



# Planificaciones

6420 - Análisis sísmico de estructuras

Docente responsable: BERTERO RAUL DOMINGO

## OBJETIVOS

Proveer a los estudiantes y graduados de Ingeniería Civil con los conocimientos necesarios para:

- Comprender la naturaleza de los terremotos y de la acción sísmica sobre las construcciones;
- Comprender los distintos factores que influyen en la respuesta sísmica de las estructuras;
- Establecer criterios de diseño basados en la performance tanto para la respuesta en el rango elástico como inelástico de las construcciones;
- Comprender los métodos para predecir y controlar la respuesta sísmica de las estructuras;
- Dimensionar y detallar las estructuras para alcanzar una performance sísmica satisfactoria.

## CONTENIDOS MÍNIMOS

### PROGRAMA SINTÉTICO

Teoría y aplicaciones de la dinámica estructural a estructuras de uno y varios grados de libertad sometidas a movimientos sísmicos. Características de los movimientos del terreno y espectros de diseño. Diseño conceptual sismo-resistente global de la estructura. Rigidez, ductilidad, y capacidad de disipación de energía de los elementos para alcanzar una respuesta sísmica satisfactoria. Detalles de diseño para asegurar un comportamiento sísmico adecuado en estructuras de hormigón armado y acero. Metodologías reglamentarias y enseñanzas obtenidas del comportamiento de los edificios durante terremotos del pasado. Control de daños por aislación de bases y otras técnicas.

### PROGRAMA ANALÍTICO

1. Acciones sísmicas. Aspectos generales de Ingeniería Sísmica. Elementos de sismología. Causas de terremotos. Ondas sísmicas. Intensidad, Magnitud y Energía de un terremoto. Características de los movimientos sísmicos intensos. Relaciones entre: Intensidad y Aceleración, Intensidad y Velocidad, Intensidad y Magnitud. Frecuencia de Ocurrencia. Sismo máximo. Espectro del suelo. Ejemplos de acelerogramas reales registrados en roca, suelos firmes y suelos blandos. Influencia del terreno de fundación.

2. Dinámica de estructuras. Estructuras de un grado de libertad. Formulación de las ecuaciones del movimiento. Vibraciones libres no-amortiguadas. Vibraciones libres amortiguadas. Amortiguamiento crítico. Respuesta a carga dinámica general. Integral de Duhamel. Evaluación numérica de la integral de Duhamel. Espectro de respuesta elástico. Movimientos de suelo armónicos e impulsivos. Espectros de respuesta elásticos obtenidos a partir del Espectro del suelo.

3. Dinámica de estructuras. Estructuras de un grado de libertad generalizado. Comportamiento no-lineal. Sistemas de un grado de libertad generalizados. Modelado de edificios como vigas de flexión y vigas de corte. Análisis de la respuesta estructural no-lineal. Ductilidad. Espectro de diseño para sistemas elasto-plásticos. Métodos numéricos. Movimientos de suelo armónicos e impulsivos. Espectros de respuesta inelásticos obtenidos a partir del Espectro de respuesta elástico lineal.

4. Dinámica de estructuras. Sistemas de varios grados de libertad. Períodos y modos de vibración de sistemas estructurales. Ortogonalidad de los modos de vibración. Análisis modal. Relación con el método de la fuerza lateral equivalente. Efectos torsionales y P- $\Delta$ . Tanques de agua. Fuerzas hidrodinámicas inducidas durante la respuesta y métodos de diseño aproximados. Requerimientos del INPRES-CIRSOC 103.

5. Principios básicos del diseño sísmico. Conceptos generales de selección del sistema estructural. Influencia de la regularidad estructural. Regularidad horizontal. Regularidad vertical. Interacción con elementos no-estructurales. Ejemplos del comportamiento de estructuras durante terremotos del pasado. Ductilidad, capacidades de absorber y disipar energía. Estructuras de hormigón armado y de acero. Ductilidad de desplazamientos. Ductilidad de curvatura. Ductilidad en pórticos. Conceptos de columna corta y piso blando. Requerimientos del INPRES-CIRSOC 103.

6. Análisis, dimensionamiento y detallado de los componentes de sistemas aporricados de hormigón armado sismo-resistentes. Características relevantes de pórticos de varios pisos. Diseño de vigas y columnas. Contenido de acero longitudinal. Acero de confinamiento en regiones de articulaciones plásticas. Dimensionamiento óptimo por rigidez y por resistencia. Dimensionamiento al corte. Diseño de nudos interiores. Diseño de nudos exteriores. Requerimientos del INPRES-CIRSOC 103.

7. Análisis, dimensionamiento y detallado de tabiques sismo-resistentes de hormigón armado. Tabiques esbeltos. Resistencia a la flexión. Resistencia al corte. Juntas de construcción. Resistencia al corte deslizante. Ductilidad y tensión tangencial máxima. Tabiques bajos. Tabiques acoplados. Ductilidad y resistencia de vigas de acoplamiento. Diseño basado en desplazamientos. Requerimientos del INPRES-CIRSOC 103.

8. Aislación de bases y disipadores de energía. Teoría lineal de la aislación de bases. Extensión de la teoría a edificios. Métodos de diseño preliminar de disipadores de energía (viscodampers).

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. "Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering". Anil K. Chopra. Prentice Hall.
2. "Dynamics of Structures". Ray W. Clough and Joseph Penzien. McGraw-Hill, Inc. Second Edition.
3. "Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-based Engineering" (Yousef Bozorgnia and Vitelmo V. Bertero). CRC Press. 2004.
4. "Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Normas Argentinas para las Construcciones Sismorresistentes"
5. "Fundamentos de Ingeniería Sísmica" (E. Rosenblueth and N.M. Newmark). Editorial Diana. Mexico. 1976

## **RÉGIMEN DE CURSADA**

### **Metodología de enseñanza**

Las clases serán teórico-prácticas. En cada una de las clases se introducirán los conceptos teóricos, para posteriormente aplicarlos a problemas concretos de ingeniería que se resolverán junto con los estudiantes en la segunda parte de la clase. Los Trabajos Prácticos se realizarán utilizando el programa Mathcad, lo que permite que el alumno se concentre en los aspectos conceptuales, obteniendo del programa en forma directa la respuesta estructural lineal y no-lineal a las acciones sísmicas. También se utilizará la capacidad del programa para la realización de análisis paramétricos, la fácil representación gráfica de las soluciones, y la animación de la respuesta estructural.

También se presentarán videos mostrando el comportamiento real de las estructuras antes terremotos reales y ante movimientos simulados en Mesa Vibradora.

### **Modalidad de Evaluación Parcial**

Se tomará un parcial involucrando todos los temas hasta los principios básicos del diseño sísmico en la mitad del curso y una evaluación integradora al finalizar. La nota estará formada en un 25% por los Trabajos Prácticos, un 25% por la nota del Primer Parcial, y un 50% por la nota de la evaluación integradora.

## CALENDARIO DE CLASES

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
<1> 09/03 al 14/03	Acciones Sísmicas	TP N°1	Presentación de videos sobre terremotos		Semana 2	3. "Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-based Engineering" (Yusef Bozorgnia and Vitelmo V. Bertero). CRC Press. 2004.  4. "Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Normas Argentinas para las Construcciones Sismorresistentes"
<2> 16/03 al 21/03	Respuesta sísmica lineal de sistemas de un grado de libertad.	TP N°2			Semana 3	1. "Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering". Anil K. Chopra. Prentice Hall.  2. "Dynamics of Structures". Ray W. Clough and Joseph Penzien. McGraw-Hill, Inc. Second Edition.
<3> 23/03 al 28/03	Respuesta sísmica no lineal de sistemas de un grado de libertad.	TP N°3			Semana 4	. "Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering". Anil K. Chopra. Prentice Hall.
<4> 30/03 al 04/04	Respuesta sísmica de sistemas de varios grados libertad. Análisis Modal.	TP N°4			Semana 5	1. "Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering". Anil K. Chopra. Prentice Hall.

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
						2. "Dynamics of Structures". Ray W. Clough and Joseph Penzien. McGraw-Hill, Inc. Second Edition.
<5> 06/04 al 11/04	Respuesta sísmica de sistemas de varios grados libertad. Efectos torsionales y P-delta	TP N°5			Semana 7	1. "Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering". Anil K. Chopra. Prentice Hall.  2. "Dynamics of Structures". Ray W. Clough and Joseph Penzien. McGraw-Hill, Inc. Second Edition.
<6> 13/04 al 18/04	Principios básicos del diseño sísmico	TP N°6	Presentación de videos sobre el comportamiento de edificios en terremotos reales		Semana 8	3. "Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-based Engineering" (Yusef Bozorgnia and Vitelmo V. Bertero). CRC Press. 2004.  4. "Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Normas Argentinas para las Construcciones Sismorresistentes"
<7> 20/04 al 25/04	Principios básicos del diseño sísmico.					3. "Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-based Engineering" (Yusef

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
						Bozorgnia and Vitelmo V. Bertero). CRC Press. 2004.  4. "Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Normas Argentinas para las Construcciones Sismorresistentes"
<8> 27/04 al 02/05	Análisis, dimensionamiento y detallado de los componentes de sistemas aporticados de hormigón armado sismo-resistentes.	TP N°7			Semana 10	3. "Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-based Engineering" (Yusef Bozorgnia and Vitelmo V. Bertero). CRC Press. 2004.  4. "Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Normas Argentinas para las Construcciones Sismorresistentes"
<9> 04/05 al 09/05	Análisis, dimensionamiento y detallado de los componentes de sistemas aporticados de hormigón armado sismo-resistentes.					33. "Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-based Engineering" (Yusef Bozorgnia and Vitelmo V. Bertero). CRC Press. 2004.  4. "Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Normas Argentinas para las Construcciones Sismorresistentes"

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
<10> 11/05 al 16/05	Análisis, dimensionamiento y detallado de tabiques sismo-resistentes de hormigón armado.	TP N°8			Semana 12	3. "Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-based Engineering" (Yusef Bozorgnia and Vitelmo V. Bertero). CRC Press. 2004.  4. "Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Normas Argentinas para las Construcciones Sismorresistentes"
<11> 18/05 al 23/05	Análisis, dimensionamiento y detallado de tabiques sismo-resistentes de hormigón armado.					3. "Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-based Engineering" (Yusef Bozorgnia and Vitelmo V. Bertero). CRC Press. 2004.  4. "Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Normas Argentinas para las Construcciones Sismorresistentes"
<12> 25/05 al 30/05	Aislación de bases y disipadores de energía.	TP N°9			Semana 14	3. "Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-based Engineering" (Yusef Bozorgnia and Vitelmo V. Bertero). CRC Press. 2004.  1. "Dynamics of Structures,

Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
						Theory and Applications to Earthquake Engineering". Anil K. Chopra. Prentice Hall.
<13> 01/06 al 06/06	Aislación de bases y disipadores de energía.		Presentación de videos sobre aislación de bases y disipadores de energía			3."Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-based Engineering" (Yusef Bozorgnia and Vitelmo V. Bertero). CRC Press. 2004.  1. "Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering". Anil K. Chopra. Prentice Hall.
<14> 08/06 al 13/06	Diseño sísmico de tanques de agua.	TP N°10	Presentación de videos sobre respuesta dinámica de tanques de agua		Semana 15	5. "Fundamentos de Ingeniería Sísmica" (E. Rosenblueth and N.M. Newmark). Editorial Diana. Mexico. 1976
<15> 15/06 al 20/06	Diseño sísmico de estructuras metálicas.	TP N°11			Semana 16	3."Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-based Engineering" (Yusef Bozorgnia and Vitelmo V. Bertero). CRC Press. 2004.
<16> 22/06 al 27/06	Diseño sísmico de apéndices y elementos no estructurales.	TP N°12			Semana 17	3."Earthquake Engineering: From Engineering Seismology to Performance-based Engineering" (Yusef Bozorgnia and Vitelmo



Semana	Temas de teoría	Resolución de problemas	Laboratorio	Otro tipo	Fecha entrega Informe TP	Bibliografía básica
						V. Bertero). CRC Press. 2004.

## CALENDARIO DE EVALUACIONES

### Evaluación Parcial

Oportunidad	Semana	Fecha	Hora	Aula
1º	8			
2º	9			
3º	9			
4º				
Observaciones sobre el Temario de la Evaluación Parcial				
Desde Acciones Sísmicas hasta Principios básicos del Diseño Sísmico (inclusive)				