

# Trabajo Fin de Grado

## Instrumentación de un vehículo automóvil para el estudio de las fuerzas en el neumático



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

- Autor
  - Alejandro Amil Varela
- Tutores
  - Miguel Ángel Naya Villaverde
  - Urbano Lugrís Armesto
- Julio 2015

LIM



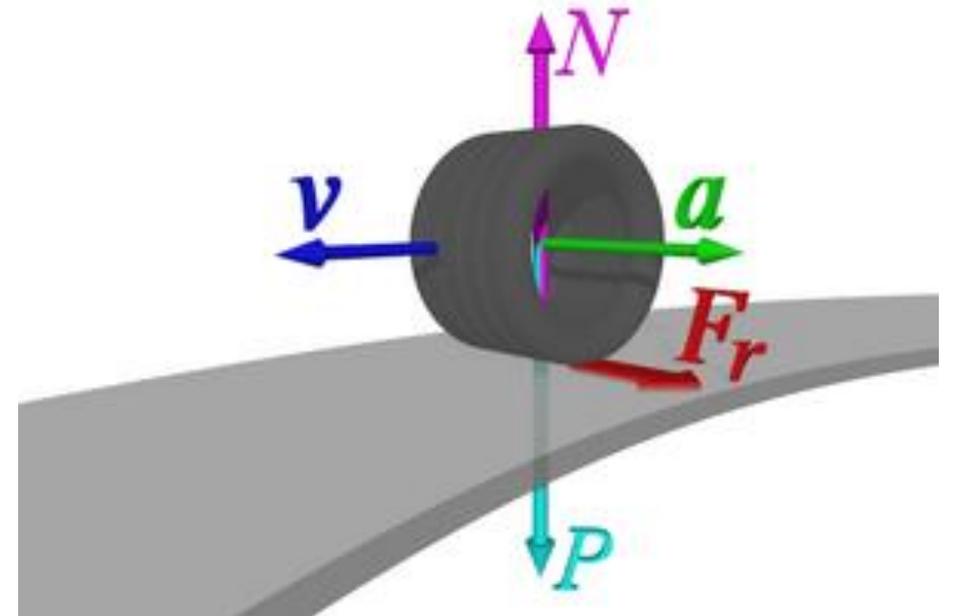
Laboratorio de Ingeniería Mecánica  
Universidad de La Coruña

<http://lim.ii.udc.es>



# Motivación

- Conocer las fuerzas en el neumático sin instrumentar la llanta
- Interés en el mundo de la automoción
  - **Seguridad** en carretera
  - Aspectos de confort
  - Mejoras en consumo
  - Mejora de elementos de suspensión



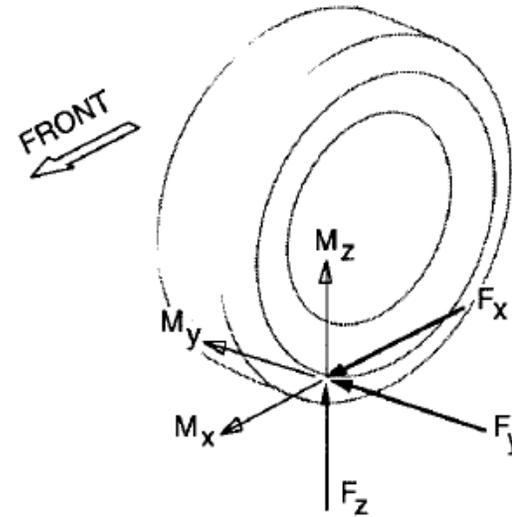
# Fuerzas y momentos actuantes sobre el neumático. Transmisión a los elementos de la suspensión

## ❑ Fuerzas que actúan sobre el neumático:

- Fuerza longitudinal,  $F_x$
- Fuerza normal,  $F_z$
- Fuerza lateral,  $F_y$
- Momento autoalineante,  $M_z$
- Momento de resistencia a la rodadura,  $M_y$
- Momento de sobreviraje,  $M_x$

## ❑ Hipótesis de trabajo:

Las barras de la suspensión se comportan como elementos sometidos a la acción de dos fuerzas y permiten estimar la fuerza lateral que actúa sobre el neumático.



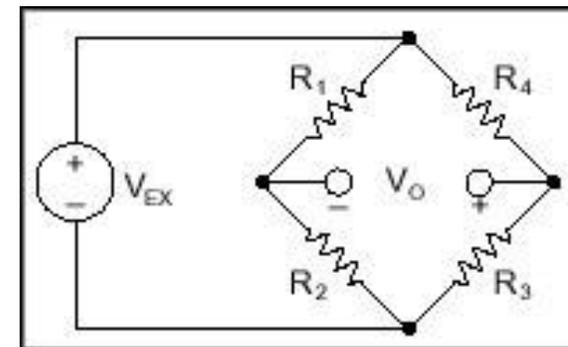
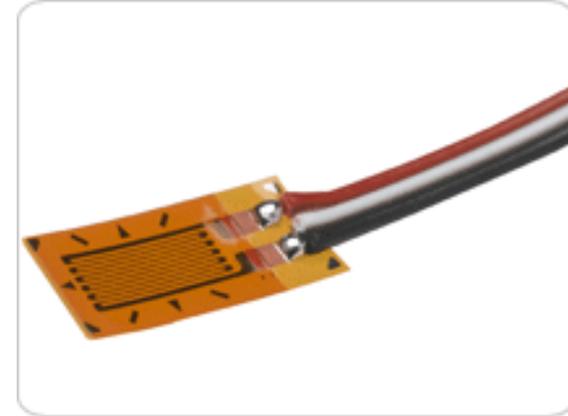
# Introducción

- Objetivos
  - Decidir qué tipo de instrumentación
  - Proceso de instrumentación
  - Calibración
  - Adquisición de datos
  - Ensayos
  - Conclusiones



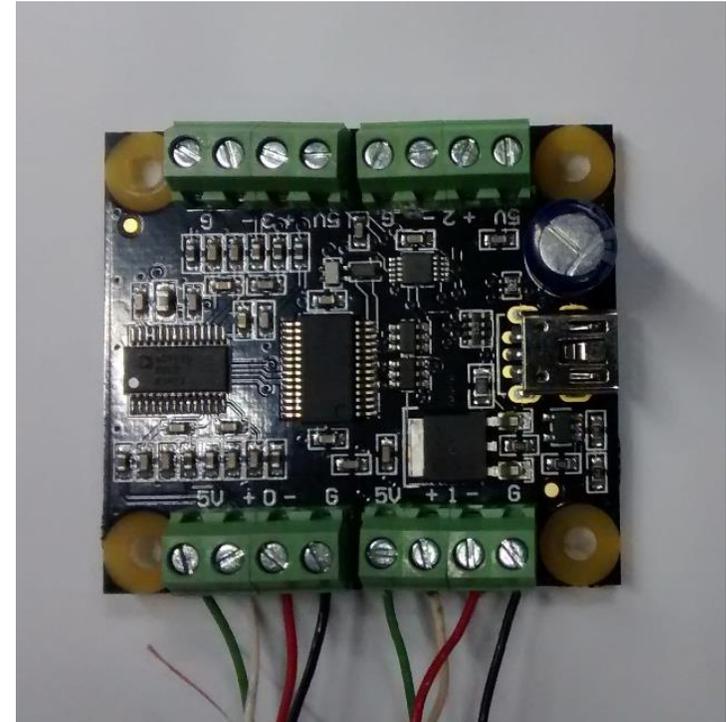
# Tipo de instrumentación. Extensometría

- Utilización de galgas extensométricas
  - Buena relación calidad-precio
  - Alta precisión
  - Sencillez en el funcionamiento
  - Complicado proceso de montaje
- Fases del montaje
  - 1) Preparación de la superficie
  - 2) Pegado de la galga
  - 3) Soldadura de los cables
- Circuito de medición: Puente de Wheatstone
  - Puente completo: rosetas
  - Cableado a tracción-compresión



# Tratamiento de señal y adquisición de datos

- Filtrado: filtro digital primer orden
- Amplificación
- Conversión A/D
  - Resolución: 24 bits
  - Ganancia máxima: 128
  - Frecuencia de muestreo máxima: 125 Hz
  - Número de canales: 4
- Input PC
  - Librerías proporcionadas por el fabricante: Phidgets Inc
  - C, C++, Python, Java, LabVIEW, etc.

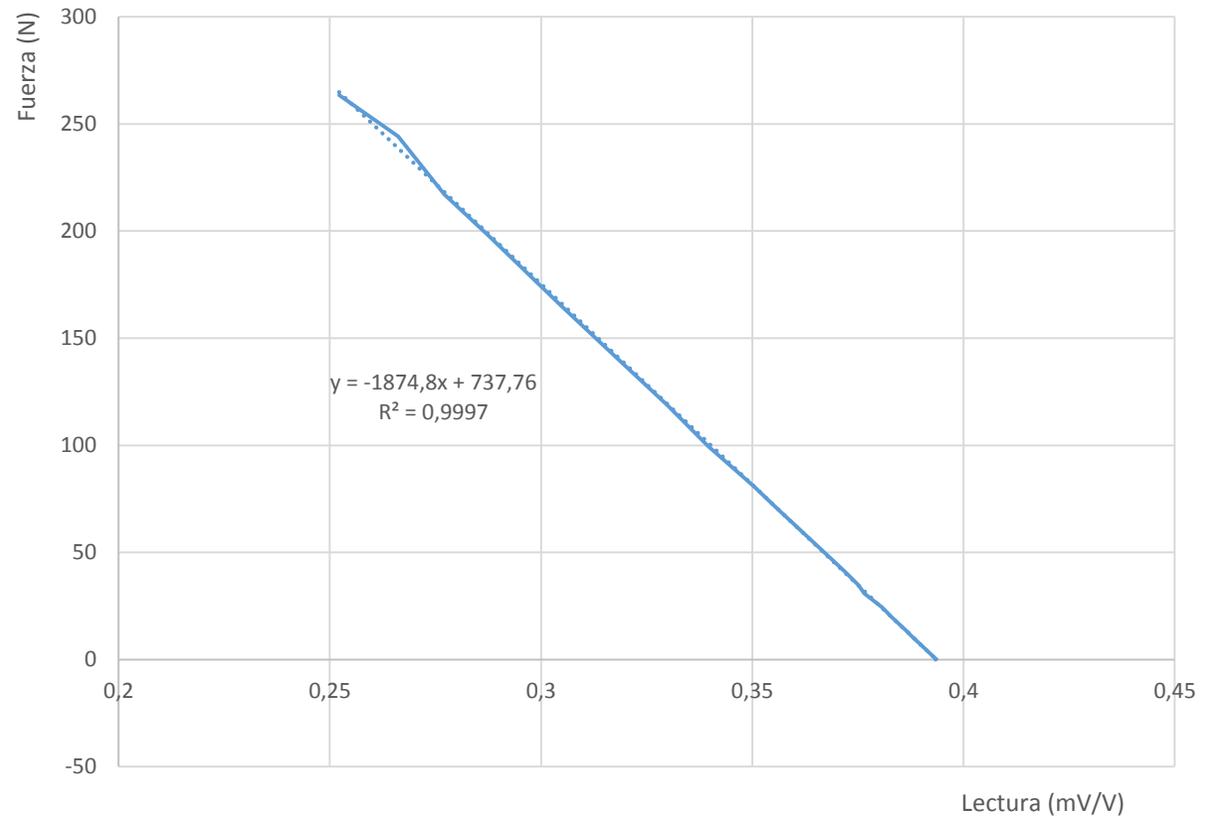


# Calibración célula de carga



$$F = -1874,8 \cdot V + 737,76$$
$$R^2 = 0,9997$$

Calibración célula de carga



# Montaje experimental



# Montaje experimental

## ***Bieleta de dirección***

- Geometría sencilla
- No hay problemas de concentración de tensiones
- Pegado y soldadura *in situ*

## ***Amortiguador***

- Buena zona para medir esfuerzos axiales
- Libre de concentraciones de tensiones



# Montaje experimental

## *Brazos*

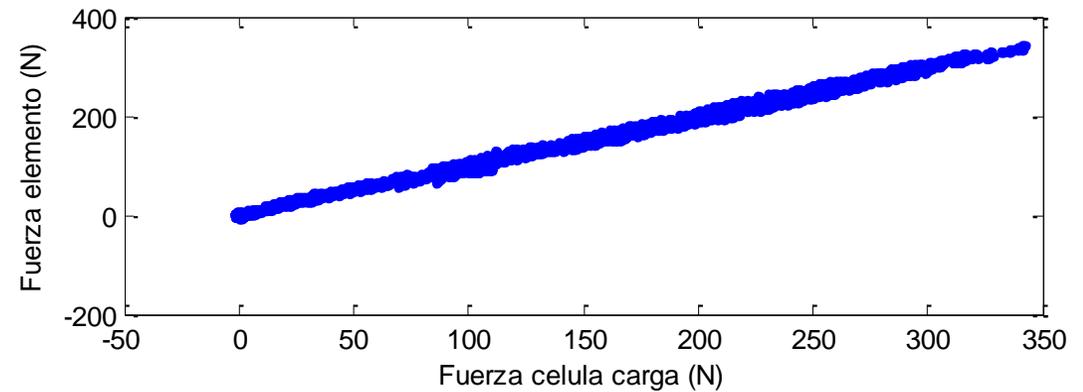
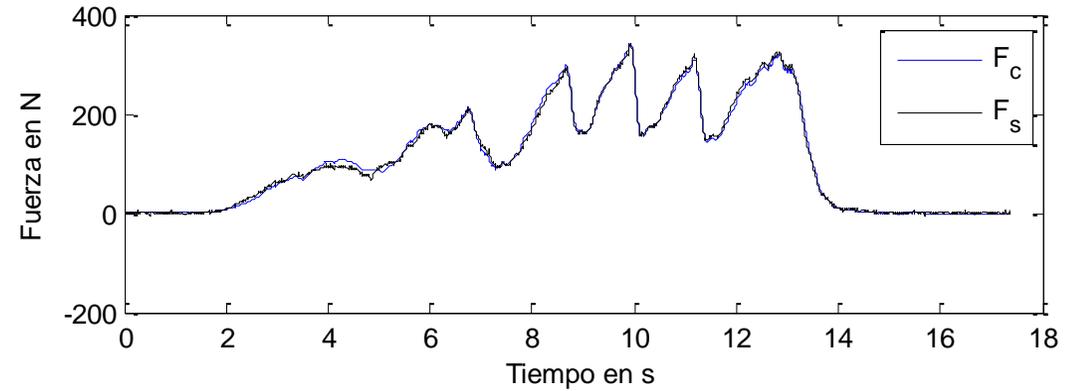
- Geometría compleja
  - Concentración de tensiones
- Brazo superior
- Cambio de sitio por motivos geométricos
  - Suposición: flexión despreciable



# Montaje experimental

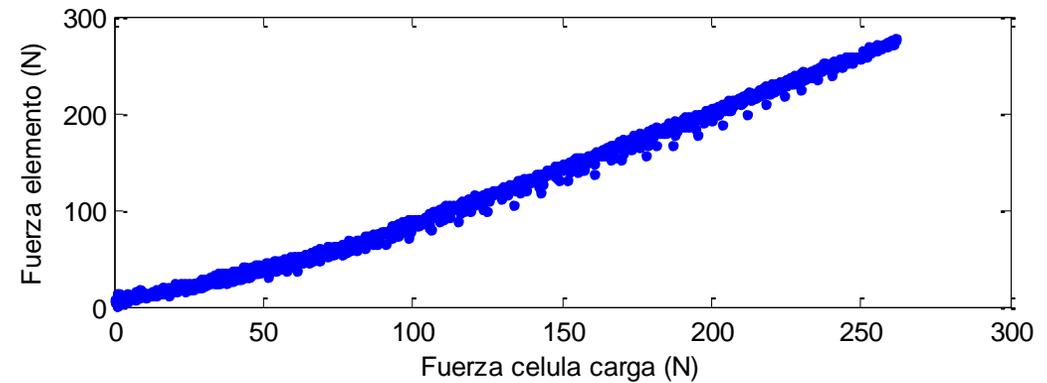
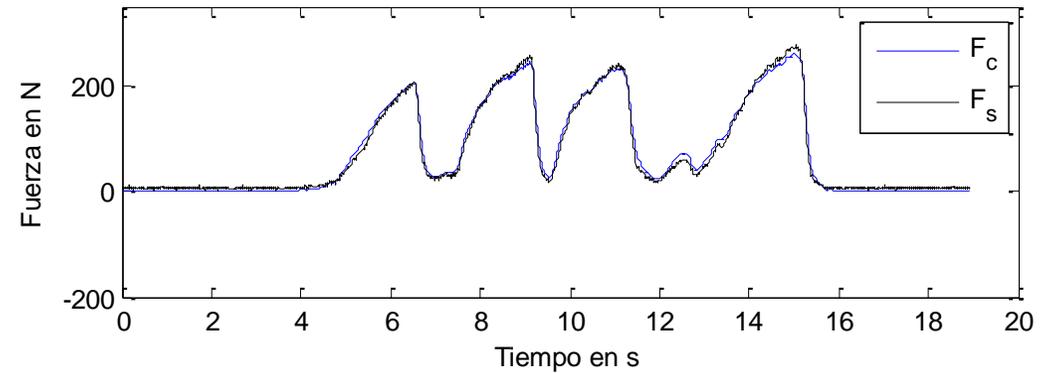


# Bieleta de dirección. Calibración



$$R^2 = 0,9963$$

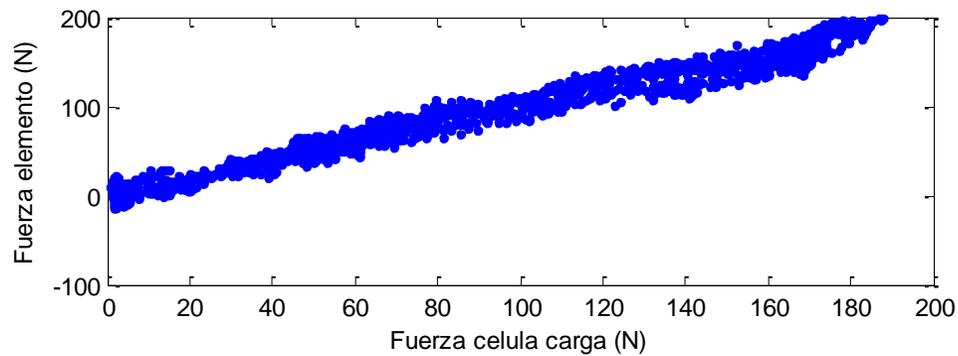
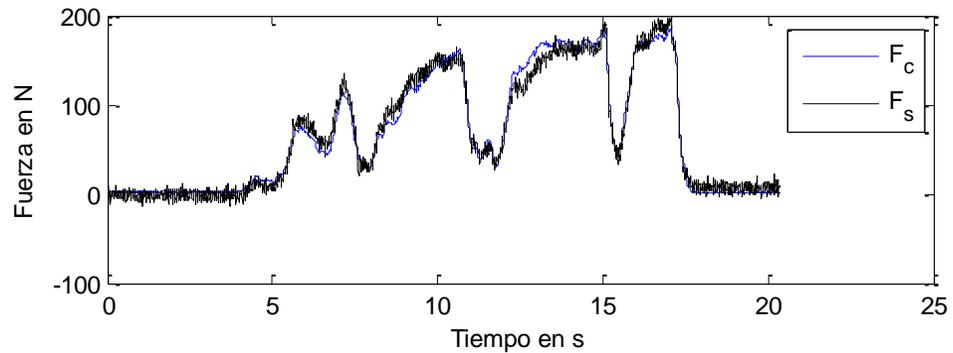
# Amortiguador. Calibración



$$R^2 = 0,9925$$

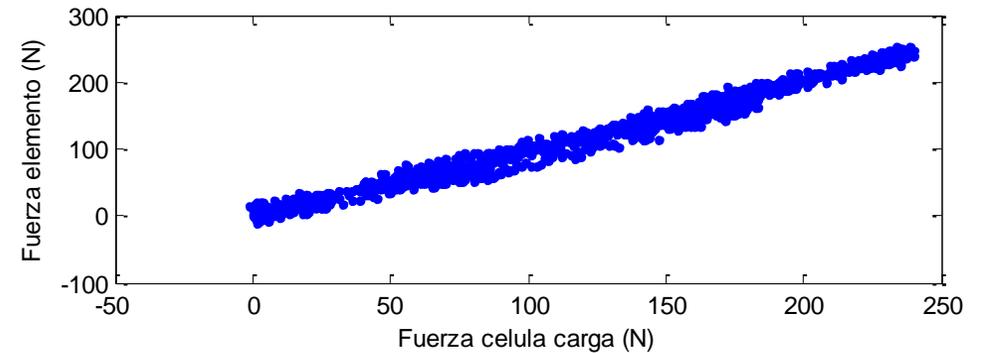
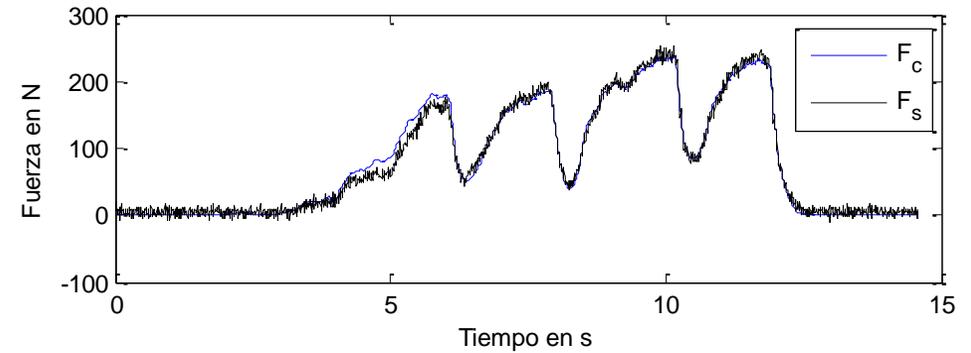
# Brazos de suspensión. Calibración

## Brazo inferior



$$R^2 = 0,9842$$

## Brazo superior



$$R^2 = 0,9891$$

# Ensayos y resultados

- Hipótesis de partida
  - Fuerzas colineales
  - Equilibrio estático de fuerzas

➤ Plano horizontal

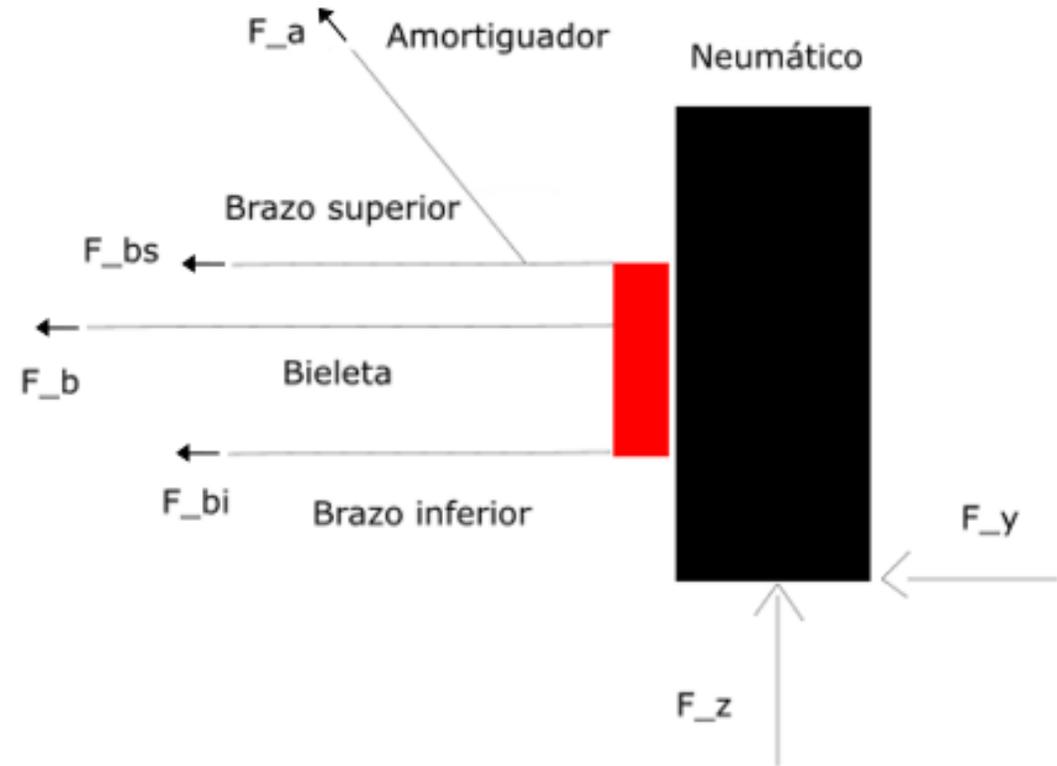
$$\Sigma F_y = F_{bs} + F_{bi} + F_a \cdot \cos \alpha + F_b = F_y$$

➤ Plano vertical

$$\Sigma F_z = F_a \cdot \sin \alpha - \frac{W_f}{2} = 0$$

☐ Reparto de pesos

$$W_f = 258 \text{ kg}$$
$$W_r = 386 \text{ kg}$$



# Ensayos y resultados

## *Equilibrio vertical*

- Vehículo en reposo sobre el suelo



## *Equilibrio horizontal*

- Vehículo suspendido y conjunto rueda colgando



# Ensayos y resultados

## Equilibrio vertical

- *Valores excesivamente grandes*
- *No concordancia con valores estimados*
- *No se cumple el equilibrio*

$$\Sigma F_z = F_a \cdot \sin \alpha - \frac{W_f}{2} \neq 0$$

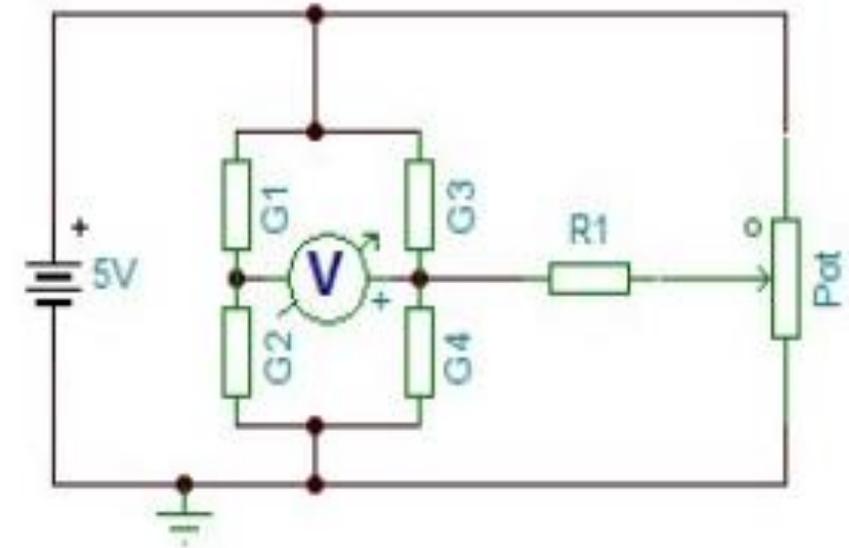
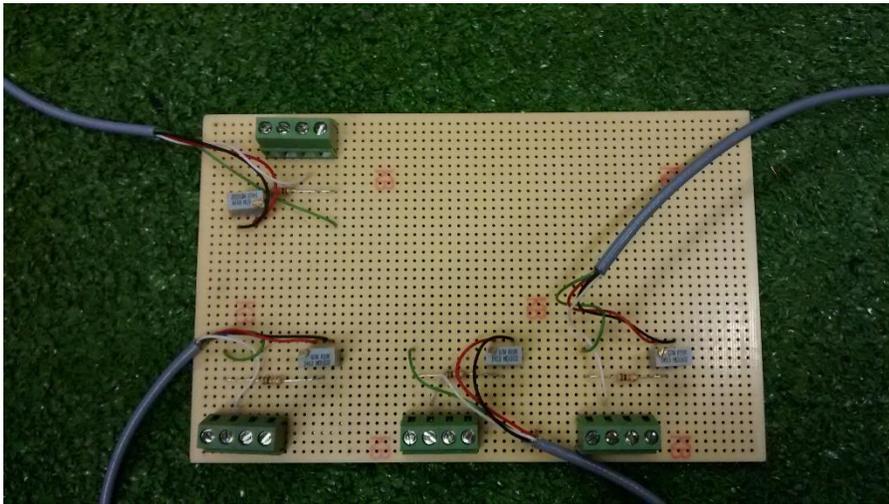
$$-11240 \cdot \sin 52 = 8999,08 \neq \frac{258 \cdot 9,81}{2}$$

$F_{bs}$	$F_{bi}$	$F_a$	$F_b$
39591.25791260	-34329.71727808	-10829.41078960	2609.66075120
39589.55247620	-34630.21312360	-11026.45810630	2478.85868600
39589.63356290	-34260.76579210	-11191.60768570	2363.02157240
39581.91986360	-34561.67424514	-11194.20652480	2259.72488240
39592.88226230	-33980.51655322	-11190.81850510	2038.99988060
39592.88226230	-34321.66033984	-11193.95621110	1976.12772020
39597.91661290	-34600.82482024	-11202.67667740	1928.77009820
39591.01465250	-34236.54229228	-11215.17024550	1882.22688980
39595.15530560	-34527.89588650	-11226.48955090	1840.36249160
39579.97116710	-33940.54020850	-11244.81598630	1803.46146020
39587.60377970	-34274.71126078	-11263.10376880	1769.17432220
39595.64269770	-34562.34584152	-11281.35331180	1739.56640120
39604.49422650	-33962.07787738	-11303.22175840	1706.22649700
39595.07421890	-34292.94307828	-11323.22287720	1681.67611700
39604.65639990	-34547.52247270	-11348.67198790	1657.69424000

Resultados en Newton

# Ensayos y resultados

- Solución empleada
  - Equilibrado del puente por hardware
  - Recalibración



# Ensayos y resultados

## Equilibrio vertical

- *Valores más coherentes*
- *Mayor estabilidad*
- *No se cumple el equilibrio*

$$\Sigma F_z = F_a \cdot \sin \alpha - \frac{W_f}{2} \neq 0$$

$$-314 \cdot \sin 52 = -247,43 \neq \frac{258 \cdot 9,81}{2}$$

	$F_{bs}$	$F_{bi}$	$F_a$	$F_b$
	619.28557140	-30.54037685	-315.81801047	-117.93356815
	611.60103480	-36.01290785	-315.49561805	-120.66955238
	612.71875830	-22.85627855	-313.75752857	-120.71326796
	629.76516690	-23.29906685	-314.45845364	-120.93231592
	647.51071530	-21.75108845	-315.66388823	-122.48633428
	639.26656680	-30.87217130	-314.55658616	-122.81467119
	616.91059650	-29.71118750	-314.54243822	-120.80093415
	629.90469480	-27.50021375	-314.45845364	-122.44261870
	624.45560520	-27.27881960	-316.00027808	-126.49195057
	630.32327850	-14.56497860	-314.48644850	-119.92544740
	606.43100100	-28.60540385	-315.90214556	-120.47259724
	638.28837120	-23.57506760	-313.78552343	-120.93231592
	603.77547000	-21.64068815	-314.59857845	-122.63957384
	617.46870810	-20.75570510	-314.62657331	-121.32622620

Resultados en Newton

# Ensayos y resultados

## Equilibrio horizontal

- Orden de magnitud de valores coherente
- No se cumple el equilibrio

$$\Sigma F_y = F_{bs} + F_{bi} + F_a \cdot \cos \alpha + F_b \neq 0$$

$$2420 - 630 - 845 \cdot \cos 52 + 290 = 1560 \neq 0$$

$F_{bs}$	$F_{bi}$	$F_a$	$F_b$
2462.51816610	-633.35391170	-846.76578049	288.47725246
2421.99806370	-625.78080725	-844.69115065	289.50597877
2440.30172370	-638.88164285	-844.50903355	288.80558937
2420.74081230	-630.70074320	-843.96223072	289.11206849
2423.11578720	-634.12790090	-845.70047071	281.58217735
2422.69720350	-626.05740155	-846.00886570	285.63174425
2423.25531510	-622.79584430	-845.11167559	287.93010262
2448.54587220	-626.27820215	-844.29877108	288.30215511
2451.34093110	-626.44439615	-845.22380554	288.89325556
2434.85263410	-637.72125260	-845.50420567	291.84805272
2424.23351070	-615.83053505	-844.59301813	287.25157101
2437.08808110	-639.43483145	-844.74729088	291.51971581
2443.79592240	-625.61520680	-845.98072033	286.04751232
2439.04447230	-633.02211725	-846.65365054	289.24345026
2419.20300480	-630.75594335	-844.24263085	286.48537321
2433.87443850	-623.90103440	-847.11616777	287.84243643
2441.83953120	-625.89120755	-844.63516093	286.72604393
2432.47765920	-642.75158885	-844.73329345	291.27904509

Resultados en Newton

# Conclusiones

- Instrumentación realizada
- Salida por pantalla y guardado de datos en ficheros
- Mediciones
- Comprobaciones
- Funcionamiento correcto de las galgas
  - Valor resistencias correcto
  - Comportamiento correcto a tracción-compresión
- Los valores no satisfacen las ecuaciones del equilibrio estático
- Valores inestables en las mediciones
- Oscilaciones de los valores



Escasa amplificación

# Trabajo futuro

- Mayor amplificación
  - Realización de pruebas estáticas y dinámicas
    - Aumento de la complejidad
    - Mayor instrumentación
    - Mejorar la precisión
- ➔ Mayor coste

# Trabajo Fin de Grado

## Instrumentación de un vehículo automóvil para el estudio de las fuerzas en el neumático



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

- Autor
  - Alejandro Amil Varela
- Tutores
  - Miguel Ángel Naya Villaverde
  - Urbano Lugrís Armesto
- Julio 2015

LIM



Laboratorio de Ingeniería Mecánica  
Universidad de La Coruña

<http://lim.ii.udc.es>

