

**SISTEMA NACIONAL DE PROTECCION CIVIL
CENTRO NACIONAL DE PREVENCION DE DESASTRES**

**PRIMER CURSO:
SEGURIDAD SISMICA
DE LAS CONSTRUCCIONES PARA
DIRECTORES RESPONSABLES DE LA OBRA**

COORDINACIONES DE CAPACITACION E INVESTIGACION

Secretario de Gobernación
Dr. Jorge Carpizo McGregor

**Subsecretaria de Protección Civil,
Prevención y Readaptación Social**
Lic. Socorro Díaz Palacios

Director General de CENAPRED
Arq. Vicente Pérez Carabias

**Jefe de Expertos de la Agencia
de Cooperación Internacional del Japón**
Dr. Tatsuo Murota

Coordinador de Investigación del CENAPRED
Dr. Roberto Meli

Coordinadora de Capacitación
Lic. Gloria Luz Ortiz Espejel

Coordinador Difusión del CENAPRED
Lic Ricardo Cícero Betancourt

**Coordinación técnica del curso y
edición a cargo de:** Tomás A. Sánchez

Septiembre - 1994.

PUBLICADO POR EL CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES DE LA SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

*EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES EXCLUSIVA
RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES*

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

AV. DELFIN MADRIGAL Nº 685, COL. PEDREGAL SANTO DOMINGO.
DELEGACIÓN COYOACÁN, MÉXICO, D.F., C.P. 04360

TELÉFONOS: 806 98 37, 806 97 30, 806 99 82
FAX: 806 16 08

CONTENIDO

Presentación	1
--------------	---

TEMA A. SISMOLOGIA Y PELIGRO SISMICO

Conocimientos Básicos de los Sismos <i>Centro Nacional de Prevención de Desastres</i>	3
Sismicidad y Movimientos Fuertes en México: Una Visión Actual <i>Shri Krishna Singh</i>	20
Características Sísmicas de la Ciudad de México <i>Eduardo Reinoso</i>	56

TEMA B. CONOCIMIENTOS BASICOS DEL DISEÑO SISMICO DE EDIFICIOS

Respuesta de Edificios al Movimiento Sísmico <i>Eduardo Miranda</i>	85
Lecciones de Sismos Recientes y Efectos de los Sismos en las Construcciones <i>Enrique del Valle</i>	115
Diseño Sísmico de Acuerdo al Reglamento <i>Roberto Meli</i>	131
Ductilidad y Diseño Estructural de Edificios de Concreto Reforzado <i>Yoshiaki Nakano</i>	147
Comportamiento Sísmico de las Construcciones de Acero <i>Toshibumi Fukuta</i>	172

TEMA C. CONOCIMIENTOS ESPECIFICOS DEL DISEÑO Y CONSTRUCCION SISMORRESISTENTE

Comportamiento y Diseño de Estructuras de Concreto Reforzado (I) <i>Oscar López</i>	209
Comportamiento y Diseño de Estructuras de Concreto Reforzado (II) <i>Sergio M. Alcocer</i>	238
Diseño y Construcción de Estructuras de Acero <i>Enrique Martínez</i>	311
Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería <i>Tomás A. Sánchez</i>	343
Evaluación y Reparación Estructural de Edificios <i>Oscar de la Torre</i>	363

TEMA D. LA PRACTICA DE LA CONSTRUCCION SISMORRESISTENTE Y EL CONTROL DE CALIDAD EN OTROS PAISES

La Práctica de la Construcción Sismorresistente y la Verificación de la Calidad en Japón <i>Kimihide Takimura</i>	397
Sistemas de Calidad del Diseño y Construcción Sismorresistente en E.U.A. y en la Ciudad de México <i>Ricardo Guzmán</i>	428

MESA REDONDA

El Papel del Director Responsable de Obra en la Seguridad Estructural <i>Roberto Ruiz Vilá</i>	453
---	-----

PROLOGO

Durante más de cien años, México y Japón han sido países con un alto grado de afinidad y han buscado ampliar los lazos de amistad que los distinguen.

Con este antecedente ha sido diversa y cada vez más creciente la colaboración mutua. Ejemplo de ello es el acuerdo de cooperación técnica establecido entre ambos gobiernos, a través del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

En el marco de actividades desarrolladas en este acuerdo, se realizó en las instalaciones del CENAPRED, un estudio-diagnóstico sobre los conocimientos relativos a la Ingeniería Sísmica y sus implicaciones en la práctica actual de diseño y construcción de edificios. Como resultado se identificó al Director Responsable de Obra (D.R.O.) como el universo idóneo para impartirle estos temas, considerando en primera instancia su responsabilidad en la observancia del reglamento de construcciones, en las obras para las que otorga su responsiva.

En este contexto la misión de expertos japoneses, y su contraparte mexicana, en el CENAPRED decidieron la organización del Curso SEGURIDAD SISMICA DE LAS CONSTRUCCIONES PARA DIRECTORES RESPONSABLES DE OBRA.

Para ello se estableció un comité organizador integrado por:

Ricardo Cícero Betancourt
Gabriel Mireles Contreras
Gloria Luz Ortiz Espejel
Hortencia García Vigil
Lorenzo D. Sánchez Ibarra
Mitsuo Yoshida
Naomi Honda
Roberto Meli Piralla
Tatsuo Murota
Tomás A. Sánchez Pérez

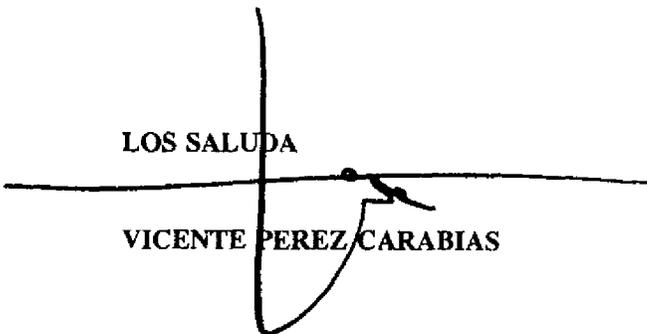
De todos ellos quiero resaltar su profesionalismo y entusiasmo en el cumplimiento de sus responsabilidades en el comité organizador.

El presente trabajo integra las 16 ponencias presentadas por especialistas de alta calificación técnica, tanto nacionales como internacionales. Las notas, que fueron preparadas por cada uno de los ponentes, constituyen por lo tanto un texto básico para la continua impartición del curso.

Con este esfuerzo queda demostrado que los frutos de la cooperación entre ambos países son reales y han sido fructíferos, siendo resultado de un trabajo compartido, enriquecido con los lazos fraternos y amistosos que estamos seguros nos permitirán avanzar más firmemente hacia los objetivos conjuntamente establecidos.

LOS SALUDA

VICENTE PEREZ CARABIAS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'VICENTE PEREZ CARABIAS', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive. To the left of the signature, the words 'LOS SALUDA' are printed in a bold, sans-serif font. Below the signature, the words 'VICENTE PEREZ CARABIAS' are printed in a similar bold, sans-serif font.

PRESENTACION

En el marco del programa de cooperación técnica México-Japón, se realizó en el Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED, un estudio-diagnóstico sobre la difusión de conocimientos relativos a la ingeniería sísmica y sus implicaciones en la práctica actual del diseño y construcción de edificios. Como resultado, se identificó al Director Responsable de Obra (D.R.O.) como el personaje idóneo para difundir estos temas dada su importante participación en los aspectos de la seguridad estructural, dirección y supervisión de las construcciones. A saber, en el D.R.O. recae la responsabilidad legal de la observancia del reglamento de construcciones en las obras para las que otorga su responsiva.

En este contexto, el CENAPRED con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, JICA, organizó un curso de Seguridad Sísmica de las Construcciones para Directores Responsables de Obra. El objetivo consistió en intercambiar experiencias sobre los aspectos básicos que se deben cuidar en el proyecto arquitectónico y estructural, así como en la ejecución de las obras para lograr una seguridad adecuada ante sismos. Además, se buscó actualizar a los participantes en los diferentes temas de la ingeniería sísmica y proporcionarles información sobre las técnicas de seguridad estructural empleadas en los Estados Unidos de América y en el Japón.

El curso se estructuró con cuatro temas básicos y una mesa redonda de la manera siguiente: I. Sismología y Peligro Sísmico; II. Conocimientos Básicos del Diseño Sísmico de Edificios; III. Conocimientos Específicos del Diseño y Construcción Sismorresistentes; IV. La Práctica del Diseño y Construcción Sismorresistente y el Control de Calidad en Otros Países. La mesa redonda, con la que concluye prácticamente el curso, versa sobre El Papel del Director Responsable de Obra en la Seguridad Estructural. En las presentes memorias se integran las 16 ponencias presentadas por especialistas de alta calificación técnica, tanto nacionales como internacionales. Las notas, que fueron preparadas por cada uno de los ponentes, constituyen por lo tanto un texto básico para la continua impartición del curso.

Finalmente cabe mencionar que el curso Seguridad Sísmica de las Construcciones para D.R.O. constituye un esfuerzo por impulsar y mejorar la práctica profesional de una figura, aunque relativamente nueva de gran importancia en el proyecto y la construcción de edificaciones: el Director Responsable de Obra, personalidad legal creada a partir de la aprobación del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal en 1987.

TEMA "A"

SISMOLOGIA Y PELIGRO SISMICO

Conocimientos Básicos de los Sismos

Centro Nacional de Prevención de Desastres

Sismicidad y Movimientos Fuertes en México: Una Visión Actual

Dr. Shri Krishna Singh

Características Sísmicas de la Ciudad de México

Dr. Eduardo Reynoso

CONOCIMIENTOS BASICOS DE LOS SISMOS

TOMADO DEL FASCICULO "SISMOS" EDITADO POR EL CENTRO NACIONAL DE PREVENCION DE DESASTRES

INTRODUCCION

Por su ubicación geográfica México se encuentra sujeto a diversos fenómenos naturales que pueden derivar en una situación de desastre; entre las calamidades a las que mayormente está expuesto el territorio nacional resaltan los sismos, que tienen un lugar especial a lo largo de la historia, tanto por su frecuencia, como por los desastres a que han dado origen, particularmente el que vivió la ciudad de México en septiembre de 1985.

La presencia de fallas geológicas y la acción de las placas continentales son factores siempre presentes en la dinámica de la naturaleza de nuestro país. En la ciudad capital, a esos elementos se suman las características del subsuelo y la gran densidad poblacional, originando una situación de riesgo sísmico.

Frente a ese panorama la acción gubernamental se orienta a informar y capacitar a la ciudadanía para enfrentar con eficacia los fenómenos telúricos con base en conocimientos objetivos, de ahí que el propósito particular de incluir en estas memorias el Fascículo "Sismos" editado en el CENAPRED, sea generalizar la información sísmica más reciente y contribuir a la consolidación de la Cultura de Protección Civil, sobre la que habrán de sustentarse las acciones en pro de la Prevención de Desastres.

Cada uno de los temas de esta edición abordan aspectos distintos y complementarios sobre la dinámica de nuestro planeta, en la búsqueda de una visión de conjunto que, estamos seguros, redundará en el desarrollo de la Protección Civil en México.

CONSTITUCION INTERNA DE LA TIERRA

El conocimiento que actualmente se tiene del interior de la Tierra es el resultado de un gran número de estudios científicos, en su mayoría basados en la propagación de las ondas sísmicas a través de los materiales terrestres. De esta forma ha sido posible determinar su composición y dividirla en varias capas concéntricas; éstas son:

CORTEZA

Esta comienza en la superficie y llega hasta una profundidad promedio de 35 km., pudiendo ser mayor en algunas zonas continentales como las cadenas montañosas y menor en los océanos donde llega a un espesor de 10 km. La corteza es completamente **sólida y fracturable**.

MANTO

Comprende desde la parte inferior de la corteza hasta una profundidad de 2900 km. Debido a las condiciones de la temperatura y presión a las cuales se encuentran los materiales del manto, éstos se hallan en un estado entre **sólido y plástico**.

NUCLEO EXTERNO

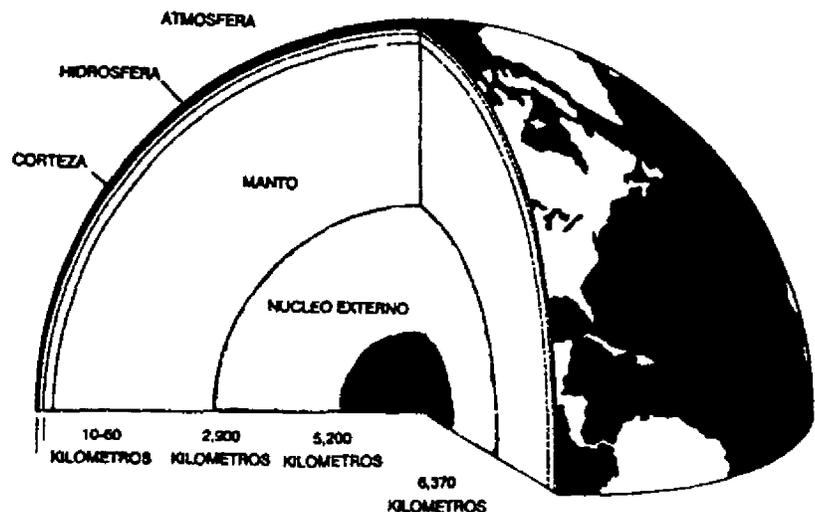
Tiene un espesor aproximado de 2300 km. y está comprendido entre 2900 y los 5200 km. de profundidad. Con base en datos sismológicos se ha podido inferir que es líquido. Esto puede deberse a condiciones de alta temperatura.

NUCLEO INTERNO

Este es el centro de la Tierra y tiene un diámetro de 2340 km. Según se ha calculado, se encuentra en estado sólido.

Para los fines de la actividad sísmica es de particular importancia la cubierta rígida de nuestro planeta, constituida por la corteza y la parte superior del manto.

Esta recibe el nombre de **Litósfera** y tiene un espesor promedio de 100 km.

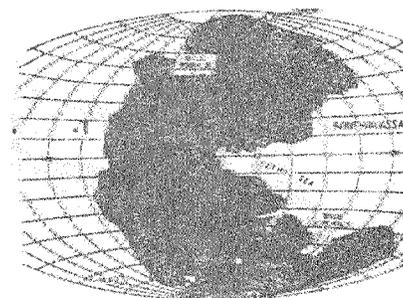
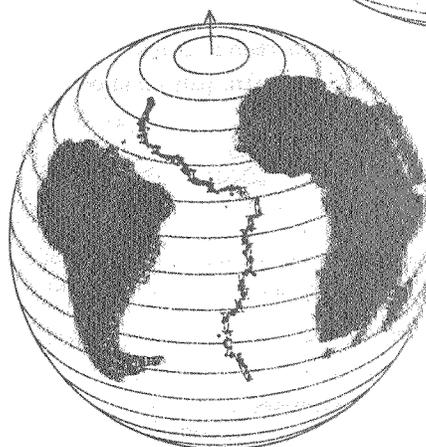
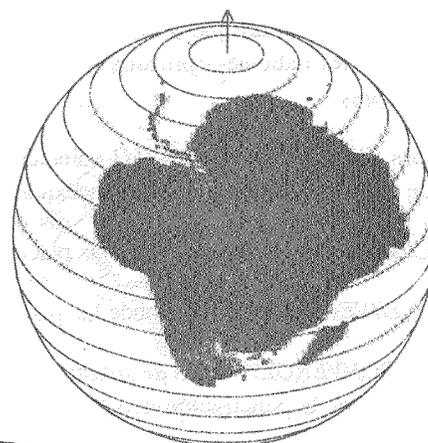


DERIVA DE LOS CONTINENTES

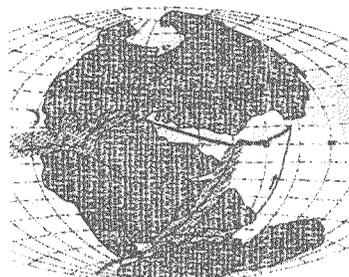
Sir Francis Bacon, en 1620, reconoció que claramente existía correspondencia en la forma de las líneas de la costa atlántica de América y las de África, observe la figura derecha.

Tomando como base lo anterior, Alfred Wegener desarrolló, en 1912, la **Teoría de la Deriva Continental**, que afirma que los actuales continentes se hallaban agrupados, hace 200 millones de años, formando un super continente llamado **PANGEA**. Dichos continentes al moverse constantemente sobre un supuesto sustrato viscoso llegaron a ocupar su posición actual. Ver figuras inferiores.

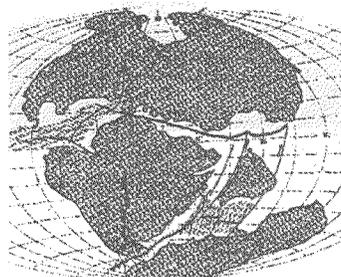
Posteriormente, con base en la teoría elaborada por Wegener y numerosas contribuciones de geólogos y geofísicos, se desarrolló la **Teoría de Tectónica de Placas**, que establece que la litósfera se encuentra dividida, formando una especie de mosaico de sectores rígidos, conocidos como placas, las cuales se mueven entre sí con desplazamientos promedio de algunos centímetros por año.



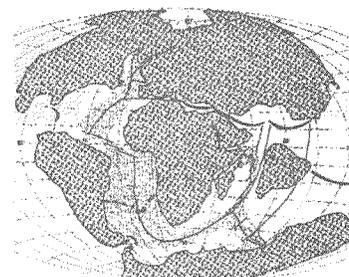
PANGEA, 200 MILLONES DE AÑOS



DESPUES DE 20 MILLONES DE AÑOS DE DERIVA Y HACE 180 MILLONES DE AÑOS



TRANSFORMACION, LUEGO DE 65 MILLONES DE AÑOS DE DERIVA



135 MILLONES DE AÑOS. AL FINAL DEL PERIODO CRETASICO