

Laboratorio 2

Para el siguiente modelo de una estructura de 4 GDL sabemos que los pesos de las masas son:

$$P1 = 251.14 \text{ gf}$$

$$P2 = 326.49 \text{ gf}$$

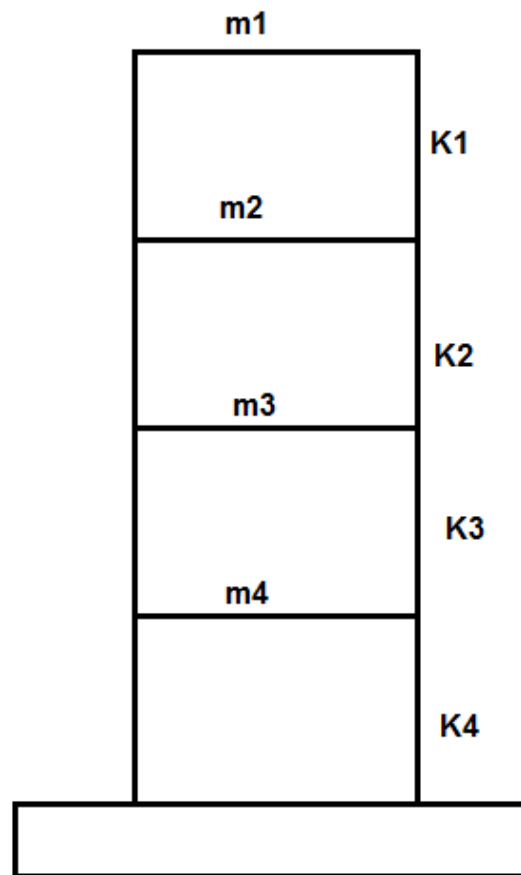
$$P3 = 395.90 \text{ gf}$$

$$P4 = 475.96 \text{ gf}$$

Además que la rigidez de todos los niveles es la misma y que la curva carga desplazamiento de un nivel (cuando empotrada en un lado) es :

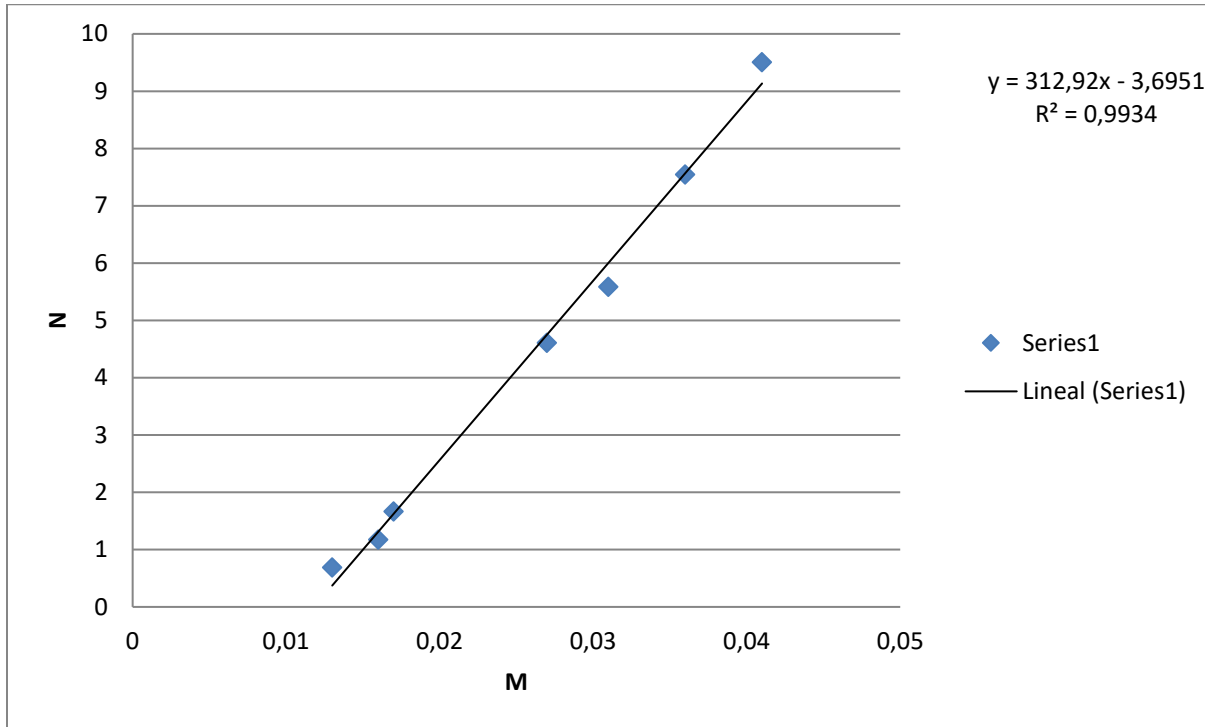
cm	gf
1.3	70
1.6	120
1.7	170
2.7	470
3.1	570
3.6	770
4.1	970

Nos interesa comparar los resultados teóricos con los experimentales si sometemos la estructura a una forzante variable.



Calculo Teórico

Con la curva carga-desplazamiento podemos determinar la rigidez del nivel



Luego tenemos que $K=312.92 \text{ N/m}$ (Utilizando unidades Sistema SI)

Recordemos que la matriz de rigidez genérica para el tipo de estructura que tenemos en 4 GDL está dada por

En Análisis Matricial ven su deducción

$[K]=$

$$\begin{bmatrix} K1 & -K2 & 0 & 0 \\ -K2 & K1+K2 & -K3 & 0 \\ 0 & -K3 & K2+K3 & -K3 \\ 0 & 0 & -K3 & K3+K4 \end{bmatrix}$$

Pero $K1=K2=K3=K4$, entonces

$[K]=$

$$\begin{bmatrix} K & -K & 0 & 0 \\ -K & 2K & -K & 0 \\ 0 & -K & 2K & -K \\ 0 & 0 & -K & 2K \end{bmatrix}$$

Luego la matriz de Rigidez de la estructura en N/m es:

$[K] =$

$$\begin{bmatrix} 312.92 & -312.92 & 0 & 0 \\ -312.92 & 625.84 & -312.92 & 0 \\ 0 & -312.92 & 625.84 & -312.92 \\ 0 & 0 & -312.92 & 625.84 \end{bmatrix}$$

Para armar la matriz de masa [M], necesitamos compatibilizar las unidades previamente, con lo cual tenemos [M] en kg es:

[M] =

0.2511	0	0	0
0	0.3265	0	0
0	0	0.3959	0
0	0	0	0.4760

Resolviendo el problema de Valores y Vectores propios tenemos las frecuencias modales (*No olvidar que hay que ordenarlas de menor a mayor y reordenar las formas modales*).

Lo que nos permite determinar los periodos de las formas modales.

$T = [\quad 0.5753 \quad 0.2155 \quad 0.1424 \quad 0.1121] \text{ seg}$

Y las formas modales teoricas

[O] =

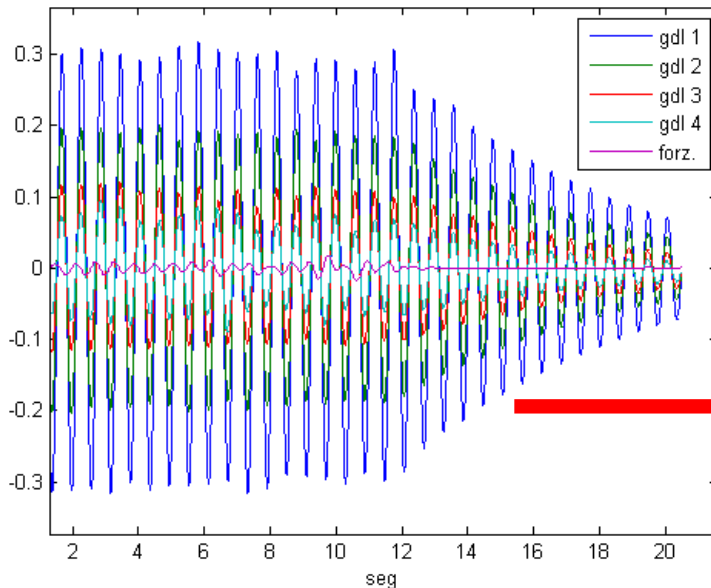
1.1326	1.0858	-0.9013	0.8414
1.0241	0.3448	0.5078	-1.2796
0.7883	-0.7021	0.8848	0.7929
0.4335	-0.9937	-0.9189	-0.2855

Comentarios

- En necesario ser consistente con las unidades de [K] y [M]
- Nunca se debe imponer cero en un regresión de datos experimentales
- Siempre hay que revisar que los datos utilizados para determinar propiedades de materiales sean consecuentes, eliminando los puntos que se escapan de la tendencia

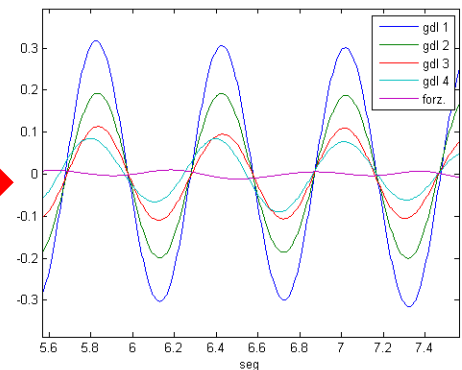
Calculo Experimental

Al colocar el modelo de 4 GDL en un equipo que le aplica una forzante variable, observamos que la amplitud de la respuesta de la estructura aumenta al acercamos a una frecuencia modal. Al entrar en resonancia tendremos que el factor de amplificación dinámica es máximo para esa frecuencia modal, momento en que podemos tomar una muestra y luego retiramos la forzantes. Esto va hacer que la estructura pase de responder a una forzante a un decaimiento. Si repetimos el proceso anterior para cada frecuencia modal de la estructura, podemos obtener la respuesta de cada frecuencia modal que el equipo que es capaz de excitar. En nuestro caso, el equipo logro excitar experimentalmente 3 de las 4 frecuencias modales de la estructura.



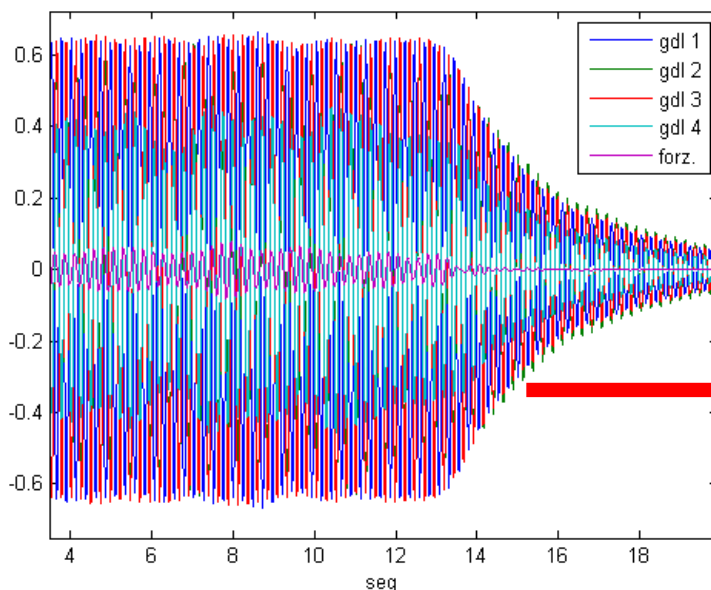
Detalle de la forma modal
GDL1, GDL2, GDL3 y GDL4 en fase,
luego hay 1 punto (de la base) de
inflexión

→ 1 ° modo



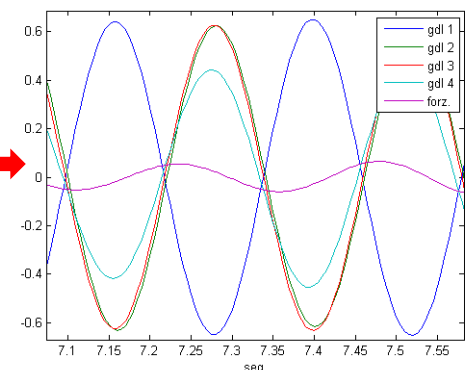
Registro del 1° modo de la estructura en resonancia y decaimiento.

La línea en el centro es la forzante, la cual se anula empezar el decaimiento.



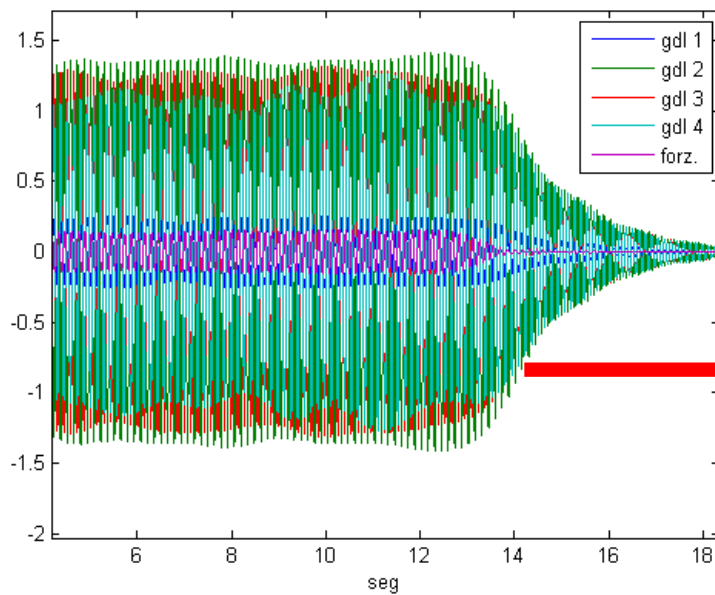
Detalle de la forma modal
GDL1 opuesto a GDL2, GDL3 y
GDL4, luego hay 2 puntos de inflexión

→ 2 ° modo

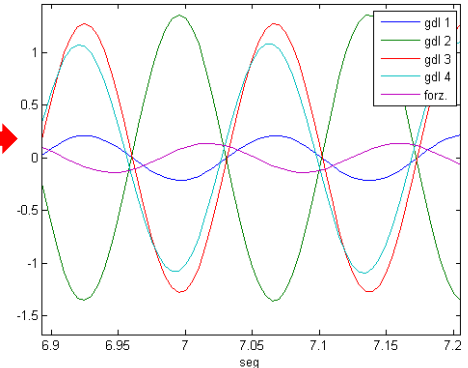


Registro del 2° modo de la estructura en resonancia y decaimiento.

La línea en el centro es la forzante, la cual se anula empezar el decaimiento.



Detalle de la forma modal
GDL1 opuesto a GDL2 pero GDL2
es opuesto a GDL3 y GDL4, luego
hay 3 puntos de inflexión
→ 3º modo



Registro del 3º modo de la estructura en resonancia y decaimiento.
La línea en el centro es la forzante, la cual se anula al empezar el decaimiento.

Aplicando una metodología de cálculo similar a la utilizada en el laboratorio 1 a los registros de cada modo y procesando cada GDL de la estructura, podemos determinar la frecuencia modal durante la resonancia (tabla 1) y la frecuencia modal y coeficiente de amortiguamiento en el decaimiento (tabla 2).

Tabla 1. **Resultados en Resonancia**

Modo 1		
GDL	Frecuencia seg	Coeficiente de Amortiguamiento
1	0.5937	No se determina en resonancia
2	0.5933	
3	0.5937	
4	0.5933	
Promedio	0.594	
Modo 2		
1	0.2411	No se determina en resonancia
2	0.2411	
3	0.2417	
4	0.2411	
Promedio	0.241	
Modo 3		
1	0.1417	No se determina en resonancia
2	0.1415	
3	0.1417	
4	0.1417	
Promedio	0.142	

Tabla 2. Resultados en Resonancia

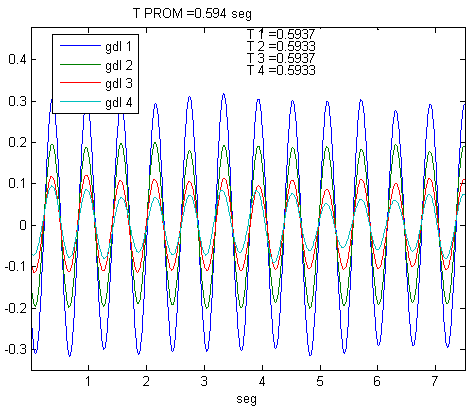
Modo 1		
GDL	Frecuencia seg	Coeficiente de Amortiguamiento
1	0.5936	0.0163
2	0.5936	0.0155
3	0.5936	0.0158
4	0.5929	0.0158
Promedio	0.593	0.017
Modo 2		
1	0.2429	0.0161
2	0.2419	0.0149
3	0.2419	0.0158
4	0.2425	0.0149
Promedio	0.242	0.015
Modo 3		
1	0.1408	0.0179
2	0.1400	0.0166
3	0.1400	0.0151
4	0.1400	0.0157
Promedio	0.140	0.016

Comentarios

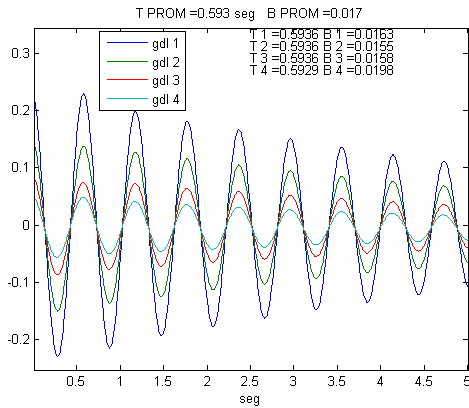
- En los datos que se utilizaron solo vemos una frecuencia modal debido a que estos se encuentran filtrados con un filtro pasabajo (1° modo) o filtro pasabanda (2° y 3° modo). En los datos originales están todos los modos porque la respuesta de la estructura es una combinación de todos los modos que se encuentre activados por la forzante.
- Los periodos en resonancia y en decaimiento son similares, en virtud de que es la misma estructura. Solo estamos cambiando las condiciones de borde.
- Los coeficientes de amortiguamientos reales varían según la frecuencia modal.
- Los coeficiente de amortiguamiento son similares entre los GDL para una misma frecuencia modal, luego verificamos experimentalmente que el coeficiente de amortiguamiento no depende del GDL que se utilice para determinarlo
- La forma modal se mantiene en cuanto a sus proporciones y forma aun cuando cambian las amplitudes.
- Para determinar experimentalmente una forma modal, hay varios procedimientos. En su mayoría están basados en una razón de amplitudes con respecto a un GDL en un mismo instante de tiempo.

IMPORTANTE: Recordar que los coeficientes de amortiguamiento reales varían según la frecuencia modal y el coeficiente de amortiguamiento normativo (el que exige la normativa para los cálculos) es fijo para todas las frecuencias modales.

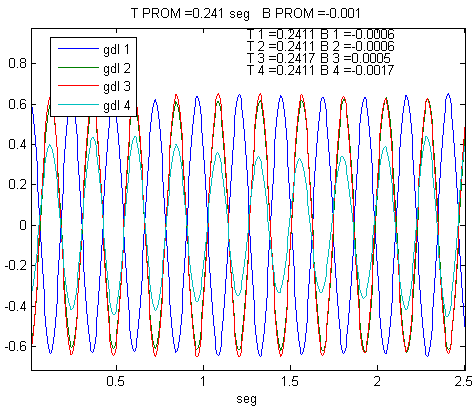
Resultados de según muestras



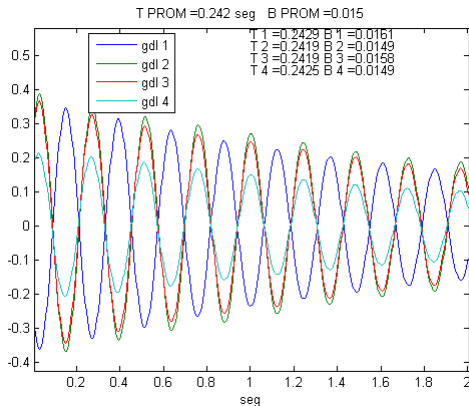
Modo 1 Resonancia



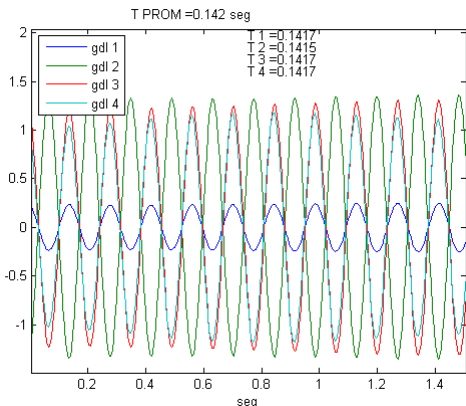
Modo 1 Decaimiento
Notar que la forma modal se mantiene



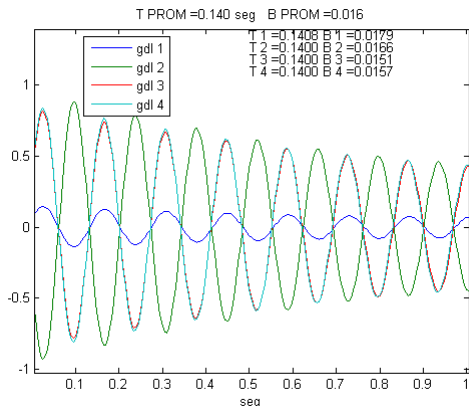
Modo 2 Resonancia



Modo 2 Decaimiento
Notar que la forma modal se mantiene



Modo 3 Resonancia



Modo 3 Decaimiento
Notar que la forma modal se mantiene

Comentarios

Modo	Periodo Teórico seg	Periodo Exper. Resonancia seg	Periodo Exper. Decaimiento seg	Coefficiente de Amortiguamiento %
1	0.575	0.594	0.593	1.7
2	0.216	0.241	0.242	1.5
3	0.142	0.142	0.140	1.6
4	0.112	No observado	No observado	No observado

- La estructura experimentalmente resulto levemente más flexible que lo determinado en forma teórica al obtenerse periodos mayores en forma experimental.
- El equipo utilizado no fue capaz de excitar todos los modos de la estructura.
- Las formas modales experimentales se determinan preferentemente por medio de una razón de amplitudes de aceleraciones en un mismo intentaste de tiempo
- Las formas modales teórica y experimentales se dibujan en juntas en elevación