

1.1. Resumen

En esta sesión se estudiarán las resonancias de una barra metálica mediante la técnica de resonancias forzadas. Se suspende una barra de duraluminio mediante dos soportes universales. Usando un vibrador electromecánico acoplado debilmente a un extremo de la barra se generan oscilaciones mecánicas, con la posibilidad de variar su frecuencia. Al otro extremo se coloca un acelerómetro, cuya superficie también debe apoyarse debilmente contra la barra. La señal de aceleración correspondiente permite medir las frecuencias de resonancia de la barra (oscilaciones forzadas) midiendo su amplitud con ayuda de una tarjeta de adquisición y el programa *SignalExpress*.

1.2. Objetivos

- Estudio de las resonancias de oscilación de una barra metálica mediante la técnica de resonancias forzadas. Análisis de la señal de aceleración de un punto de la barra.
- Manejo de la tarjeta de adquisición. Usar *SignalExpress* para el análisis de la amplitud de aceleración de un punto de la barra.
- Familiarizarse con el uso del generador de funciones, un vibrador eletromecánico y un acelerómetro.

1.3. Materiales

- Una barra de Duraluminio, de 90 cm de longitud, 1.3 cm de diámetro
- Generador de funciones, fuente de poder, un vibrador eletromecánico y un acelerómetro
- Tarjeta de conversion A/D NI-USB6008 y SignalExpress.
- Soportes universales, hilo.

1.4. Montaje experimental

A continuación se explicará la técnica de resonancias forzadas. Se debe colgar la barra metálica con hilo a dos soportes universales (ver figura 1A). La idea es que la barra quede lo más libre posible, como una campana. Por lo tanto preocúpese de que no esté en contacto con algo a su alrededor.

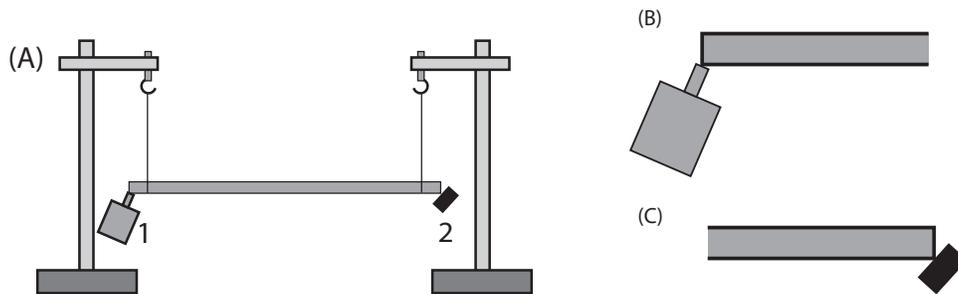


Figura 1: (A) Técnica de resonancias forzadas: Esquema del montaje experimental. Una barra metálica se suspende con dos hilos a dos soportes universales. Usando un vibrador electromecánico (1) acoplado debilmente a un extremo de la barra se generan oscilaciones mecánicas. Al otro extremo se coloca un acelerómetro (2), cuya superficie también debe apoyarse debilmente contra la barra. (B) y (C): Detalle del acoplamiento del vibrador y el acelerómetro con la barra, respectivamente. Éstos deben tocar la barra tratando de el contacto sea suficiente para permitir la generación y detección de vibraciones en la barra pero al mismo tiempo débil para que la barra se pueda considerar como libre de esfuerzos externos.

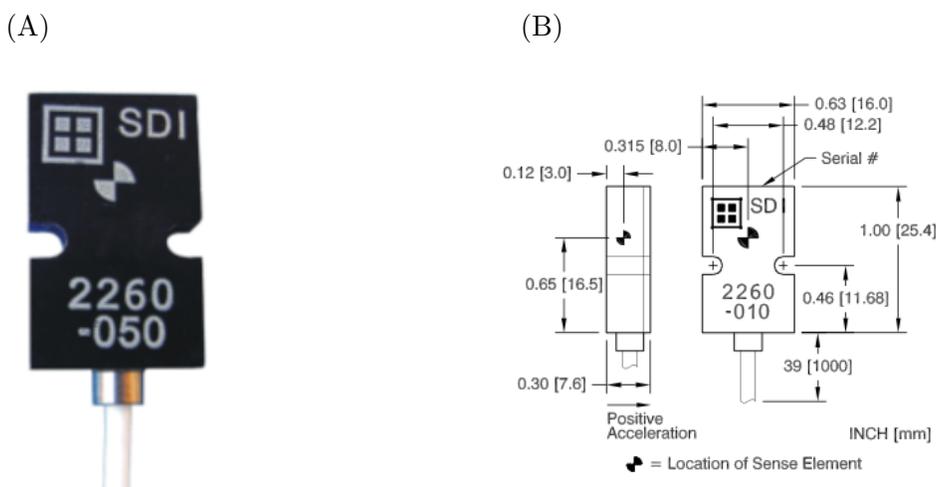


Figura 2: (A) Foto del acelerómetro. La posición del elemento sensible está dado por un círculo con dos cuadrantes negros y dos cuadrantes blancos. (B) Esquema del acelerómetro con sus dimensiones en pulgadas y en mm entre paréntesis [].

La diferencia con la técnica de impulsión utilizada anteriormente es que en esta ocasión se van a inducir oscilaciones mecánicas en la barra forzadas con un vibrador electromecánico acoplado a un extremo de la barra. La señal a analizar es la aceleración en un punto dado, idealmente el otro extremo de la barra.

La figura 1 muestra un esquema del montaje, como también el detalle de los acoplamientos del vibrador electromecánico y el acelerómetro con la barra. Éstos deben tocar la barra tratando de el contacto sea suficiente para permitir la generación y detección de vibraciones respectivamente,

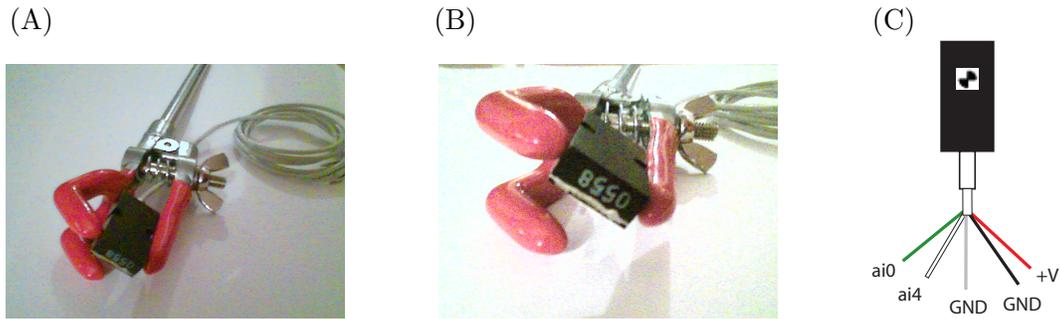


Figura 3: (A)-(B) Estas fotos muestran la forma que la pinza sujeta el acelerómetro. De esta forma se puede disponer el acelerómetro como se indica en la figura 1C. (C) Esquema de conexiones del acelerómetro. Los cables verde y blanco se conectan a ai0 y ai4 de la tarjeta de adquisición respectivamente. El cable plateado (blindaje) y el negro (-) se conectan ambas al - de la fuente (que tiene además un puente a tierra). El cable rojo se conecta al voltaje positivo de la fuente +V, con un valor entre 9 y 32 V.

pero al mismo tiempo el contacto debe ser débil para que la barra se pueda considerar como libre de esfuerzos externos. De esta manera, los resultados de esta guía podrán ser comparados con los obtenidos con la técnica de impulsión.

La figura 2A muestra una foto del acelerómetro, la cual indica la ubicación del elemento sensible con el símbolo \oplus . El esquema de la figura 2B muestra las dimensiones del acelerómetro y la dirección de aceleración positiva. Las figuras 3A y 3B presentan fotos que muestran la forma que la pinza debe sujetar el acelerómetro de modo que sea pueda montar como se sugiere en la figura 1C.

La técnica de resonancias forzadas consiste precisamente en generar vibraciones a una frecuencia dada gracias a una señal eléctrica sinusoidal dada por un generador de funciones, con la cual se inducen vibraciones con la ayuda de un vibrador electromecánico. Lejos de una resonancia, la amplitud de la señal de aceleración será pequeña, pero a medida que la frecuencia de vibración se acerca a una frecuencia de resonancia de la barra, esta amplitud crece hasta pasar por un máximo, lo que define precisamente una frecuencia de resonancia.

La figura 3C muestra las conexiones del acelerómetro. Conecte los cables de alimentación del acelerómetro (rojo + y negro -) a la fuente de poder, con un voltaje entre +9 y +32 (cualquier valor en este rango). El conector - de la fuente (perilla de color negro) debe estar conectado a la tierra de ésta (perilla de color verde) con una placa que viene con la fuente. Por defecto debe estar en esta configuración, si no lo está consulte a un auxiliar. Debe conectar además el blindaje del cable del acelerómetro (cable plateado) con el - de la fuente (o sea a tierra). El resultado final es que tanto el - y el blindaje del cable del acelerómetro estarán conectados a tierra.

La señal del acelerómetro se mide en modo diferencial, usando ambos cables restantes, el verde y el blanco. El primero debe estar conectado al canal ai0 de la tarjeta de adquisición, y el segundo, al canal ai4. Usando la tarjeta en modo diferencial, ambos canales se convierten en ai0+ y ai0- respectivamente.

El programa *MedirAcelerometro.seproj*, que se abre con *SignalExpress*, se encuentra disponible en



Figura 4: Foto del generador de funciones que muestra en el extremo inferior izquierdo las teclas a usar para el barrido de frecuencias.

ucursos. Le permitirá hacer la adquisición de la señal de voltaje del acelerómetro, filtrar la señal y medir su amplitud mediante una trasformada de Fourier.

1.5. Medidas mediante técnica de resonancias forzadas

Parte A: Conectando la salida del acelerómetro a la tarjeta A/D, realice algunas pruebas para determinar una configuración óptima de la posición del vibrador electromecánico y del acelerómetro, como también la amplitud del forzaje (voltaje de señal sinusoidal del generador de funciones).

Pruebe con distintos niveles de acoplamiento entre el vibrador y acelerómetro con la barra. Se recomienda observar como la posición de una resonancia cambia cuando este acoplamiento es mayor (es decir cuando la barra ejerce mas peso sobre estos elementos).

El programa *MedirAceleracion.seproj* tiene parámetros ya configurados de manera óptima para este experimento (adquisición de la señal, medida de amplitud y análisis de Fourier). Si va a cambiar algún parámetro, anote el valor que tiene por defecto. Anote también la configuración final que usará para sus medidas. Esta configuración le servirá para las próximas sesiones de esta unidad.

Se recomienda realizar una primera exploración usando el modo de barrido en frecuencia del generador de funciones (ver figura 4). Para ello, siga los siguientes pasos:

1. START FREQ, ingrese 1000 Hz. Esto fija la frecuencia inicial del barrido.
2. STOP FREQ, ingrese 3500 Hz. Esto fija la frecuencia final.
3. SWEEP RATE, ingrese 0.01 Hz. Esto fija el paso del barrido.
4. AMPL, ingrese 4 Vpp. Esto fija la amplitud de la señal (tiene que tener un valor distinto de cero, y puede ser fijada antes).

5. SHIFT + START FREQ. Con esto se da Inicio al barrido.
6. SHIFT + START FREQ. Con esto se detiene el barrido.

Para observar la respuesta en directo, use el programa *MedirAceleracion.seproj* en modo *run*. De esta manera obtendrá una adquisición continua, observando la transformada de Fourier podrá ver como la amplitud de la señal de aceleración pasa por máximos que son cercanos a las frecuencias de resonancia encontrada con la técnica de impulsión.

Parte B: Realice medidas de la señal del acelerómetro usando la tarjeta de adquisición. Para ello varíe la frecuencia del generador de funciones manualmente entre 1 kHz y 3,5 kHz pasando con detalle por las frecuencias de resonancia determinadas anteriormente con la técnica de impulsión (con un paso de ~ 1 Hz).

Para cambiar la frecuencia manualmente se puede usar las flechas Δ y ∇ que aparecen en el extremo inferior derecho del panel frontal del generador de funciones:

1. Δ (Vpp/kHz), aumentar frecuencia.
2. ∇ (Vrms/Hz), disminuir frecuencia.

Para cambiar la posición decimal de la cifra que quiere cambiar durante la búsqueda manual:

1. SHIFT + \Leftarrow (Vpp/kHz), moverse a la izquierda en posición decimal.
2. SHIFT + \Rightarrow (Vrms/Hz), moverse a la derecha en posición decimal.

Tenga presente que las diferencias entre las frecuencias medidas con ambas técnicas pueden tener una diferencia de hasta ± 100 Hz. Use el programa *MedirAceleracion.seproj* en modo *run once* o *run* dependiendo si quiere una sola adquisición o una adquisición continua.

En la tabla de la página siguiente anote la frecuencia y amplitud de aceleración de las resonancias detectadas. Recuerde: dependiendo del cuidado con el que se realizan las medidas y las observaciones, el número de frecuencias a determinar puede variar entre 5 y 10. Haga una nueva tabla donde compare los resultados de las técnicas de impulsión y la de resonancia forzada, indicando su diferencia relativa $((f_n^{imp} - f_n^{res})/f_n^{imp})$.

Parte C: Usando los datos de la semana anterior, determine en este caso la frecuencia que corresponde al modo longitudinal fundamental.

Parte D: ¿Cuál de las dos técnicas le parece más precisa? ¿Porqué? Haga una lista de las diferencias, ventajas y desventajas de ambas técnicas.

	Medida		Medida
f_1		f_6	
A_1		A_6	
f_2		f_7	
A_2		A_7	
f_3		f_8	
A_3		A_8	
f_4		f_9	
A_4		A_9	
f_5		f_{10}	
A_5		A_{10}	