

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Ingeniería Antisísmica

Notas Introdutorias

Ing. Rafael Salinas Basualdo

**INGENIERIA ANTISISMICA
INGENIERIA SISMORRESISTENTE**

**Objetivo: Diseñar y Construir
Obras Ingenieriles que resistan
Sismos Especificados**

Objetivo del Curso:

- **Proporcionar criterios adecuados para el Diseño Sismorresistente y protección de edificaciones en base a considerar los factores que influyen en la respuesta sísmica de los edificios.**
- **Introducir las técnicas modernas para la concepción, análisis y diseño de estructuras sismorresistentes.**

Proceso de Diseño:

Prefactibilidad
Factibilidad
Estudios Básicos
Anteproyecto
Ingeniería de Detalle
Expediente Técnico
Memoria Descriptiva
Planos
Especificaciones Técnicas
Metrados
Costos Unitarios
Presupuestos

Construcción:

Programación
Ejecución
Supervisión

Mantenimiento

Proceso periódico

Obras Ingenieriles:

- **En su concepción y construcción, se siguen normas.**
- **Intervienen profesionales.**

Resistir sismos = Principios de Diseño:

- Resistir sismos moderados que puedan ocurrir en el sitio durante la vida útil de la estructura, con posibilidad de daños dentro de límites aceptables.
- Resistir sismos severos que puedan ocurrir en el sitio, de modo que la estructura no debería colapsar ni causar daños a las personas.

Sismo de Diseño:

Sismo que ocurrirá durante la vida útil de la obra con cierta probabilidad de ser excedida. Se estima mediante estudios de peligro o amenaza sísmica y se relaciona con la sismicidad de la zona y el sitio específico.

Syllabus Básico

- Introducción a la Sismología.
- Dinámica Estructural: vibración de sistemas de uno y varios grados de libertad.
- Introducción al análisis inelástico. Ductilidad.
- Formulación matricial para el análisis pseudo-tridimensional de edificios.
- Análisis Dinámico Modal Espectral.
- Normas de Diseño Sismorresistente.
- Criterios para la estructuración y comportamiento de edificaciones sismorresistentes.

Elementos de Consulta Básicos

- Piqué, J. y Scaletti, H. Análisis Sísmico de Edificios. CIP, 1997.
- Wakabayashi, M. y Martínez, E. Diseño de Estructuras Sismorresistentes. Mc Graw-Hill, 1988.
- Herráiz, M. Conceptos Básicos de Sismología para Ingenieros. CISMID-FIC-UNI, 1997.
- Sarria, A. Ingeniería Sísmica. Ed.Uduandes,1992.
- Dowrick, R. Diseño Sismorresistente.Mc Graw-Hill, 1987.
- Kuroiwa, J. Reducción de Desastres. 2002.
- Bazán, E. y Meli, R. Diseño Sísmico de Edificios. Ed. Limusa, 2000.
- Norma Técnica de Edificaciones E-030, Diseño Sismorresistente. MTCVC-SENCICO, 2003.

Evolución de la Sismología y la Ingeniería Sismorresistente (I)

- 1800 A.C.: crónicas sobre los efectos de los sismos. Primeras explicaciones mitológicas sobre su origen.
- Primeras explicaciones científicas sobre la generación de los sismos:
 - ◆ Aristóteles:vapores de aire en cavernas
 - ◆ Séneca: aire que colma una cavidad subterránea y, al buscar una salida, mueve los "muros" que lo retienen, encima de los cuales las ciudades se asientan.
 - ◆ Hooke (1660): enuncia la Ley que lleva su nombre
 - ◆ Hooke (1668): el terremoto es una respuesta elástica a fenómenos geológicos

Evolución de la Sismología y la Ingeniería Sismorresistente (II)

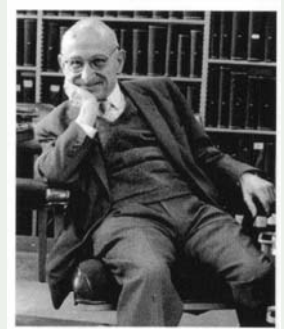
- 1755: a partir del sismo de Lisboa se disponen de informaciones detalladas (cambios topográficos, destrucciones, ruidos, derrumbes, cambios en los cauces,etc.)
- 1821: Navier plantea las ecuaciones de la Teoría de la Elasticidad.
- Mediados del XIX: Cauchy estudia la propagación de ondas en medios sólidos. Poisson deduce analíticamente dos tipos de ondas en sólidos.
- 1845: Stokes distingue una resistencia a la compresión y otra al cortante.

Evolución de la Sismología y la Ingeniería Sismorresistente (III)

- 1887: Rayleigh descubre otro tipo de ondas (superficiales) en los sólidos.
- 1888: Schmidt estudia la propagación de ondas por el interior de la Tierra.
- 1897: Wiechert postula la existencia de un núcleo metálico en la Tierra.
- 1900: primer mapa de ubicación de terremotos.
- 1912: Reid postula la teoría del Rebote Elástico. Sismo de San Francisco (EEUU) (1906) y primeras observaciones sobre los efectos en obras civiles.

Evolución de la Sismología y la Ingeniería Sismorresistente (IV)

- 1909: Mohorovic encuentra una capa de discontinuidad en la velocidad de las ondas.
- 1911: Love descubre otro tipo de ondas superficiales.
- 1914: Ing. Sano (Japón) postula el método del coeficiente sísmico.
- 1928: Gutenberg determina la profundidad del núcleo exterior de la Tierra.
- 1935: Benioff inventa el sismógrafo de deformación. Richter crea la escala de magnitud para evaluar la energía liberada por un terremoto.
- 1932: instalación de acelerógrafos en EEUU.



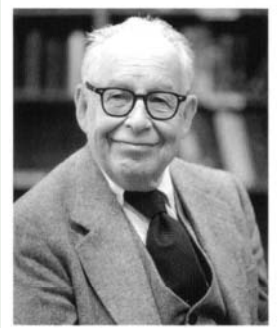
Beno Gutenberg



Hugo Benioff

Evolución de la Sismología y la Ingeniería Sismorresistente (V)

- 1950-60: avances analíticos impulsados por Housner (CALTECH,EEUU) y Okamoto (Japón).
- 1960-70: se crea la Asociación Internacional de Ingeniería Sísmica. Instalación de acelerógrafos en América Latina.
- 1970-1990: avances en modelos de generación de los sismos, dinámica estructural, comportamiento no lineal de estructuras, dinámica de suelos, estudio del peligro sísmico, métodos numéricos óptimos y avance en la tecnología de las computadoras.
- 1990-2000: Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (ONU)



Charles F. Richter



George W. Housner

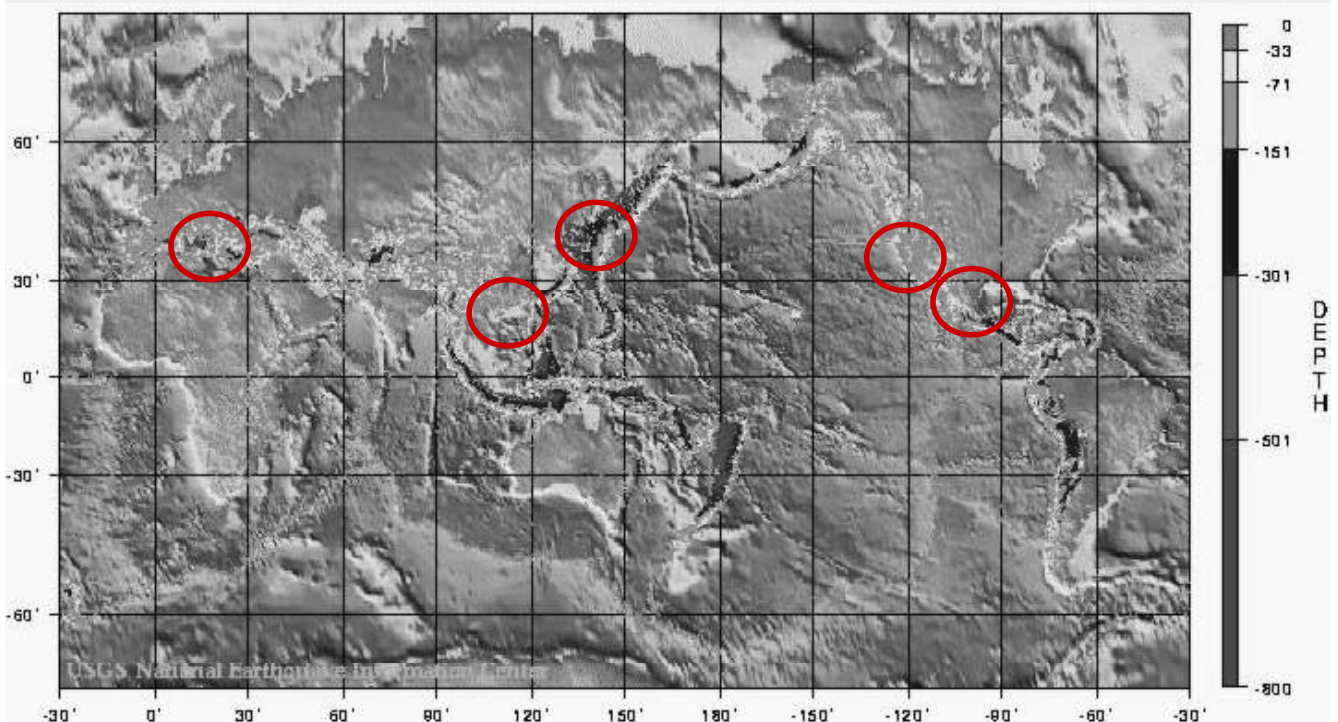
Antecedentes de la Ingeniería Sismorresistente (I)

- Antes de 1950:
Cortante Sísmico = $\text{Coef. Sísmico} \times \text{Peso}$
- 1950: Conceptos de disipación de energía por deformación plástica.
- 1956: Housner plantea posible diseño límite.
- 1957: México - Folleto Complementario a la Norma. Primera norma de ingeniería sismo-resistente en Latinoamérica.
- 1961: Blume, Newmark y Corning: ductilidad y su relación con el diseño de estructuras de concreto armado (Manual PCA).

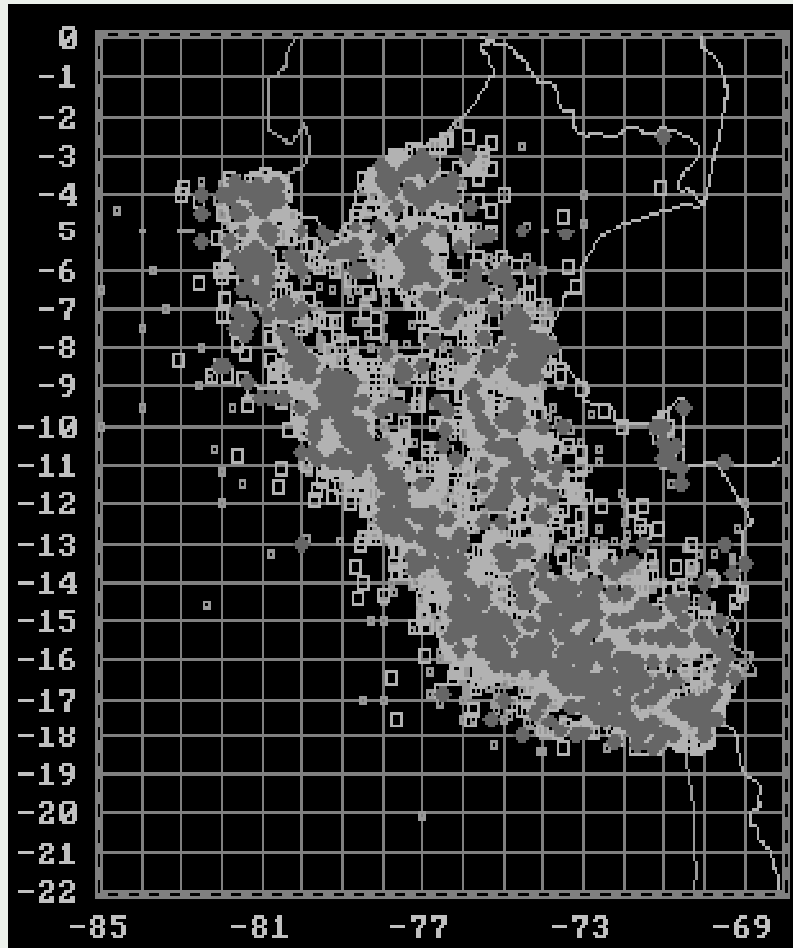
Antecedentes de la Ingeniería Sismorresistente (II)

- 1963: ACI introduce el Diseño a la Rotura.
- 1964: Primer proyecto de Norma Peruana, basada en la de SEAOC (Structural Engineers Asociation of California).
- 1970: Primeros modelos analíticos para el análisis inelástico. Primera Norma Peruana de nivel nacional.
- 1977: Segunda Norma Peruana.
- 1997: Tercera Norma Peruana.
- 2003 : Ultima actualización de la Norma Peruana.
- Los códigos actualmente introducen la ductilidad (con otros factores) en la estimación de las fuerzas sísmicas
- Diseño límite usado en Nueva Zelandia y Japón.

Panorama Sísmico Mundial



Sismicidad Instrumental



Sismos más notables ocurridos en los últimos 30 años en el Perú

Fecha	Hora	Profundidad (Km)	Magnitud Richter	Intensidad Máxima (MMI)	Zonas afectadas	Efectos Secundarios
17-Oct-66	16:41	38	7.5	VIII	Norte de Lima	Tsunami moderado
19-Jun-69		33	6.9 (MS)	IX	Moyobamba	Licuación de suelos
31-May-70	15:23	52	7.7	VIII	Chimbote Huaraz	Deslizamientos Licuación de suelos
03-Oct-74	09:21	13	7.5	VIII	Lima y Sur del país	Tsunami moderado
16-Feb-79	05:08	53	6.9 (MS)	VII	Arequipa	
29-May-90	21:34	33	6.4	VII	Rioja	Deslizamientos leves Licuación de suelos
04-Abr-91	23:30	20	6.2	VII	Moyobamba	Licuación de suelos
12-Nov-96	11:59	14	7.3 (MS)	VII	Nasca	Tsunami leve Licuación de suelos

Principios del Diseño por Desempeño (o comportamiento)

Niveles de los Sismos

Durante su vida útil la construcción experimentará:

- Muchos sismos leves.
- Varios sismos de intensidad moderada y regular duración.
- Uno o más terremotos de gran intensidad y larga duración.

Principios del Diseño por Desempeño (o comportamiento)

Comportamiento Esperado

- Completamente operativo.
- Sin daños.
- Se admiten daños no estructurales.
- Se admiten daños estructurales pero sin colapso.

Se permite el comportamiento inelástico y la fluencia de los elementos que constituyen la estructura.

LA COMBINACION DE SISMOS Y COMPORTAMIENTO VARIA SEGÚN LA IMPORTANCIA DE LA OBRA

Diseño por Desempeño (o comportamiento)

Nivel de Comportamiento Sísmico Esperado

