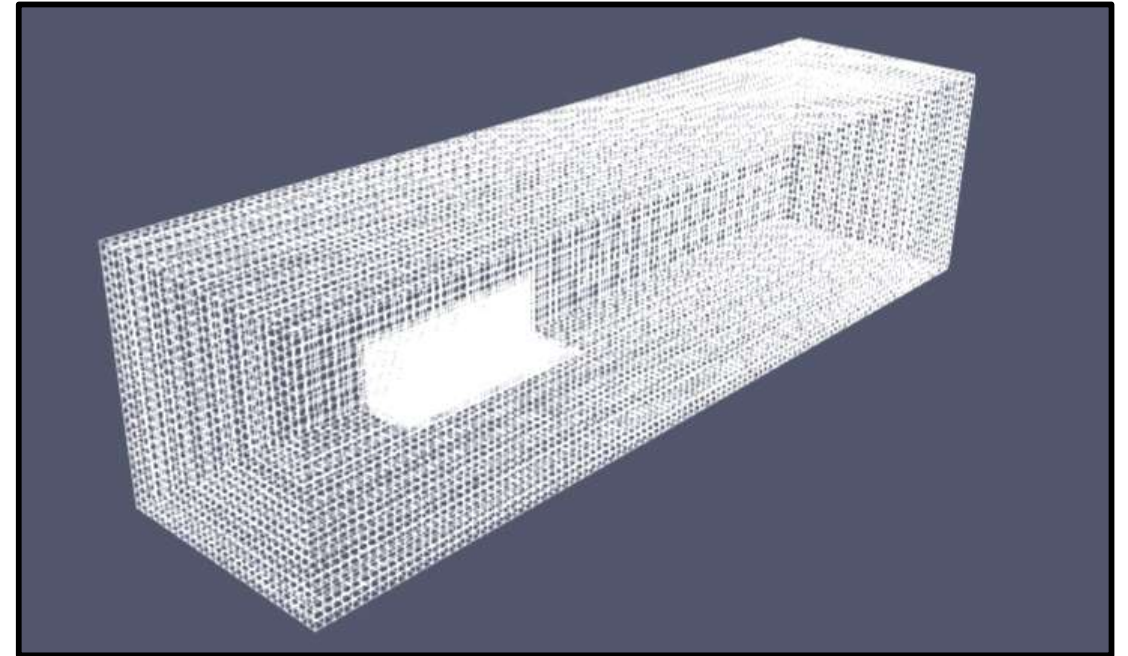
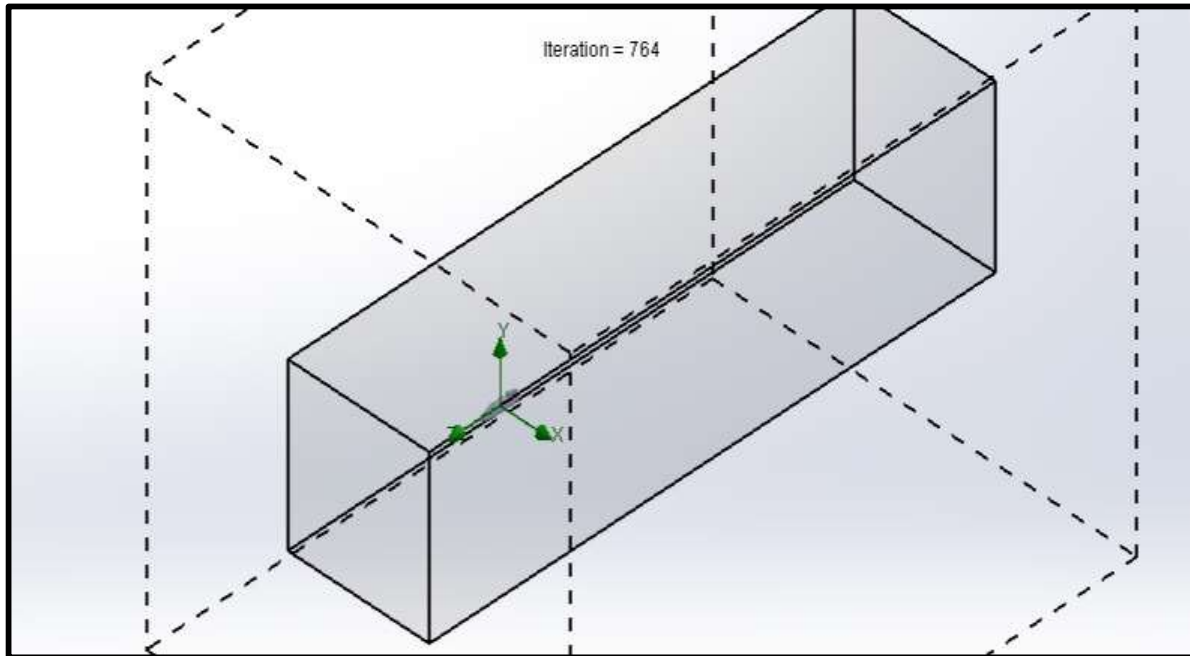
Tipo de flujo

Velocidad del flujo

Parámetros de  
turbulencia

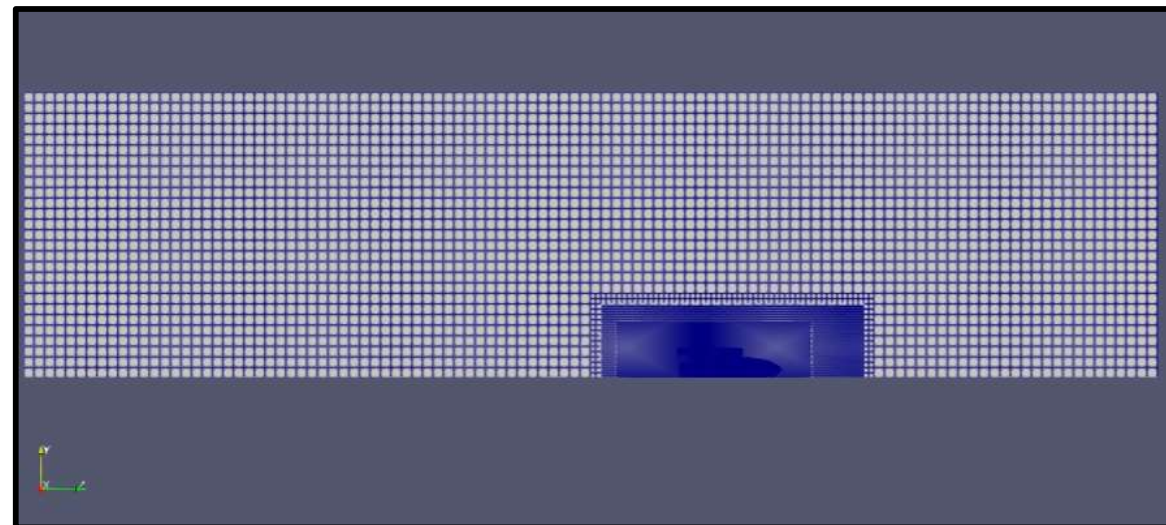
# Procedimiento seguido para ejecutar las simulaciones

## Establecimiento del dominio de cálculo

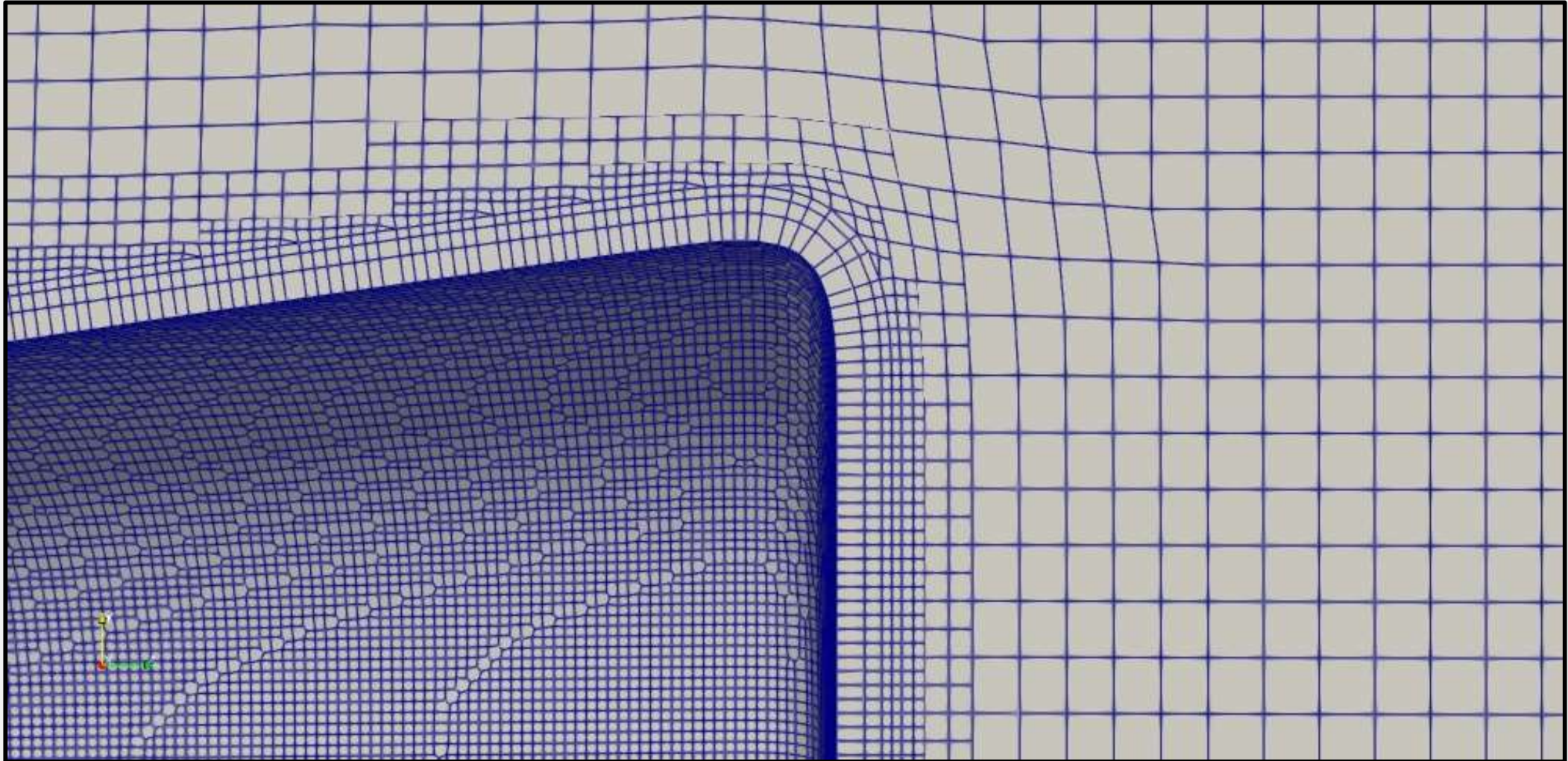


# Procedimiento seguido para ejecutar las simulaciones

## Generación de la malla



## Detalle de las “Inflation layers”



# Selección de parámetros de la simulación

Conjunto de ecuaciones

Modelo de turbulencia

Solvers empleados

Criterios de  
convergencia

Condiciones de contorno

Parámetros de  
estabilidad de la  
simulación

# Selección de parámetros de simulación

| Parámetros diferentes                |                                                                               |                                                                      |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|                                      | OpenFOAM                                                                      | Flow Simulation                                                      |
| Conjunto de ecuaciones               | Random Averaged Navier-Stokes                                                 | Favre Averaged Navier-Stokes                                         |
| Modelo de turbulencia                | kOmegaSST                                                                     | k-epsilon                                                            |
| Funciones de pared                   | kqRWallFunction<br>nutkWallFunction<br>omegaWallFunction<br>No Slip Condition | Two Scales Wall Functions<br>No Slip Condition                       |
| fvSchemes<br>fvSolution              | Archivo en anexo<br>Archivo en anexo                                          | Documentación SW FS pag. 103-104<br>Documentación SW FS pag. 104-106 |
| Parámetros de configuración de malla |                                                                               |                                                                      |
| Nº de celdas entre niveles           | 2                                                                             | 1                                                                    |
| Criterio de curvatura                | 30°                                                                           | 18°                                                                  |
| Nivel de refinamiento                | Carrocería: (7 7)<br>Galga: (4 5)                                             | Carrocería: (5 6)<br>Galga: (5 6)                                    |
| Capas de celdas                      | Si                                                                            | -                                                                    |
| Controles de calidad de malla        |                                                                               |                                                                      |
| minDeterminant                       | 1e-4                                                                          | -                                                                    |
| minTetQuality                        | -1e+30                                                                        | -                                                                    |
| maxNonOrtho                          | 80                                                                            | -                                                                    |
| maxSkewness                          | 3                                                                             | -                                                                    |

# Ejecución de las simulaciones y postprocesado

Estudio de convergencia  
de malla

Monitorización del valor  
“ $y^+$ ”

Monitorización de los  
residuos

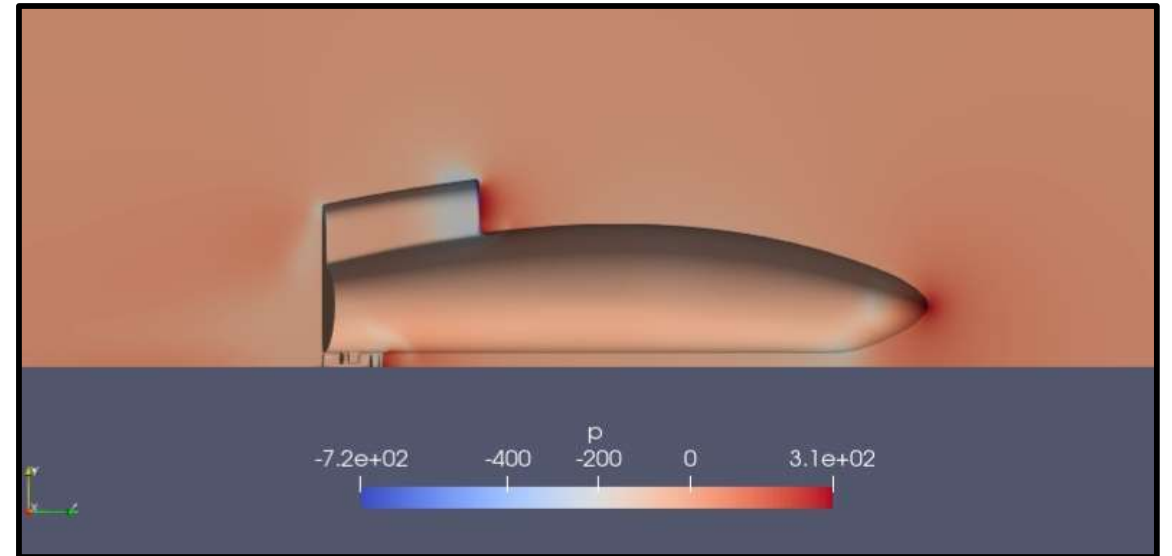
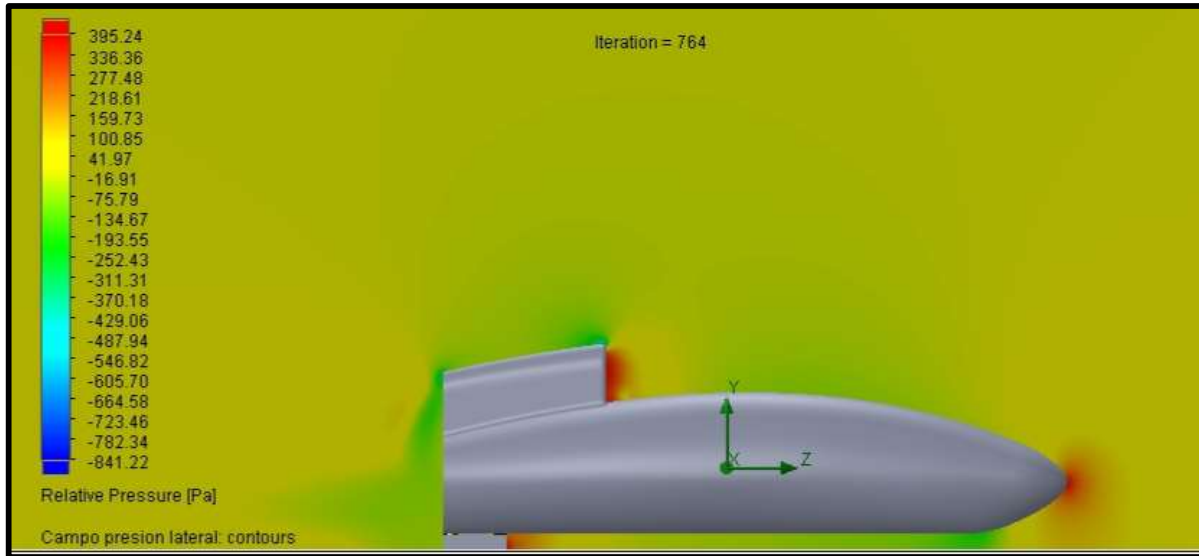
Visualización de gráficos

Visualización de campos  
de velocidad y presión

Visualización de líneas  
de corriente

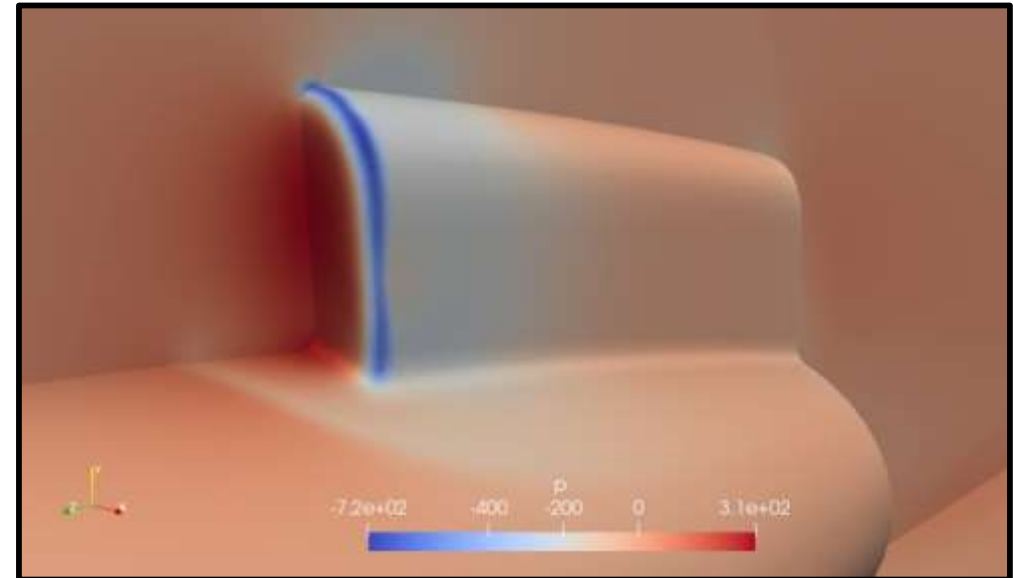
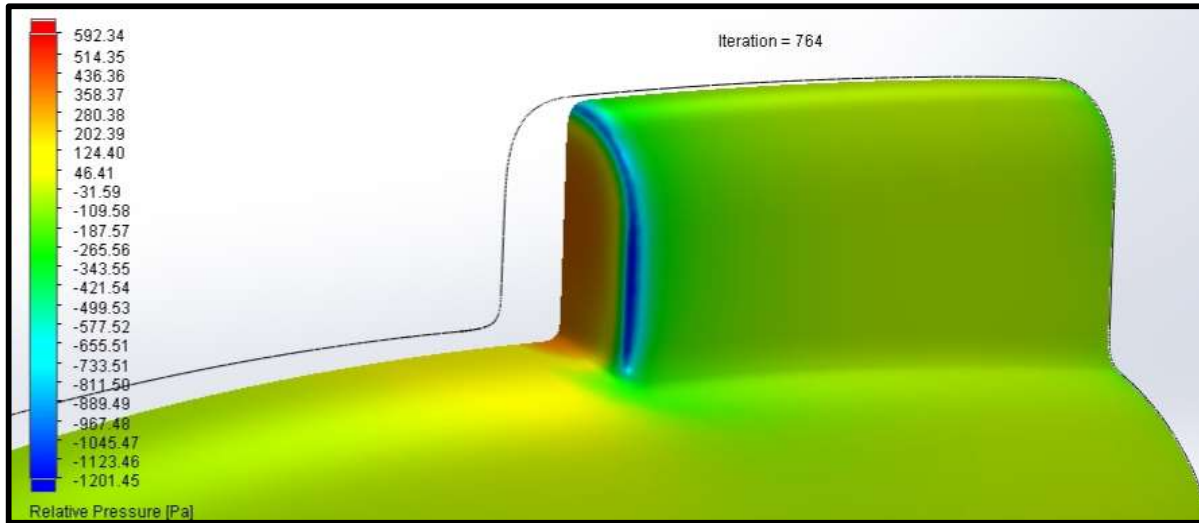
# Resultados finales

## Campo de presiones lateral



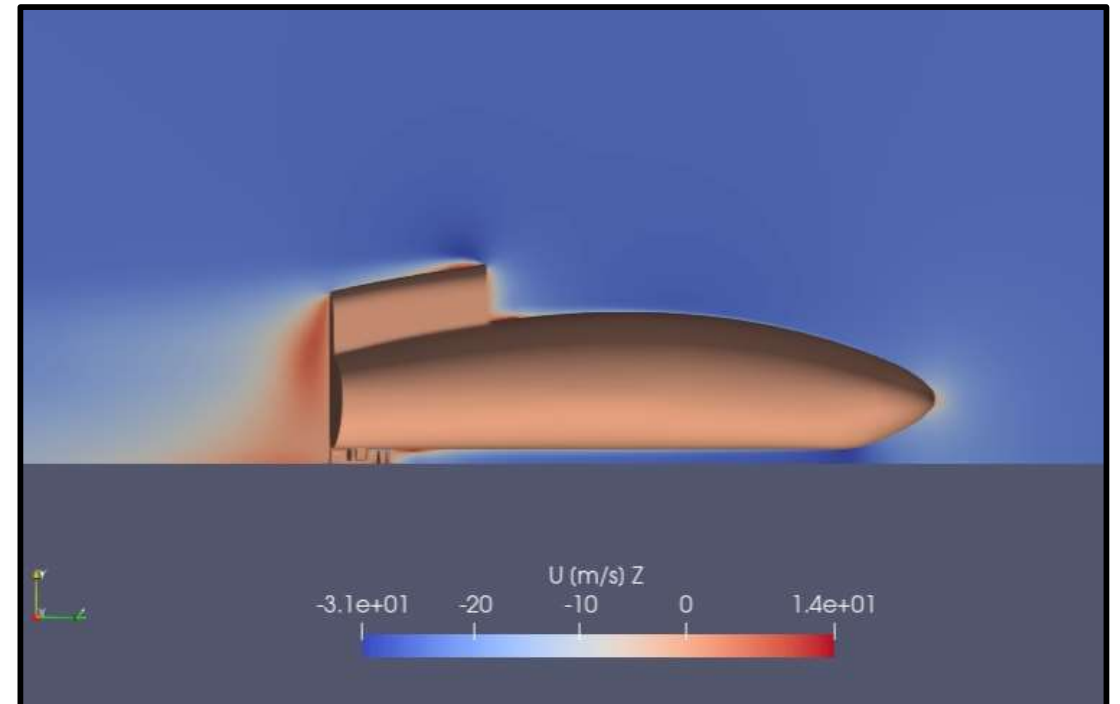
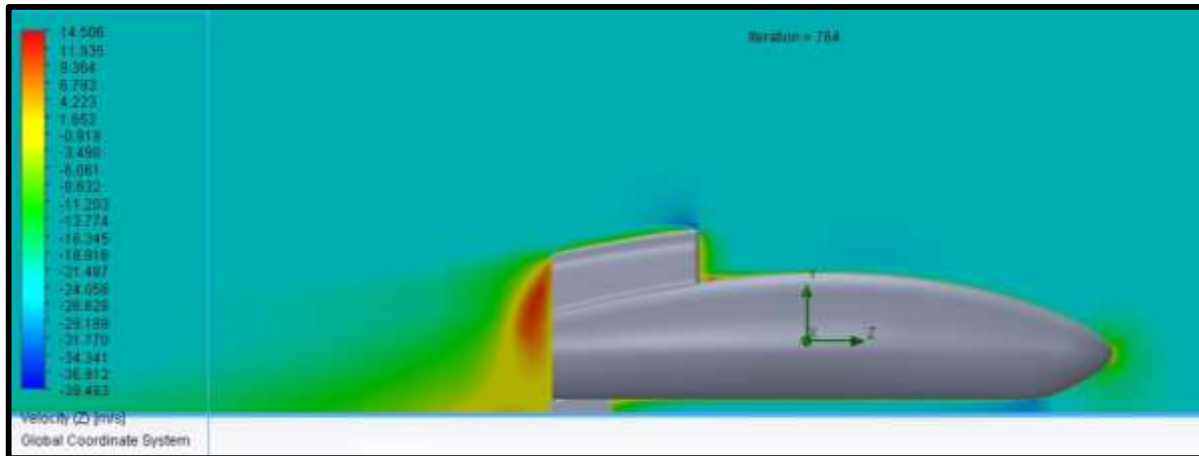
# Resultados finales

## Campo de presiones en la joroba



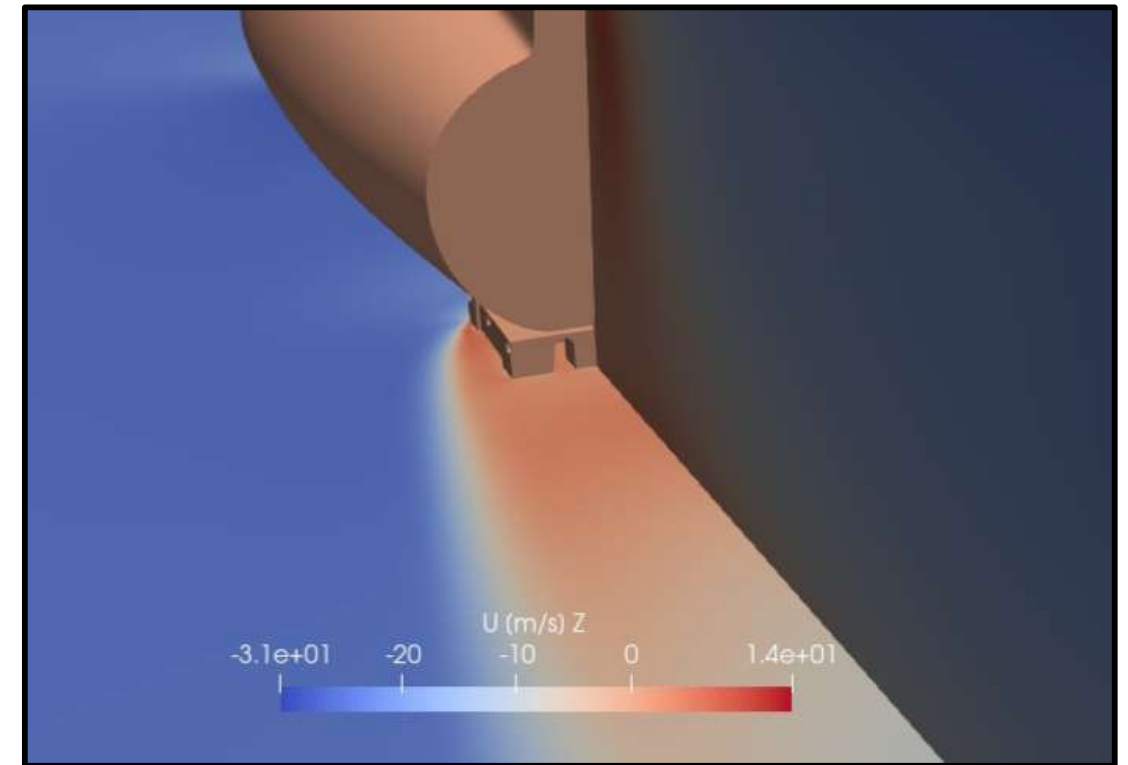
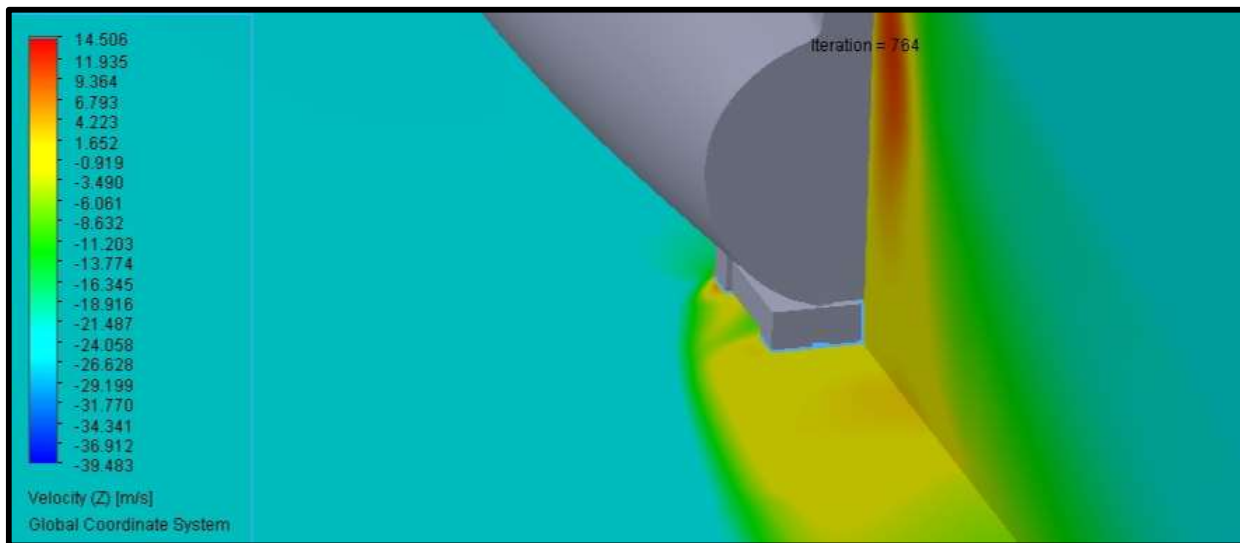
# Resultados finales

## Campo de velocidades lateral



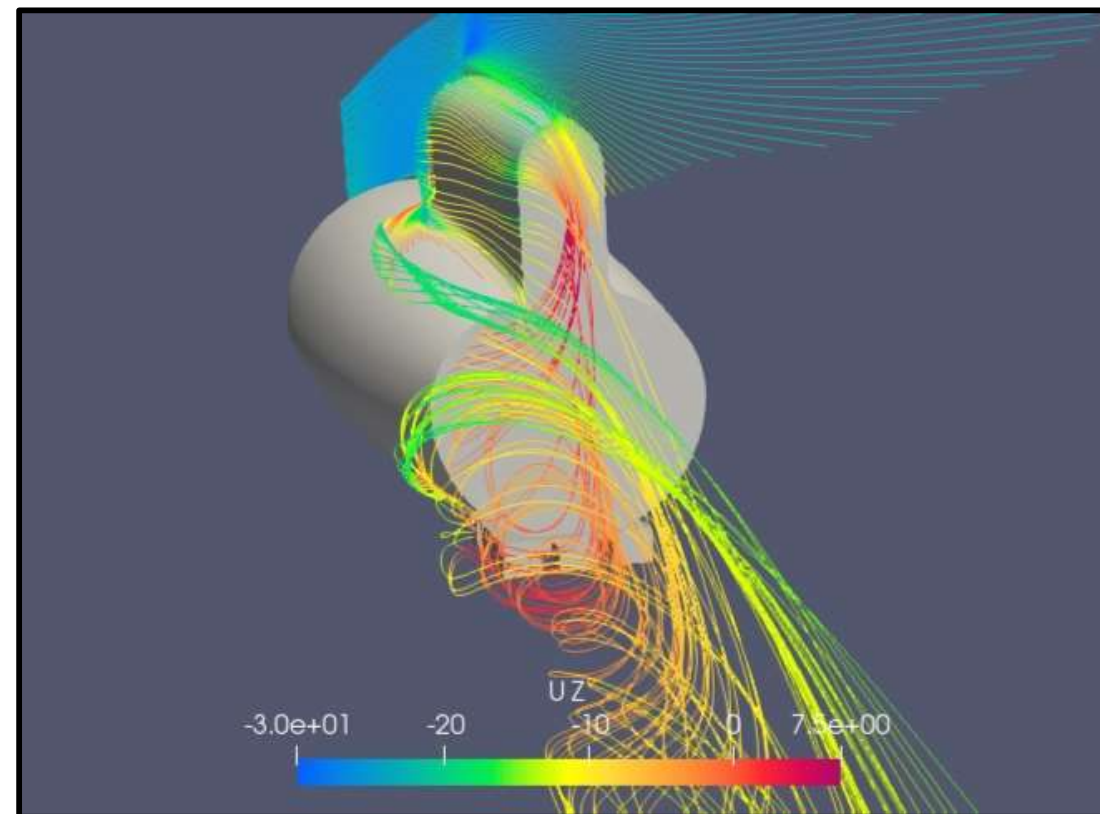
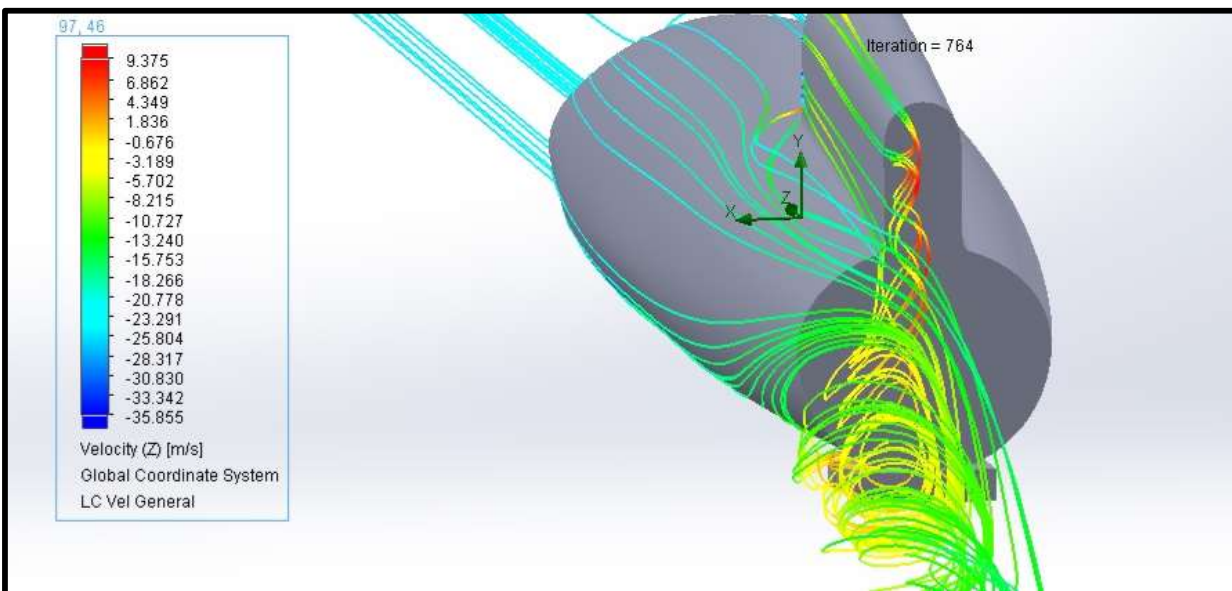
# Resultados finales

## Campo de velocidades de la parte trasera



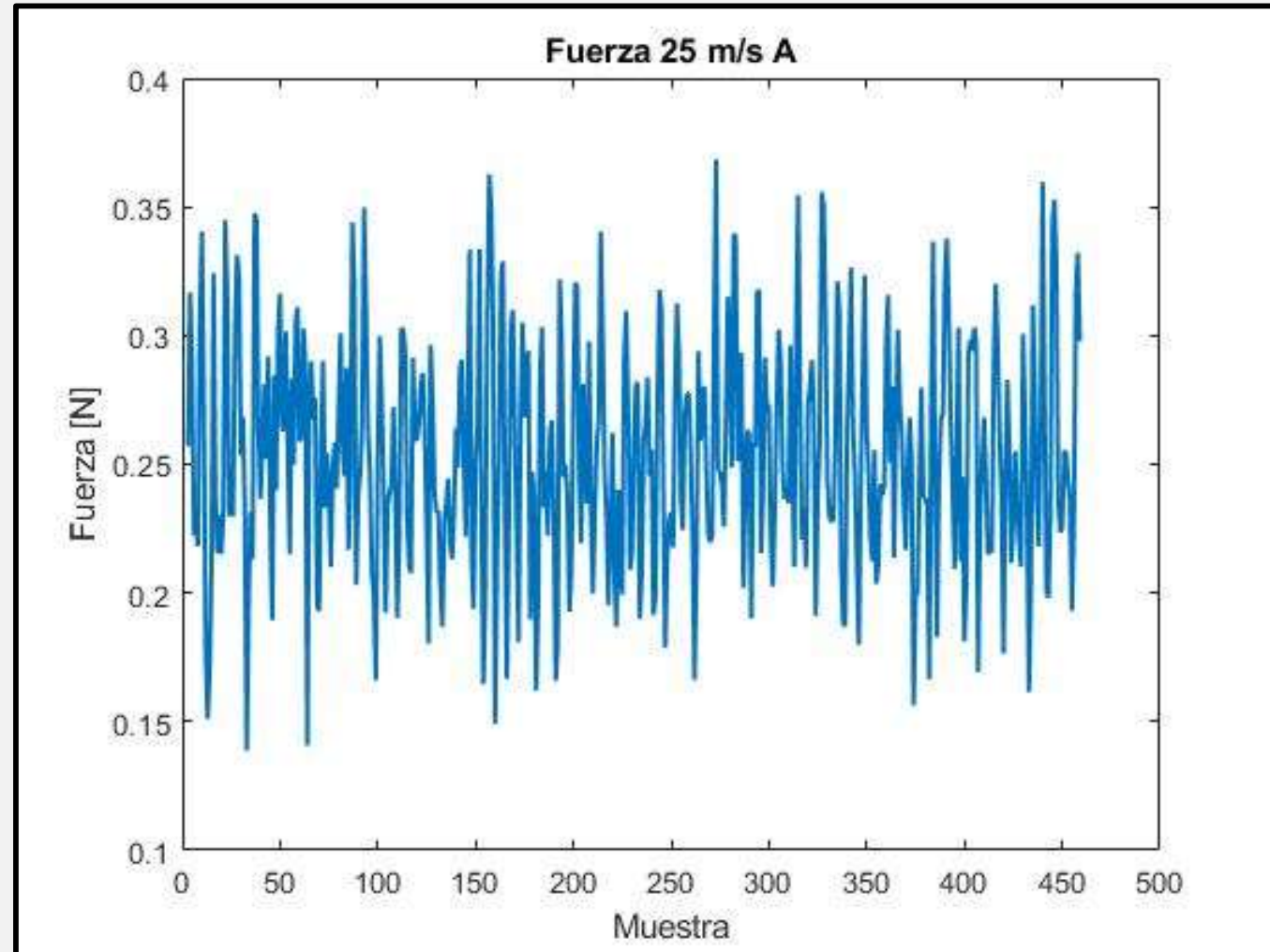
# Resultados finales

## Líneas de corriente de la parte trasera

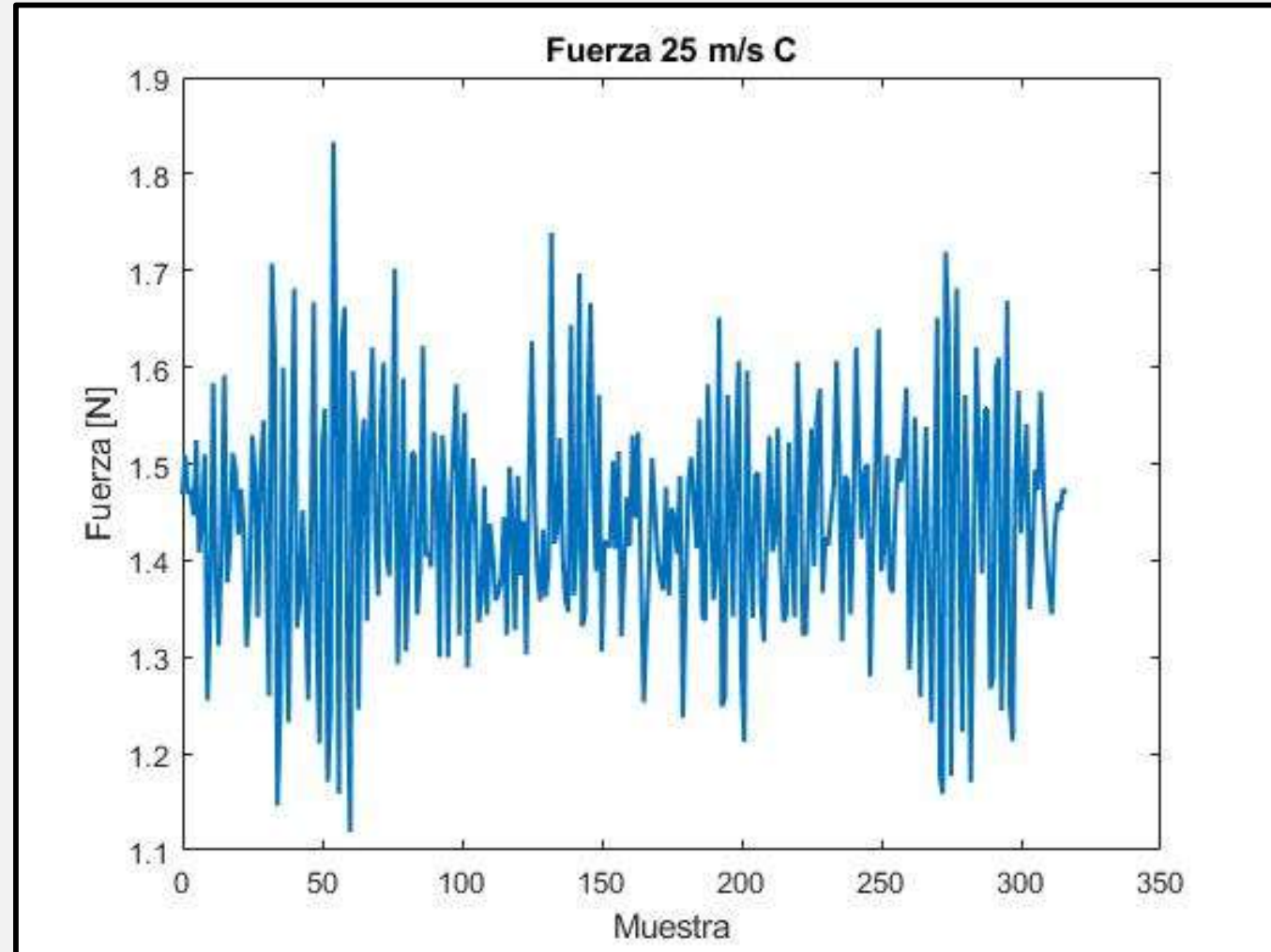


## Resultados obtenidos en el túnel de viento

### Fuerza sobre la célula de carga



## Resultados obtenidos en el túnel de viento Fuerza sobre la carrocería



## Resultados finales

|                   | OpenFoam    | Flow Simulation | Túnel viento |
|-------------------|-------------|-----------------|--------------|
| Nº celdas         | 2679878     | 2063081         | -            |
| Cd All            | 0,3197      | 0,301           | -            |
| Cd Carrocería     | 0,296       | 0,275           | 0,3588       |
| Cl All            | 0,178       | 0,191           | -            |
| Cl Carrocería     | 0,173       | 0,163           | -            |
| Fz All            | -1,055 N    | -0,996 N        | -            |
| Fz Carrocería     | -0,935 N    | -0,868 N        | -1,1845 N    |
| Fy All            | 0,587 N     | 0,632 N         | -            |
| Fy Carrocería     | 0,547 N     | 0,538 N         | -            |
| Tiempo simulacion | 14 h 47 min | 10 h            | -            |

# **Conclusiones**