



# ENSAYO DE REDES DE PESCA EN TÚNEL DE VIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LAS CARGAS HIDRODINÁMICAS


TRABAJO FIN DE GRADO



Tutores:  
Marcos Lema Rodríguez  
Manuel Jesús González Castro

Autor:  
Ángel Sánchez Fernández

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO
  2. INSTALACIÓN EXPERIMENTAL
  3. TÉCNICAS DE MEDIDA
  4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS
  5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS
- 

## PESCA INDUSTRIAL

- Fundamental para la economía española en cuanto a abastecimiento de alimentos
- Buques más grandes y potentes en la actualidad

Demanda de productos con  
menor huella de carbono  
+  
Aumento de los precios de la  
energía



Minimizar el arrastre en  
los artes de pesca



Ensayos en  
altamar costosos y  
complejos



Ensayos en laboratorio  
y simulaciones  
numéricas



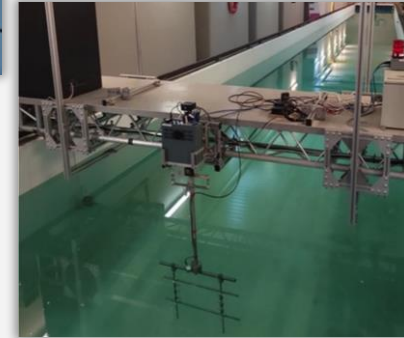
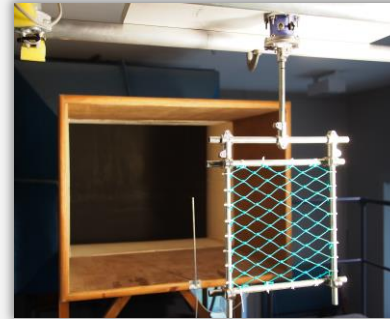
## OBTENCIÓN DE LOS COEFICIENTES HIDRODINÁMICOS

### CANAL HIDRODINÁMICO

- Agua como medio fluido
- Movimiento del objeto a ensayar con respecto al fluido
- Actualmente en uso para ensayos de redes de pesca

### TÚNEL DE VIENTO

- Aire como medio fluido
- Movimiento del fluido a ensayar con respecto al objeto
- Estudio de viabilidad de esta práctica



**PROPIA BASE DE DATOS EXPERIMENTAL  
PARA VALIDACIÓN DE SIMULACIONES  
CFD**

# INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO: OBJETIVOS

ENSAYO DE REDES DE PESCA EN TÚNEL DE VIENTO PARA LA  
OBTENCIÓN DE LAS CARGAS HIDRODINÁMICAS

UTILIZACIÓN DEL TÚNEL DE VIENTO INSTALADO EN EL CITENI PARA:

ELECCIÓN Y  
CALIBRACIÓN DEL  
DINAMÓMETRO

DISEÑO DEL MARCO  
Y SOPORTE MARCO-  
DINAMÓMETRO

INSTALACIÓN DEL  
CONJUNTO EN LA  
SECCIÓN DE  
ENSAYOS

OBTENCIÓN DE  
RESULTADOS PARA  
LA VERIFICACIÓN DE  
LA SOLUCIÓN  
PROPUESTA

GENERACIÓN DE  
BASE DE DATOS  
PARA DISTINTOS  
ÁNGULOS DE  
ATAQUE



# INSTALACIÓN EXPERIMENTAL: MONTAJE

ENSAYO DE REDES DE PESCA EN TÚNEL DE VIENTO PARA LA  
OBTENCIÓN DE LAS CARGAS HIDRODINÁMICAS



VISTA GENERAL SECCIÓN  
DE ENSAYOS



ESTRUCTURA PRINCIPAL



RIGIDEZ



ALINEACIÓN CON  
LA SECCIÓN DE  
SALIDA

## INSTALACIÓN EXPERIMENTAL: MONTAJE

ENSAYO DE REDES DE PESCA EN TÚNEL DE VIENTO PARA LA  
OBTENCIÓN DE LAS CARGAS HIDRODINÁMICAS



1. SOPORTE DE MADERA
2. DINAMÓMETRO
3. BRIDA UNIÓN VÁSTAGO-DINAMÓMETRO
4. VÁSTAGO VERTICAL
5. MARCO CON LA RED A ENSAYAR

## INSTALACIÓN EXPERIMENTAL: MONTAJE DEL MARCO

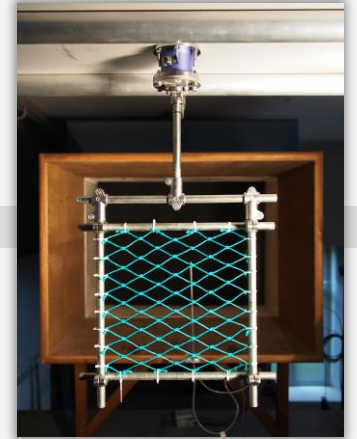


### VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE ATAQUE



### MARCO CON DIMENSIONES AJUSTABLES

- ✓ 5 tubos de acero galvanizado
- ✓ Longitud 400 mm
- ✓ Diámetro exterior de 16 mm
- ✓ Racores metálicos



### INSTALACIÓN DE LA RED

- ✓ Pequeñas bridas de plástico
- ✓ Área que ocupa la red en el marco de 840 cm<sup>2</sup>
- ✓ Alineación del marco al centro de la sección mediante nivel láser



## INSTALACIÓN EXPERIMENTAL: MONTAJE DEL MARCO

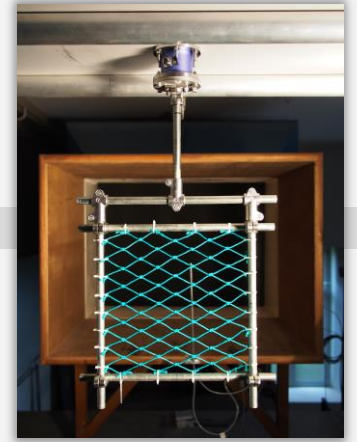


### VARIACIÓN DEL ÁNGULO DE ATAQUE



### MARCO CON DIMENSIONES AJUSTABLES

- ✓ 5 tubos de acero galvanizado
- ✓ Longitud 400 mm
- ✓ Diámetro exterior de 16 mm
- ✓ Racores metálicos

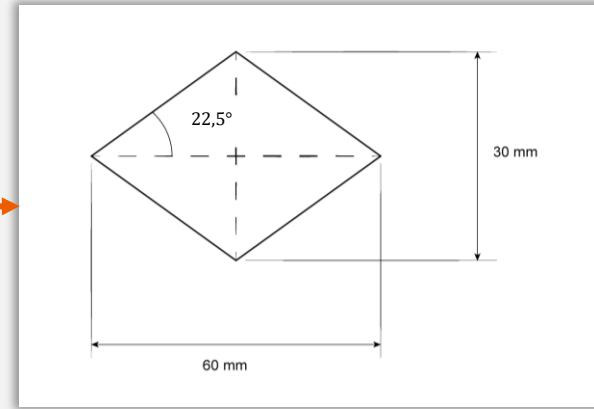


### INSTALACIÓN DE LA RED

- ✓ Pequeñas bridas de plástico
- ✓ Área que ocupa la red en el marco de 840 cm<sup>2</sup>
- ✓ Alineación del marco al centro de la sección mediante nivel láser

## INSTALACIÓN EXPERIMENTAL: RED ENSAYADA

ENSAYO DE REDES DE PESCA EN TÚNEL DE VIENTO PARA LA  
OBTENCIÓN DE LAS CARGAS HIDRODINÁMICAS



### CARACTERÍSTICAS DE LA RED

- ❖ Matriz de 8 x 4 mallas
- ❖ Diámetro de las cuerdas de 2,5 mm
- ❖ Diámetro de los nudos de 6 mm

### CARACTERÍSTICAS DE LA MALLA

- ❖ Longitud horizontal de la malla completa de 60 mm
- ❖ Longitud vertical de la malla completa de 30 mm
- ❖ Ángulo de apertura 22,56°

COEFICIENTES DE **ARRASTRE (X)** Y  
**SUSTENTACIÓN (Y)**:

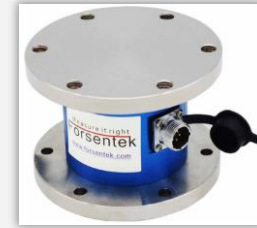
$$C_x = \frac{2F_{xr}}{A \rho_f U_\infty^2}$$

$$C_y = \frac{2F_{yr}}{A \rho_f U_\infty^2}$$

Donde:

- $A$ : área que ocupa la red en el marco
- $\rho_f$ : densidad del fluido
- $U_\infty$ : velocidad de flujo de aire
- $F_{xr}, F_{yr}$ : fuerzas ejercidas sobre la red en dirección X e Y

Medición de las **FUERZAS** de  
**ARRASTRE** y **SUSTENTACIÓN**



Medición de la **VELOCIDAD** de  
**FLUJO** de **AIRE**



$$\rho_f = 1,19 \frac{kg}{m^3}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{amb} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} \\ P_{atm} = 10^5 \text{ Pa} \end{array} \right.$$

# TÉCNICAS DE MEDIDA: MEDICIÓN DE LAS FUERZAS DE ARRASTRE Y SUSTENTACIÓN



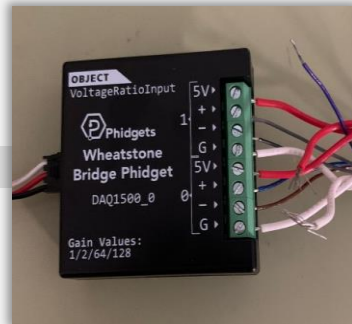
**DINAMÓMETRO**

RANGO DE 500 N

1 PUENTE DE WHEATSTONE POR EJE

MÁXIMA RESPUESTA DE SALIDA

$$1,0 \frac{mV}{V}$$



**DAQ PHIDGET**

CONVERSIÓN A/D

1 CANAL POR EJE

GANANCIA DE AMPLIFICACIÓN  
x128

MÁXIMA FRECUENCIA DE  
MUESTREO DE 50 Hz

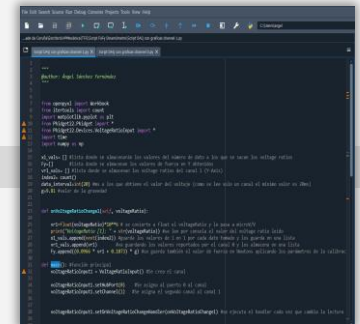
ALIMENTACIÓN DE 5V



**VINT HUB PHIDGET**

USO DEL PORT 0

ENLACE ENTRE EL DAQ Y EL  
ORDENADOR



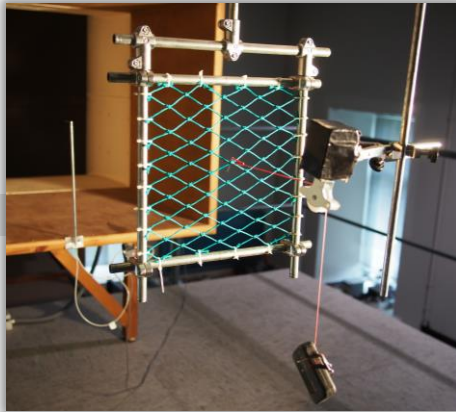
**SOFTWARE**

LENGUAJE: PYTHON

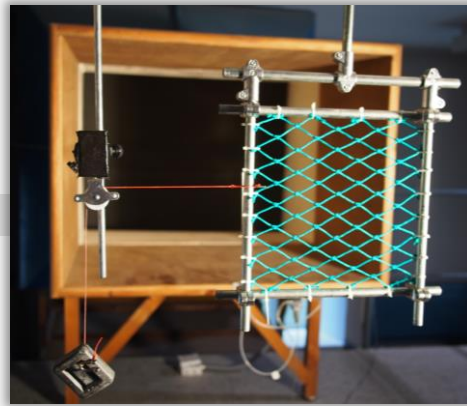
MUESTREO SECUENCIAL DE CADA  
CANAL

# TÉCNICAS DE MEDIDA: CALIBRACIÓN DEL DINAMÓMETRO

$$y = ax + b \begin{cases} F_x = (0,037 \cdot V_{output} + 0,1536) \cdot 9,81 \\ F_y = (0,097 \cdot V_{output} + 0,1073) \cdot 9,81 \end{cases}$$



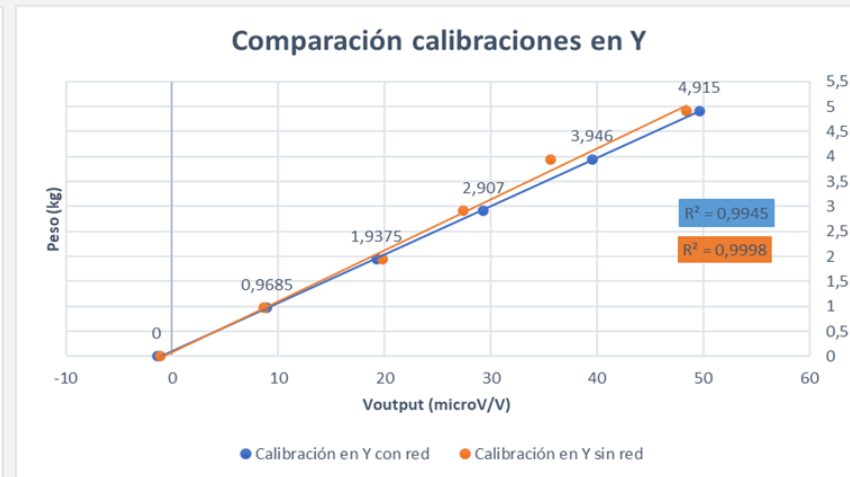
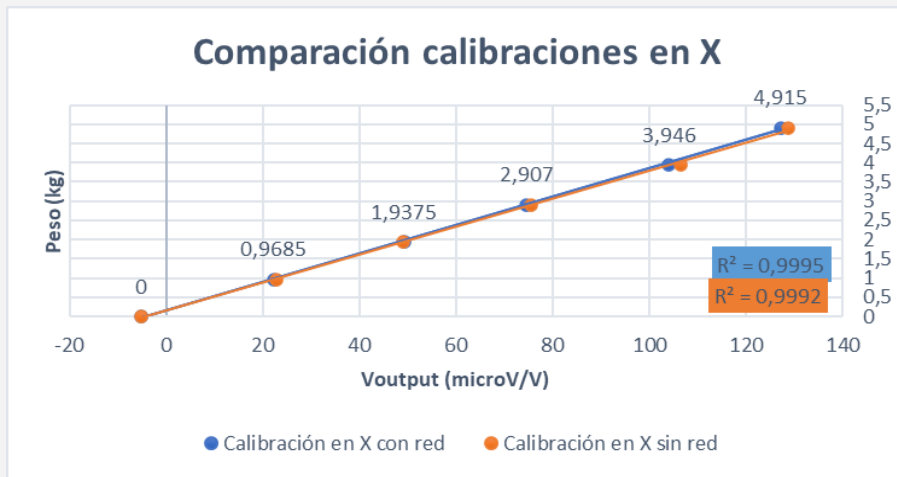
EJE X



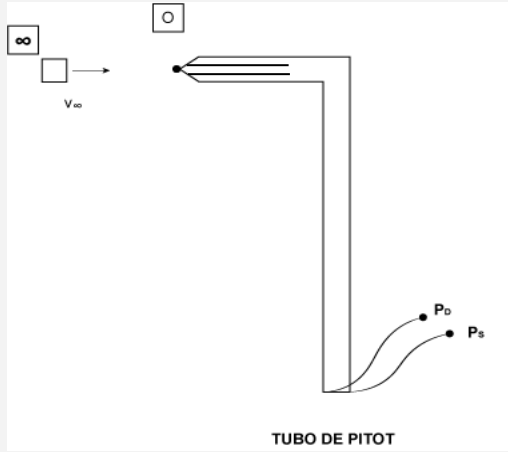
EJE Y

Masa (kg)	Voutput ( $\frac{\mu V}{V}$ )	Voutput ( $\frac{\mu V}{V}$ )
0	-1,11	-1,40
0,9685	8,63	8,94
1,9375	19,80	19,26
2,9070	27,38	29,31
3,9460	35,60	39,54
4,9150	48,38	49,63
	X	Y





# TÉCNICAS DE MEDIDA: MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE FLUJO DE AIRE

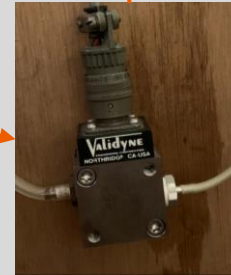


$$\frac{P_{S\infty}}{\rho_f} + \frac{U_\infty^2}{2} + g z_\infty = \frac{P_0}{\rho_f} + \frac{U_0^2}{2} + g z_0$$

$P_D = P_0 - P_{S\infty}$

$$U_\infty = \sqrt{\frac{2P_D}{\rho_f}}$$

TUBO DE PITOT



DEMODULADOR  
VALIDYNE

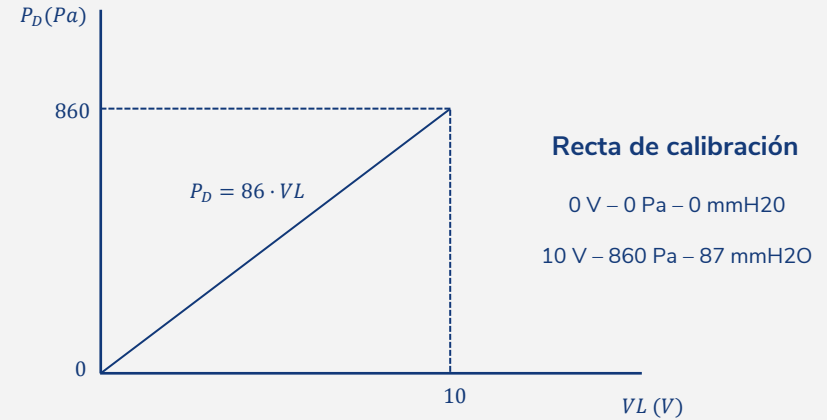
TRANSDUCTOR DE  
PRESIÓN DIFERENCIAL  
VALIDYNE

## CALIBRACIÓN TRANSDUCTOR DE PRESIÓN

Utilizando un **manómetro** de columna de agua:

- Rango de presión acotado por el transductor (860 Pa)
- Ajuste del “ZERO” y el “SPAN” del demodulador

Voltaje de Lectura (V)	Presión dinámica (Pa)	Velocidad aire (m/s)
0,39	33,47	7,5
1,56	133,88	15
3,50	301,22	22,5
6,23	535,50	30



Siendo:

- $P_D$  la presión dinámica proporcionada por el transductor
- $VL$  el voltaje leído a la salida del demodulador

# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

MATRIZ DE ENSAYOS

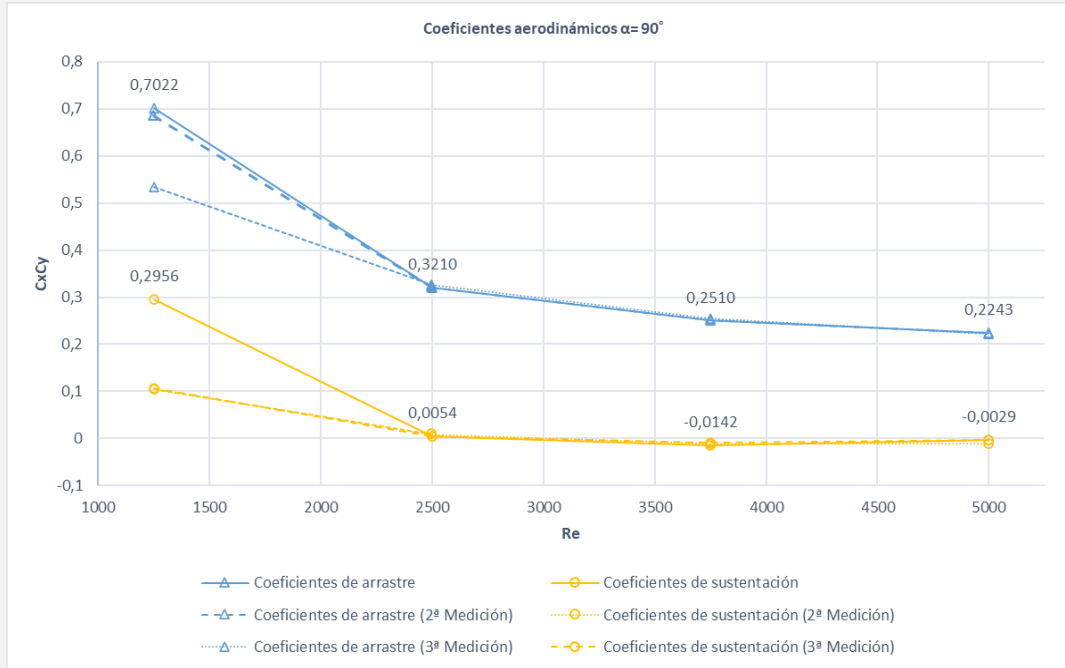
VARIABLE	VALOR
VELOCIDAD DE FLUJO DE AIRE (m/s)	7,5 – 15 – 22,5 – 30
ÁNGULO DE ATAQUE	45° – 60° – 75° – 90°
DISPOSICIÓN DE LA RED	Con red, sin red

$$Re = \frac{U_{\infty} D}{\nu_{air}} = \frac{U_w D}{\nu_w} \longrightarrow U_{\infty} = U_w \frac{\nu_{air}}{\nu_w}$$

- $U_{\infty}$ : velocidad de flujo de aire
- $U_w$ : velocidad de flujo de agua
- $\nu_{air}$ : viscosidad cinemática del aire
- $\nu_w$ : viscosidad cinemática del agua

$$F_{RED} = F_{MARCO-RED} - F_{MARCO}$$

# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS



↑  $C_x C_y$  cuando ↓  $Re$

Buena superposición a partir de  $Re = 2500$

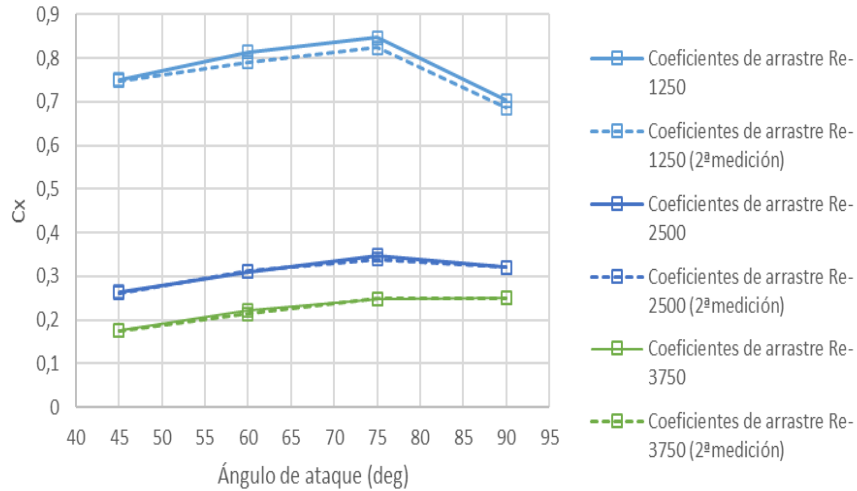
$$C_x > C_y$$

$Re > 3750 \rightarrow C_x C_y$  prácticamente asintóticos

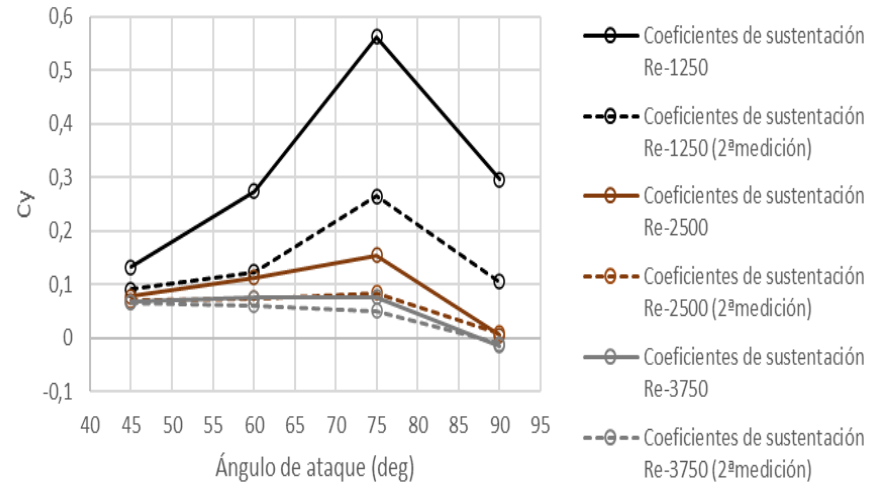


# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Coeficientes aerodinámicos



Coeficientes aerodinámicos



# ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

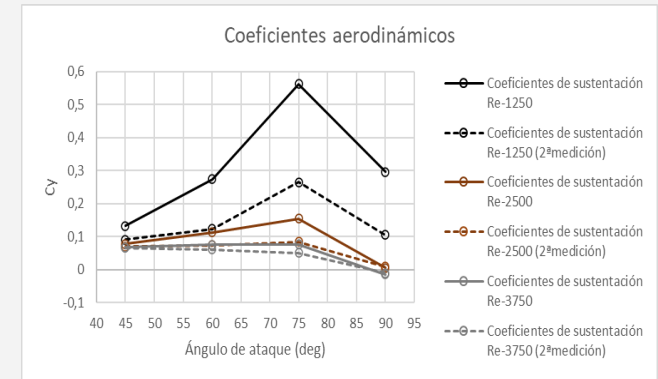
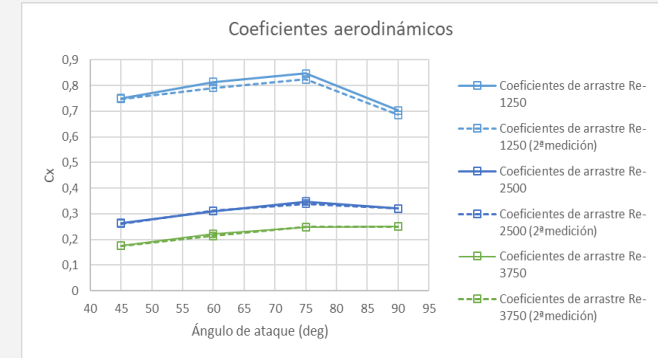
## ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRES

		$Re = 1250$	$Re = 2500$	$Re = 3750$	$Re = 5000$
$\alpha = 45^\circ$	$C_x$	(0,25%)	(0,49%)	(0,63%)	—
	$C_y$	(9,60%)	(3,54%)	(2,25%)	
$\alpha = 60^\circ$	$C_x$	(0,76%)	(0,61%)	(1,01%)	—
	$C_y$	(1,92%)	(10,48%)	(5,59%)	
$\alpha = 75^\circ$	$C_x$	(0,71%)	(0,70%)	(0,61%)	—
	$C_y$	(18,02%)	(14,73%)	(10,09%)	
$\alpha = 90^\circ$	$C_x$	(6,02%)	(0,43%)	(0,51%)	(0,18%)
	$C_y$	(17,84%)	(21,66%)	(7,14%)	(29,09%)

# CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

## CONCLUSIONES

- Se confirma la tendencia de  $\uparrow C_x C_y$  cuando  $\downarrow Re$
- Incertidumbre elevada para los coeficientes de sustentación
- $C_x$  aumenta al aumentar el ángulo de ataque, con la anomalía de que disminuye para el tramo  $75^\circ \rightarrow 90^\circ$
- $C_y \approx 0$  cuando el ángulo de ataque es  $90^\circ$
- Orden de magnitud similar a resultados con redes de pesca de dimensiones similares
- Los resultados demuestran la validez de la metodología seguida para el estudio de redes de pesca como alternativa a los ensayos en canal



# CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

## TRABAJOS FUTUROS

- ❑ Realizar ensayos para más ángulos de ataque
- ❑ Obtener resultados para velocidades intermedias a las ensayadas
- ❑ Analizar el coeficiente de arrastre cuando el ángulo de ataque es  $90^\circ$
- ❑ Completar el control numérico del túnel de viento por ordenador
- ❑ Ensayar distintos tipos de red con diferentes características geométricas
- ❑ Idear un sistema de medición de fuerzas cuyo rango sea más bajo
- ❑ Ensayar otras alternativas de marco y comprobar la influencia del mismo

**¡MUCHAS  
GRACIAS POR  
SU ATENCIÓN!**