

# Aerodinámica aplicada

Experiencias en el estudio y desarrollo  
de dispositivos aerodinámicos

**Ing. Freddy Faúndez Campodónico**  
Director Ejecutivo Venti SpA.



# Enfoque integral:

## 1.- Camión como unidad compuesta:

1924



1980



2011



2020



# Enfoque integral:

## 1.- Camión como unidad compuesta:



# Enfoque integral:

## 1.- Camión como unidad compuesta:



# Enfoque integral:

## 1.- Camión como unidad compuesta:



# Enfoque integral:

## 1.- Camión como unidad compuesta:



# Enfoque integral:

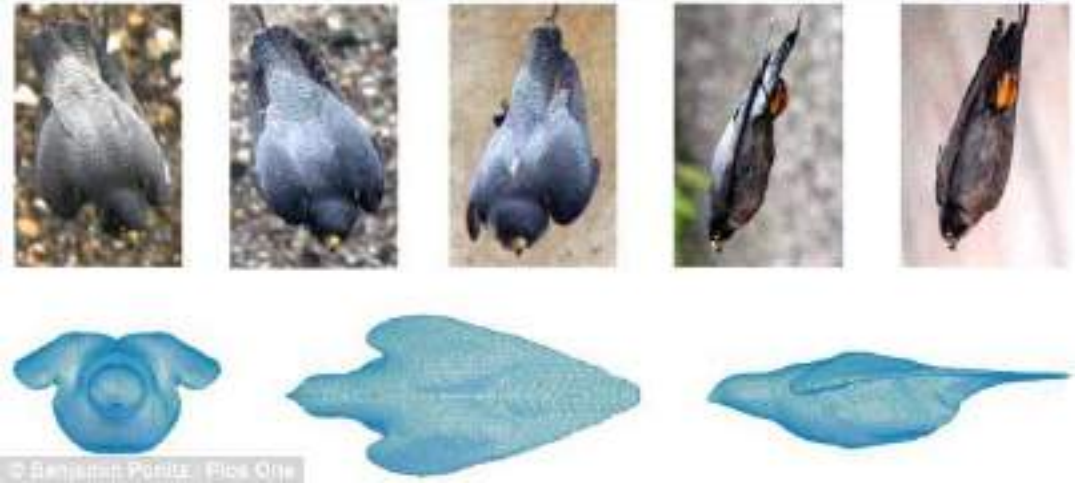
## 1.- Camión como unidad compuesta:





# Enfoque integral:

## 1.- Camión como unidad compuesta:

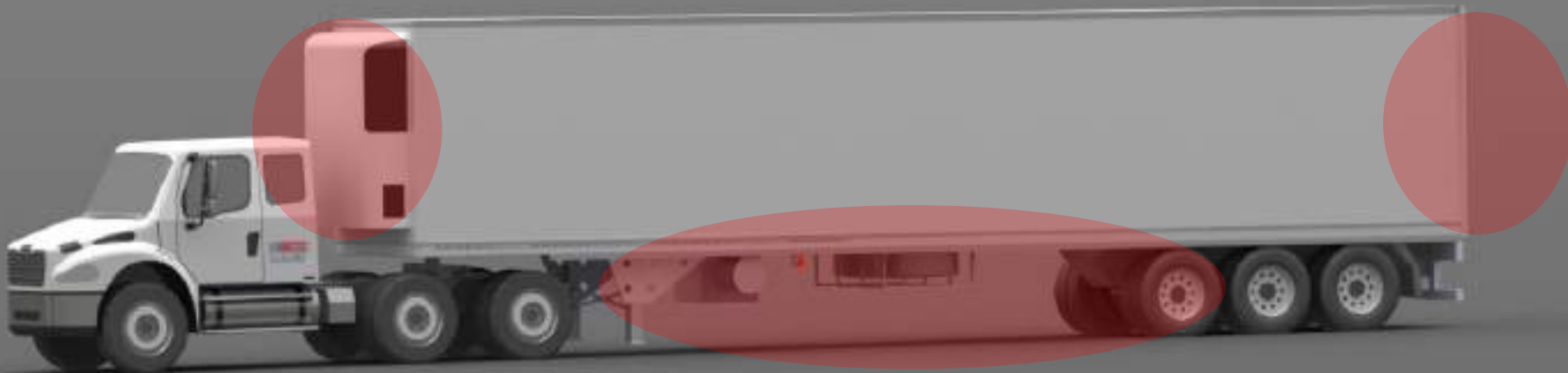


Velocidad máxima de 293 km/h



# Enfoque integral:

## 1.- Camión como unidad compuesta: La importancia del semirremolque



# Enfoque integral:

## 1.- Camión como unidad compuesta: La importancia del semirremolque



# Enfoque integral:

## 1.- Camión como unidad compuesta: La importancia del semirremolque



# Enfoque integral:

## 1.- Camión como unidad compuesta: La importancia del semirremolque



# Enfoque integral:

## 1.- Camión como unidad compuesta: La importancia del semirremolque





# Enfoque integral:

## 1.- Camión como unidad compuesta: La importancia del semirremolque





# Aerodinámica en camiones:

## 2.- Análisis del problema físico:

Si la mejora aerodinámica funciona, siempre funcionará



Fuente: Agencia Chilena de Eficiencia Energética



# Aerodinámica en camiones:

## 2.- Análisis del problema físico:

Si la mejora aerodinámica funciona, siempre funcionará

15% real



Fuente: Agencia Chilena de Eficiencia Energética



# Aerodinámica en camiones:

## 2.- Análisis del problema físico: La aerodinámica depende de la velocidad



EEUU: 120 km/hr



Latinoamérica: 80 km/hr y 90 km/hr

# Aerodinámica en camiones:

2.- Análisis del problema físico: La aerodinámica depende de la velocidad

¡¡Debemos rehacerlo pero en español!!



EEUU: 120 km/hr



Latinoamérica: 80 km/hr y 90 km/hr

# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler



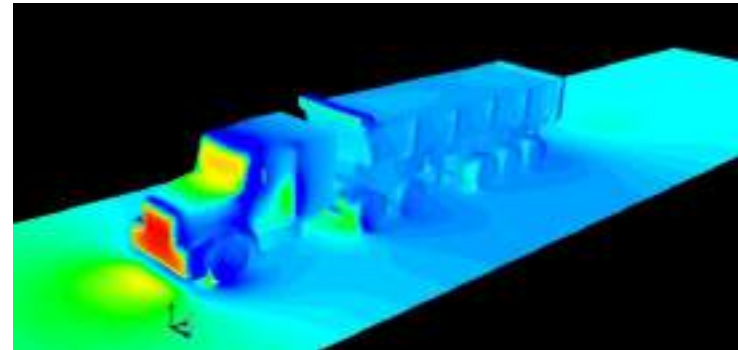
- Estudios teóricos
- Ensayos a escala
- Pruebas de prototipos
- Desarrollo de innovaciones y evaluaciones

# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Caso práctico







# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Caso práctico

### Métodos de simulación numérica matemática

$$\rho \left( \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_r \frac{\partial v_x}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \frac{\partial v_x}{\partial \varphi} \right) = K_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_x}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_x}{\partial \varphi^2} \right)$$

$$\rho \left( \frac{\partial v_r}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_r}{\partial x} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + \frac{v_\varphi^2}{r} \right) = K_r - \frac{\partial p}{\partial r} + \mu \left( \frac{\partial^2 v_r}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_r}{\partial \varphi^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} - \frac{v_r}{r^2} \right)$$

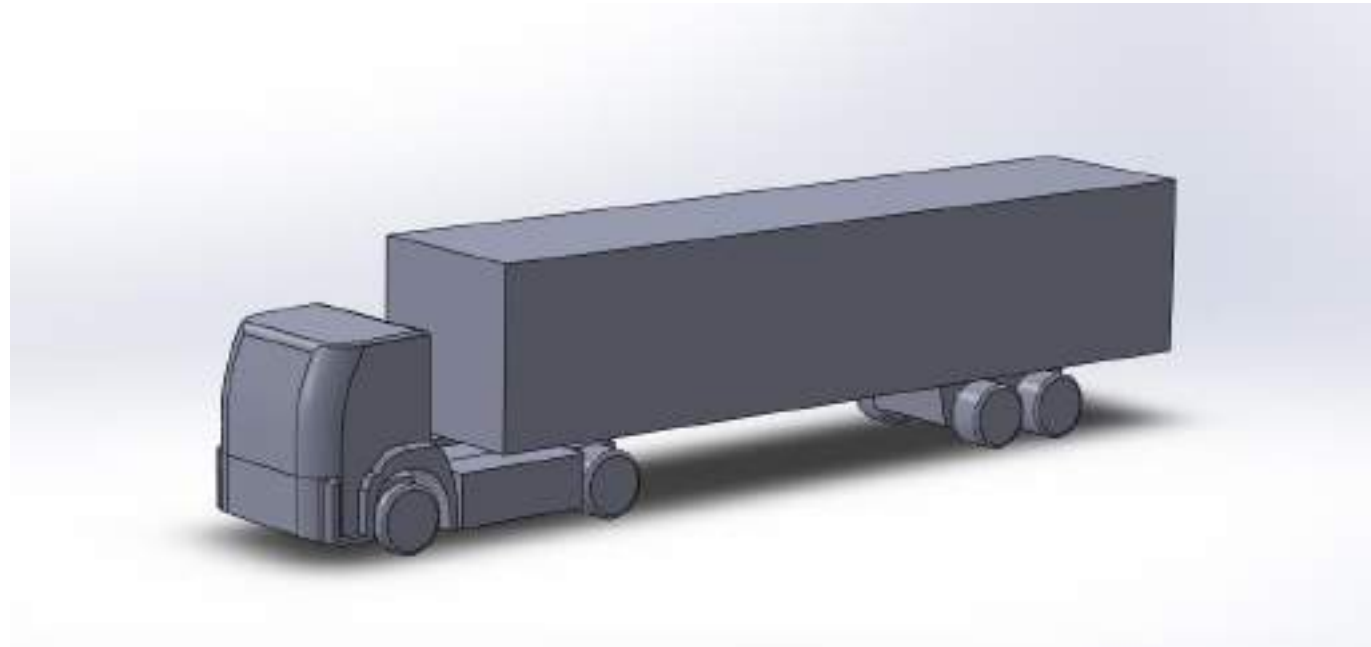
$$\rho \left( \frac{\partial v_\varphi}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_\varphi}{\partial x} + v_r \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{v_r v_\varphi}{r} \right) = K_\varphi - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \varphi} + \mu \left( \frac{\partial^2 v_\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_\varphi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_\varphi}{\partial \varphi^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} - \frac{v_\varphi}{r^2} \right)$$



C. Navier (1785-1836) y G. Stokes (1819-1903)

# Experiencia práctica

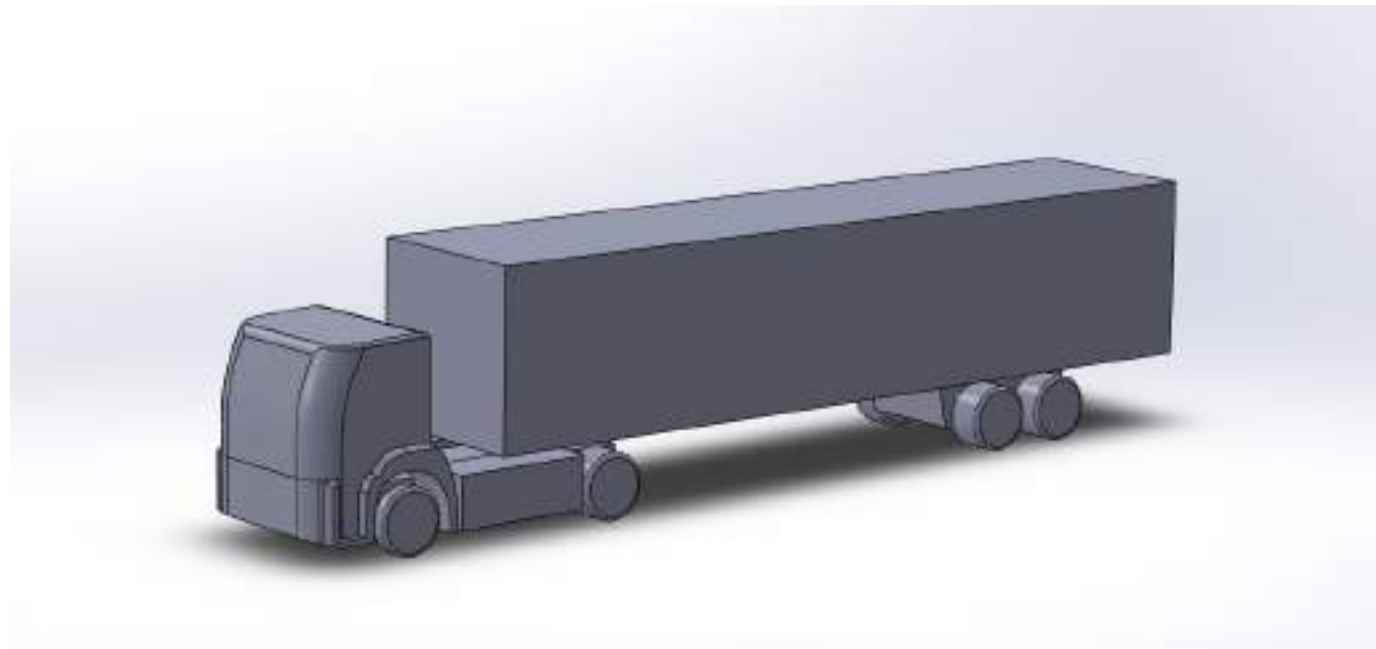
## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Modelo simplificado



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Modelo simplificado

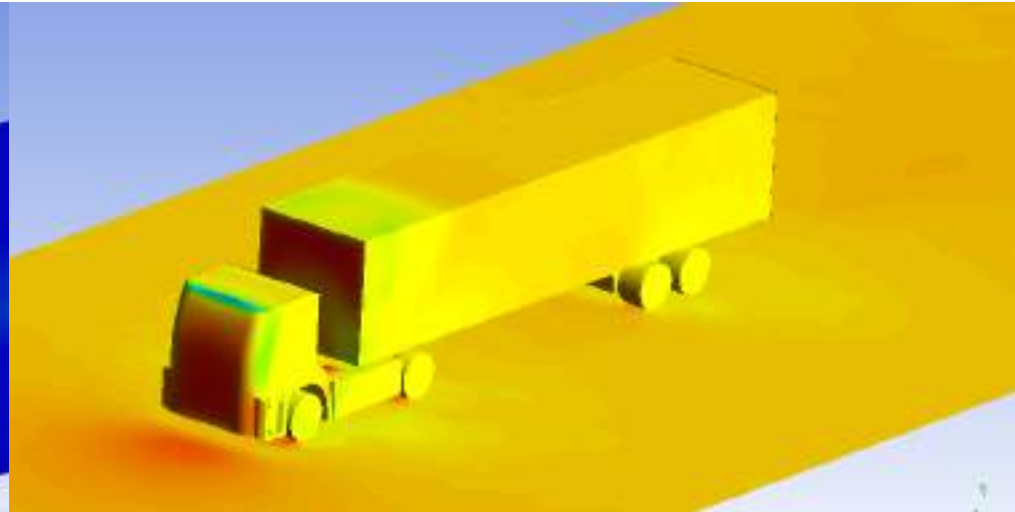
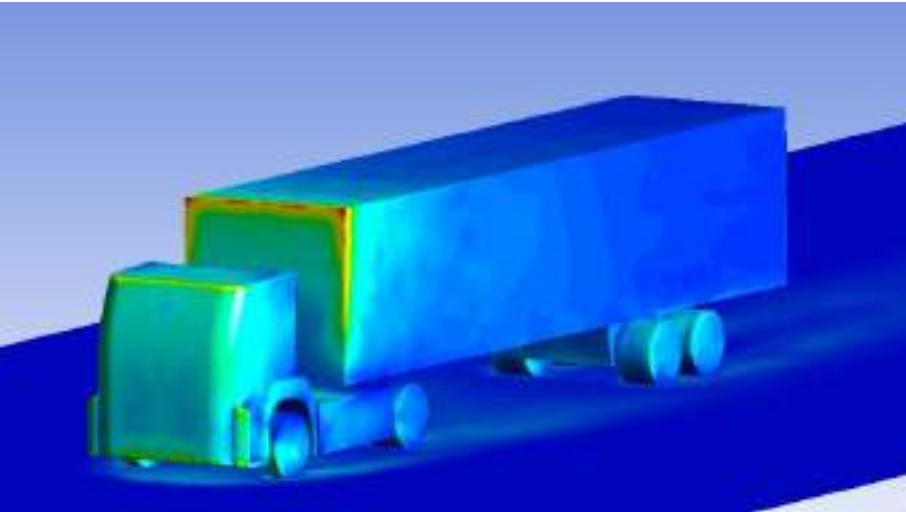
... ¿y que simplificamos?



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Modelo simplificado

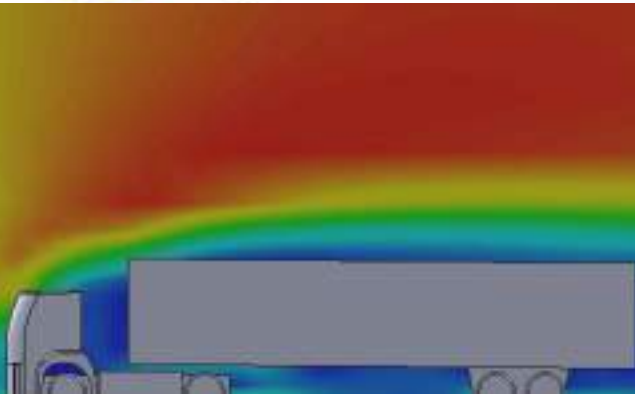
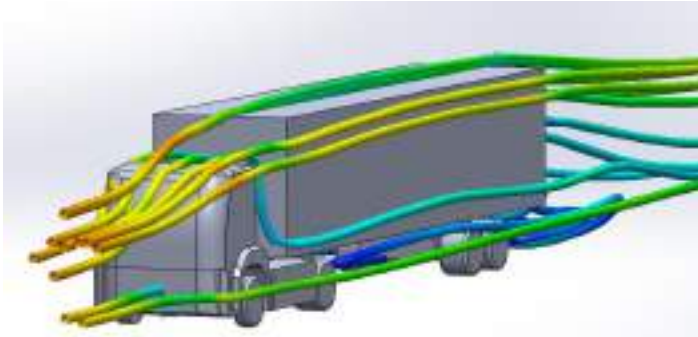
Métodos de simulación numérica computacional



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: ;Modelo simplificado

Métodos de simulación numérica computacional

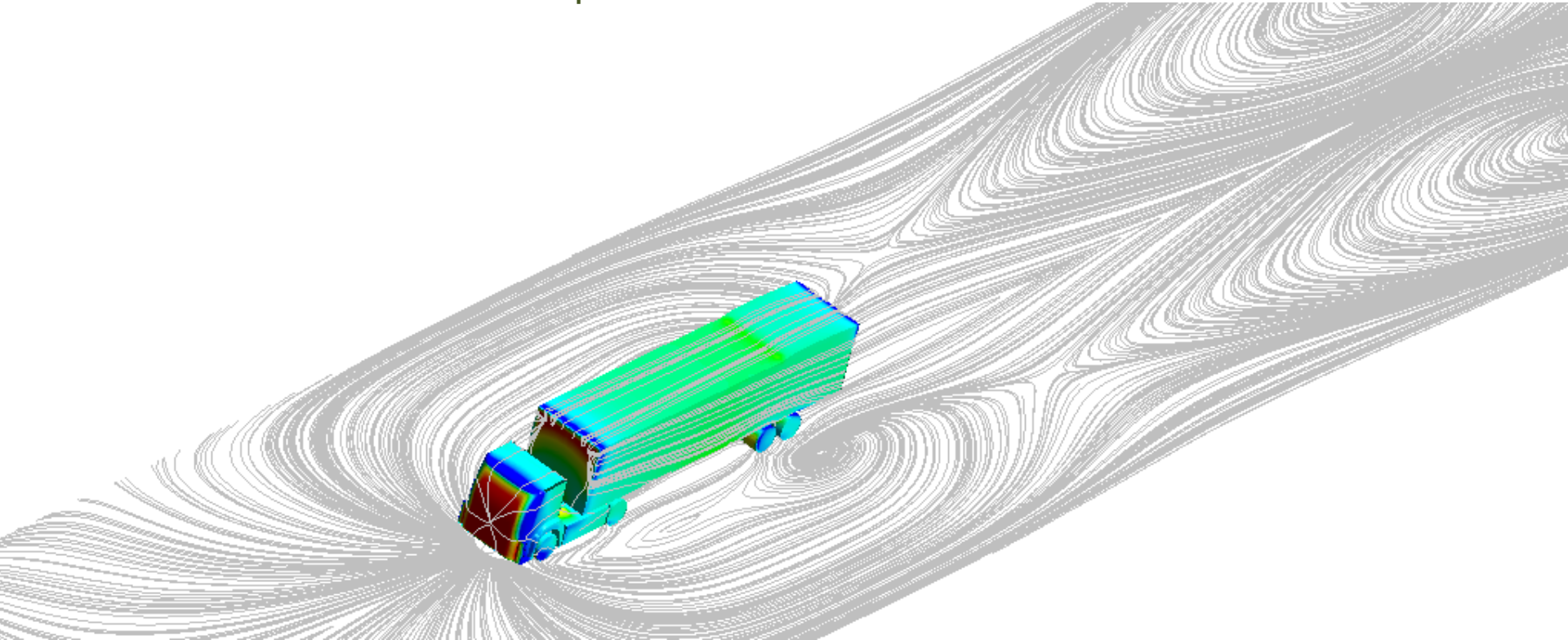




# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Modelo simplificado

Métodos de simulación numérica computacional



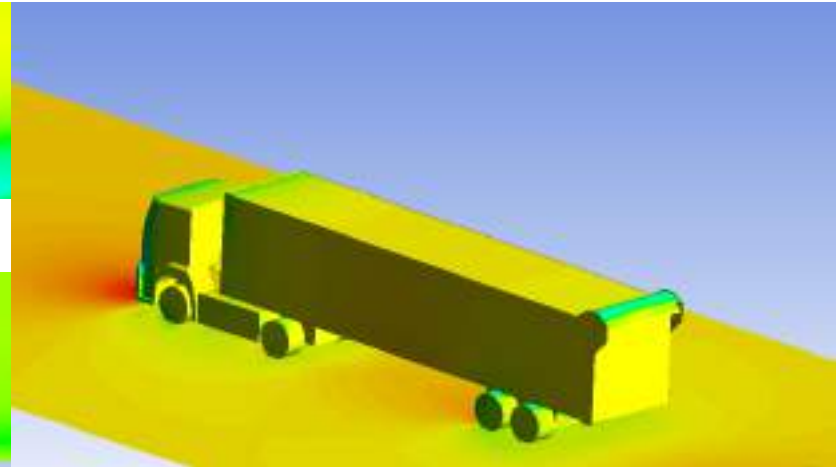
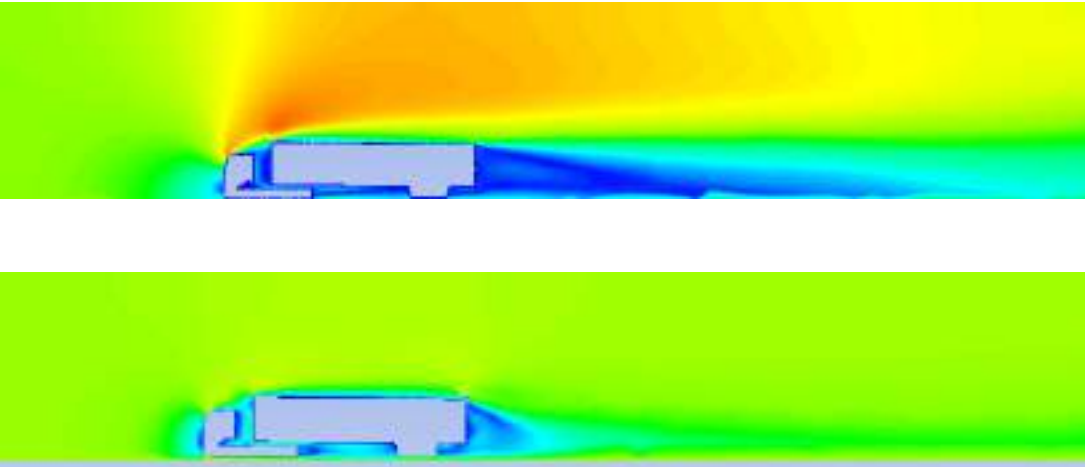
# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Primer prototipo



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Primer prototipo



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Túnel de viento 1/27



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Túnel de viento 1/27



# Experiencia práctica

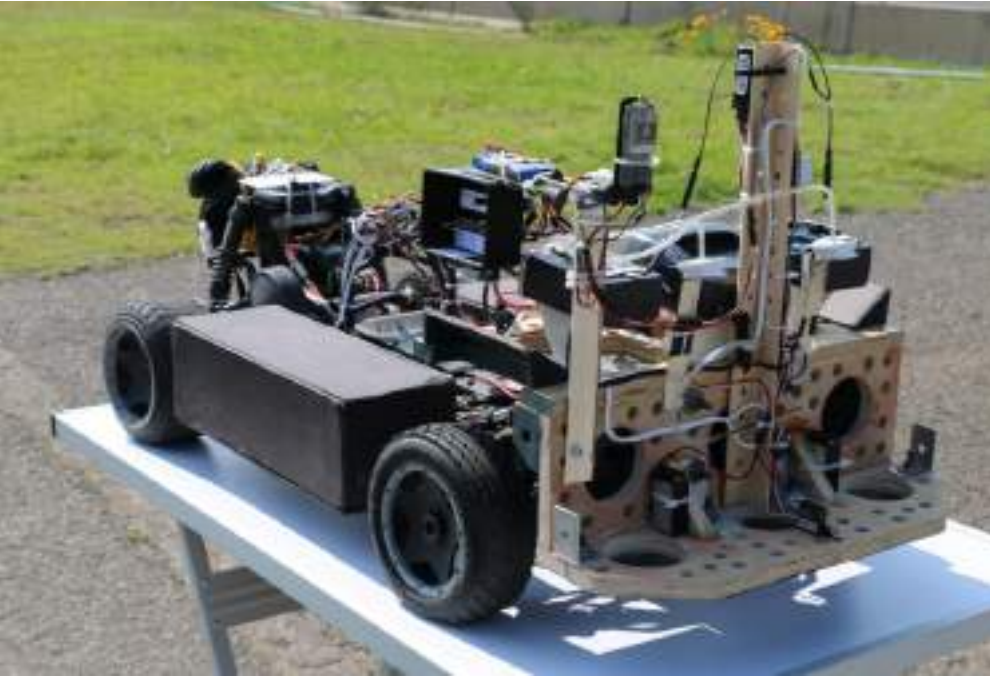
## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Nuevo ensayo a escala 1/6





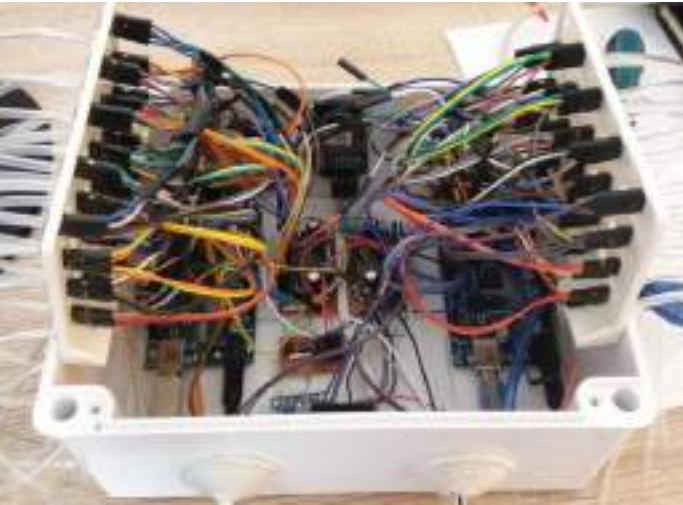
# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Nuevo ensayo a escala 1/6



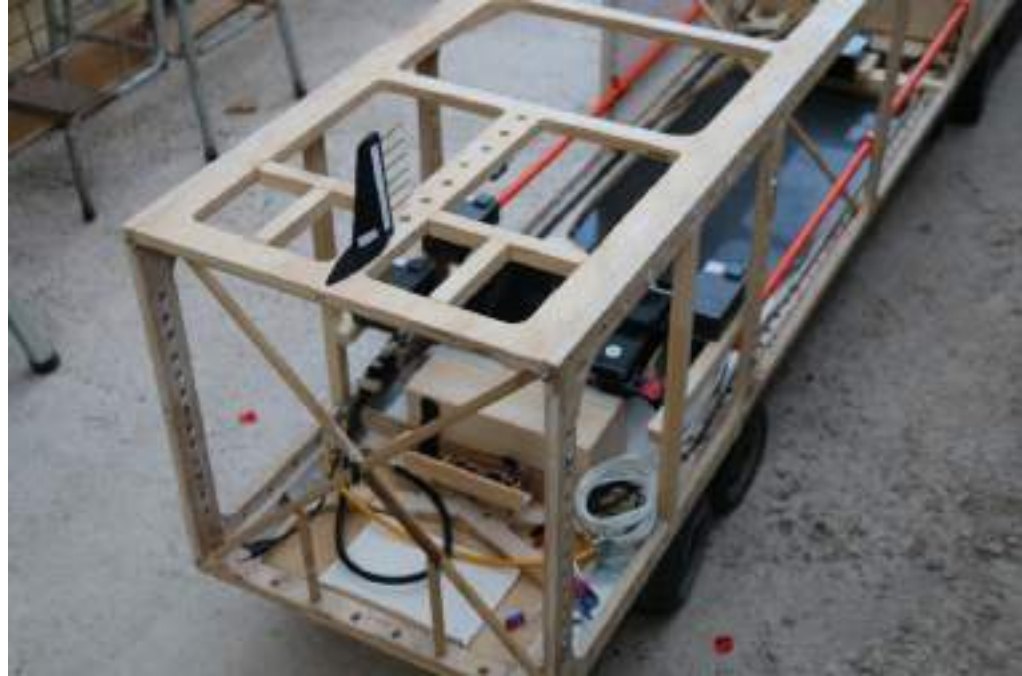
# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Nuevo ensayo a escala 1/6



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Nuevo ensayo a escala 1/6



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Nuevo ensayo a escala 1/6





# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Nuevo ensayo a escala 1/6



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Nuevo ensayo a escala 1/6





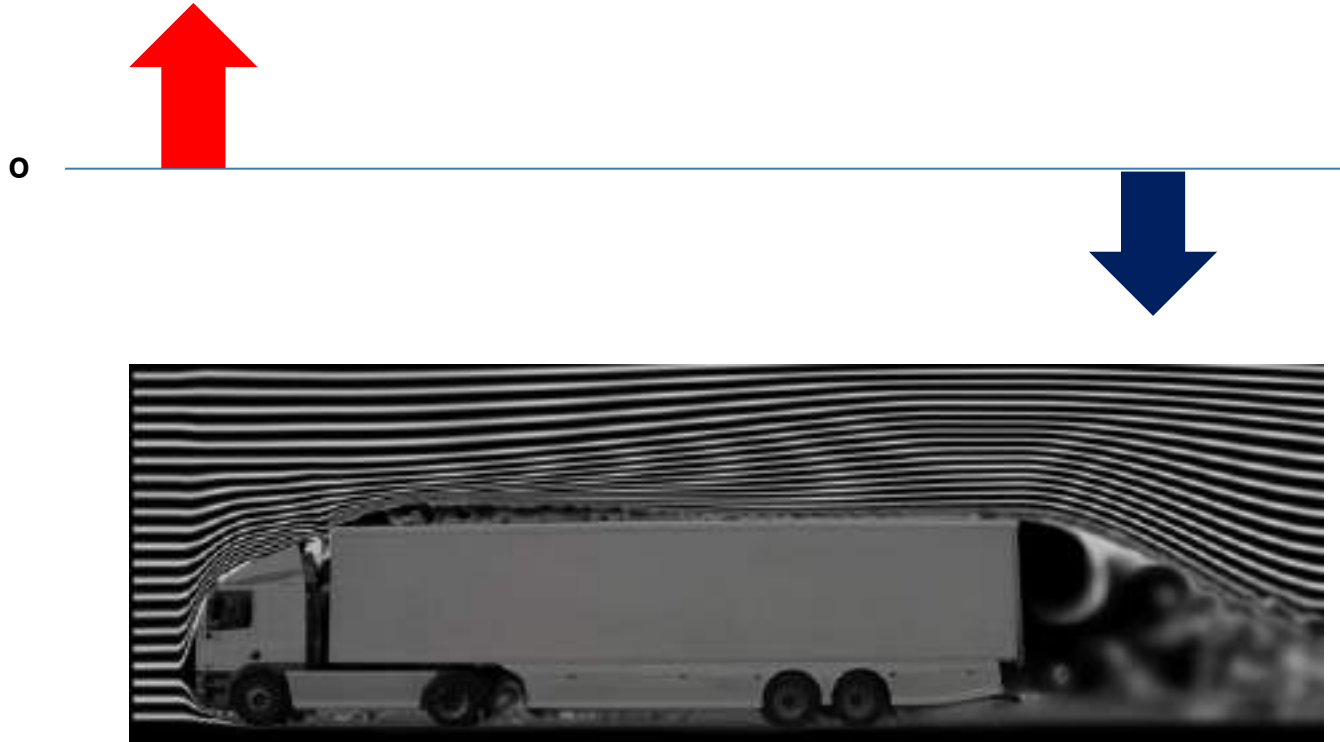
# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Nuevo ensayo a escala 1/6



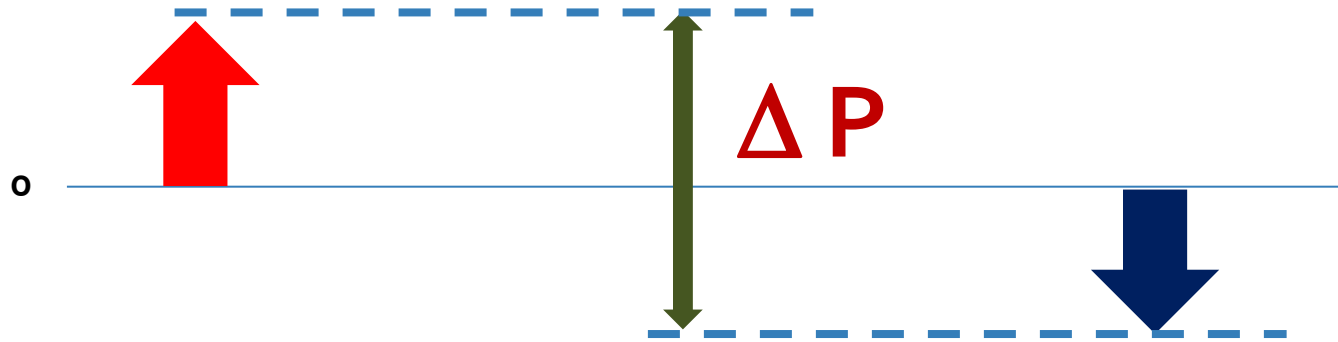
# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Nuevo ensayo a escala 1/6



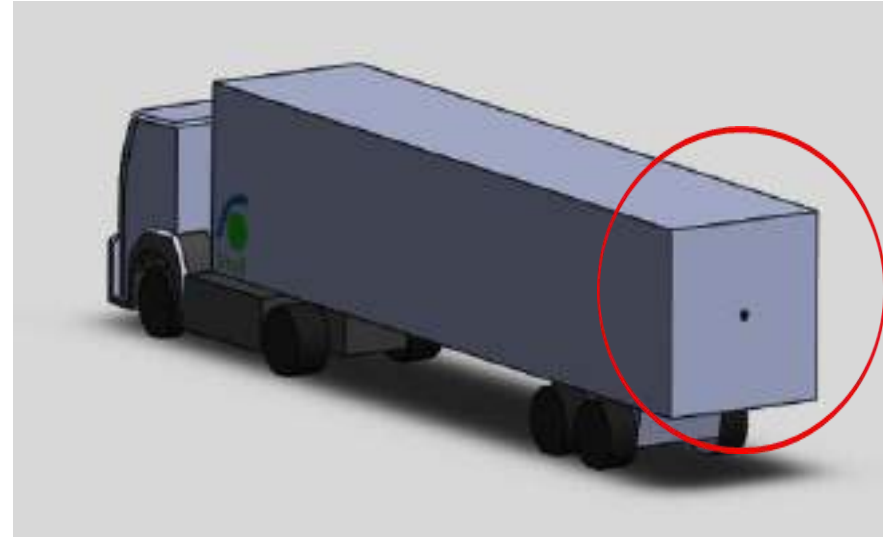
# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Nuevo ensayo a escala 1/6



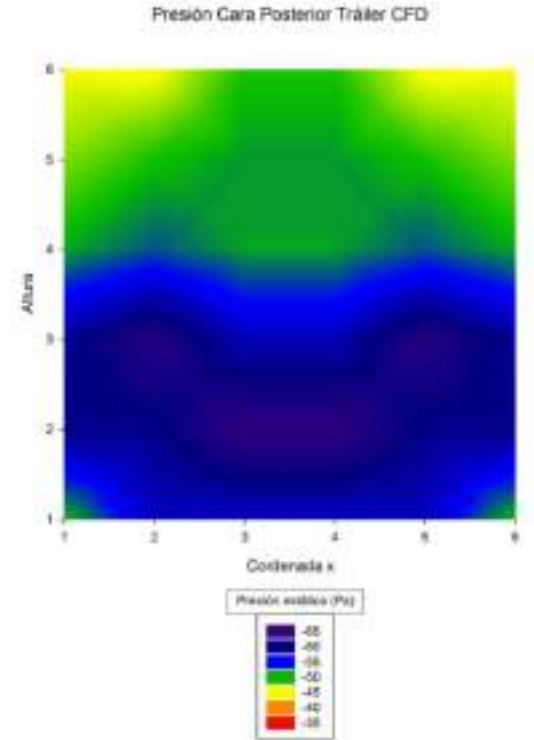
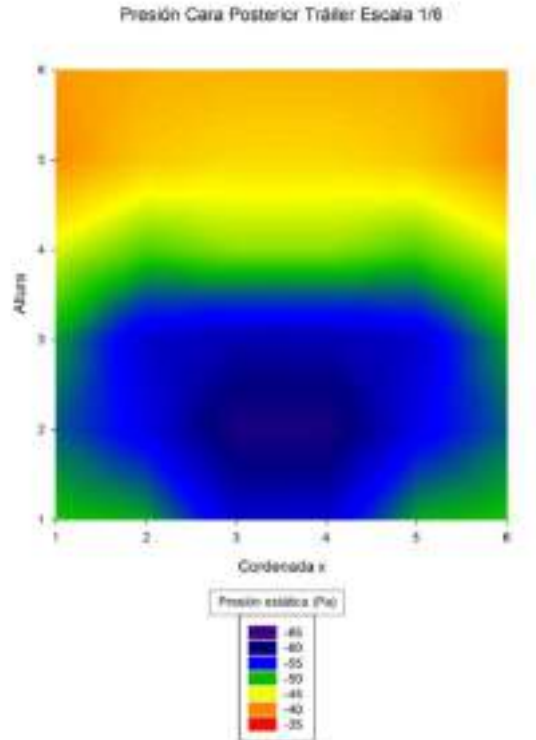
# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Nuevo ensayo a escala 1/6



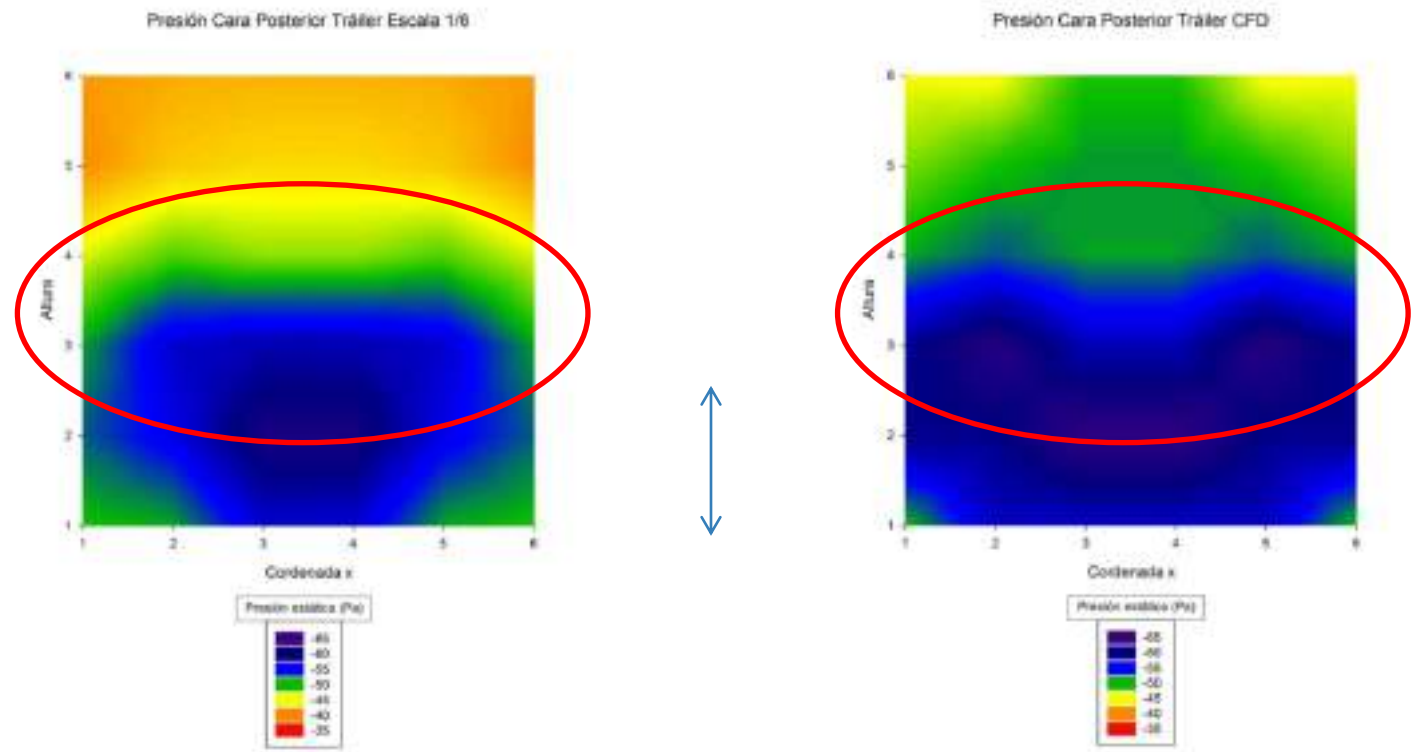
# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Nuevo ensayo a escala 1/6



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Nuevo ensayo a escala 1/6





# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Prototipo escala real



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Prototipo escala real



# Experiencia práctica

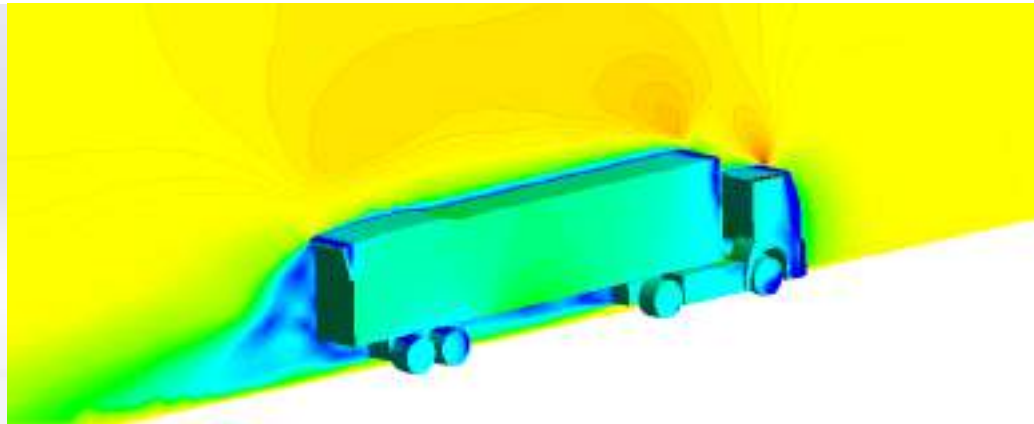
## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Prototipo escala real

*... “Si no estamos fallando, no estamos innovando lo suficiente” Elon Musk*



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Diseño mejorado



# Experiencia práctica

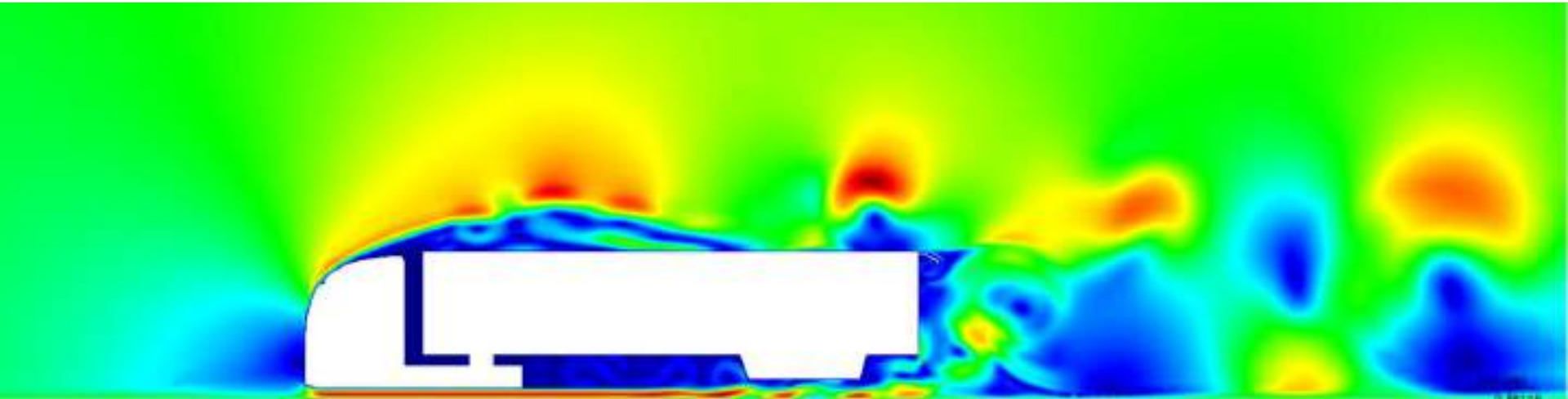
## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Diseño mejorado



DEPARTAMENTO DE  
**INGENIERÍA  
MECÁNICA**  
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE



**CONICYT**  
Comisión Nacional de Investigación  
Científica y Tecnológica





# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Volver al Túnel de viento





# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Volver a la escala 1/6



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Ensayo escala real



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Difusión en rubro transporte



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Difusión en prensa





# Experiencia práctica

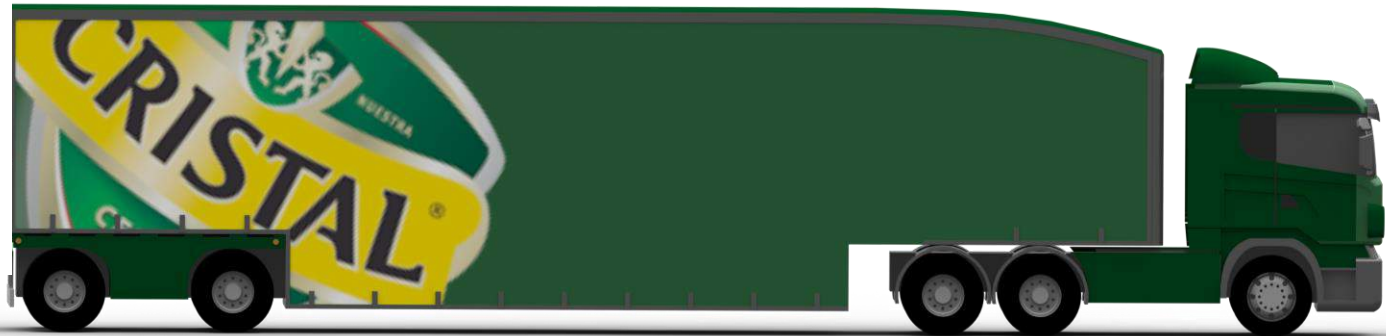
## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Difusión académica & innovación

- 7 Congresos de ingeniería y ciencias
- 3 Publicaciones científicas internacionales
- 3 Seminarios de Industria e innovación en latam
- 2 Conferencias internacionales de ciencia
- 3 Jornadas de ingeniería latam



# Experiencia práctica

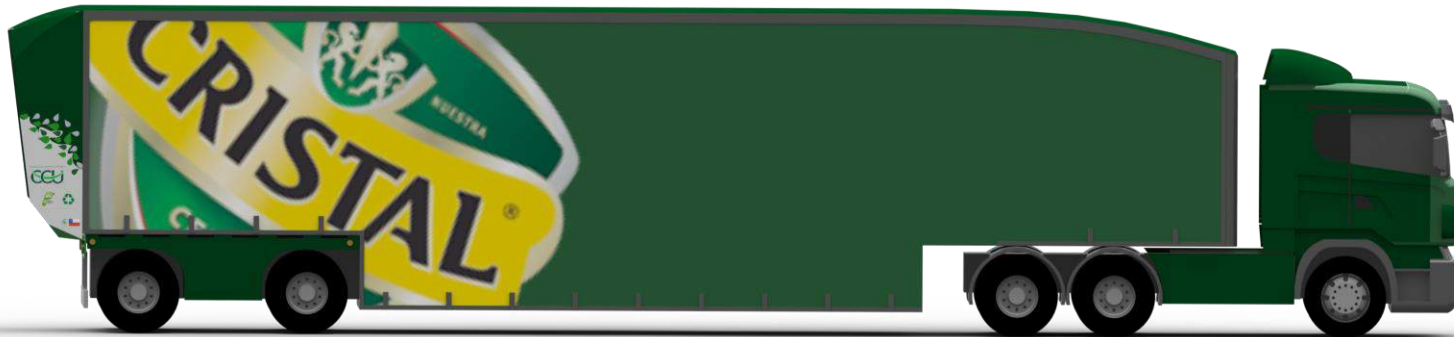
## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Aumentando la apuesta





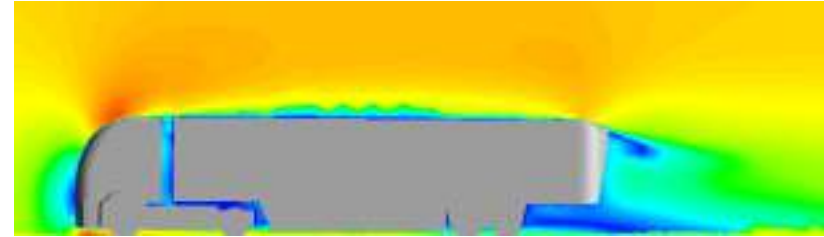
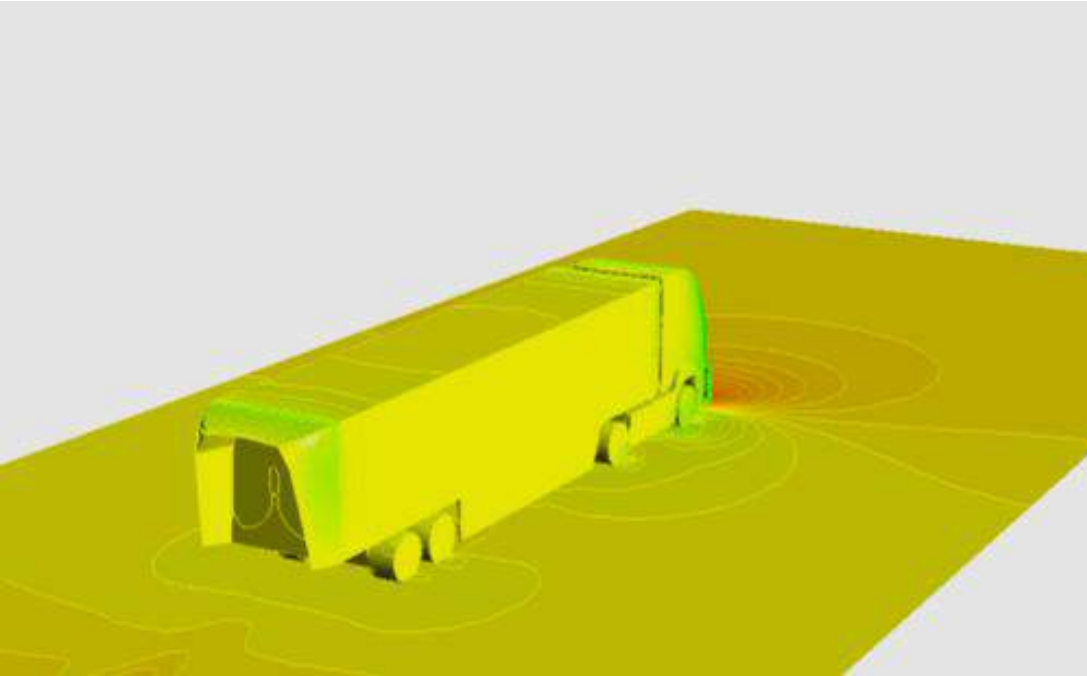
# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Aumentando la apuesta



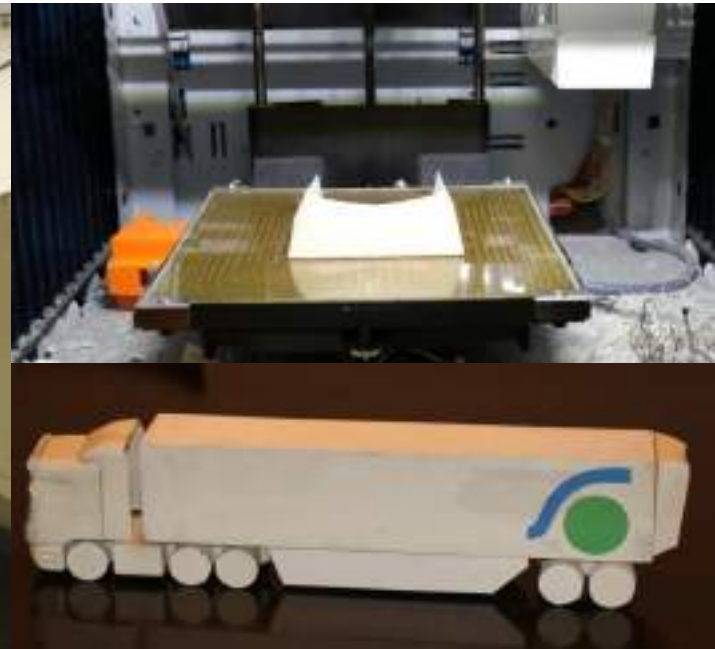
# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Aumentando la apuesta



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Aumentando la apuesta



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Aumentando la apuesta



# Experiencia práctica

## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Ensayo a escala real



# Experiencia práctica

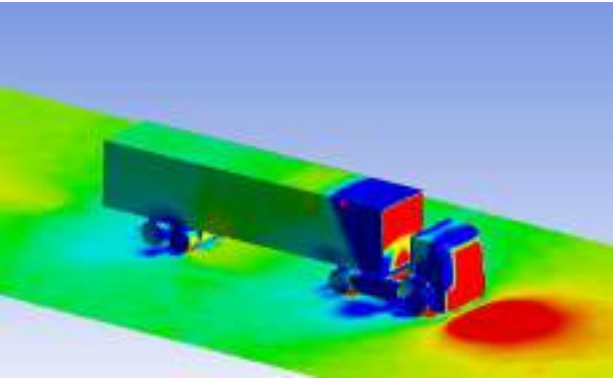
## 3.- Mejorar la aerodinámica del tráiler: Aumentando la apuesta





# Experiencia práctica

## 4.- Los datos: Lo que realmente estamos midiendo



Resultados de ecuaciones



Fuerzas y presiones

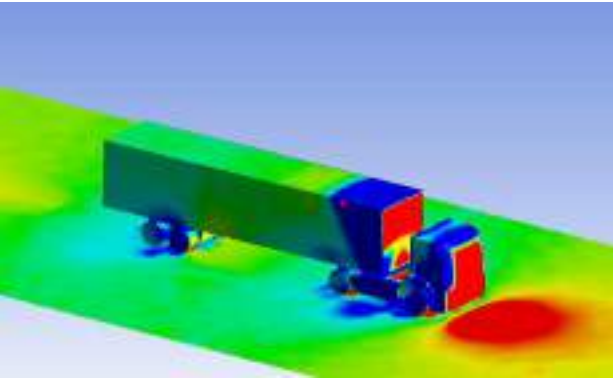


Litros de combustible

# Experiencia práctica

## 4.- Los datos: Lo que realmente estamos midiendo

¿Son comparables?



Resultados de ecuaciones



Fuerzas y presiones



Litros de combustible

# Experiencia práctica

## 4.- Los datos: Lo que realmente estamos midiendo

Ahorro de combustible: 2 %



# Experiencia práctica

## 4.- Los datos: Lo que realmente estamos midiendo

Ahorro de combustible: 2 %

Error en el rendimiento: 5%



# Experiencia práctica

## 4.- Los datos: Lo que realmente estamos midiendo

Estandarizar parámetros.... ¿Pero cuáles?



# Experiencia práctica

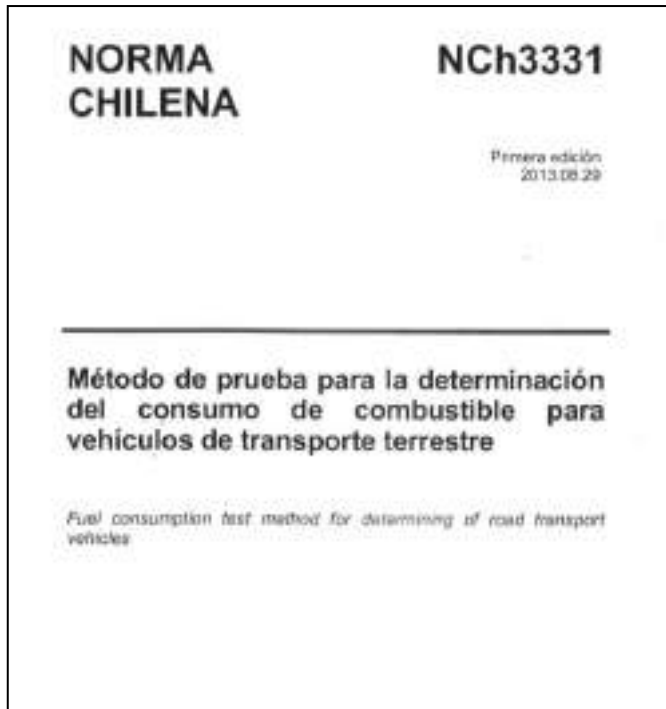
## 5.- Protocolos: Técnicas estandarizadas (SAE J 1321)





# Experiencia práctica

## 5.- Protocolos: Técnicas estandarizadas sin óvalo



# Experiencia práctica

## 5.- Protocolos: Técnicas estandarizadas... ¿ Y son reales?



# Experiencia práctica

## 5.- Protocolos: Ensayo en ruta afectado por su propia naturaleza

¿Qué variables son controlables?



# Experiencia práctica

## 6.- Conclusión: Aerodinámica eficiente puede opacarse por una mala medición



### Inconvenientes

- Teórico
- Ecuación
- Escala
- Como medir
- Protocolo
- Aislar Variables

# Experiencia práctica

## 6.- Conclusión: Aerodinámica eficiente puede opacarse por otras variables





# Experiencia práctica

6.- Conclusión: Para lograr la eficiencia, debemos unir esfuerzos





*Muchas gracias.*



freddy.faundez@venti.cl