

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

GUÍA DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESPUESTA DE ESTRUCTURAS A SISMOS A PARTIR DE ESPECTROS DE RESPUESTA

Contenido

1. RESUMEN.....	2
2. OBJETIVOS	2
3. MARCO TEÓRICO.....	2
3.1. Espectro de respuesta	2
3.1.1. Definición.....	2
3.1.2. Construcción de un espectro de respuesta.....	3
4. MONTAJE DE EQUIPO Y MATERIALES.....	6
4.1. Mesa vibratoria unidireccional.....	6
4.2. Acelerómetro y arduino	7
4.3. Computador portátil para el procesamiento de datos	7
5. PROCEDIMIENTO	8
6. REFERENCIAS.....	10

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Evaluación de diferentes osciladores dinámicos de 1 GDL.	3
Ilustración 2. Construcción de un espectro de respuesta.	4
Ilustración 3. Superposición de múltiples espectros de respuesta para obtener curvas normalizadas.	5
Ilustración 4. Histograma de aceleraciones vs espectro normalizado.	6
Ilustración 5. Mesa vibratoria unidireccional	6
Ilustración 6. Acelerómetro y arduino.....	7
Ilustración 7. Computador portátil.	7
Ilustración 8. Montaje experimental para la obtención de un registro sísmico artificial.	8
Ilustración 9. Ejemplo de registro sísmico tomado a partir de la mesa vibratoria con acelerómetro.	9
Ilustración 10. Ejemplo de espectro de desplazamientos, $\xi = 5\%$	9
Ilustración 11. Ejemplo de espectro de pseudo-velocidad, $\xi = 5\%$	10
Ilustración 12. Ejemplo de espectro de pseudo-aceleración, $\xi = 5\%$	10

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

1. RESUMEN

Conocer la respuesta de las estructuras que se ven sujetas a solicitudes por sismo es crucial para la determinación de las fuerzas a las cuales estará sometida una edificación ante un evento sísmico. Los espectros de respuesta permiten obtener la respuesta máxima de cualquier estructura para un sismo determinado bajo un nivel de amortiguamiento especificado. En la práctica a realizar, mediante la mesa vibratoria unidireccional del laboratorio se genera un registro sísmico artificial, a partir del cual, con métodos paso a paso se puede obtener la respuesta máxima de distintos osciladores de un grado de libertad y para un nivel de amortiguamiento específico se construyen los espectros de respuesta de desplazamiento, velocidad y aceleración.

2. OBJETIVOS

- Comprender los fundamentos asociados a la obtención de la respuesta sísmica de edificaciones
- Comprender qué es y cómo se obtiene un espectro de respuesta, así como su relación con los espectros de diseño.
- Obtener mediante la mesa vibratoria unidireccional un registro de aceleraciones que permitan representar un evento sísmico aleatorio.
- Construir los espectros de respuesta de desplazamiento, velocidad y aceleración para el registro sísmico obtenido, para un nivel de amortiguamiento específico.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Espectro de respuesta

3.1.1. Definición

Los espectros de respuesta son representaciones gráficas de un conjunto de respuestas máximas de diversos osciladores de 1 GDL de masa y amortiguamiento constantes, los cuales son sometidos a diferentes registros sísmicos.

Dependiendo de la variable a ser graficada, se pueden definir espectros de desplazamiento o deformación, de velocidad y aceleración en función del periodo de vibración natural, propio de cada estructura. Se tiene entonces que,

$$u(T, \xi) = \max|u(t, T, \xi)|$$

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

$$\dot{u}(T, \xi) = \text{máx}|\dot{u}(t, T, \xi)|$$

$$\ddot{u}(T, \xi) = \text{máx}|\ddot{u}(t, T, \xi)|$$

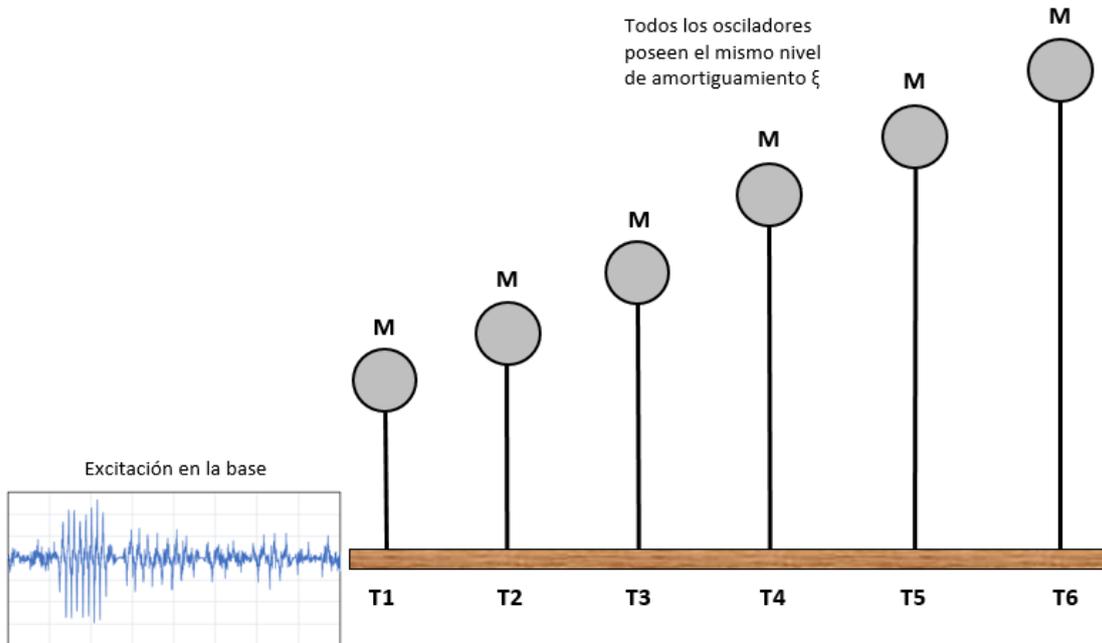


Ilustración 1. Evaluación de diferentes osciladores dinámicos de 1 GDL.

3.1.2. Construcción de un espectro de respuesta

Con el objeto de ofrecer soluciones estadísticamente confiables y fácilmente aplicables a diferentes condiciones geotécnicas, los códigos de diseño definen espectros de respuesta tipificados, basados en el análisis de información recopilada de la respuesta de múltiples edificaciones instrumentadas y de estaciones de medición. Tales registros son evaluados sobre osciladores de un grado de libertad con distintos periodos que representan las infinitas configuraciones estructurales posibles. A partir de esto es posible definir posteriormente los espectros de diseño.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

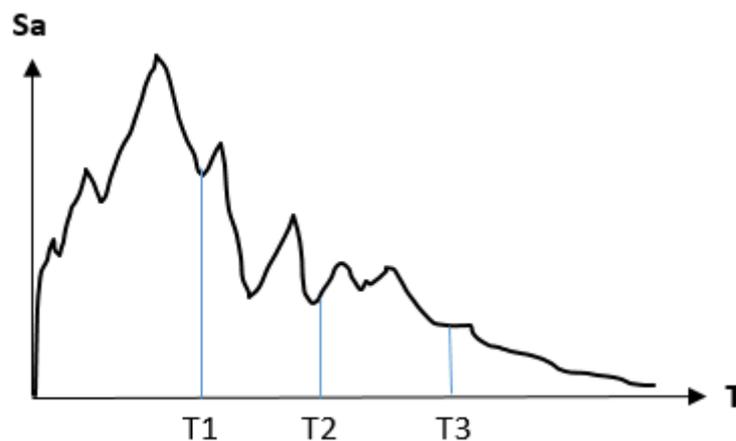
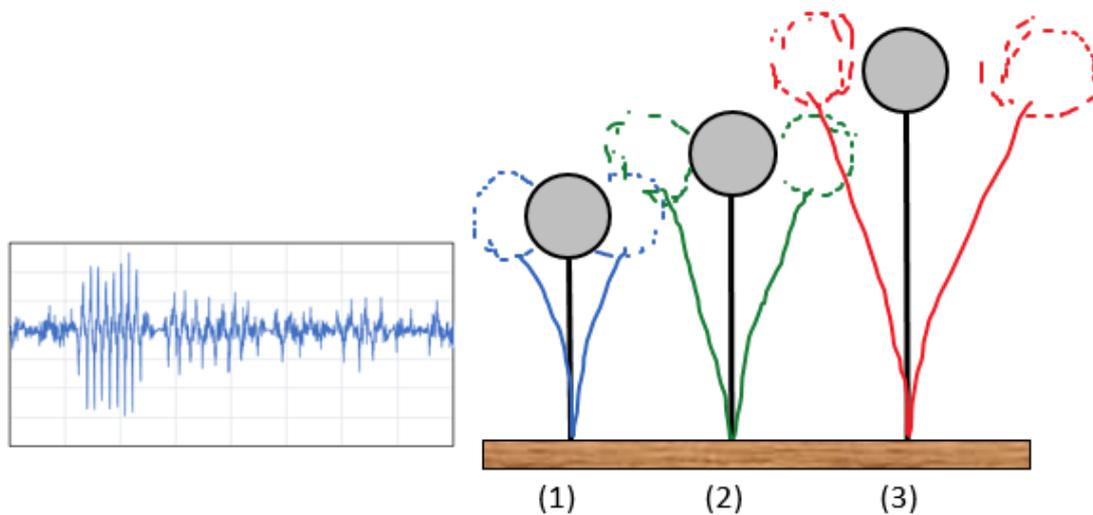


Ilustración 2. Construcción de un espectro de respuesta.

Los registros de las respuestas máximas de cada uno de los sistemas se organizan en función de su periodo, sabiendo que $T_1 < T_2 < T_3$ y se grafica el valor máximo de cada respuesta.

Si se grafica el comportamiento de un sistema de propiedades conocidas asociado a un periodo T_i , podrán fácilmente determinarse sus máximos ($\ddot{u}_i \text{ máx}$, $\dot{u}_i \text{ máx}$ y $u_i \text{ máx}$) los cuales serán iguales a las ordenadas espectrales para $T = T_i$.

$$S_a = |\ddot{u}_i \text{ máx}| ; S_v = |\dot{u}_i \text{ máx}| ; S_d = |u_i \text{ máx}|$$

S_a es la aceleración espectral, S_v es la velocidad espectral y S_d el desplazamiento espectral. Se puede demostrar que,

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

$$S_d(T, \xi) \cong \frac{S_v(T, \xi)}{\omega} \cong \frac{S_a(T, \xi)}{\omega^2}$$

Las expresiones anteriores permiten establecer una relación entre las diferentes ordenadas espectrales y obtener los denominados espectro de pseudo-velocidades y espectro de pseudo-aceleraciones a partir del espectro de desplazamientos.

El proceso anterior para la construcción de un espectro de respuesta corresponde a un único registro sísmico. Dicho proceso se repite con los registros de diferentes eventos sísmicos y luego se superponen sus resultados a fin de obtener un espectro normalizado, tal como se muestra en la siguiente ilustración:

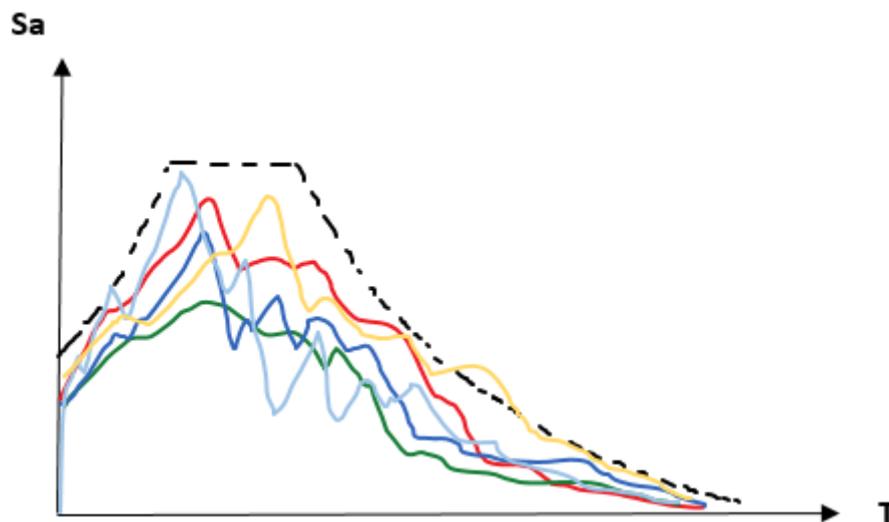


Ilustración 3. Superposición de múltiples espectros de respuesta para obtener curvas normalizadas.

En la figura, el eje vertical corresponde a la ordenada espectral que se desea representar, mientras que el eje horizontal representa el periodo de vibración.

Los espectros normalizados son entonces el resultado del tratamiento de una familia de histogramas (registros de respuestas máximas de diversos sismos aplicados a los mismos osciladores) para generar un tipo de envolvente. Existen varios procedimientos aplicables, aunque en la mayoría de casos se emplea una medida geométrica de todos los histogramas, que posteriormente es sometida a leyes de atenuación. Como resultado, se tiene un espectro cuya geometría puede ser definida en función de cierto número de ecuaciones, que gozan de validez estadística basada en un margen de

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

excedencia para un determinado número de años, y que converge con cada uno de los espectros empleados para su construcción.

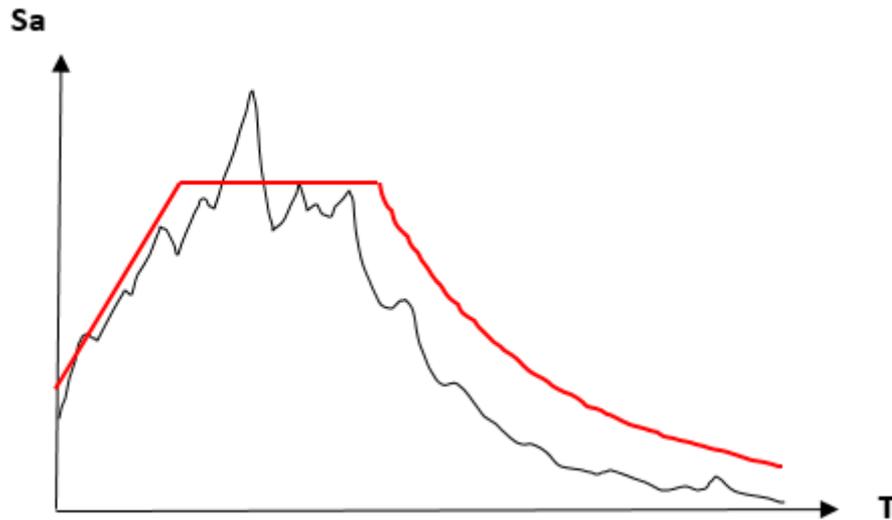


Ilustración 4. Histograma de aceleraciones vs espectro normalizado.

4. MONTAJE DE EQUIPO Y MATERIALES

4.1. Mesa vibratoria unidireccional



Ilustración 5. Mesa vibratoria unidireccional

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

4.2. Acelerómetro y arduino

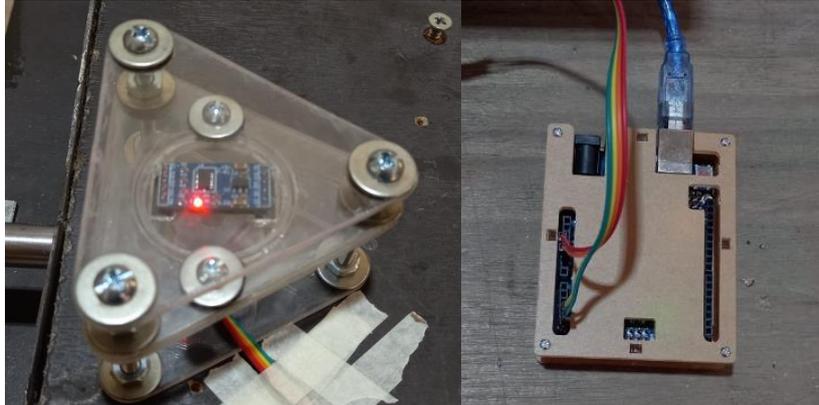


Ilustración 6. Acelerómetro y arduino.

4.3. Computador portátil para el procesamiento de datos



Ilustración 7. Computador portátil.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

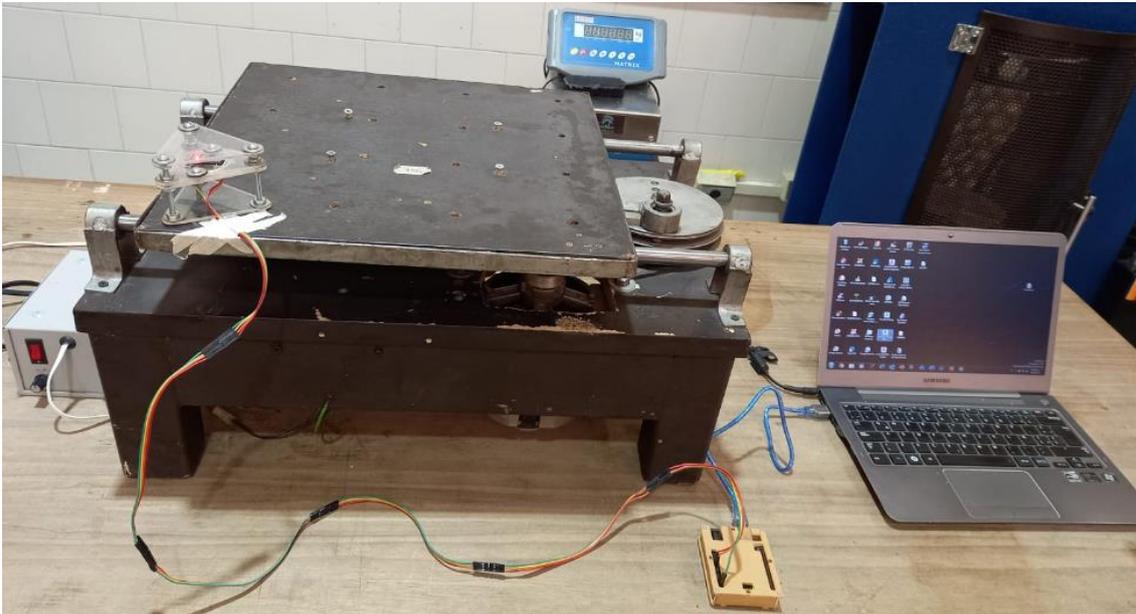


Ilustración 8. Montaje experimental para la obtención de un registro sísmico artificial.

5. PROCEDIMIENTO

- Inicialmente se deberá configurar y programar el arduino, de tal forma que los datos que recoja el acelerómetro puedan ser exportados al computador mediante Matlab.
- Activar la mesa vibratoria y crear un registro de aceleraciones que puedan simular un evento sísmico. Este registro será exportado a una tabla de datos, la cual contendrá las aceleraciones obtenidas en el tiempo, en pasos de 0.01 s. Se pueden tomar registros de hasta 20 segundos de duración.
- A partir del registro obtenido, mediante cualquier metodología “paso a paso” obtener la respuesta máxima para múltiples osciladores de un grado de libertad de diferente periodo y un mismo nivel de amortiguamiento. Se recomienda tomar al menos 80 osciladores, para tomar periodos cada 0.01 s y así alcanzar resultados más precisos.
- Para un nivel de amortiguamiento específico, obtener los espectros de respuesta de desplazamiento, velocidad y aceleración. Se recomienda tomar valores de amortiguamiento entre el 1% y el 6%.

 UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS	Código: GD-PR-010-FR-008	
	Macroproceso: Gestión Académica	Versión: 02	
	Proceso: Gestión de Docencia	Fecha de Aprobación: 04/10/2017	

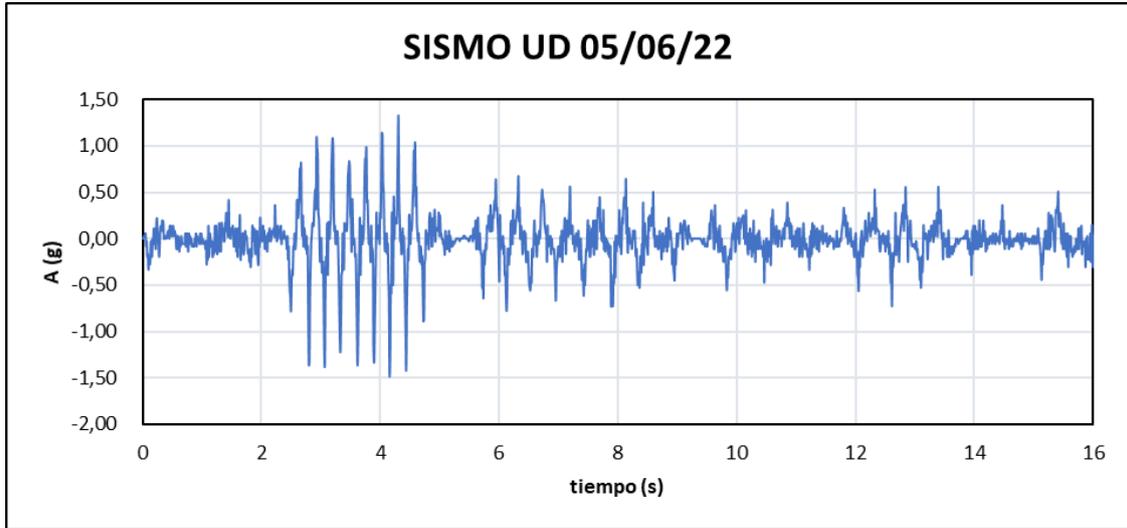


Ilustración 9. Ejemplo de registro sísmico tomado a partir de la mesa vibratoria con acelerómetro.



Ilustración 10. Ejemplo de espectro de desplazamientos, $\xi = 5\%$.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FORMATO DE PRÁCTICAS ACADÉMICAS

Macroproceso: Gestión Académica

Proceso: Gestión de Docencia

Código: GD-PR-010-FR-008

Versión: 02

Fecha de Aprobación:
04/10/2017

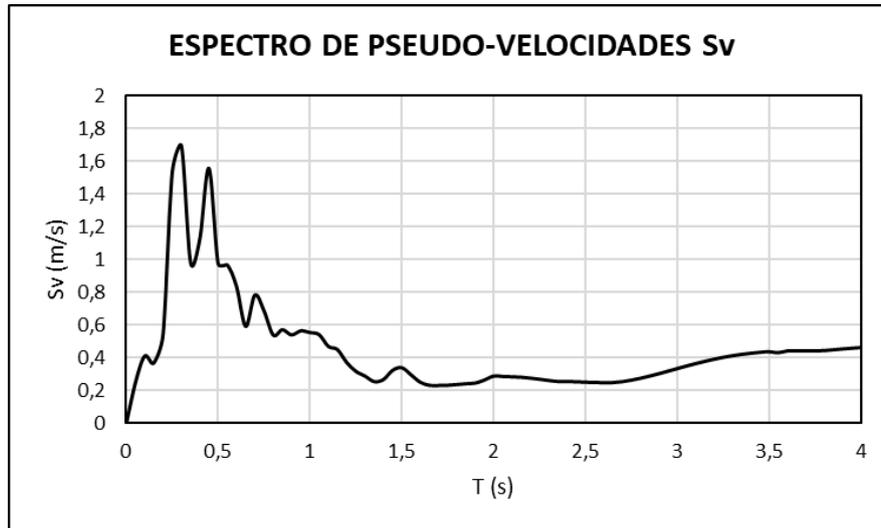


Ilustración 11. Ejemplo de espectro de pseudo-velocidad, $\xi = 5\%$.

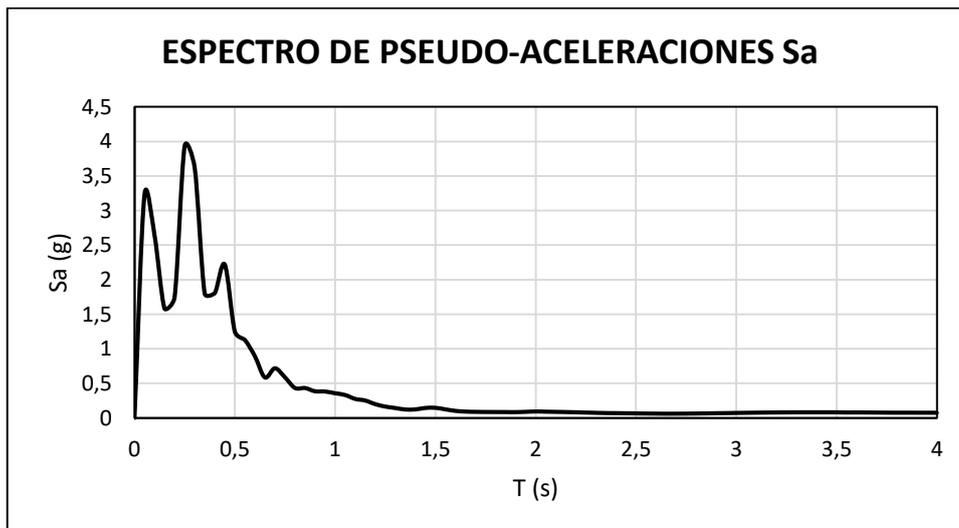


Ilustración 12. Ejemplo de espectro de pseudo-aceleración, $\xi = 5\%$.

6. REFERENCIAS

- García, L. (1998). *Dinámica Estructural Aplicada al Diseño Sísmico*. Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia.