

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)

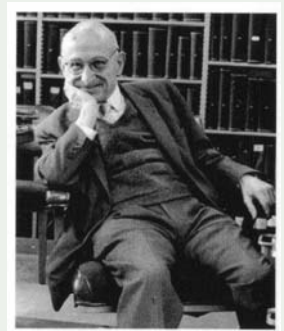
- 1755: a partir del sismo de Lisboa se disponen de informaciones detalladas (cambios topográficos, destrucciones, ruidos, derrumbes, cambios en los cauces,etc.)
- 1821: Navier plantea las ecuaciones de la Teoría de la Elasticidad.
- Mediados del XIX: Cauchy estudia la propagación de ondas en medios 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.



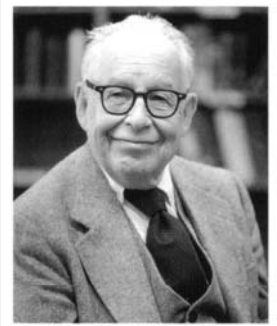
Beno Gutenberg



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

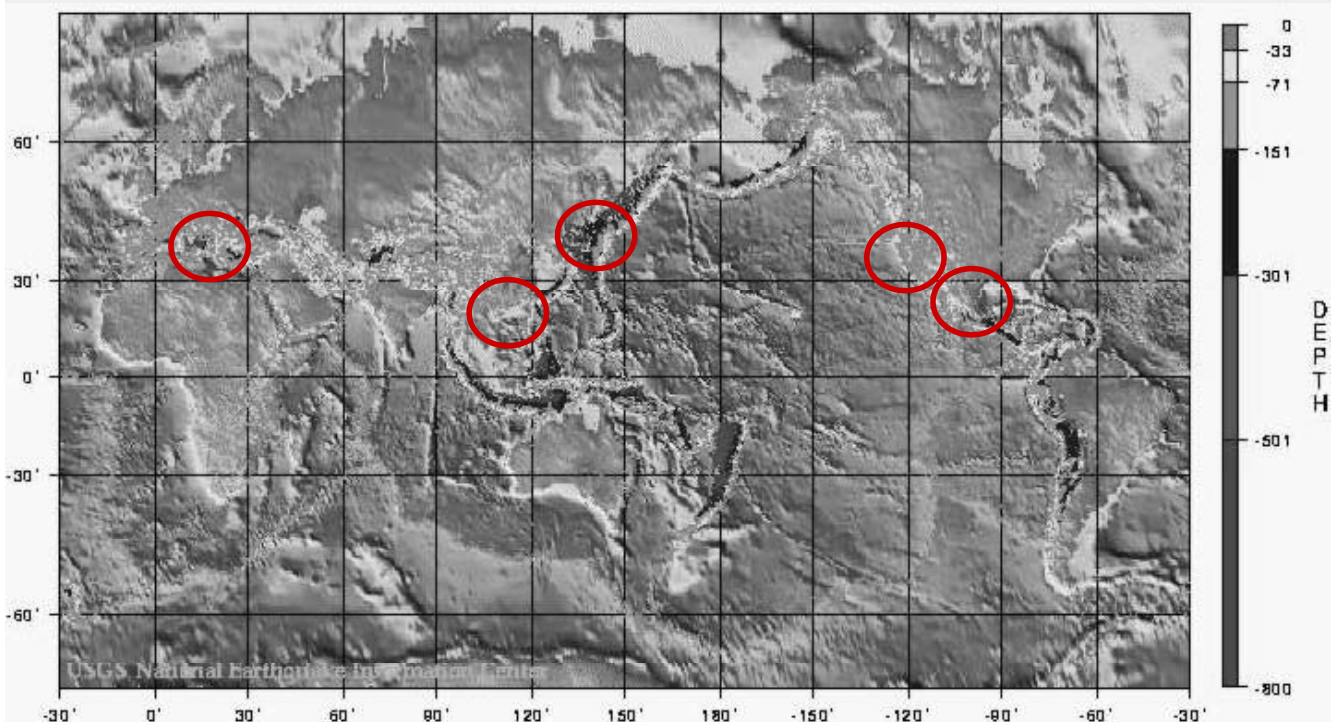
Antecedentes de la Ingeniería Sismorresistente (I)

- 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).

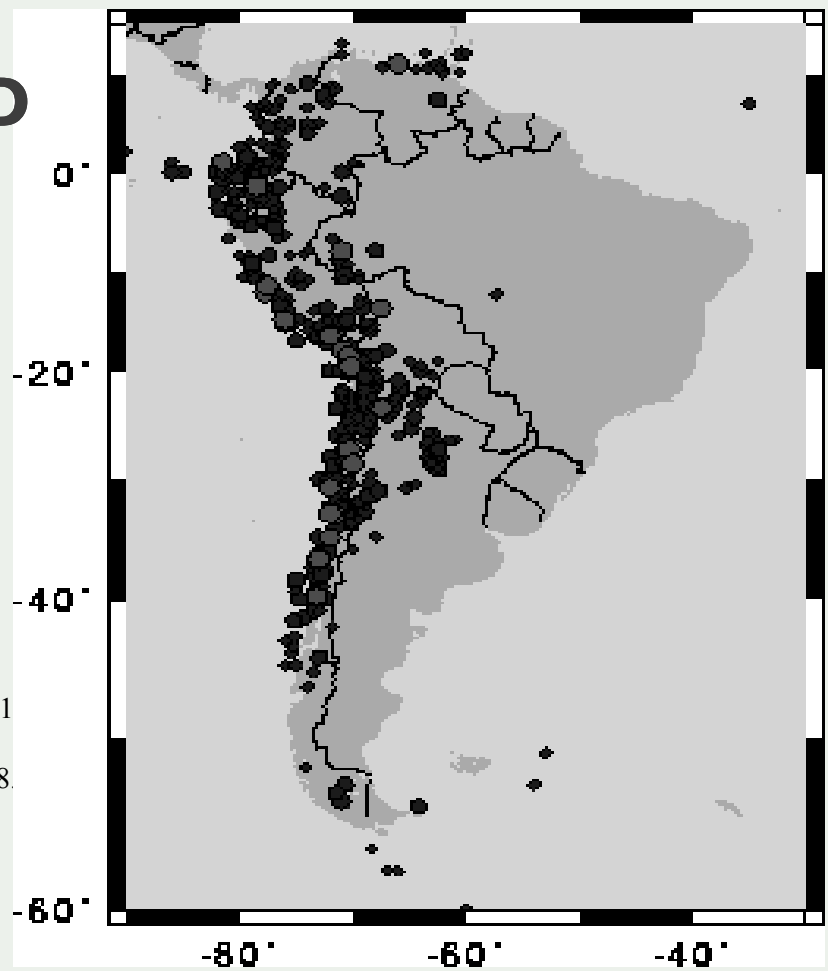
Antecedentes de la Ingeniería Sismorresistente (II)

- 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.

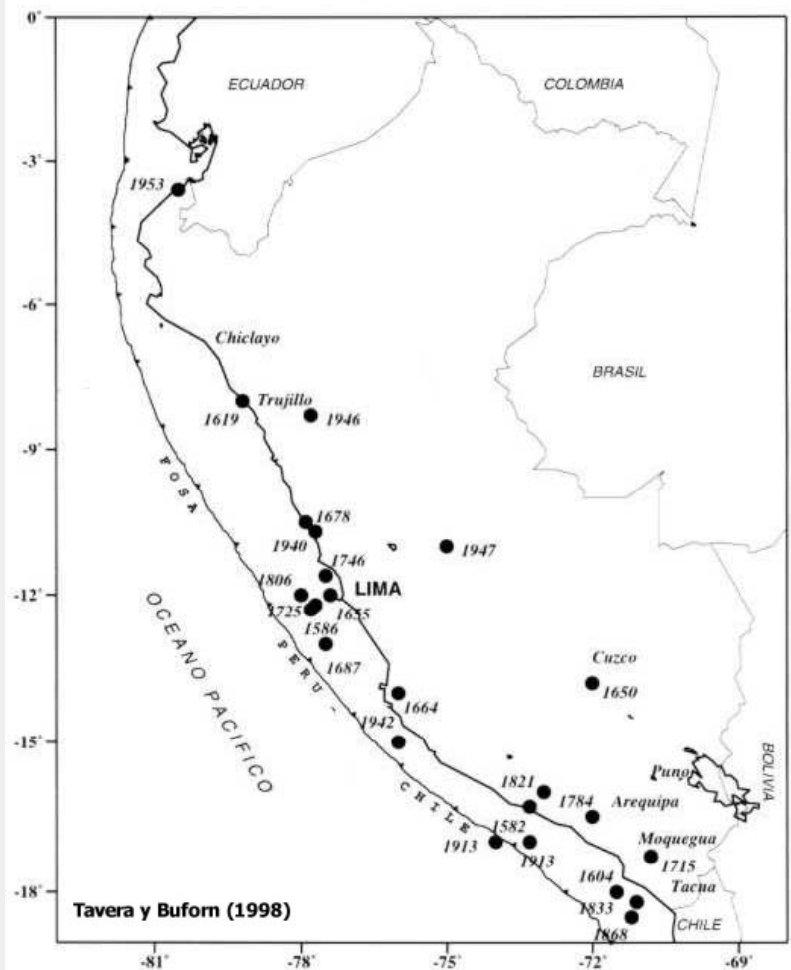
Panorama Sísmico Mundial



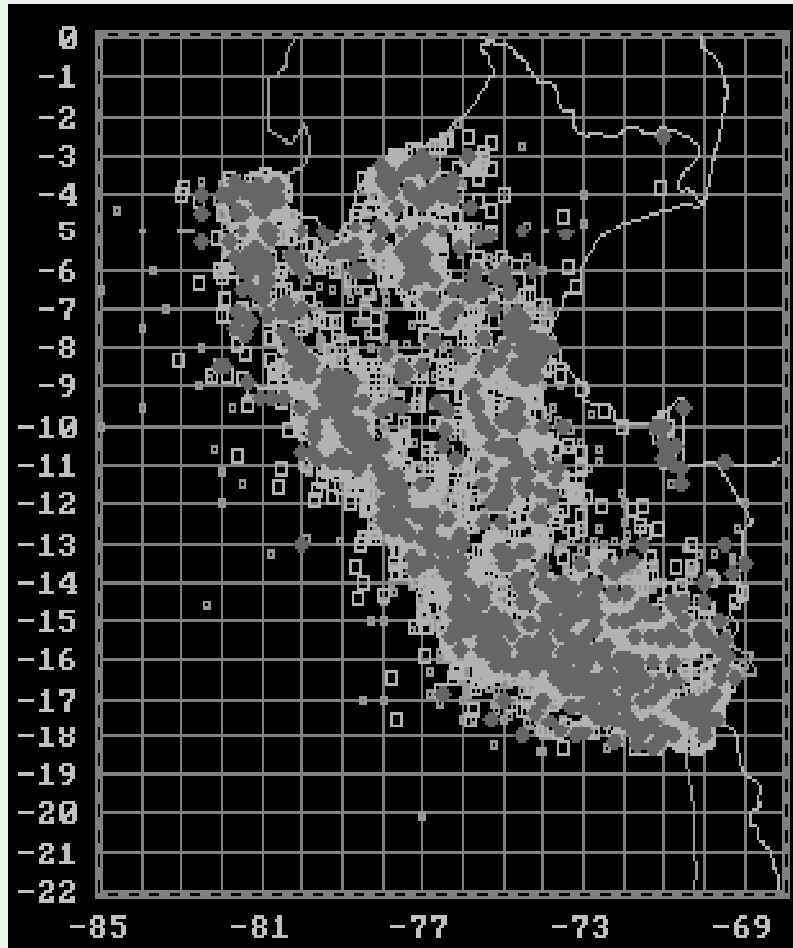
SISMICIDAD REGIONAL



Sismicidad Histórica (sismos con Magnitudes mayores a 8)



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

