

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES REPUBLICA ARGENTINA</p>	<p>Programa de:</p> <p><b>Ingeniería Sísmica</b></p>
<p><b>Carrera:</b> Doctorado en Ciencias de la Ingeniería</p>	<p><b>Carga horaria:</b> 60 horas</p> <p><b>Horas Semanales:</b> 4 horas</p>
<p><b>Objetivos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introducir los conceptos fundamentales que definen la actividad sísmica y su relevancia en la determinación de los sismos de diseño para obras de ingeniería.</li> <li>- Comprender los métodos de evaluación de la amenaza sísmica en un sitio específico.</li> <li>- Presentar los métodos de análisis de sistemas con múltiples grados de libertad y su aplicación a estructuras de la ingeniería civil.</li> <li>- Analizar los efectos de sitio y la caracterización sísmica en fenómenos de interacción suelo–estructura y fluido–estructura.</li> </ul>	
<p><b>Programa Sintético (títulos del analítico):</b></p> <p>1. Introducción a las acciones sísmicas. 2. Magnitud de un sismo. 3. Caracterización de las acciones sísmicas 4. Efectos de superficie libre. 5. Efectos de sitio. 6. Definición de acciones sísmicas. 7. Análisis sísmico en edificios. 8. Análisis de estructuras enterradas. 9. Análisis en estructuras masivas.</p>	
<p><b>Programa analítico:</b> Hoja 2</p>	
<p><b>Bibliografía:</b> Hoja 4</p>	
<p>Aprobado por Res.HCD Fecha:</p>	<p>Modificado/Anulado/ por Res.HCD: Fecha:</p>

# Ingeniería Sísmica

## PROGRAMA ANALITICO

- 1. Introducción a las acciones sísmicas.** Mecanismos focales de generación de sismos. Zona de subducción. Tipos de fallas: fallas normales, fallas inversas, fallas laterales. Parámetros para definir las acciones en un sitio. Distancia epicentral. Profundidad. Intensidad sísmica en un sitio. Escalas basadas en los daños a las construcciones; Escala de Mercalli Modificada.
- 2. Magnitud de un sismo.** Escalas de magnitud; Magnitud local  $M_L$ ; Magnitud según las ondas superficiales  $M_s$ ; Magnitud según las ondas de cuerpo  $m_b$ ; Magnitud  $M_w$  según el momento sísmico  $M_0$ . Saturación de las escalas de magnitud. Energía liberada por un sismo.
- 3. Caracterización de las acciones sísmicas.** Instrumentos de medición, Acelerómetros. Registros de 3 componentes de aceleración. Frecuencia de corte. Frecuencias dominantes en los registros de aceleración, de velocidad y de desplazamiento del movimiento del suelo. Variación del período dominante según la distancia al epicentro y según la magnitud sísmica. Duración de un sismo. Ambiente sísmico en un sitio. Ondas de cuerpo: Ondas de presión (P) y ondas de corte (S). Ondas superficiales: Ondas de Rayleigh y ondas de Love. Espectros de respuesta elástica de un acelerograma. Espectro de desplazamiento y velocidad relativa. Espectro de aceleración máxima. Espectro de pseudoaceleración. Relación entre los distintos espectros de respuesta. Espectro de Fourier. Aplicaciones a registros sísmicos disponibles en bases de datos. Parámetros para caracterización de acelerogramas sísmicos. Intensidad de Arias. Numero de ciclos equivalentes.
- 4. Efectos de superficie en las acciones sísmicas.** Reflexión de ondas de S y P en la superficie de un semiespacio elástico cuando el ángulo de incidencia es normal a la superficie libre. Onda incidente y onda reflejada en un semiespacio homogéneo con amortiguamiento histerético lineal. Solución analítica. Transferencia (o deconvolución) de un acelerograma dado en un punto a otro punto en el espacio. Función de transferencia. Demostración que no hay amplificación de ondas armónicas en régimen estacionario debido a los efectos de superficie en un semiespacio homogéneo. Demostración que la amplificación de ondas armónicas en régimen se produce cuando hay marcado contraste entre las propiedades dinámicas del estrato superior respecto al semiespacio en el que se apoya.
- 5. Efectos de sitio.** Respuesta no lineal de los suelos a la acción sísmica. Aproximación de Seed e Idriss para considerar la reducción de rigidez y el incremento del amortiguamiento del suelo en función de las deformaciones máximas efectivas. Método lineal equivalente. Solución mediante programas computacionales.
- 6. Definición de las acciones sísmicas.** Atenuación geométrica de las ondas de cuerpo y superficiales. Leyes empíricas de atenuación. Métodos

## Ingeniería Sísmica

determinístico y probabilístico para evaluación de amenaza y riesgo sísmico en un sitio. Frecuencia media de excedencia y de ocurrencia de los sismos. Período medio de recurrencia. Modelo de Poisson para la evolución temporal de los sismos, Limitaciones del modelo de Poisson. Aplicación del modelo de Poisson para calcular la probabilidad de excedencia en un tiempo dado a partir la frecuencia media de excedencia. Probabilidad de excedencia de un cierto parámetro sísmico. Valores característicos adoptados en códigos y reglamentos sísmicos para definir el peligro sísmico para distintos tipos de construcciones. Procedimiento numérico básico para calcular la amenaza sísmica probabilística en un sitio. Curvas de amenaza sísmica. Espectros normalizados. Influencia del amortiguamiento. Ductilidad. Espectro de media condicional. Selección de acelerogramas. Ajuste espectral de acelerogramas. Métodos en el dominio del tiempo y de la frecuencia. Acelerogramas sintéticos.

**7. Análisis sísmico para edificios.** Ecuaciones de equilibrio dinámico expresadas en desplazamientos totales. Excitación sísmica definida a través del histograma de desplazamientos de los apoyos. Ecuaciones de equilibrio dinámico expresadas en desplazamientos relativos. Vector de carga equivalente a la acción sísmica. Método de descomposición modal. Aplicación al cálculo de la respuesta sísmica modal. Factor de participación modal. Masa modal. Método estático equivalente para calcular los esfuerzos y desplazamientos en sistemas de múltiples grados de libertad producidos por las acciones sísmicas. Movimientos asincrónicos en los apoyos. Cálculo de la respuesta al sismo por el método de los desplazamientos totales. Criterios de superposición de los efectos máximos cada modo para determinar el valor máximo. Suma cuadrática completa. Estimación de los coeficientes de correlación de la respuesta según la frecuencia. Espectro de capacidad. Análisis no lineal estático. Métodos basados en desempeño.

**8. Análisis sísmico para estructuras enterradas.** Introducción al comportamiento sísmico de estructuras enterradas. Interacción cinemática. Demandas cinemáticas en túneles. Riesgo sísmico en zonas de portales. Túneles que atraviesan fallas activas. Interacción cinemática en pilotes. Métodos de análisis simplificados. Ejemplos de aplicación.

**9. Análisis sísmico en estructuras masivas.** Influencia de la estructura en las demandas sísmicas. Interacción. Presas de hormigón. Tipologías y criterios de verificación. Métodos de análisis. Coeficiente sísmico. Fuerza lateral equivalente. Superposición modal. Integración en el tiempo. Modelación de la fundación. Análisis no lineal de estructuras de hormigón simple y armado. Estabilidad global. Presas de materiales sueltos. Problemas de deformación. Asentamientos mediante métodos simplificados. Modelación mediante métodos numéricos. Problemas de inestabilidad por debilitamiento. Licuefacción. Presas de relave. Ejemplos de casos de fallas. Comportamiento de reservorios. Ecuaciones de propagación de ondas en fluidos. Oleaje. Determinación de presiones hidrodinámicas. Determinación de altura de olas. Superposición modal para determinación de presiones hidrodinámicas en conducciones.

# Ingeniería Sísmica

## BIBLIOGRAFÍA

- Al Atik, L., and Abrahamson, N. 2010. "An improved method for nonstationary spectral matching." *Earthquake Spectra*, 26(3), 601–617. <https://doi.org/10.1193/1.3459159>
- ASCE. 2022. Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures (ASCE/SEI 7-22). American Society of Civil Engineers, Reston, VA.
- ATC. 1996. Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings (ATC-40). Applied Technology Council, Redwood City, CA.
- Baker, J. W. 2011. "The conditional mean spectrum: A tool for ground motion selection." *J. Struct. Eng.*, ASCE, 137(3), 322–331.
- Boore, D. M. 1983. "Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra." *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 73(6), 1865–1894.
- Chopra, A. K. 1967. "Hydrodynamic pressures on dams during earthquakes." *J. Eng. Mech. Div.*, ASCE, 93(6), 205–223.
- Clough, R. W., and Penzien, J. 1975. *Dynamics of structures*. McGraw-Hill, New York.
- FEMA. 2005. Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures (FEMA 440). Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- Graff, K. F. 1975. *Wave motion in elastic solids*. Clarendon Press, Oxford, U.K.
- Gray, R. M., and Goodman, J. W. 1995. "The Fourier transform." In *Fourier transforms, The Springer International Series in Engineering and Computer Science*, Vol. 322, Springer, Boston, MA.
- Kramer, S. L. 1996. *Geotechnical earthquake engineering*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Kausel, E., and Roesset, J. M. 1981. "Stiffness matrices for layered soils." *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 71(6), 1743–1761.
- USACE. 2007. Strength design for reinforced-concrete hydraulic structures (EM 1110-2-6053). U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C.

## MODALIDAD DE ENSEÑANZA

El curso se desarrollará mediante:

- Clases expositivas, a cargo del docente.
- Lecturas individuales.
- Integración de conceptos mediante resolución de trabajos prácticos individuales.
- Actividades individuales de consulta.

## **Ingeniería Sísmica**

### **MODALIDAD DE EVALUACION**

Las evaluaciones del curso se llevaran a cabo mediante:

- Cuatro trabajos prácticos sobre temas desarrollados.
- Dos exámenes parciales individuales escritos.