

Avances del proyecto de Laboratorio 7

Estudiante: Romina Yalovetzky

Director: Dr. Ángel Marzocca

Co-directores: Ing. Santiago Velazco y Dra. Virginia Barlett

Profesor: Dr. Carlos Acha

Trabajo en el contexto de una pasantía en el grupo NHV de Investigación.

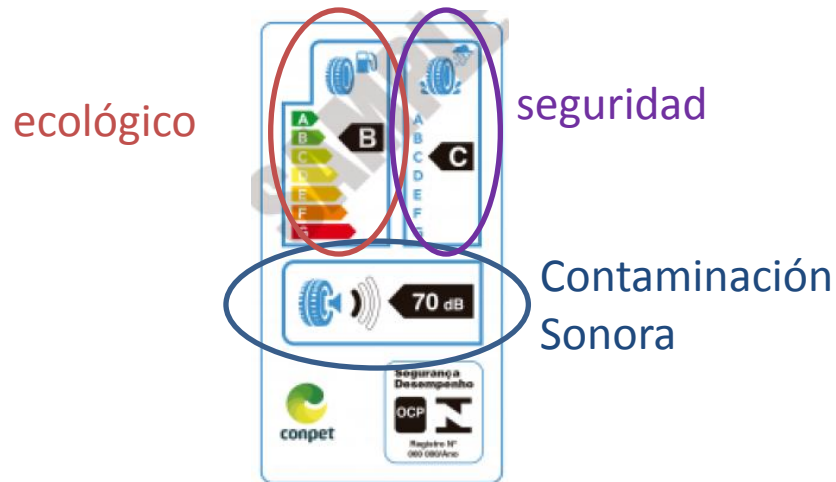
NVH es una línea de trabajo. Noise Vibration and Harshness.

Proyecto: Estudio de las características mecánico-dinámicas del comportamiento de neumáticos en automóviles y análisis de las propiedades del neumático que impacten de manera directa e indirecta en el confort.

¿Cómo?: Estudiando las vibraciones producto de perturbaciones generadas de forma controlada sobre el neumático de automóvil.

Objetivo específico: Estudiar la dependencia de las vibraciones con magnitudes físicas que caracterizan al neumático. En particular, carga, presión y fluido de inflado.

Regulación con etiquetado



Competencia por los mejores valores.

En la región, la implementó Brasil en 2016.



Tire/road noise – Characterization and potential further reductions of road traffic noise

Peter KINDT¹; Stijn VERCAMMEN²; Fabio BIANCIARDI³

^{1,2} Goodyear S.A., Luxembourg

³ Siemens Industry Software NV, Belgium

Confort dentro del vehículo

Viene dado a partir de la interacción de los neumáticos con el suelo y cómo las vibraciones se transmiten a través del vehículo.



Tire design trade-off between Rolling Resistance and NVH performance

Andrea Carzana – Tires Specialist

Mauro Martino – Wheels & Tires Designer Responsible

Germany, Hannover – Tire Technology Expo 2018

February 22nd, 2018

Interés de la industria automotriz.

SAE recommended practice
“Surface vehicle recommended practice”.

El objeto de estudio

Se estudian los factores que afecta al **confort**.

El confort viene dado por la respuesta mecánica del neumático frente a las imperfecciones del pavimento.

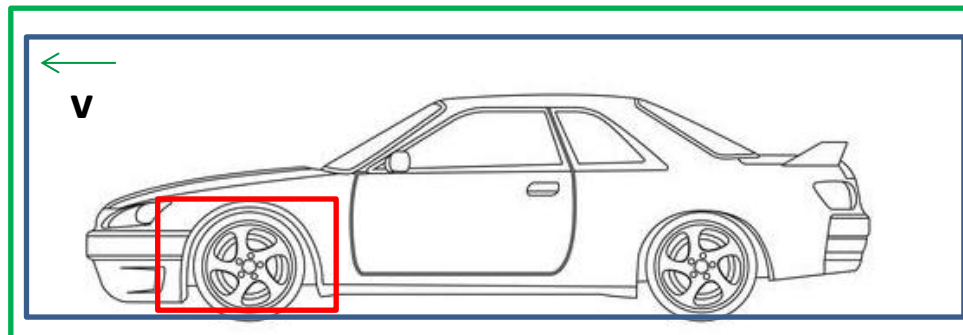
Modelamos el impacto:



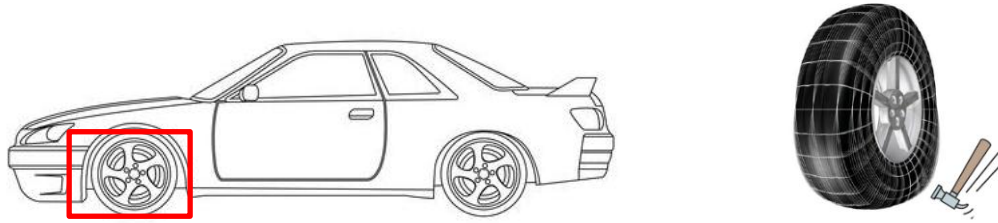
=



=

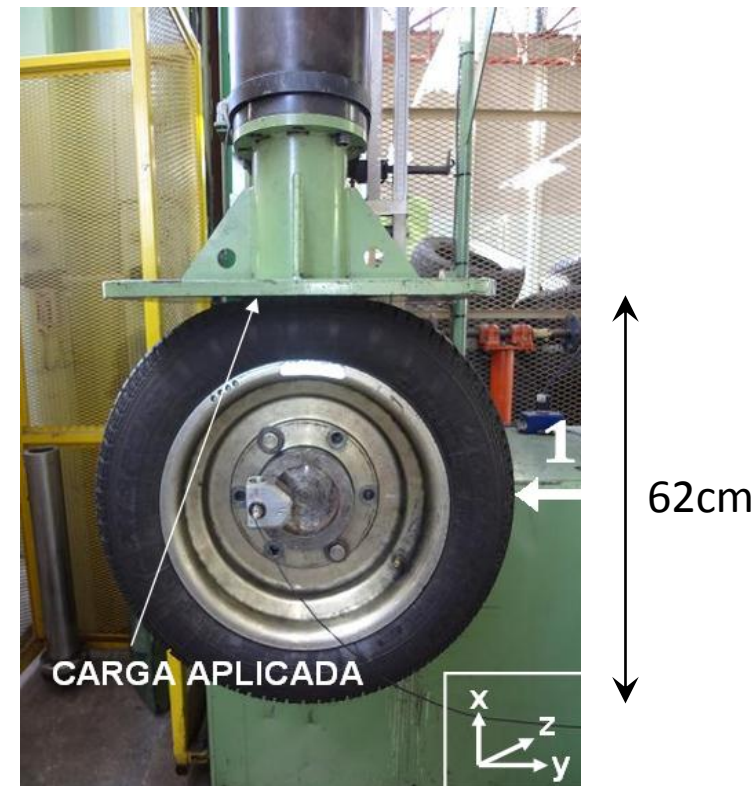


El objeto de estudio

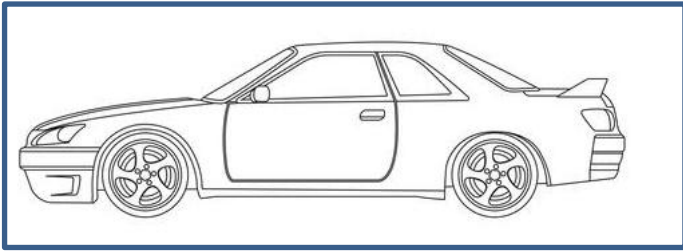


Se estudia al neumático de forma aislada mediante ensayos mecánicos estáticos por fuera del auto.

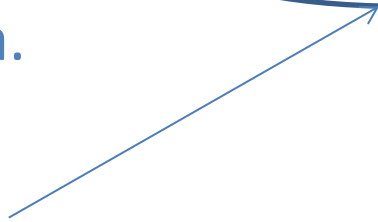
Dependencias con presión, carga y fluido de inflado.



El objeto de estudio



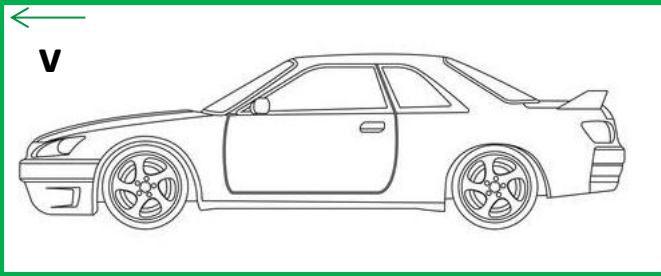
Se incorpora el neumático al auto
y se estudia la trasmisibilidad
estática.



Llanta instrumentada

Función que cuantifica la transmisión de las vibraciones sobre el neumático por sobre el auto

El objeto de estudio



Se estudia de forma dinámica al neumático en el auto.



Sept 2017

May 2017

Agos 2018



Laboratorio 6

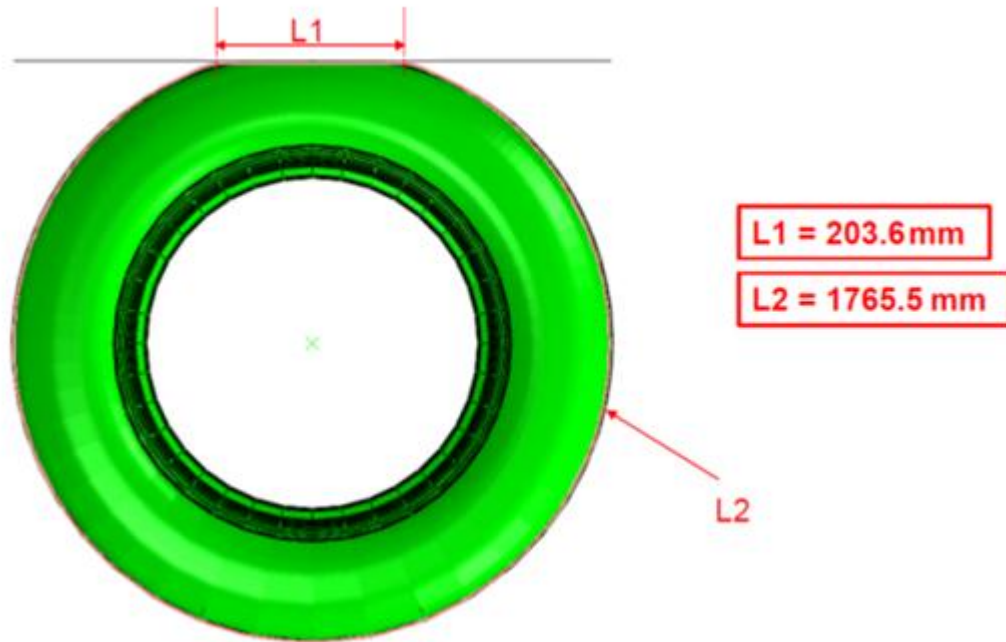
- **Teoría** de vibraciones.
- **Diseño del ensayo:** Decisión de instrumental y de parámetros para adquisición y acondicionamiento de señales.
- **Discusión de resultados:** Caracterización de la frecuencia de los modos y de su dependencia con la presión.

Laboratorio 7 realizado

- **Estudio de la dependencia** de los modos con carga aplicada, el fluido de inflado y modificaciones estructurales de la cubierta.
- **Realización de ensayo** en auto estático y análisis de resultados.
- **Diseño de ensayo** dinámico en auto.

Laboratorio 7 futuro

- Ensayo de la dependencia de los modos con temperatura y presión.
- Caracterizar el auto Peugeot 408 mediante la función transferencia.
- Realizar el ensayo dinámico en dicho auto.

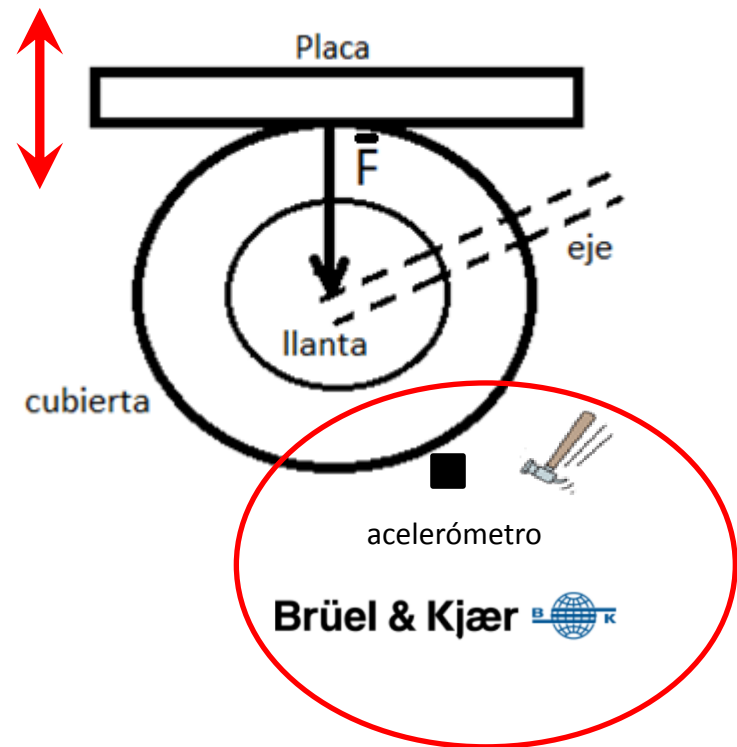


Simulación por elementos finitos





Carga Aplicada:
280, 320, 360 kgf





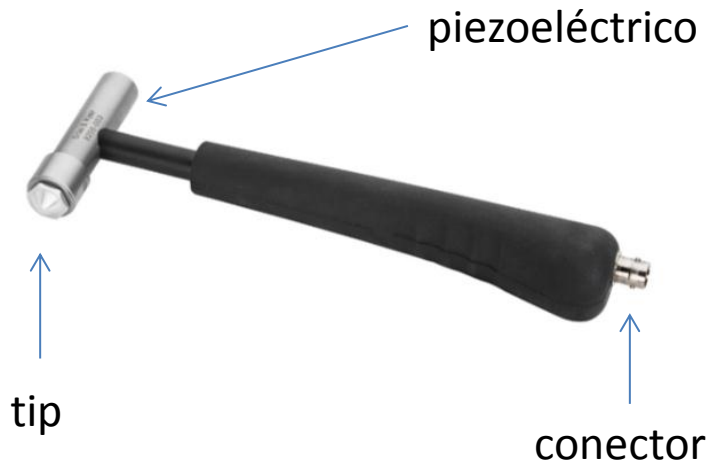
Acelerómetro uniaxial piezoeléctrico.

Interés en los modos en una dirección: radiales.

Sensibilidad: $0.1573 \frac{\text{pC}}{\text{m s}^{-2}}$.

Masa: 0.75 g (2 ordenes menor que un neumático).

Rango frecuencia: 0 - 26 KHz (interés 0 – 500 Hz).



Martillo instrumentado piezoeléctrico.

Realizar un impacto controlando la fuerza aplicada permite que el ensayo sea repetible.

Sensibilidad: $0.99 \frac{\text{pC}}{\text{N}}$.

Tip: Acero.

Max: 5000 N.

Ambas señales son amplificadas (ganancia: $10 \frac{\text{mV}}{\text{pC}}$) y convertidas en aceleración y fuerza por el acondicionador de señales.

Fijamos la presión en 2 bar y variamos la carga.

Brüel & Kjær 

[1] Acondicionador de señales.

[2] PC que recibe señales del DAQ.



**NATIONAL
INSTRUMENTS™**

[3] Martillo instrumentado

Brüel & Kjær 

[4] Cubierta Fate Sentiva 185/65 R15 lote experimental.

[5] Llanta maciza

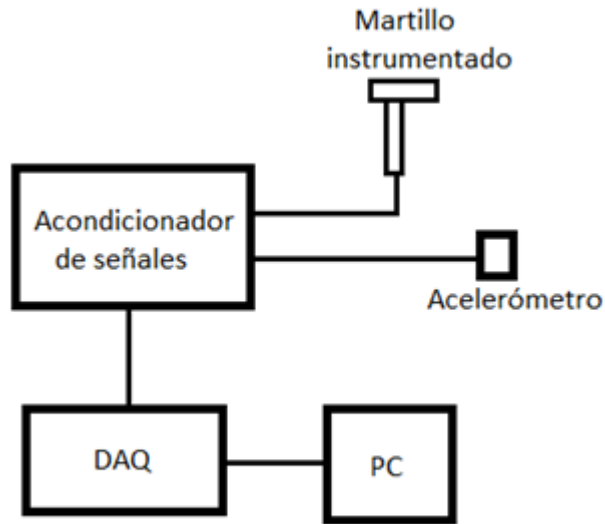
[6] Manómetro

[7] RJS: Máquina de deflexión estática.

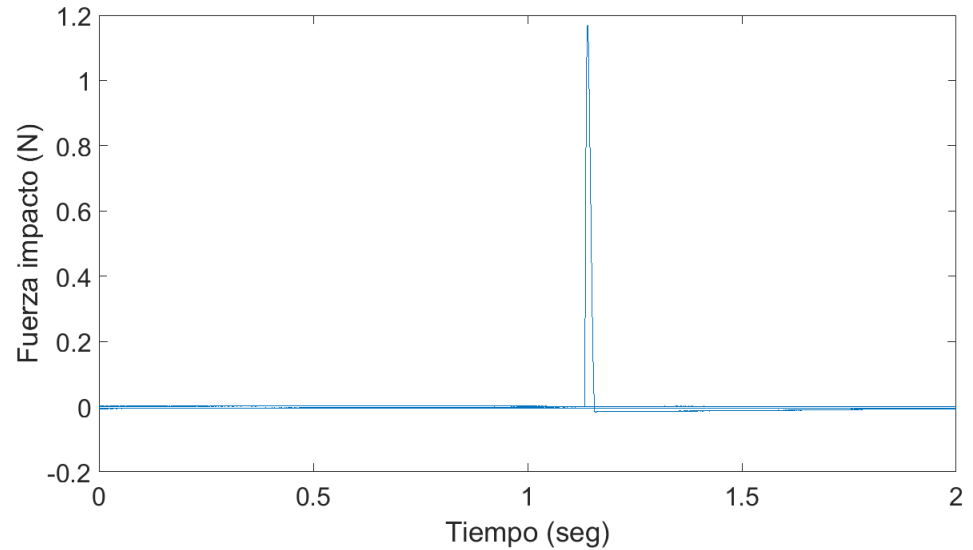
[8] Acelerómetro piezoeléctrico unidireccional

Brüel & Kjær 

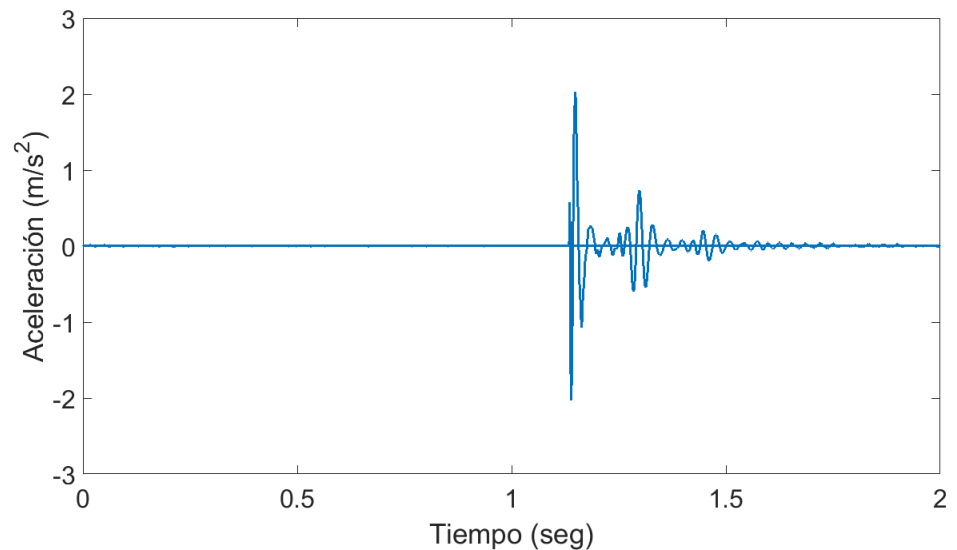
Método experimental: Señales



Señal del martillo



Señal del acelerómetro

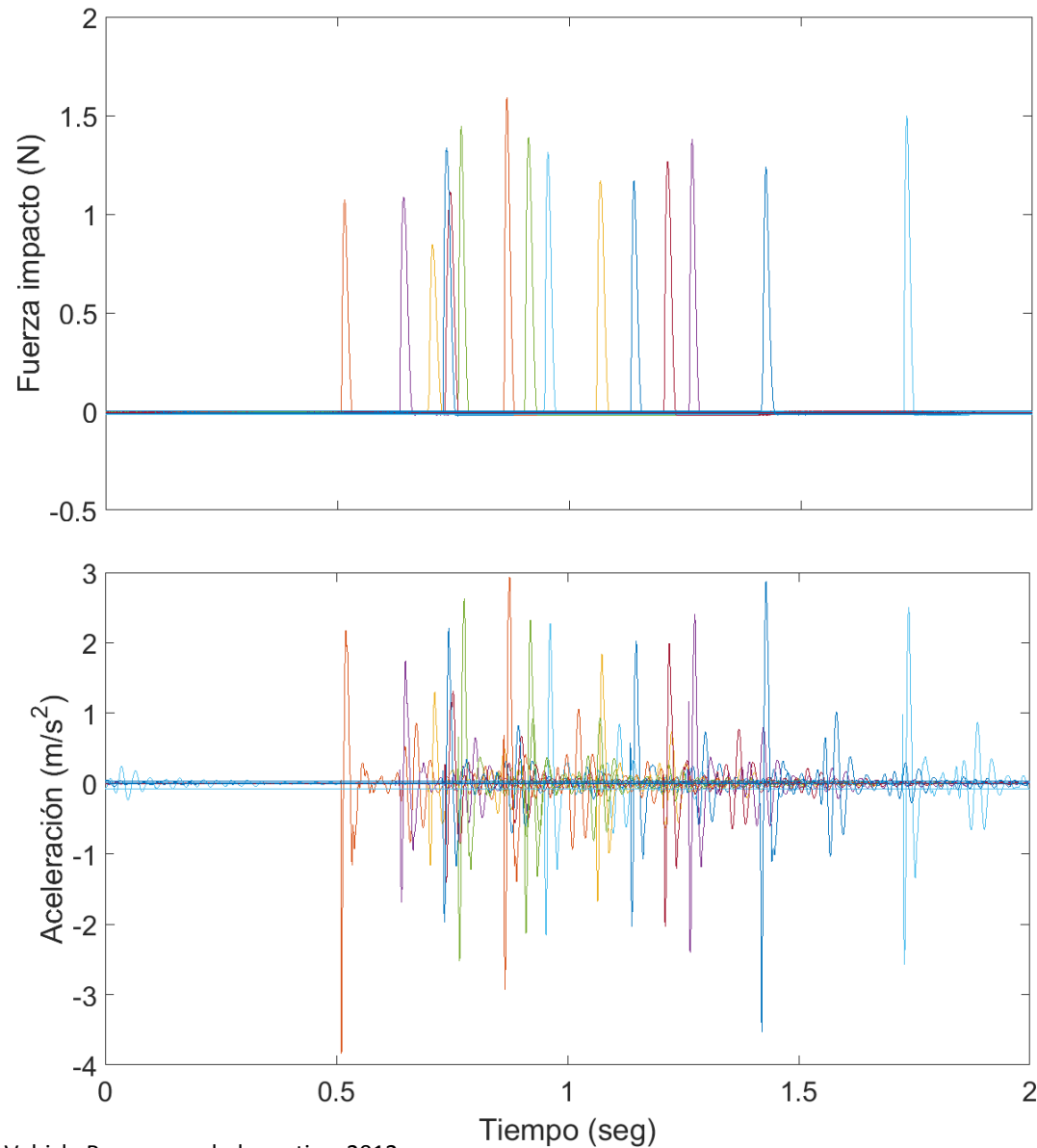


Número de muestras: 200 Ksamples

Frecuencia muestreo: 100 KHz

Ventana temporal: $\frac{\# \text{muestras}}{frec} = 2 \text{ seg.}$

Resolución: $\frac{frec}{\# \text{muestras}} = 0.5 \text{ Hz.}$



Se repite el ensayo
15 veces según
norma utilizada [1].

[1] SAE International. Surface Vehicle Recommended practice, 2012.

FFT de ambas señales

→ Análisis de la FFT

Coherencia: medida de la linealidad entre las señales.

Movilidad = $H_1 = \frac{A}{F}$ cociente de los espectros.

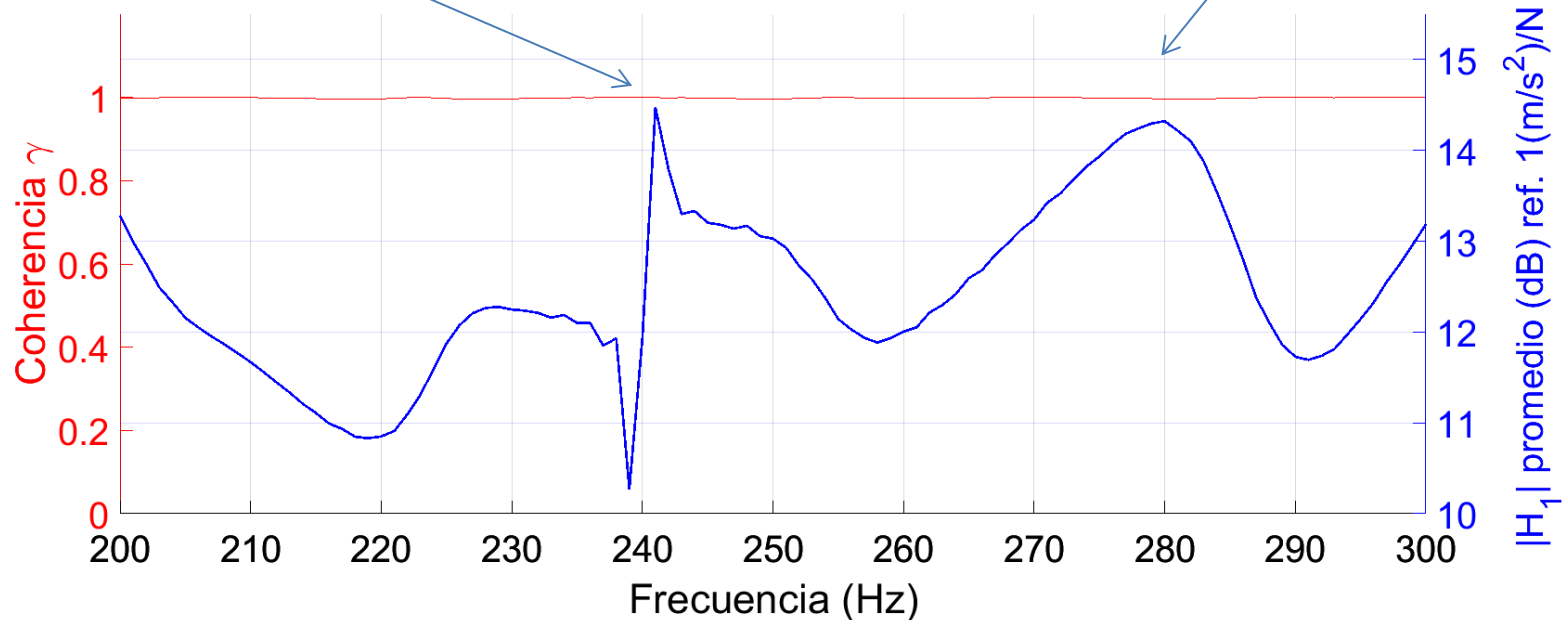
Amplitudes de acel y fuerza en FFT

Modo cavidad

Depende de la geometría.
Dada una llanta y dimensiones de neumático está estandarizada

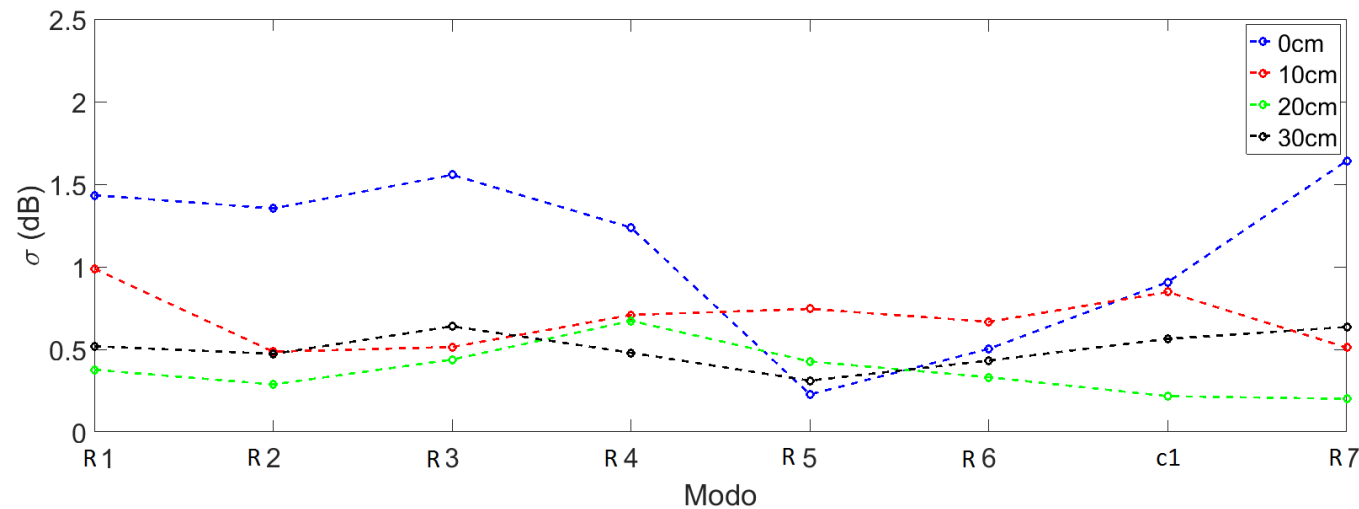
Modo estructural

Depende de la estructura

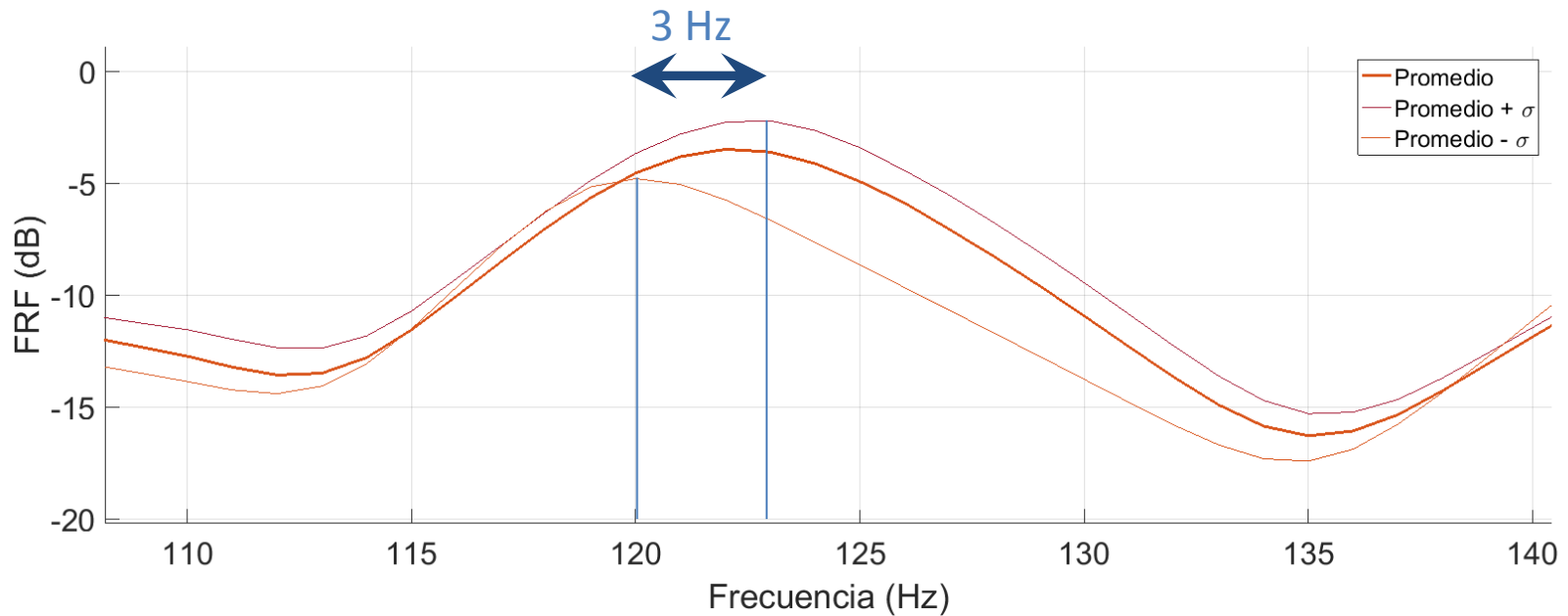


Distancia entre el acelerómetro y el martillo

La incerteza asociada que tienen las mediciones vienen dadas, en mayor medida, por la dispersión que éstas presentan en la **amplitud** en el espectro en frecuencia. Para un conjunto de 15 mediciones en cada posición se obtiene:



Depende del modo. Como el que nos interesa para estudiar es el C1 se toma el criterio de pegarle con el martillo a 20cm de donde se encuentra pegado el acelerómetro.

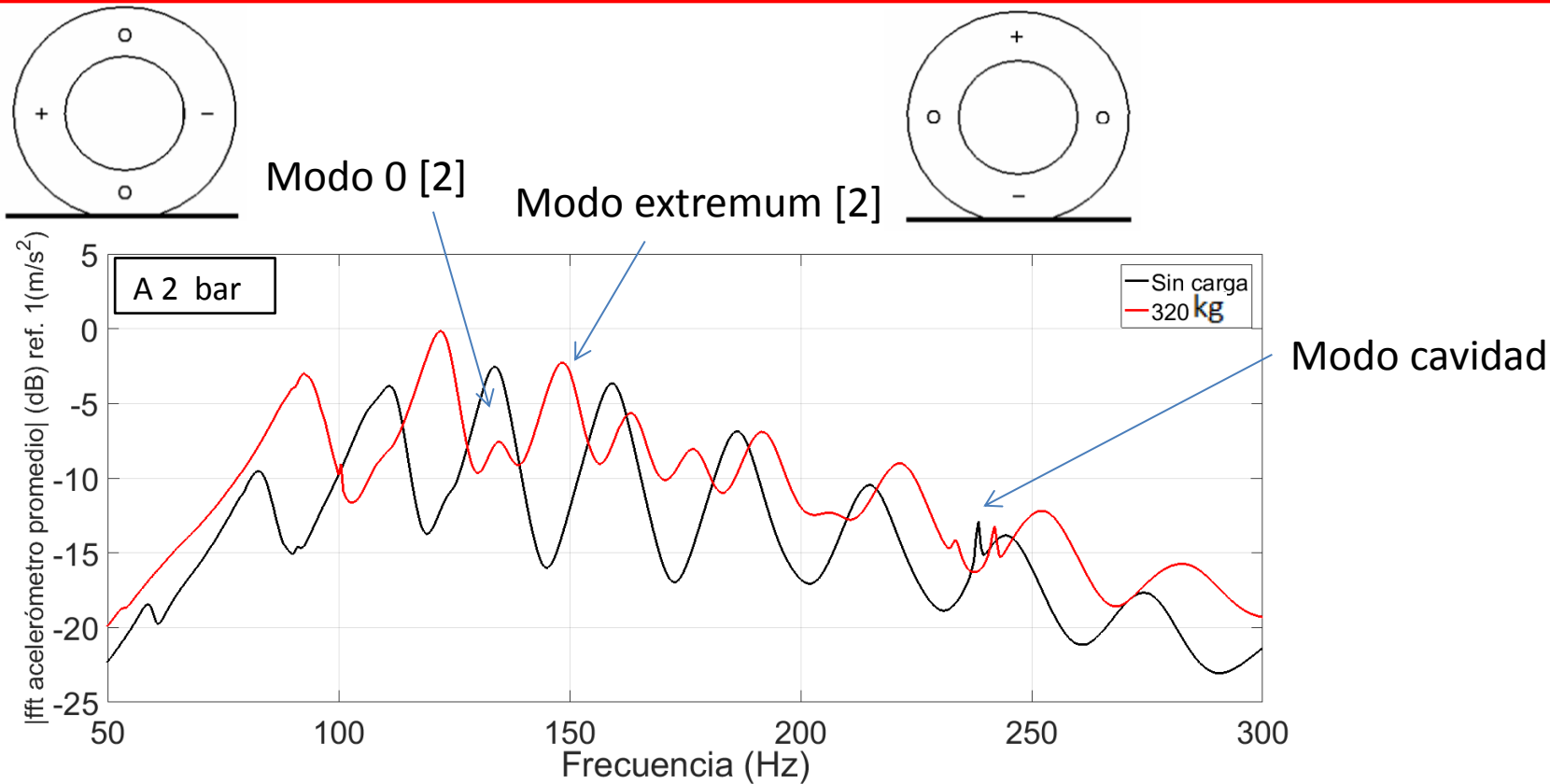


ε_1 : Mitad del intervalo hallado = 1.5 Hz estadística (instrumental es despreciado)

$$\varepsilon_2 : \text{res} = \frac{frec}{\# \text{muestras}} \text{ Hz} = 0.5 \text{ Hz}$$

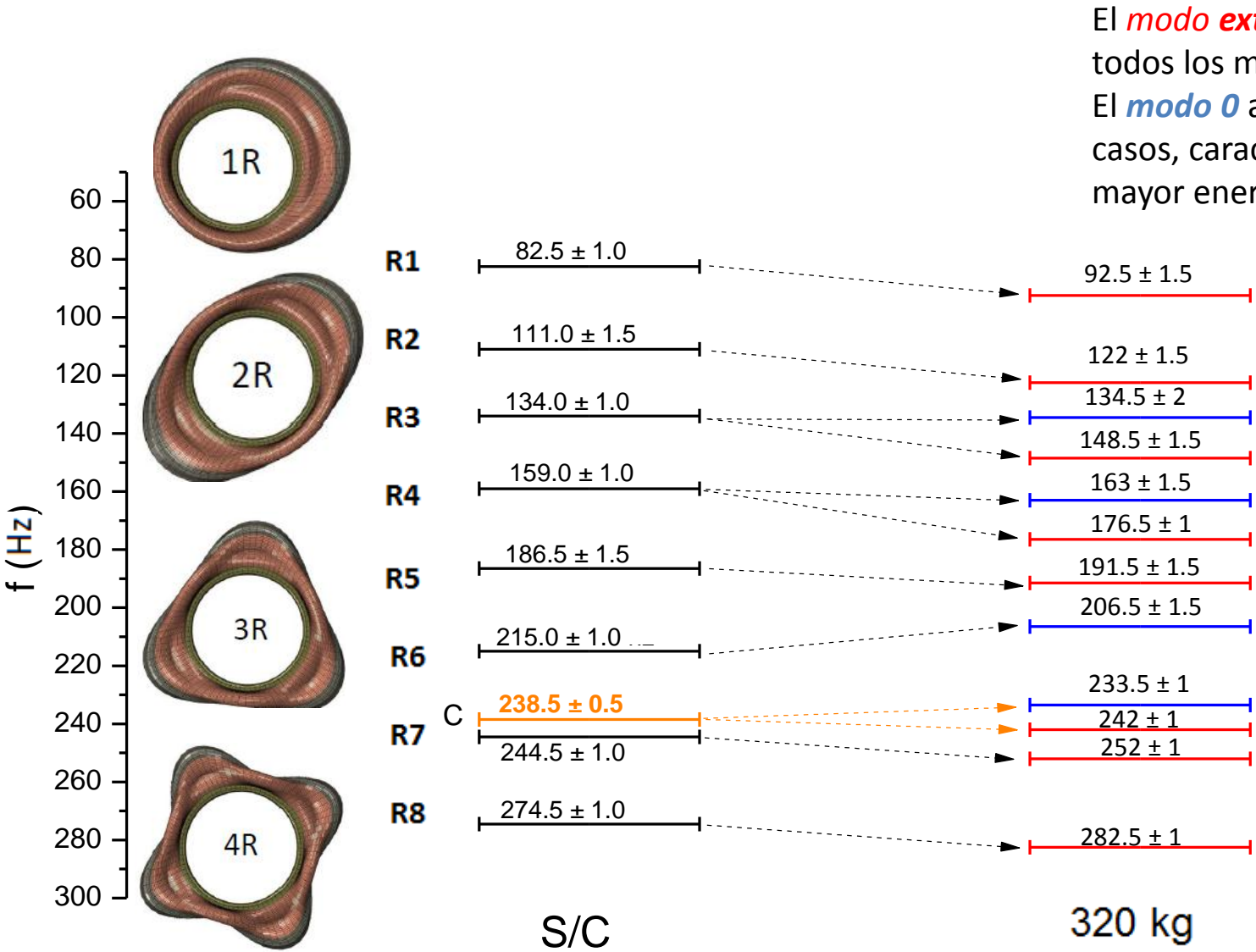
$$E = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$$

Criterio dependiente del modo.

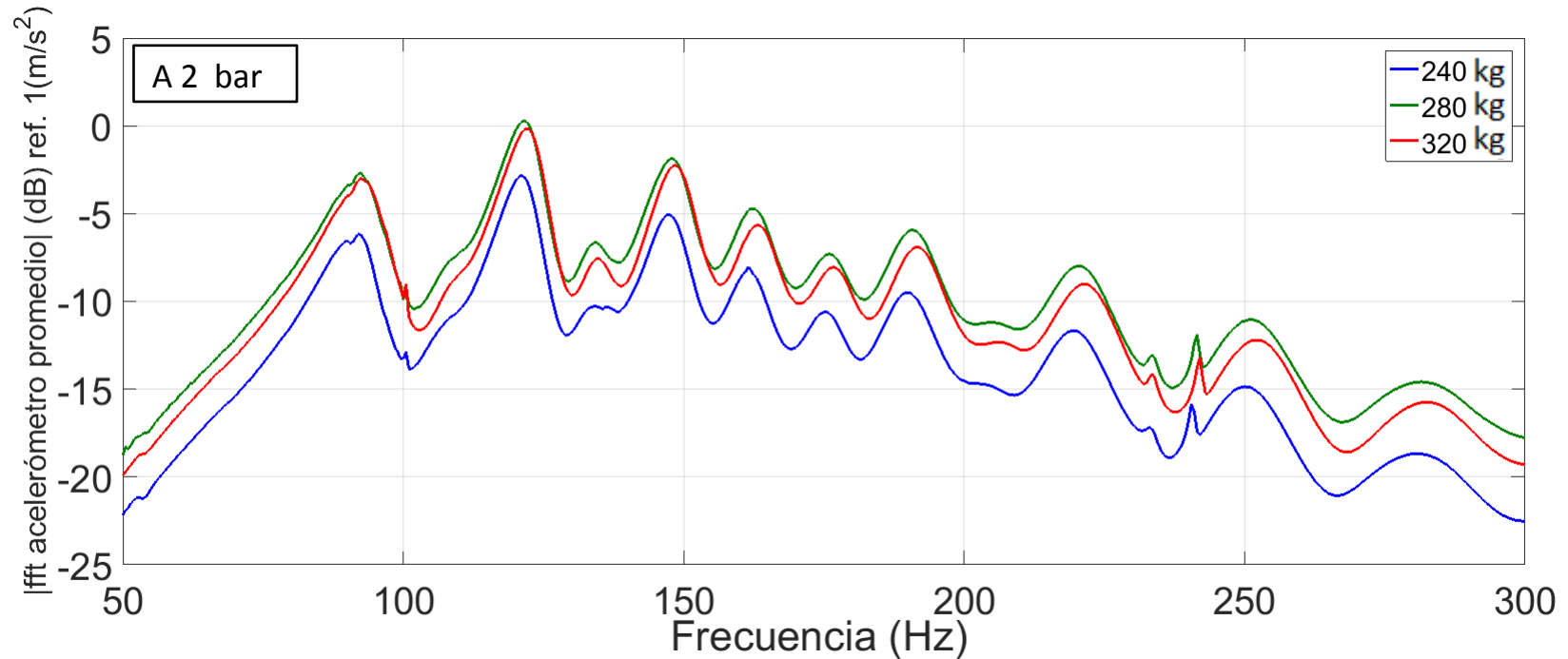


- Claro desdoblamiento de los modos (radiales y de cavidad) a causa de la ruptura de simetría. No se lo evidencia en todos.
- Cambio en la amplitud de la FFT lo cual indica que algunos modos se transmitirán más que otros al vehículo.

[2] Zegelaar, P. *Dynamic response of tyres to brake torque variations and road unevennesses*, 1998

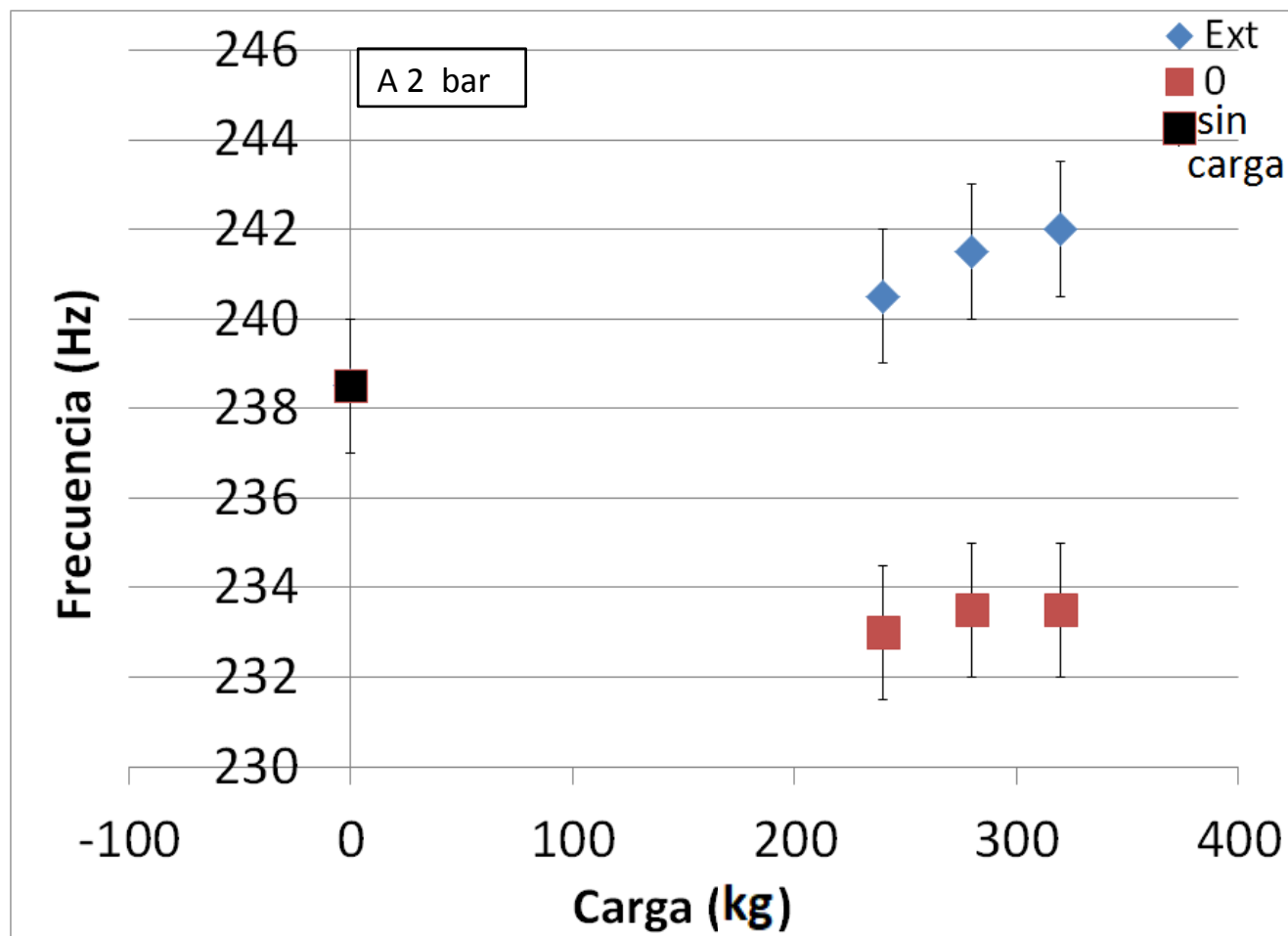


El *modo extremum* se da para todos los modos
El *modo 0* aparece en algunos casos, caracterizados por una mayor energía

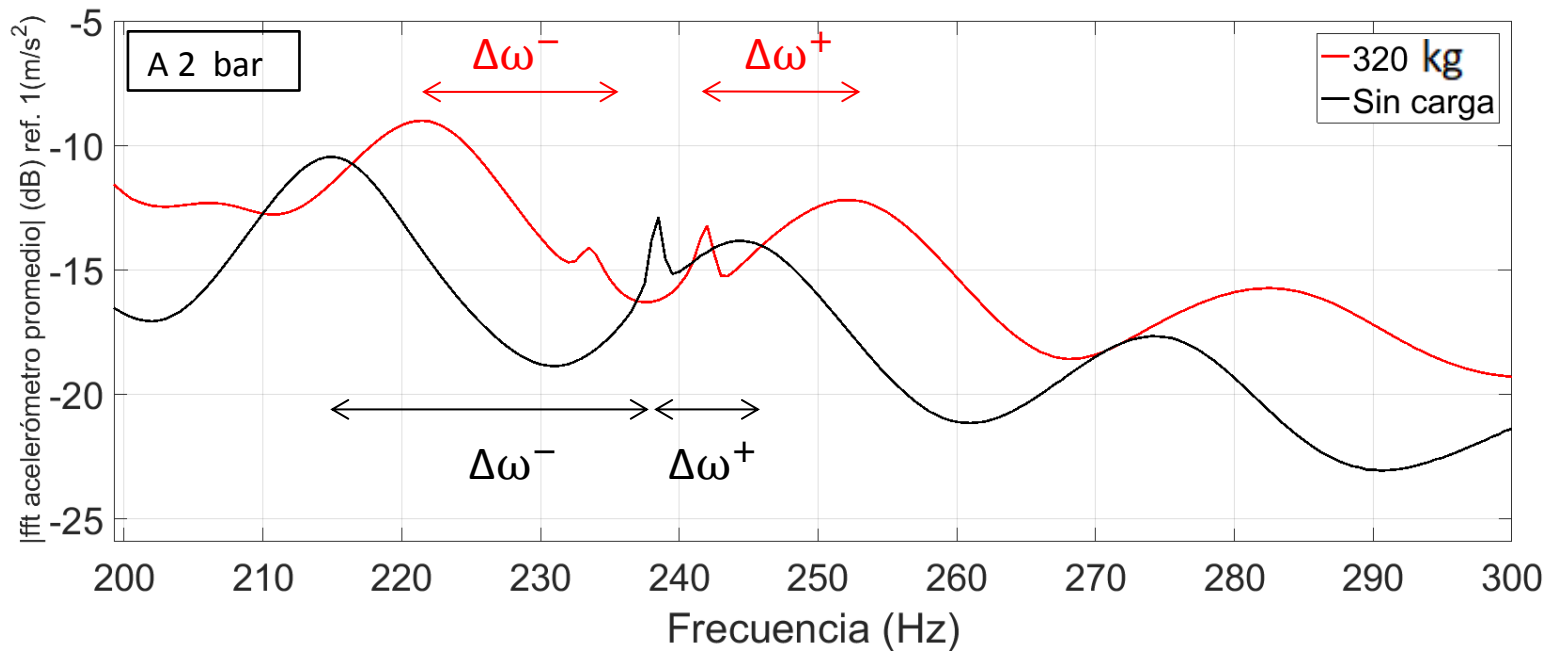


No se perciben cambios significativos al aumentar la carga una vez que ya se rompió la simetría.

Los modos vibracionales que se transmitirán al vehículo no dependen del peso del mismo ni de la distribución sobre los neumáticos.



No se observan cambios significativos en la frecuencia del modo al modificar la carga



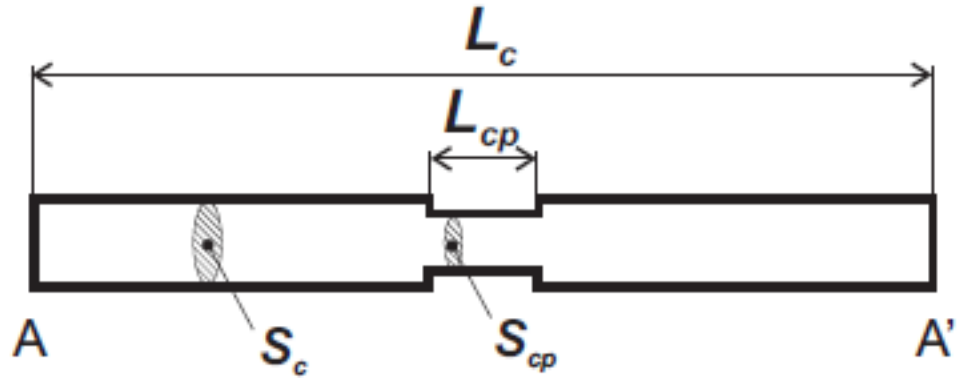
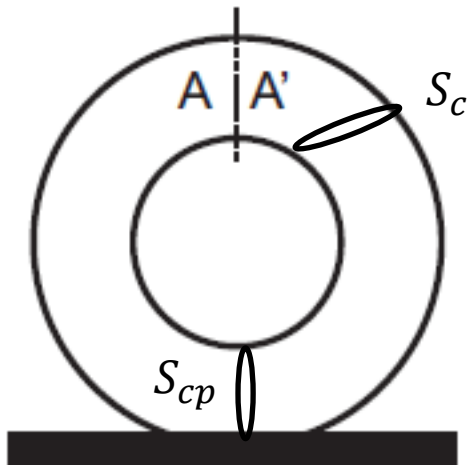
$$\Delta\omega^- = (23.5 \pm 1.5) \text{ Hz}$$

$$\Delta\omega^+ = (6 \pm 1.5) \text{ Hz}$$

$$\Delta\omega^- = (12 \pm 2) \text{ Hz}$$

$$\Delta\omega^+ = (10 \pm 2) \text{ Hz}$$

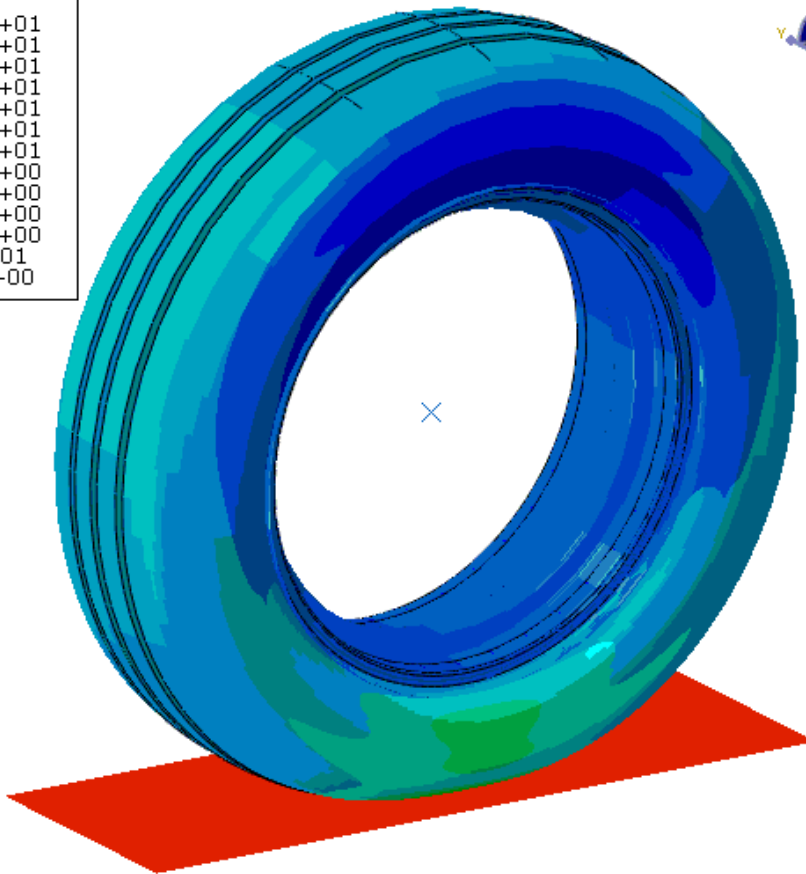
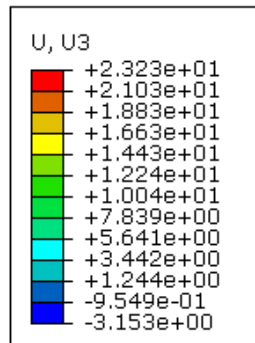
El desdoblamiento del modo de cavidad hace que el acoplamiento con el modo estructural + disminuya a costa de aumentar su acoplamiento con el de estructural -



Donde L_c y L_{cp} son perímetros medios tal que se pueda interpretar al toroide del neumático como el tubo de Kundt.

$$f = \frac{v_s}{L_c \pm (1 - m)L_{cp}}$$

$$m = \frac{S_{cp}}{S_c}$$



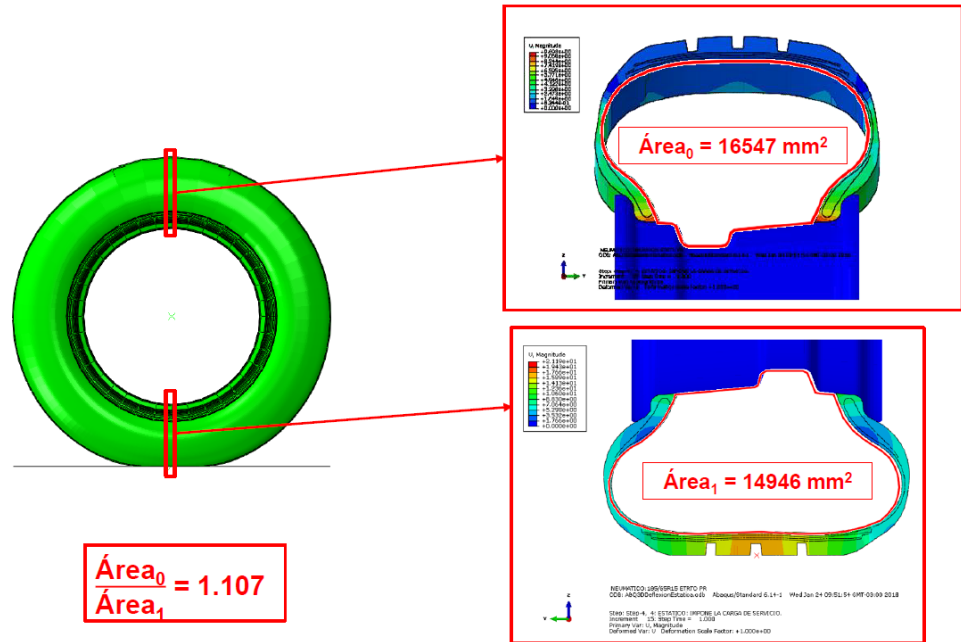
Presión: 2 bar
Carga: 320 kgf

NEUMATICO:185/65R15 ETRTO PR
ODB: ABQ3DDeflexionEstatica_eigen_320kg.odb Abaqus/Standard 6.14-1 Fri May 18 16

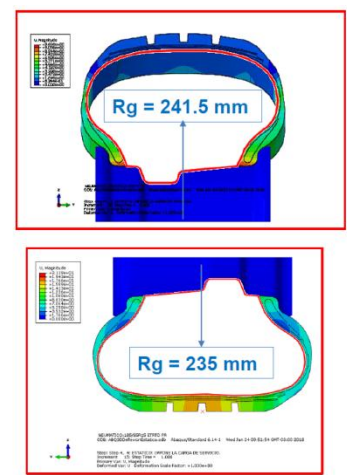
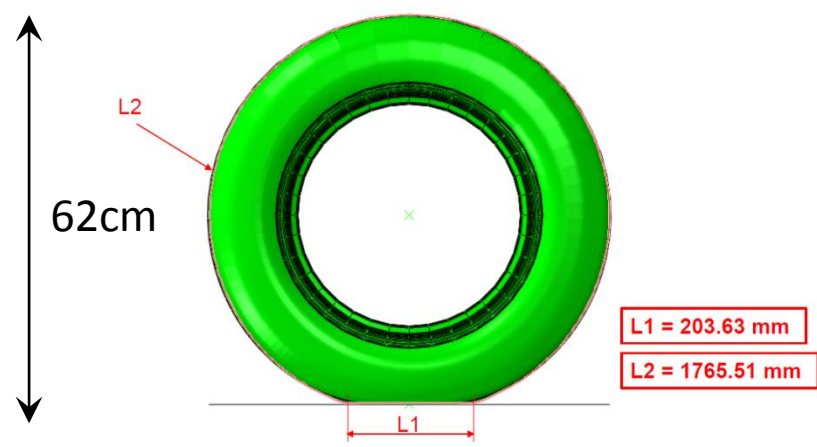
z

y

Step: Step-4, 4: ESTATICO: IMPONE LA CARGA DE SERVICIO.
Increment 18: Step Time = 1.000
Primary Var: U, U3
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.000e+00



Presión: 2 bar
Carga: 320 kgf



	Experimental [Hz]	Thomson [Hz]
0	233.5 \pm 1	224
Extremum	242 \pm 1	229

Posibles motivos por no solapamiento:

- El modelo de Kundt es una simplificación muy fuerte.
- El modo de cavidad no depende únicamente de la geometría si no que también del compuesto o demás características constructivas.

Experimentales:

- Se determinó que la distancia que reduce el error estadístico entre el acelerómetro y el punto de impacto del martillo es de 20cm.
- Se desarrolló un criterio para la determinación del error estadístico en frecuencia de los modos radiales. Éste depende del modo.

Resultados:

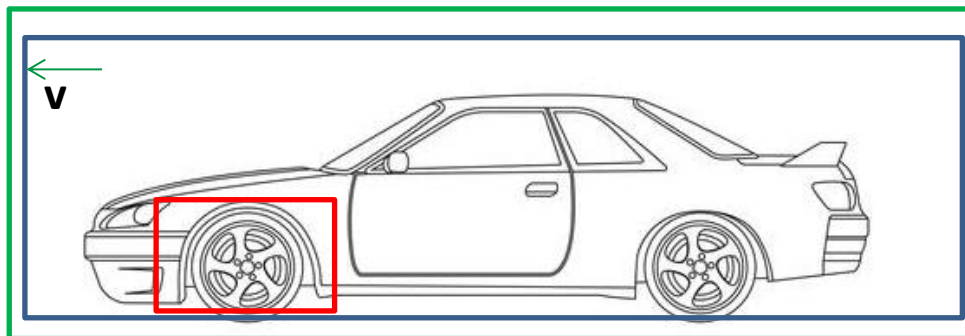
- La aplicación de la carga produce una ruptura de simetría. En los modos R4, R5 y C1 se observa el desdoblamiento de los modos en el extremum y 0 mientras que en el resto se observa el 0.
- El modo 0 está caracterizado por una mayor energía. Transmite más en el auto.
- El desdoblamiento no cambia con la carga.
- El acoplamiento del modo C1 cambia al aplicar carga. Reduce el acoplamiento.
- El modelo de Thomson no se ajusta bien.

- 1) Ensayo de la dependencia de los modos con la temperatura controlando presión y carga. MAYO
- 2) Caracterizar el auto Peugeot 408 mediante la función transferencia. JUNIO
- 3) Realizar ensayo dinámico en el Peugeot 408. JUNIO

Con (1) cerramos **la caracterización del neumático aislado**

Con (2) cerramos **el estudio del neumático en el auto estático**

Con (3) cerramos **el estudio dinámico**



Se agradece la colaboración en este proyecto de los compañeros de la gerencia de I+D de Fate que sin ellos este trabajo no hubiese sido posible.

Especial agradecimiento al Ing Jorge Kuster y al Ing Gabriel Curtosi por las simulaciones de elementos finitos.