

ESTUDIO DEL FENÓMENO FÍSICO DEL RECHINIDO EN LOS DISCOS DE FRENOS

Aldo A.G.G., Guillermo S.P., Mauricio R.A., Ángel I.G.G., Lisbeth H.L., Antonio L., Roberto A.P.U.
 Centro Nacional de Metrología
algarcia@cenam.mx

Resumen: Desde el comienzo del uso del freno de disco en automóviles, se ha hecho un considerable número de investigaciones alrededor de todo el mundo dirigidas a comprender las causas que generan el ruido del frenado para poder brindar a los conductores estabilidad y confianza a la hora de utilizar un vehículo. Se muestra el inicio del estudio del fenómeno que parte del análisis experimental en disco de freno.

1. INTRODUCCIÓN

Se Implementa un método experimental que permita caracterizar al disco de frenos obteniendo sus frecuencias naturales y modos de vibración.

2. FASE 1

La instrumentación para obtener la función de respuesta a la frecuencia (FRF) se observa en la Figura 1, donde la fuente de excitación puede ser con un excitador de vibraciones o martillo de impacto y la respuesta ser medida con un acelerómetro piezo-eléctrico o un vibrómetro laser junto con un transductor de fuerza.

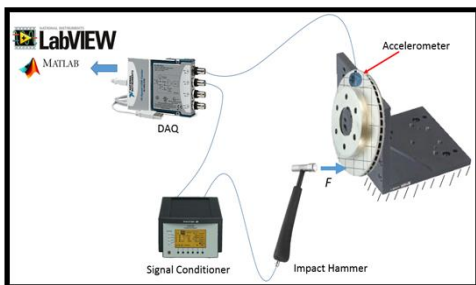


Fig. 1. Proceso para obtener la función de la respuesta a la frecuencia.

La configuración del sistema consiste de un martillo de impacto tipo 8202 de Brüel & Kjaer (B&K) con una punta con intervalo de fuerza de 300 N a 1000 N sin masa adicional el cual posee una sensibilidad de carga por unidad de fuerza de 4 pC/N, el cual utilizando un acondicionador de señales se obtienen 10 mV/N. El acelerómetro que registra la respuesta modelo 4519-001 de B&K posee una sensibilidad de 100 mV/g donde g es la unidad de aceleración (aprox. 9.81 m/s²).

La metodología empleando el martillo de impactos requiere hacer una división cuadrangular sobre la

superficie del disco como se muestra en la figura 2. Para realizar el impacto en las intersecciones de las líneas o nodos y así registrar la respuesta ante el impacto tanto de acelerómetro como de transductor de fuerza. Se tienen 28 puntos en total distribuidos en el disco, incluyendo uno donde se monta el acelerómetro, por lo tanto habrá 27 mediciones hechas con el martillo de impacto.



Fig. 2. Disco de frenos con mallado y el montaje de un acelerómetro en condición libre.

La forma del impacto con el martillo debería ser aproximada a la función delta de Dirac [$\delta(x)$] donde tiende a infinito cuando $x = 0$ y para cualquier otro punto es cero, la razón de esto es que la transformada de Fourier de $\delta(x)$ es uno, lo que significa que este posee un valor constante para todas las frecuencias, y significa que cuando una fuerza $\delta(x)$ es aplicada el sistema impactado se excita en todas las frecuencias, en la realidad esto no sucede y menos proviniendo el impacto de un ser humano, a partir de esto el impacto dura un cierto tiempo, en donde el comportamiento se aproxima al de una señal rectangular [$\Pi(x)$] con una duración aproximada de 500 micro segundos, siendo su transformada de Fourier de la función $\text{sinc}(f)$ la cual queda definida en la ecuación 1.

$$\text{sinc}(f) = \begin{cases} 1 & \text{para } f = 0 \\ \frac{\sin(\pi f)}{\pi f} & \text{para } f \neq 0 \end{cases} \quad (1)$$

Donde la magnitud es $[\text{sinc}(f)]^2$ y se representa en la figura 3.

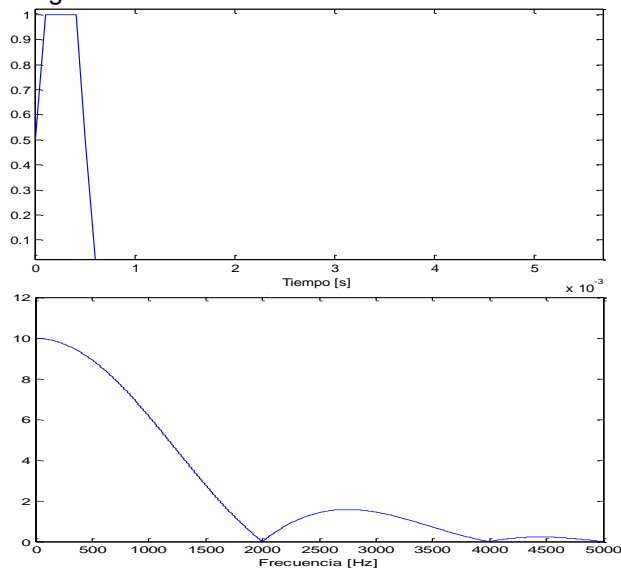


Fig. 3. Señal rectangular en el dominio del tiempo y la frecuencia.

La magnitud de la señal en frecuencia es una señal senoidal cuadrada donde el valor pico de la magnitud decrece mientras incrementa la frecuencia por lo que si se quisiera excitar frecuencias más altas el impacto debería realizarse con otro tipo de punta mas rígida, con mayor fuerza o ambas. Procesando la señal del martillo y la del acelerómetro se obtienen la siguiente figura 4.

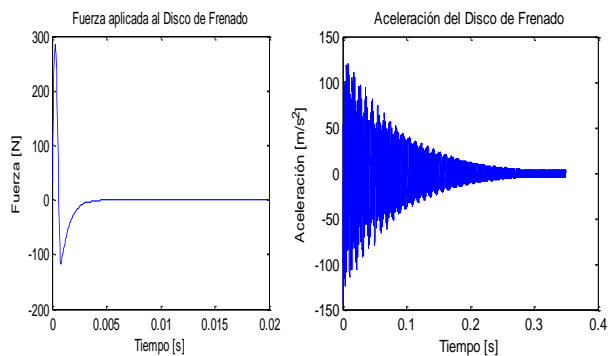


Fig.4. Fuerza aplicada al disco y su aceleración.

Se observa una señal casi cuadrada en la fuerza con esquinas curvas y se atenúa en la parte negativa, en la respuesta de la aceleración se aprecia una función senoidal la cual oscila y se atenúa. La respuesta a la frecuencia de la fuerza aplicada parece a la función $\text{sinc}(f)$, mientras que para la aceleración se tienen muchos picos, se

puede apreciar una gran magnitud en la frecuencia de 757 Hz figura 5.

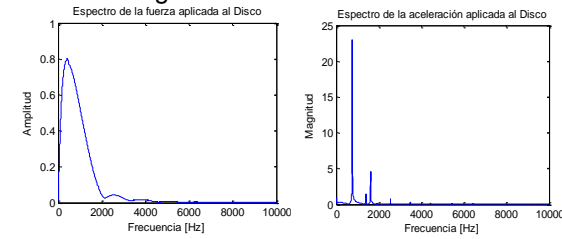


Fig.5. Magnitud de la transformada de Fourier de la fuerza aplicada al disco y la aceleración.

Después se procede a obtener la función (FRF) de la respuesta a la frecuencia utilizando las transformadas de Fourier de la entrada como la salida, y así identificar los parámetros modales tales como frecuencias naturales, la razón de amortiguamiento y las formas modales. La FRF es obtenida a través de una división compleja de la señal FFT del acelerómetro entre la FTT de la señal del martillo y al cual se le denomina acelerancia. Realizando el mismo procedimiento para los 27 puntos se obtuvo lo siguiente.

3. RESULTADOS

Modo	Frecuencia Natural(Hz)	Varianza
1	759.8	0.559895
2	1618.7	2.015621
3	2543.5	8.062484
4	3488.7	14.19893
5	4446.7	6.651562
6	5419.7	11.68892

4. CONCLUSIONES

La metodología presentada ayudó como base a la caracterización de discos de frenos, y se plantea la utilización de elemento finito para comparar resultados de manera simulada.

REFERENCIAS

[1] Ambekar, A. G. Mechanical Vibrations and Noise Engineering. Nueva Delhi; Prentice Hall de India. Cap 1. 2006.
 [2] Schroth, R., Hoffmann, N. Swift, R. Mechanism of brake squeal – from theory to experimentally measured mode coupling. Germany, United States; Robert Bosch GmbH, Corporate Research and Development & Robert Bosch Corporation, Chassis Division. 2003.