

# “SISMOS EN MÉXICO Y EJERCICIOS DE EMERGENCIA”

Sismicidad en México y su impacto en la  
investigación y normatividad

---

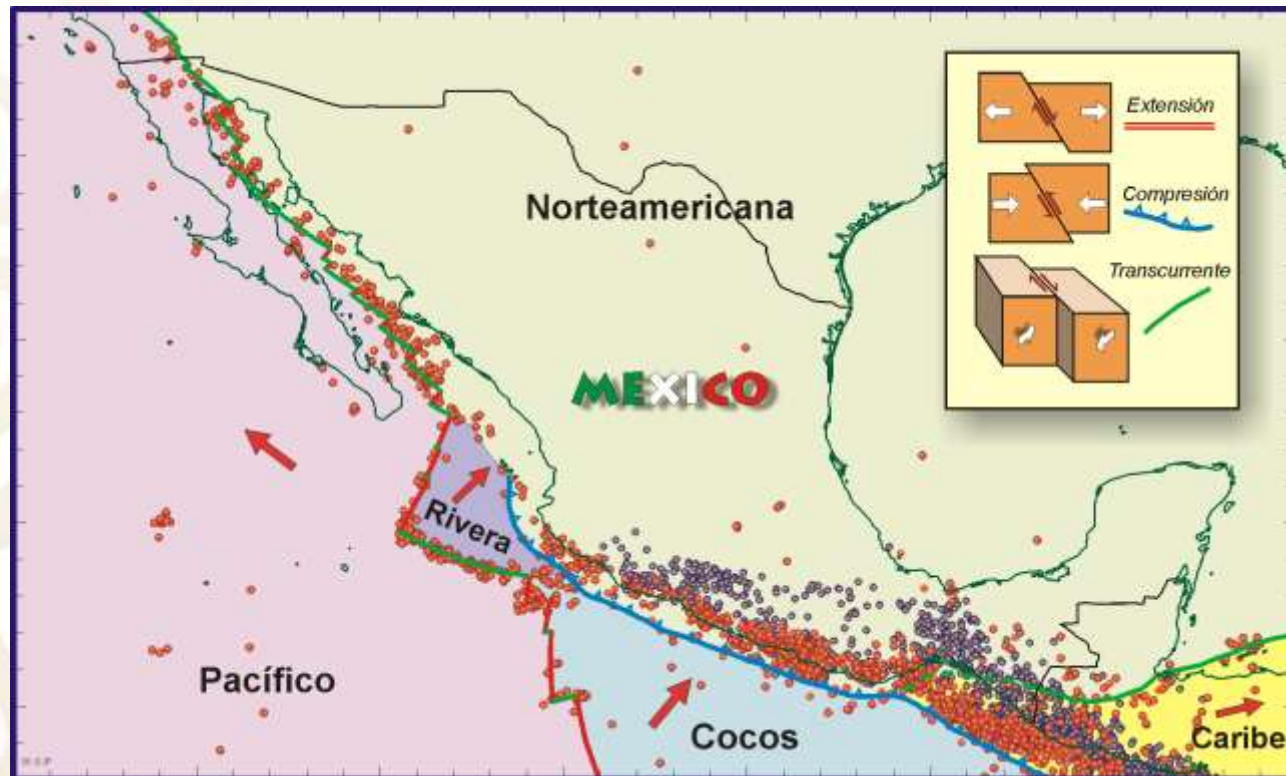
Ing. Emmanuel Ramírez Álvarez

CIUDAD DE MÉXICO A 21 DE AGOSTO DE 2020

# Sismicidad en México

¿Cuál es el estado con mayor sismicidad en la República Mexicana?

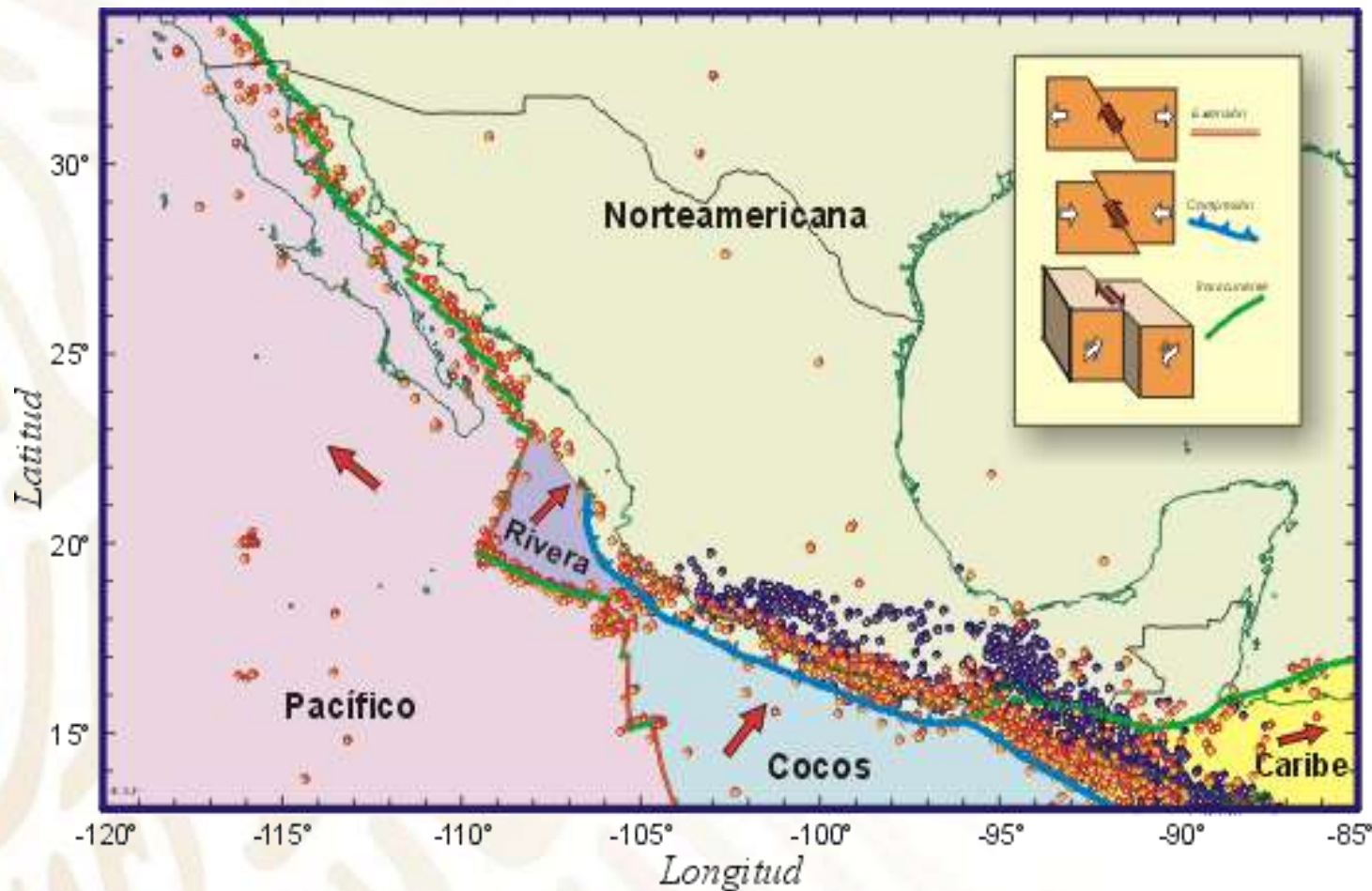
¿Con cuántas y cuáles placas se relaciona la sismicidad de la República Mexicana?



- Guerrero?
- Oaxaca?
- Michoacán?
- Chiapas?
- Jalisco?
- Colima?
- Ciudad de México?



# Sismicidad en México



Los SISMOS pueden ocurrir en:

La Placa de Rivera

La Placa de Cocos

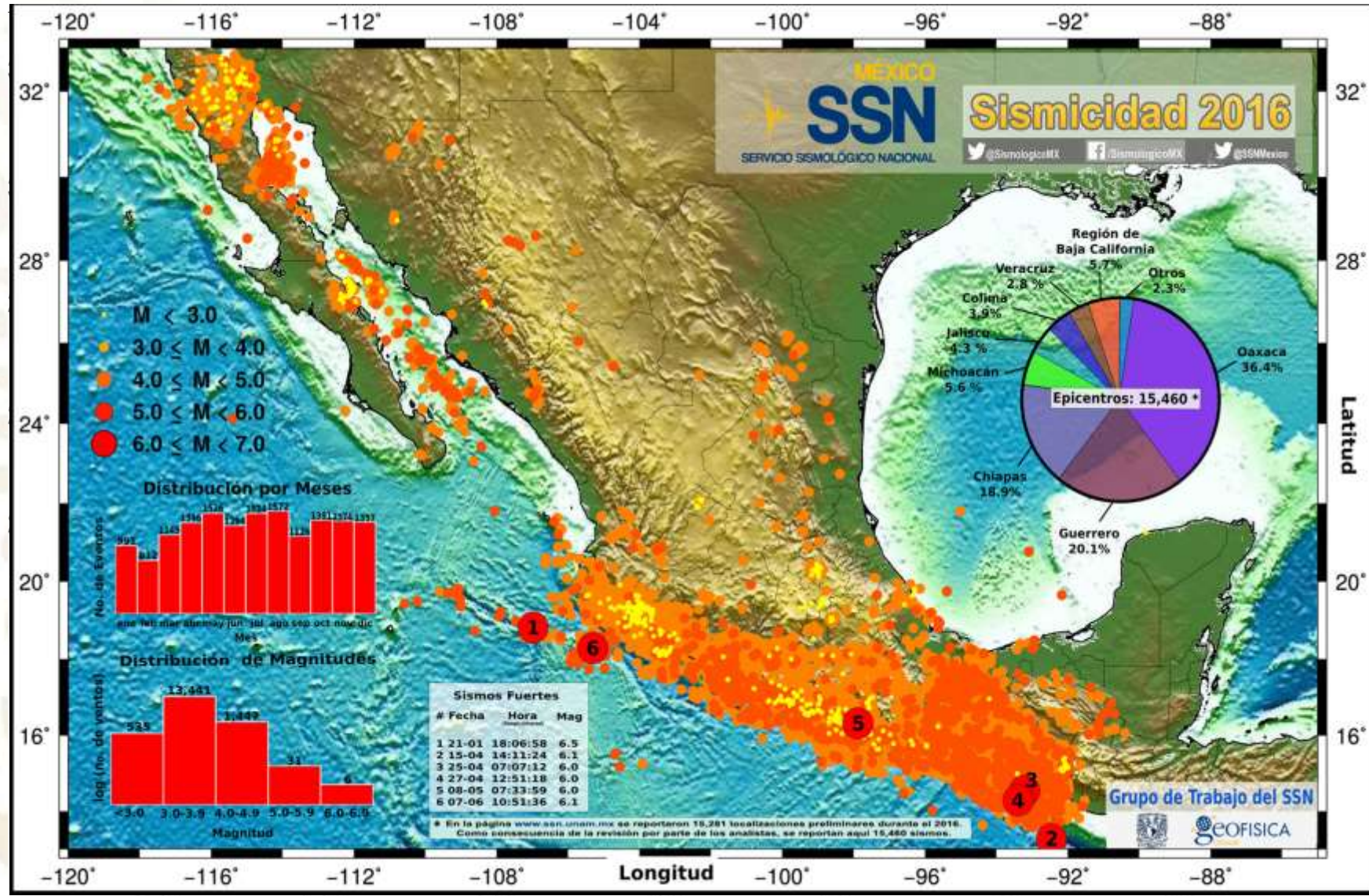
La Placa del Caribe

La Placa del Pacífico

La Placa de Norteamérica

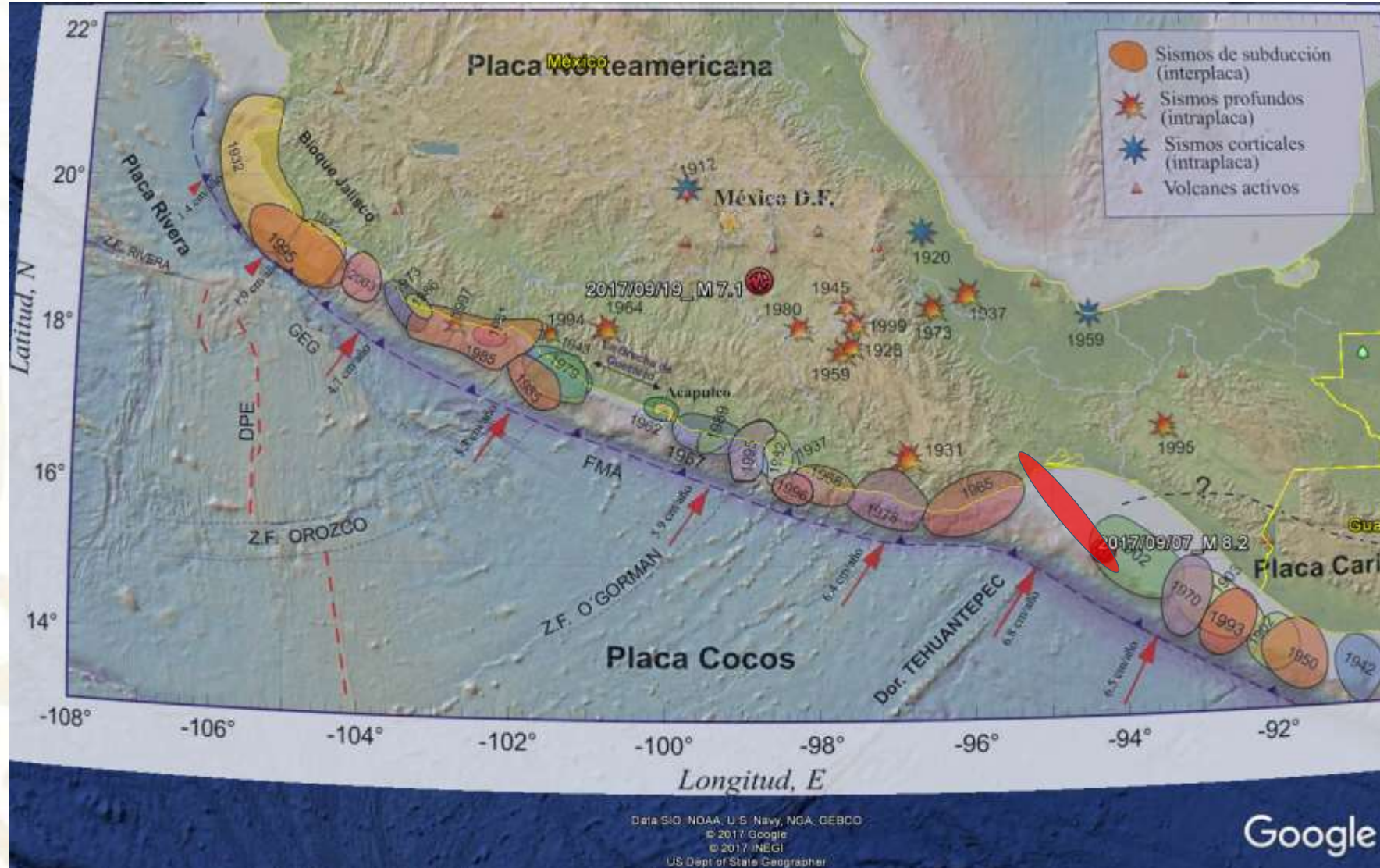
En las intersecciones entre ellas

# Sismicidad en México de 2016 a 2019





# Áreas de ruptura de sismos de subducción y ubicación epicentral de los sismos de profundidad intermedia, más importantes registrados en México





# Impacto en la investigación y normatividad

---

Sismos en México y Ejercicios de Emergencia, 21 de agosto de 2020



# Monitoreo sísmico



**SEGURIDAD**  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CENAPRED**  
CENTRO NACIONAL DE  
PREVENCIÓN DE DESASTRES

Como se registra y mide un sismo?

El primer sismógrafo: fabricado por Zhang Heng en el año 132



# Equipos actuales

**Acelerógrafos.** Ayudan a medir las aceleraciones del suelo, útiles para movimientos fuertes



**Sismógrafos.** Ayudan a medir los movimientos del suelo, pueden trabajar en una amplia gama de frecuencias



# Ejemplo de monitoreo "Sismo del 07 de septiembre M8.2"



**SEGURIDAD**  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CENAPRED**  
CENTRO NACIONAL DE  
PREVENCIÓN DE DESASTRES



# Instituciones



## Magnitud y ubicación



## Mapa de intensidades Macrosísmicas



Existen aprox. 500 estaciones sísmicas, 350 para movimientos fuertes (acelerómetros) y el resto de alta sensibilidad (velocímetros). El 28% monitorea el Valle de México y alrededores.

## Alertamiento temprano

centro de instrumentación y registro sísmico a.c.

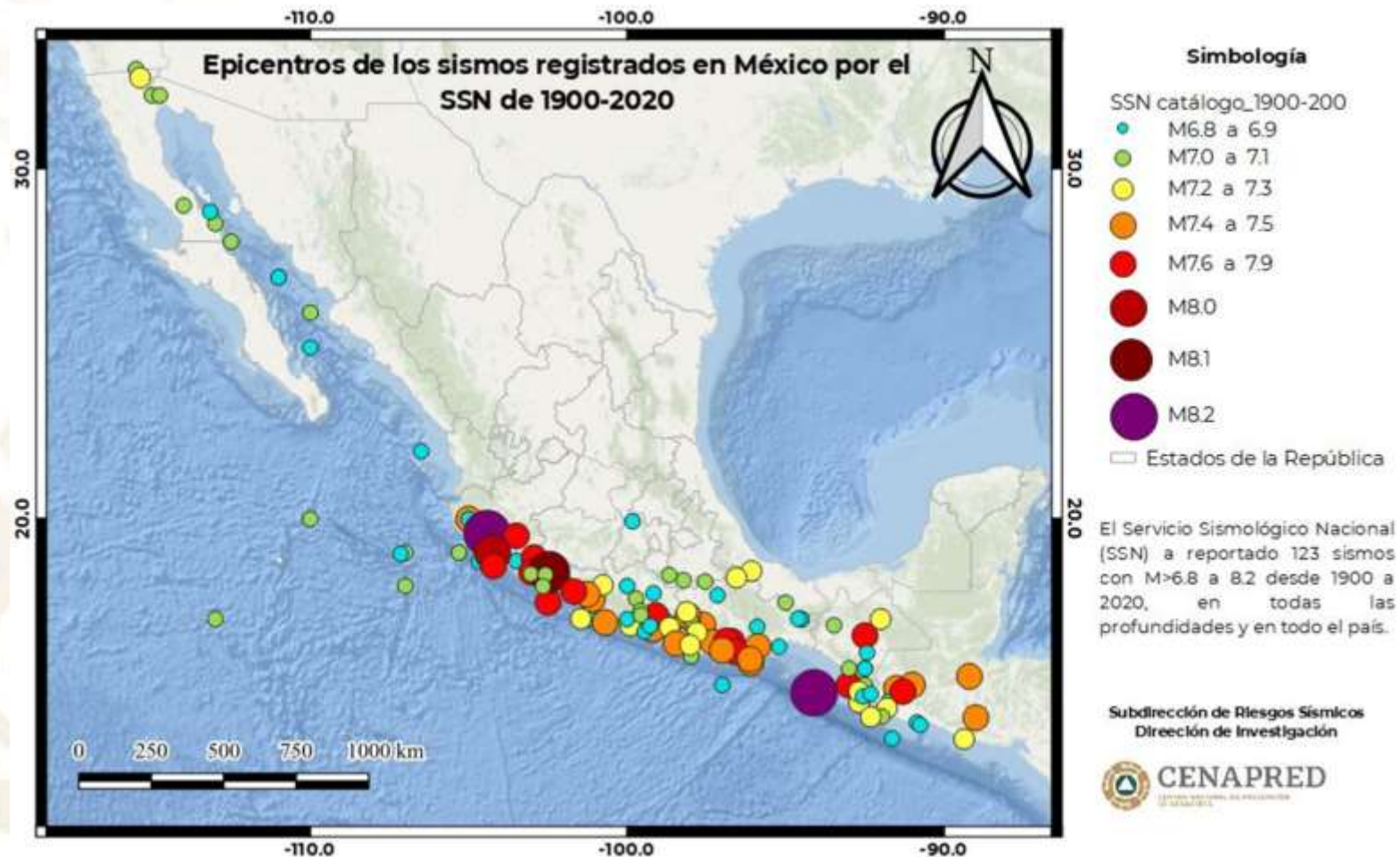
Ubicación	Tipo de Sensor
CDMX	150 aceler
Guadalupe	150 aceler
San Mateo	150 aceler
San Mateo	150 aceler
San Mateo	150 aceler
San Mateo	150 aceler
San Mateo	150 aceler
San Mateo	150 aceler

Red Acelerográfica de la Ciudad de México  
30 Aniversario de servicio público y gratuito. 1987-2017

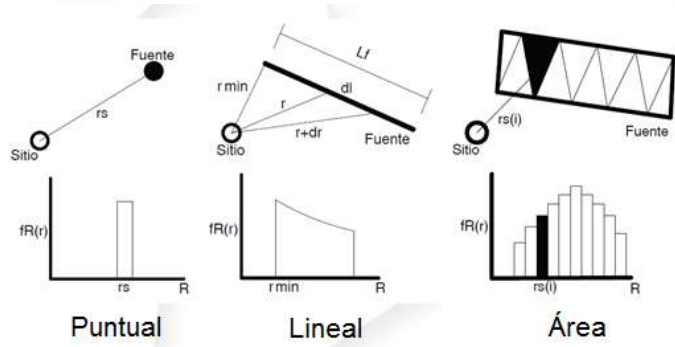
## Amenaza Sísmica: Evaluación cuantitativa del movimiento sísmico en un sitio determinado.



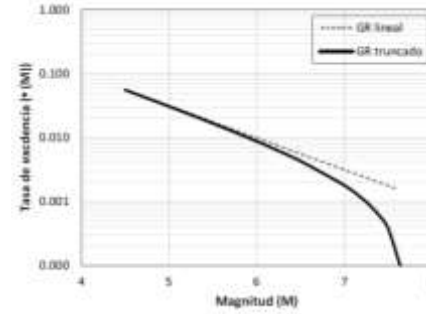
Por lo general es imposible determinar el peligro sísmico contando las veces en que se han excedido valores dados de intensidad en el sitio en cuestión. Para ello, se evalúa primero la tasa de actividad sísmica en las fuentes generadoras de temblores. Después se integran los efectos que producen los sismos que se generan en la totalidad de las fuentes en un sitio dado.



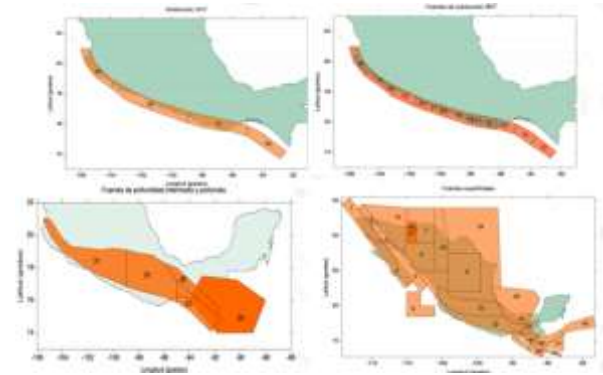
# Procesamiento e interpretación



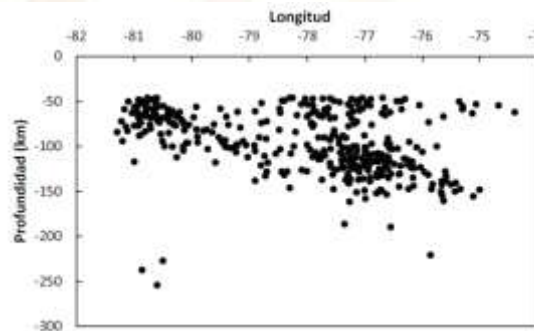
**Caracterización de fuentes**



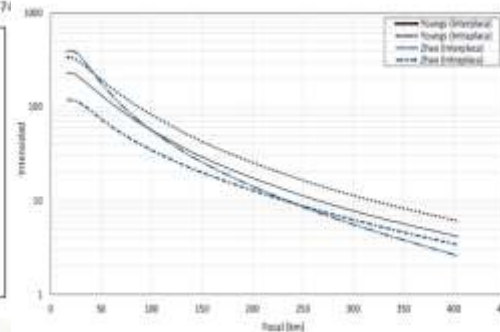
**Modelo de recurrencia**



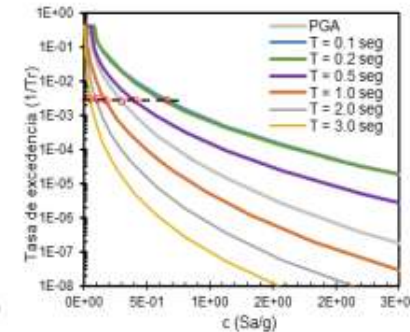
**Caracterización de fuentes para sismos del catálogo**



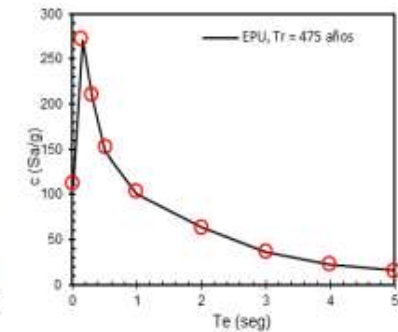
**Distribución de sismos en cada fuentes**



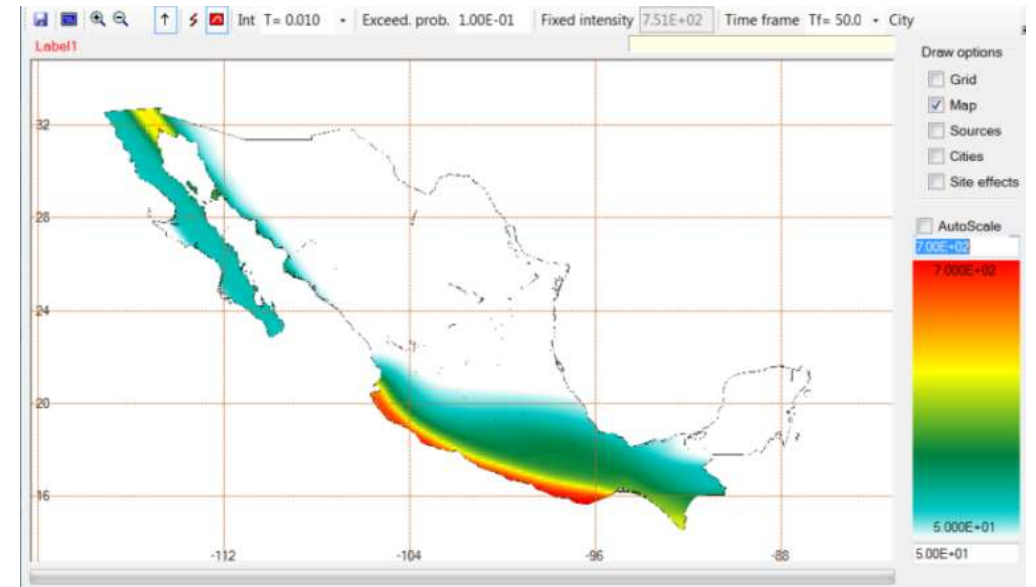
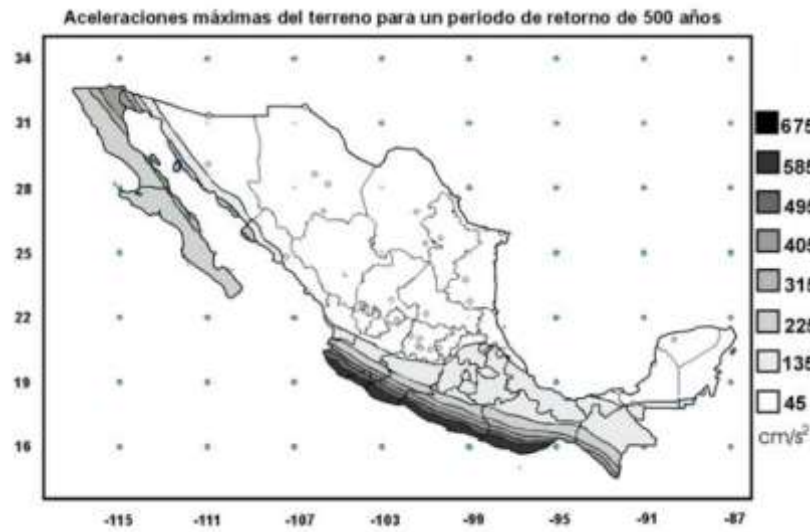
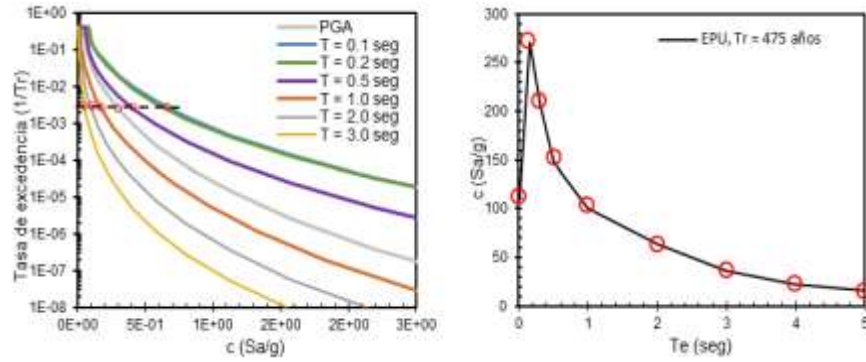
**Ley de atenuación**



**Espectro De Peligro Uniforme**



# Procesamiento e interpretación





**Simbología**

Zonificación sísmica CFE-2015

- Zona A, Baja
- Zona B, Moderada
- Zona C, Alta
- Zona D, Muy alta

Subdirección de Riesgos Sísmicos  
Dirección de Investigación







**Simbología**

SSN catálogo\_1900-200

- M6.8 a 6.9
- M7.0 a 7.1
- M7.2 a 7.3
- M7.4 a 7.5
- M7.6 a 7.9
- M8.0
- M8.1
- M8.2

□ Estados de la República

**Simbología**

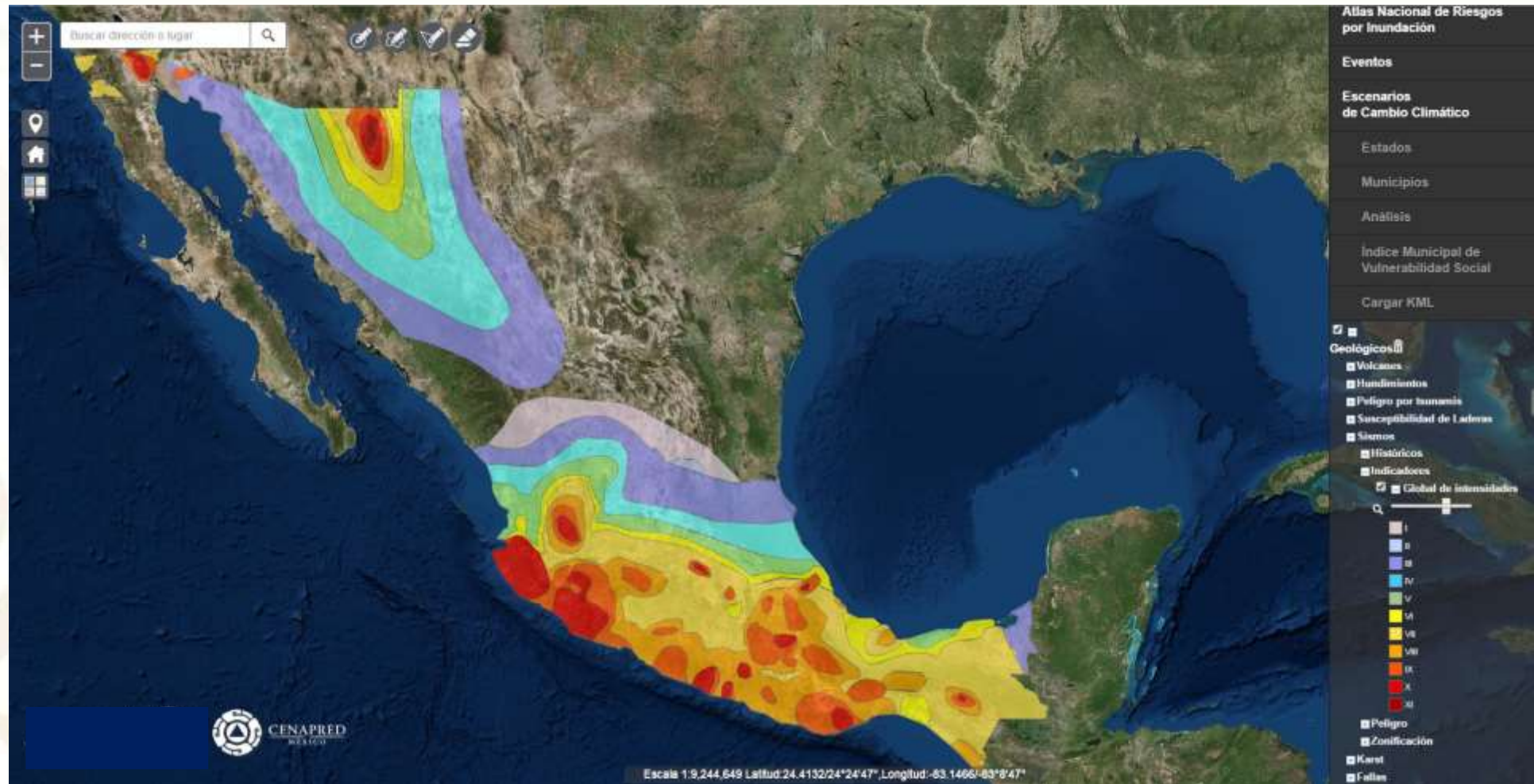
Zonificación sísmica CFE-2015

- Zona A, Baja
- Zona B, Moderada
- Zona C, Alta
- Zona D, Muy alta

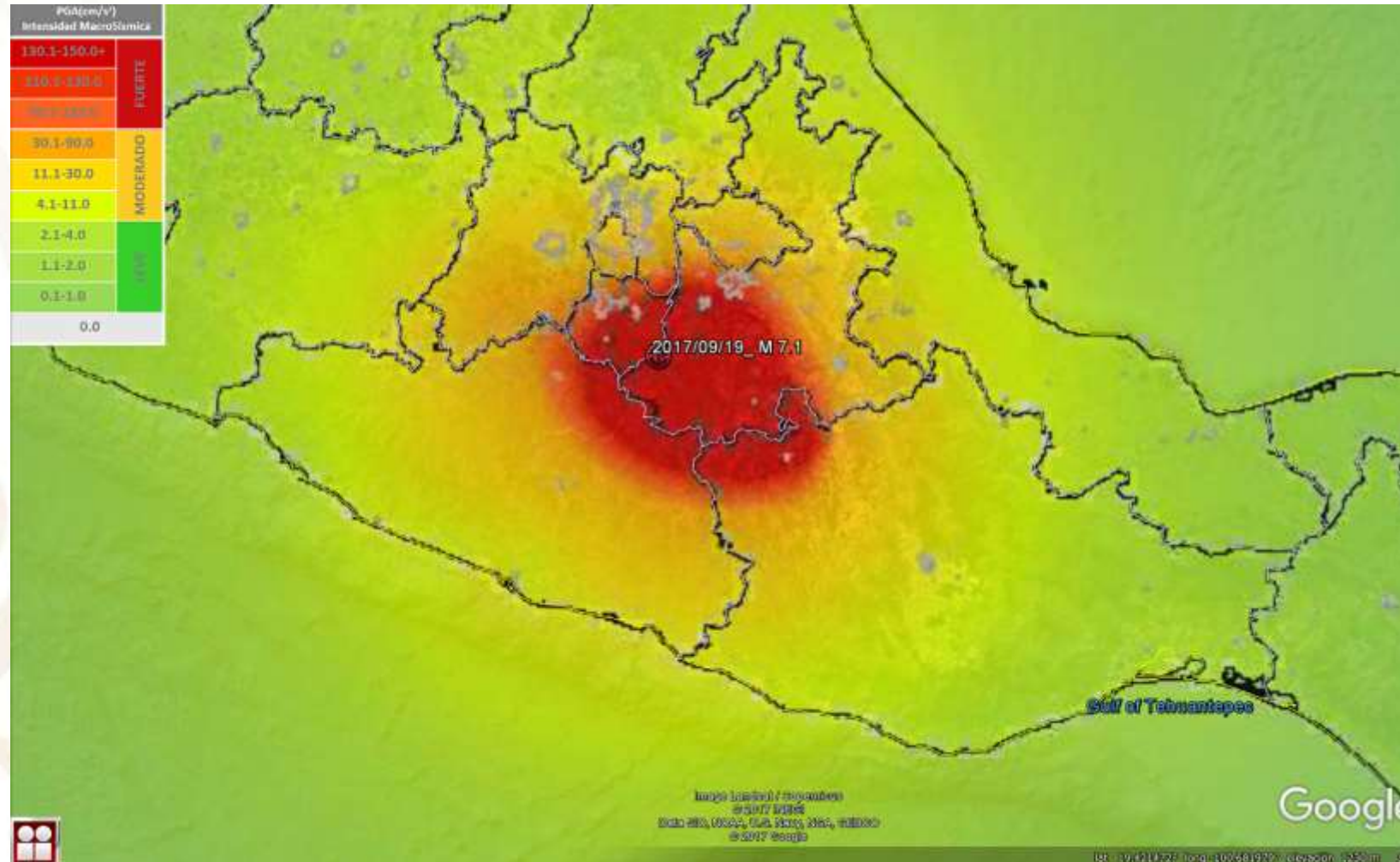
Subdirección de Riesgos Sísmicos  
Dirección de Investigación



# Mapa de global de Intensidades Sísmicas



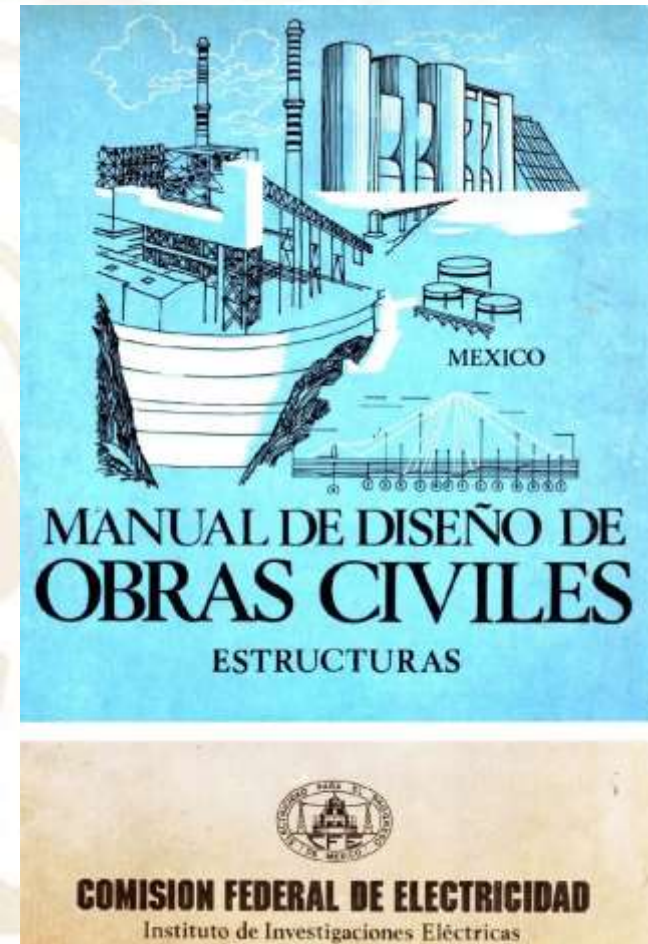
# Mapa de intensidad y aceleración del sismo del 19 de septiembre (II UNAM)



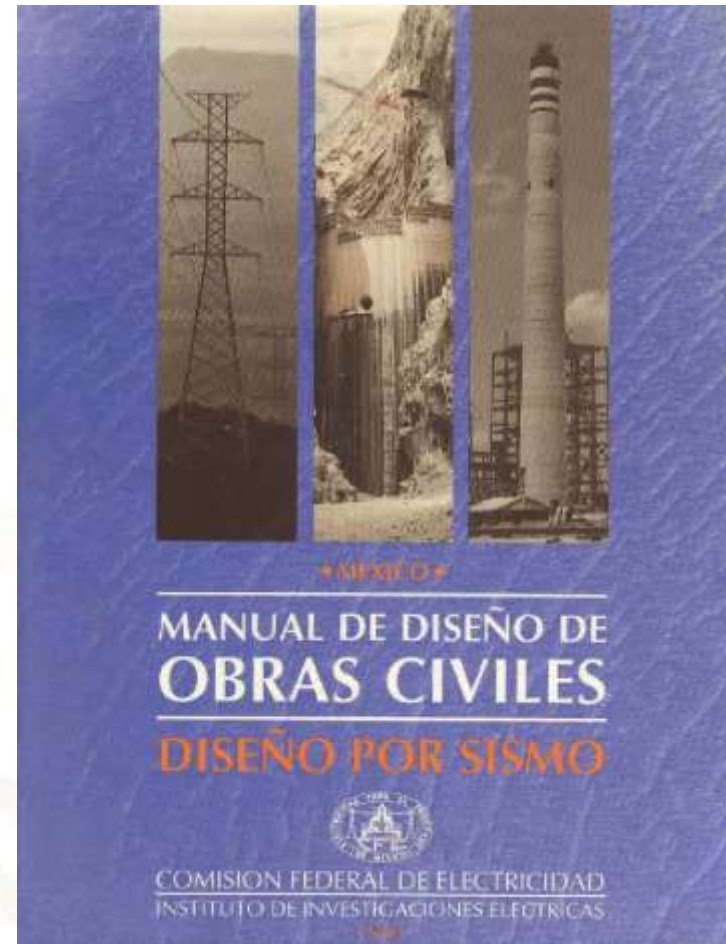
Mapa de intensidad y aceleración máxima del suelo (PGA), estimadas para el sismo del 19 de septiembre de 2017, con magnitud 7.1 (elaborado por II UNAM con información del SSN)



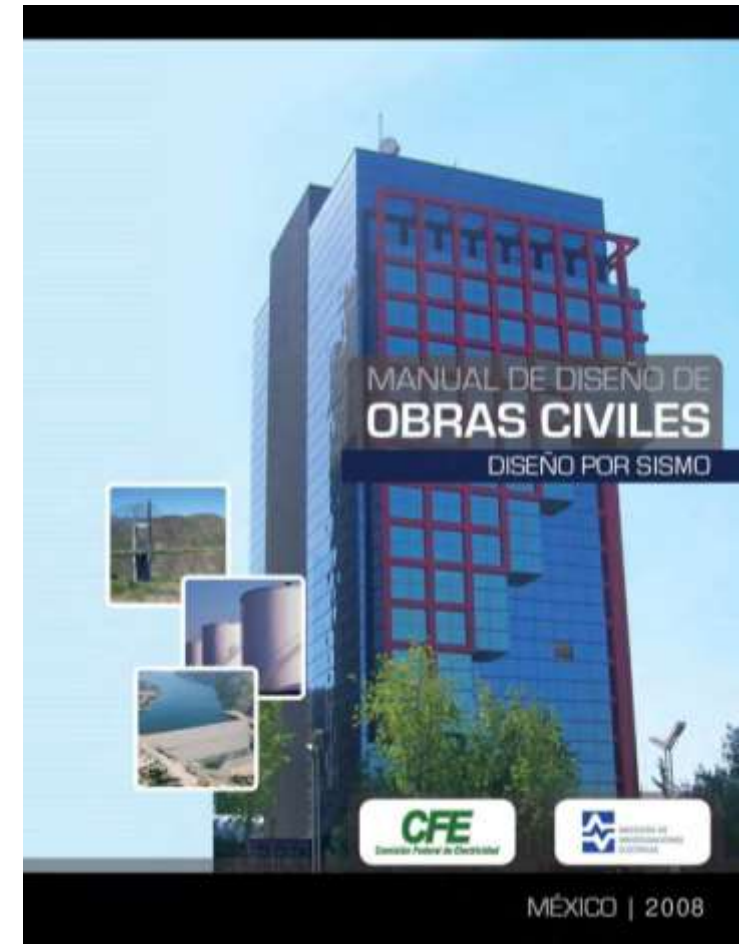
## Manual de Diseño MDOC CFE



1969



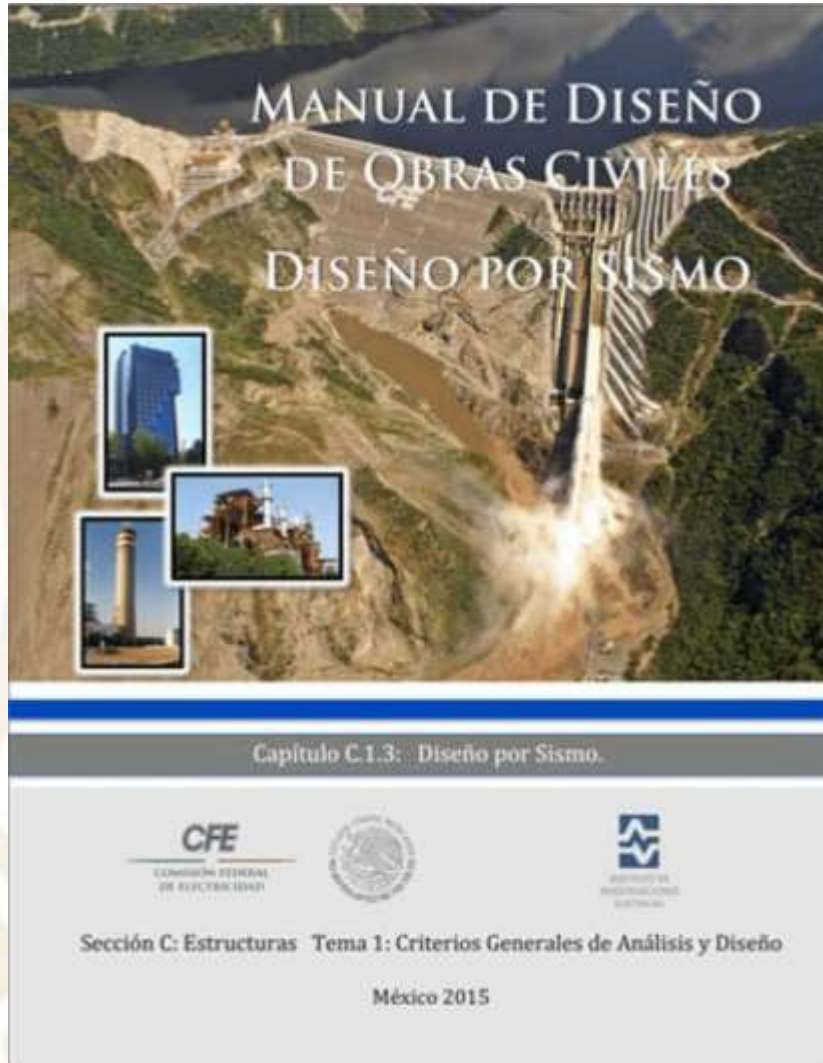
1993



2008



# Manual de Diseño MDOC CFE





## Reglamento de construcción RDOC-DF

Sismo del Ángel, 28 de julio  
de 1957 M7.8



Se menciona el diseño  
sísmico por primera vez



DF 1966

[Descargar PDF](#)

DF 1957 Normas de Emergencia

[Descargar PDF](#)

DF 1942

[Descargar PDF](#)

DF 1921

[Descargar PDF](#)



Sismo del 85, 19 de  
septiembre de 1985 M8.1



DF 1993

[Descargar PDF](#)

Reglamento de construcciones DF 1987

[Descargar PDF](#)

Normas técnicas complementarias del reglamento de construcciones para el DF 1987

[Descargar PDF](#)

DF 1985 Normas de Emergencia

[Descargar PDF](#)

DF 1976

[Descargar PDF](#)



Sismo del 19 de septiembre  
de 2017 M7.1



**Normas para la Rehabilitación Sísmica de Edificios de concreto dañados por el sismo del 19 de septiembre de 2017**

[Descargar PDF](#)

**Ley de Reconstrucción 2017**

[Descargar PDF](#)

**Compendio Regramentos de Construcción CDMX 2016**

[Descargar PDF](#)

**DF 2016 (96 bis)**

[Descargar PDF](#)

**DF 2004 NTC 2**

[Descargar PDF](#)





En la actualidad todos los estados cuentan con reglamentos a nivel estatal o municipal de construcción y todos hacen recomendaciones para los criterios mínimos para el diseño sismorresistente de las construcciones.

# Investigación instrumental y analítica del efecto de movimiento del terreno durante un sismo

---

Sismos en México y Ejercicios de Emergencia, 21 de agosto de 2020

# Equipos actuales

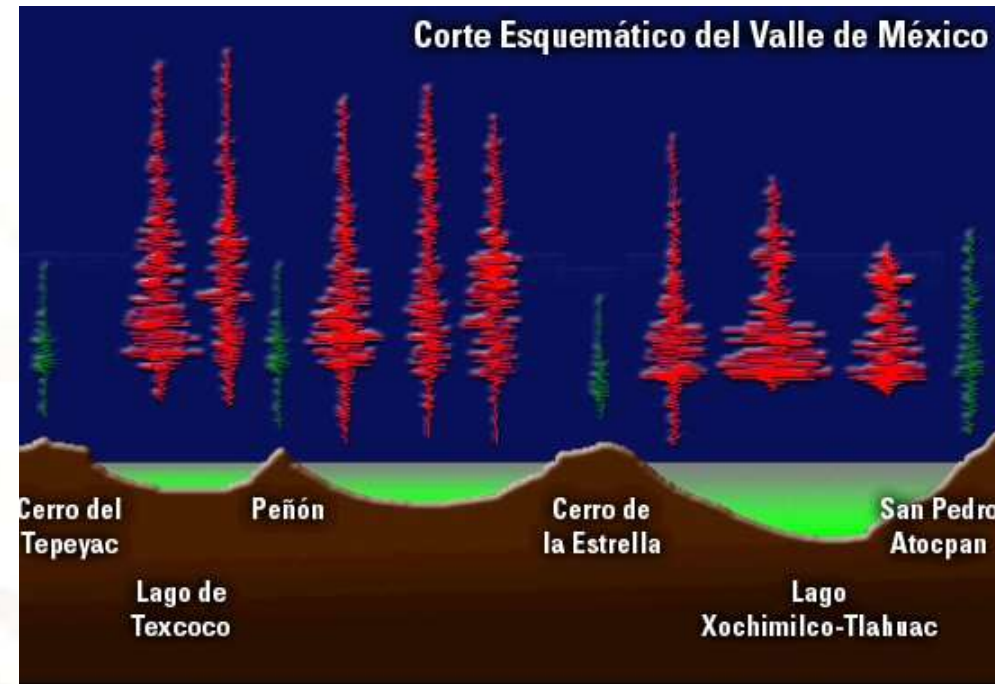
**Acelerógrafos.** Ayudan a medir las aceleraciones del suelo, útiles para movimientos fuertes



**Sismógrafos.** Ayudan a medir los movimientos del suelo, pueden trabajar en una amplia gama de frecuencias



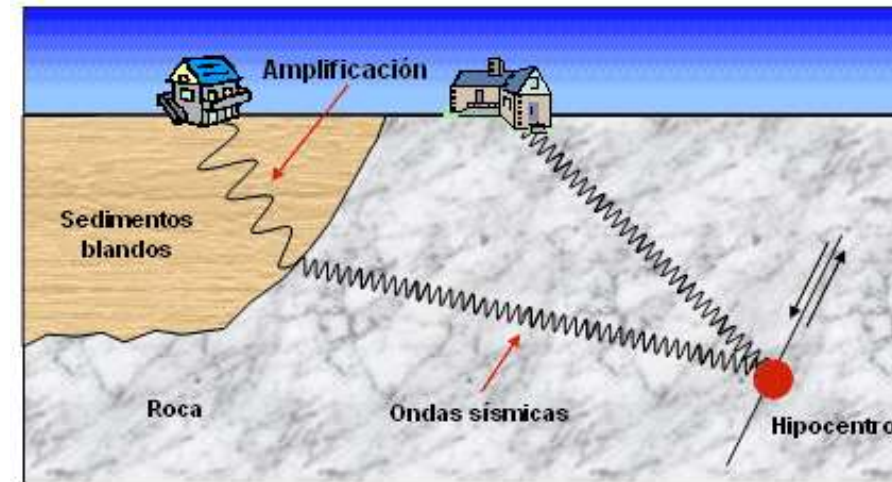
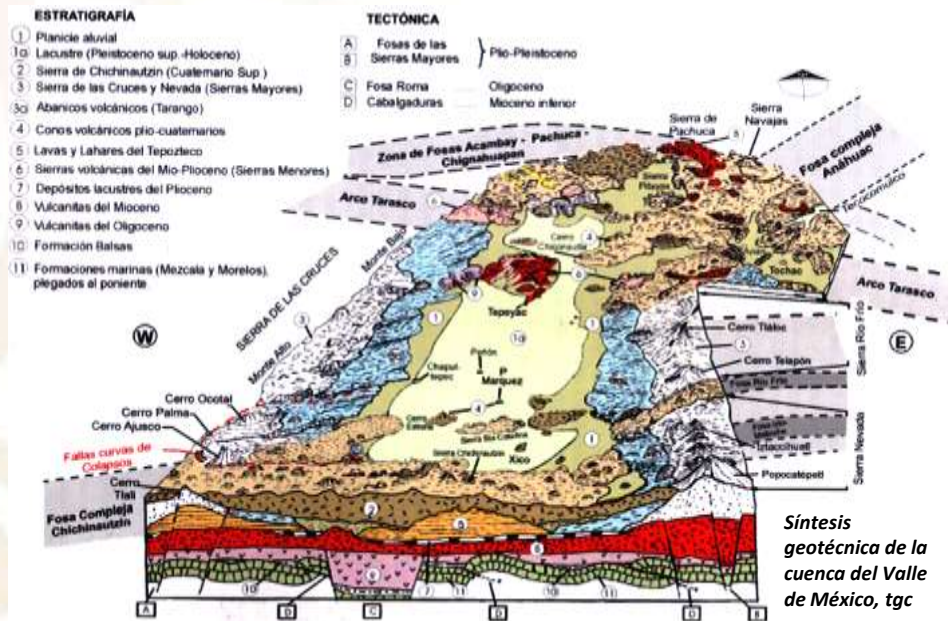
A partir de los sismos de 1985 en México, Armenia en 1988 y Loma Prieta en 1989 se hizo claro que los daños causados por sismos intensos están asociados a la amplificación del movimiento sísmico en capas blandas superficiales.



## Efectos de Sitio

Los efectos de sitio son las alteraciones que sufren las ondas sísmicas debido a cambios en la geología local, es decir, en la geometría y composición de la superficie, incluyendo la presencia de depósitos superficiales compuestos por arcillas o arenas.

A partir de los sismos de 1985 en México, Armenia en 1988 y Loma Prieta en 1989 se hizo claro que los daños causados por sismos intensos están asociados a la amplificación del movimiento sísmico en capas blandas superficiales.



## Movimiento sísmico en un valle aluvial (Ciudad de México)

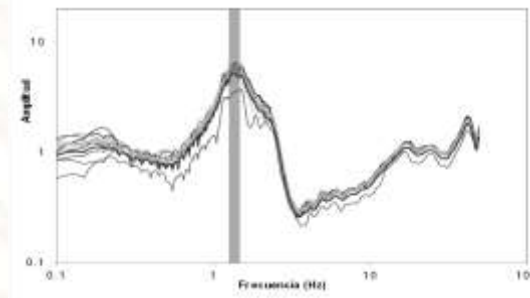
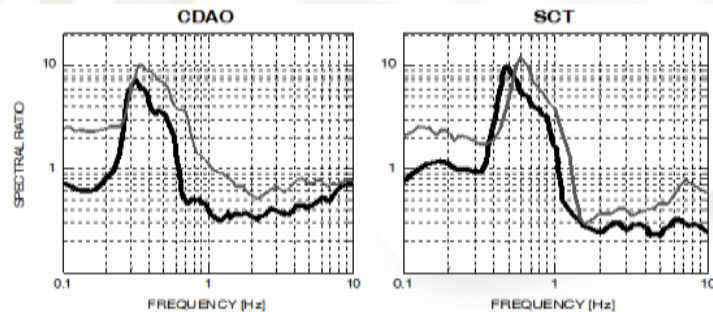
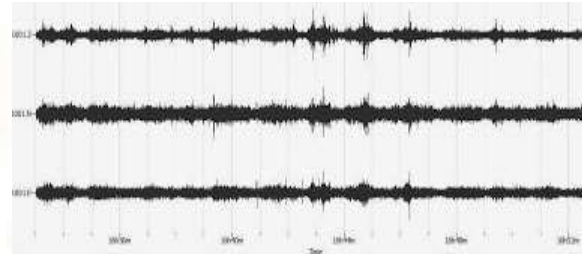
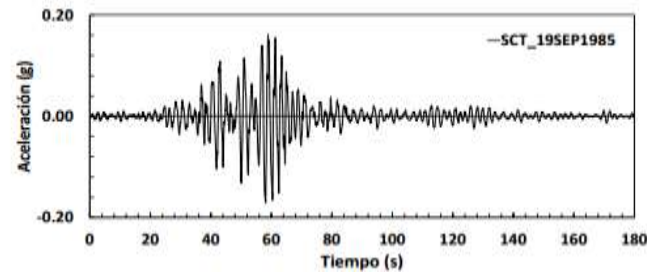




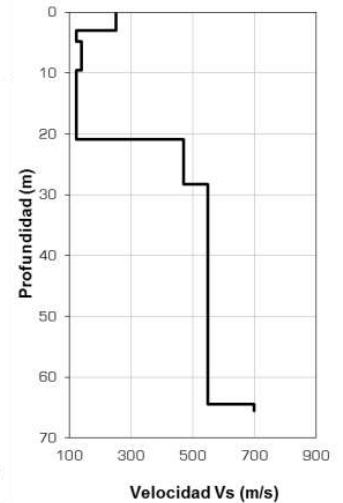
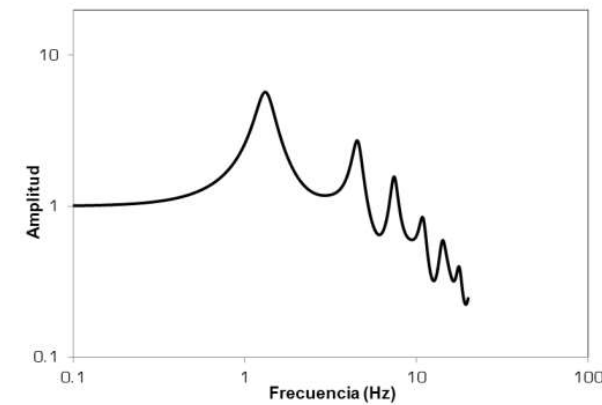
# Estudios de microzonificación sísmica

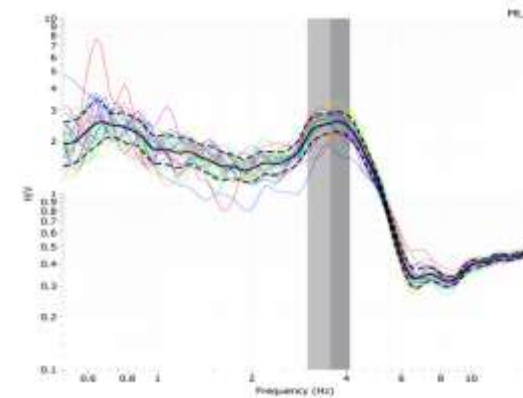
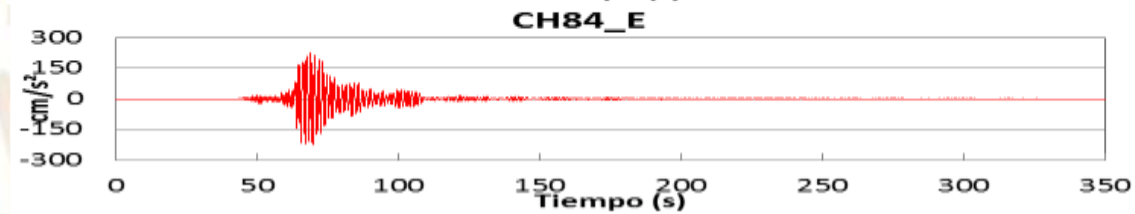
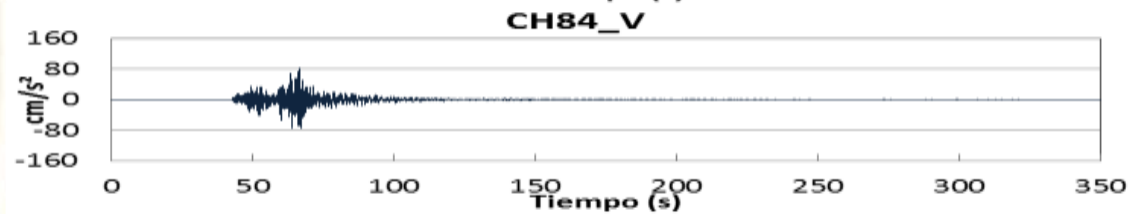
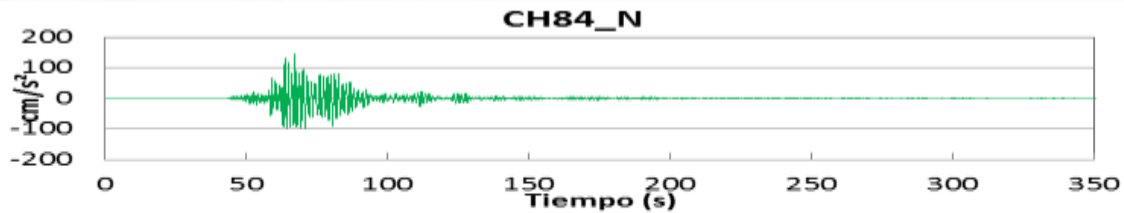
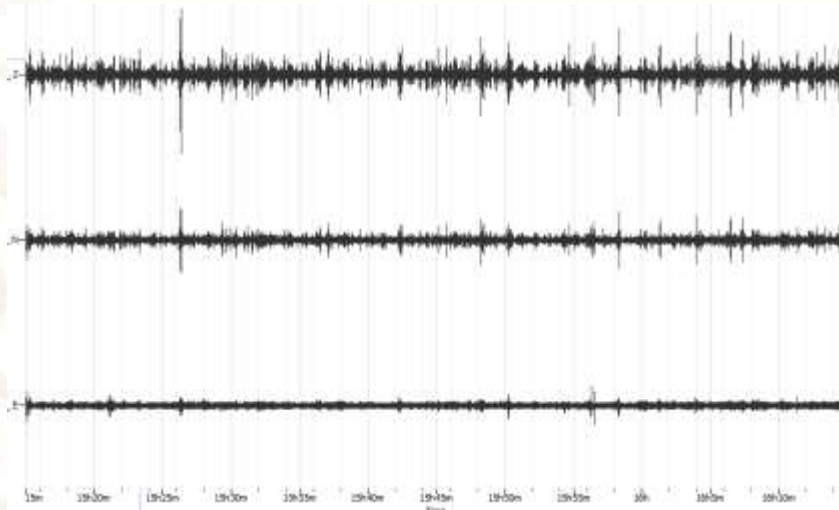
Los efectos de sitio, son las alteraciones que sufren las ondas sísmicas debido a cambios en la geología local, es decir, en la geometría y composición de la superficie, incluyendo la presencia de depósitos superficiales principalmente blandos compuestos por arcillas o arenas.

## Métodos experimentales



## Modelos y métodos numéricos



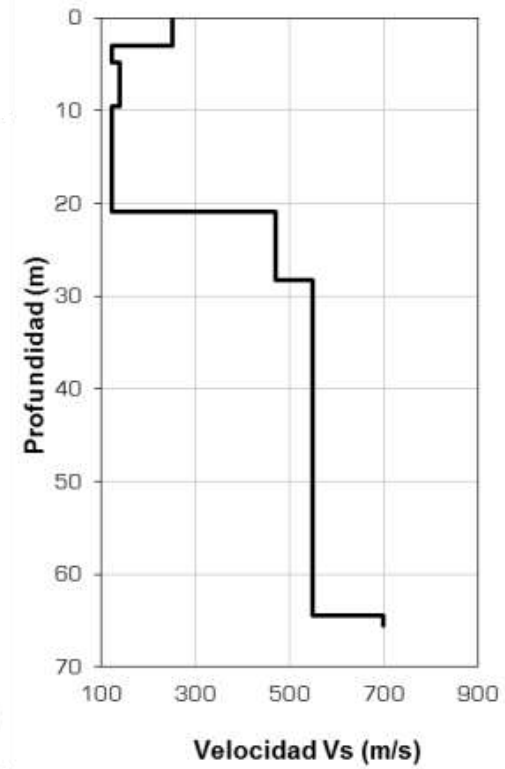
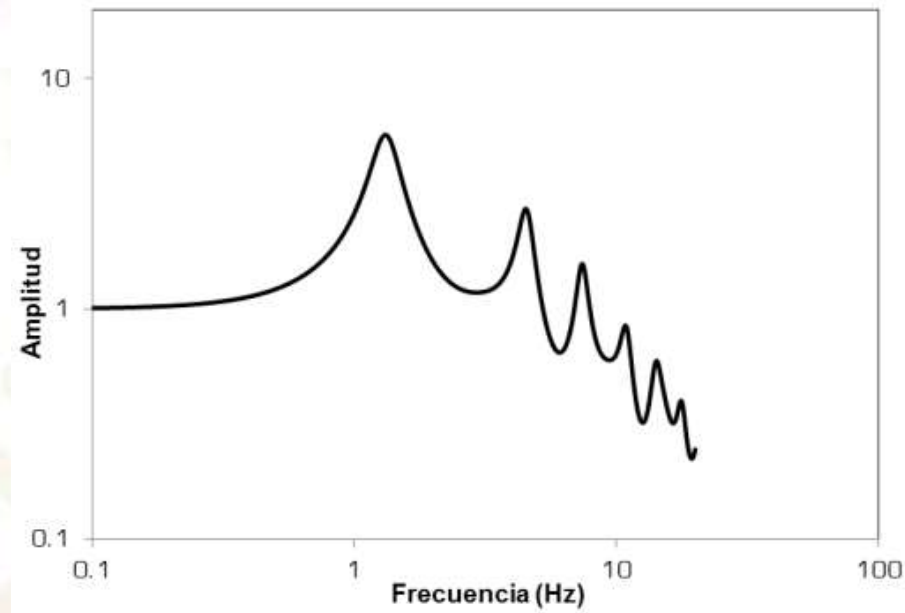






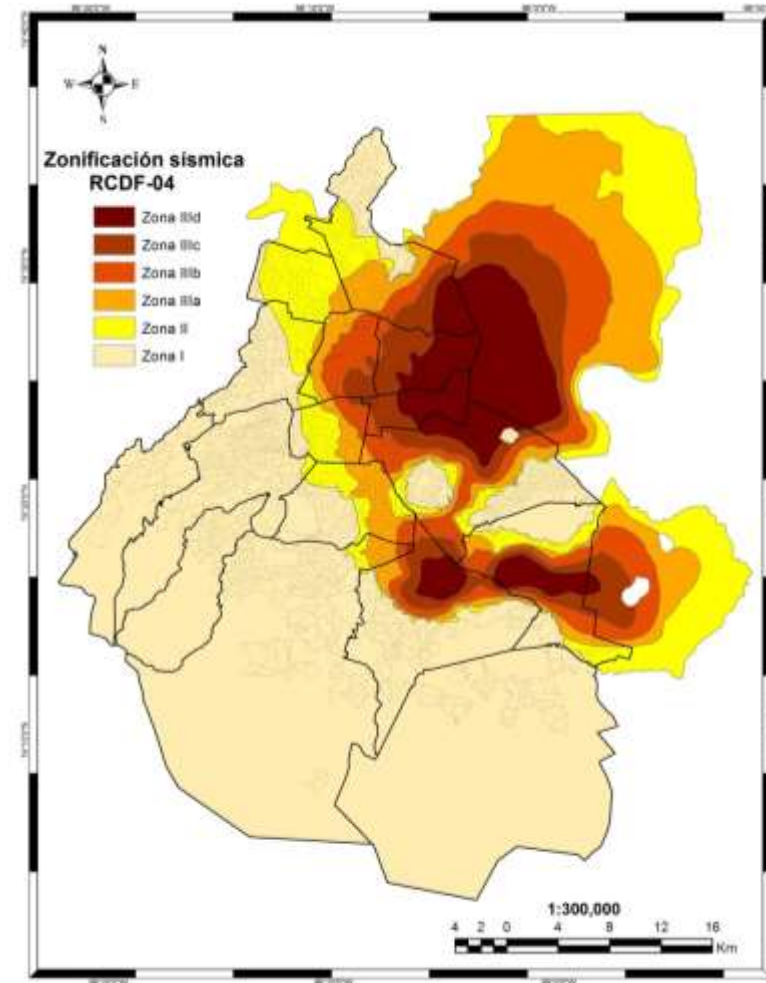
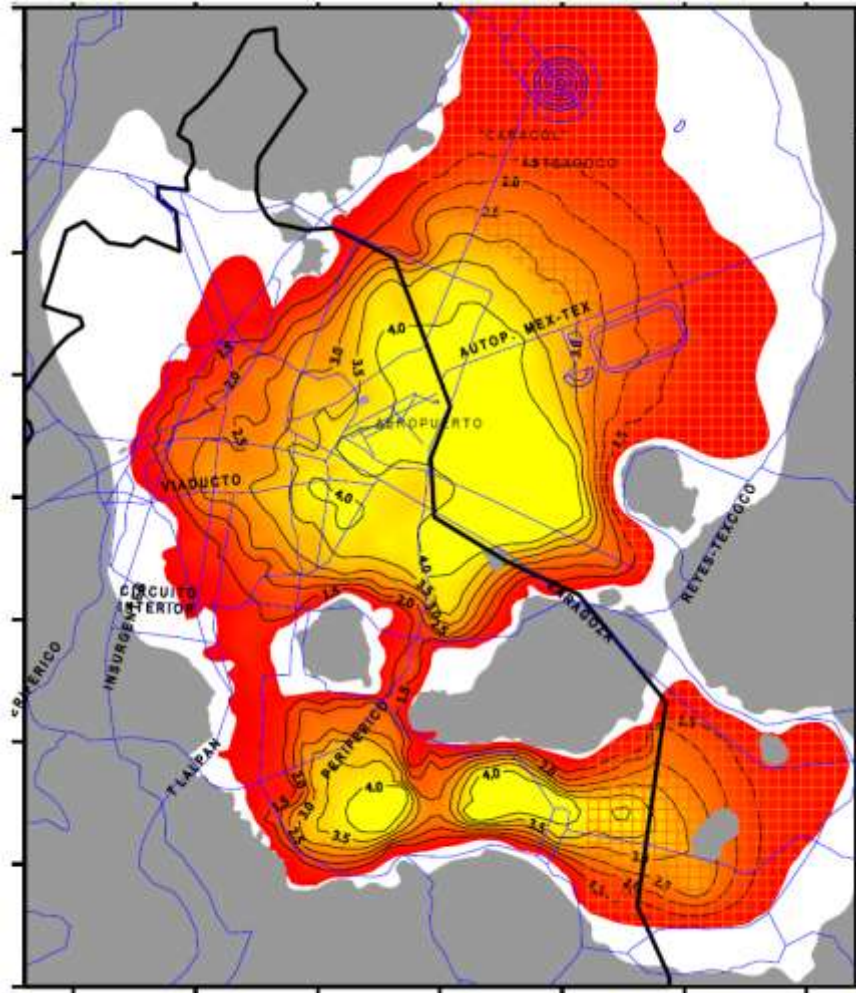
## Modelos y métodos numéricos

### Función de transferencia





## Resultados de la microzonificación sísmica



# Implicaciones en el diseño en las edificaciones resistentes a sismos fuertes

---

Sismos en México y Ejercicios de Emergencia, 21 de agosto de 2020

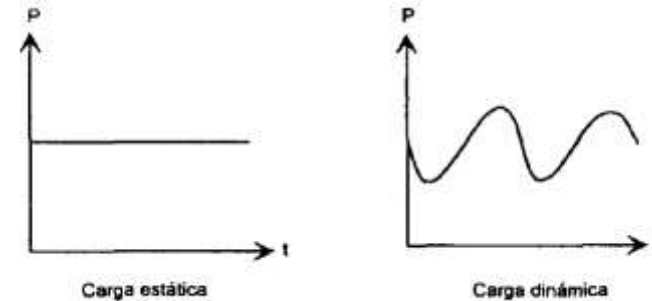
## Respuesta de edificios al movimiento sísmico



La respuesta sísmica de un edificio depende tanto de las propiedades mecánicas y dinámicas del edificio como de las características del movimiento de terreno al que se ve sometido. El objetivo de esta parte del seminario es el presentar algunos conceptos básicos de dinámica estructural que permitan el entender los principales factores que afectan la respuesta sísmica de los edificios.

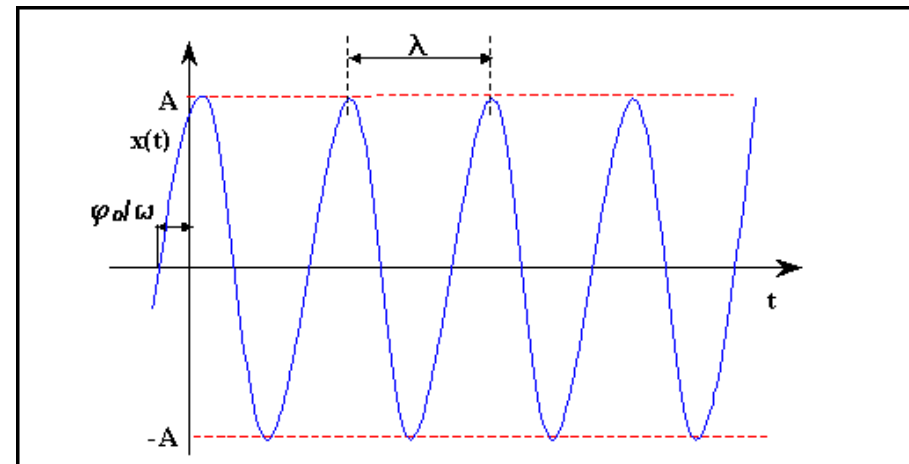
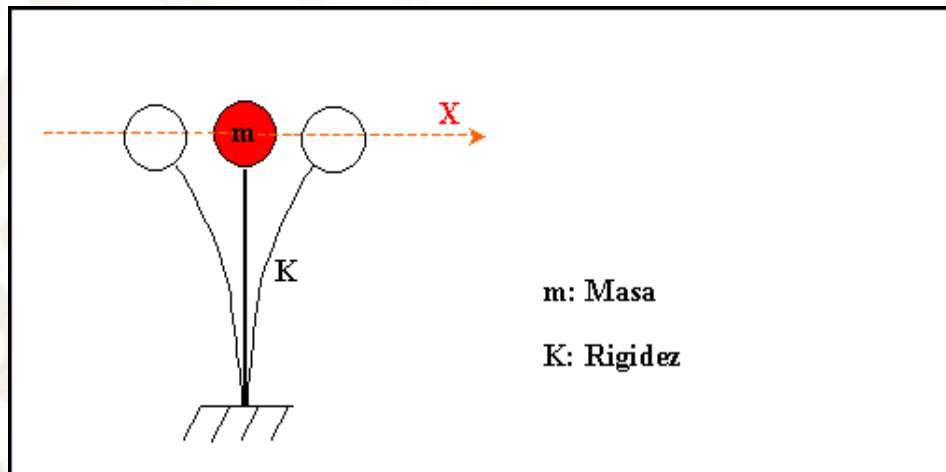
Una carga *estática* es aquella cuyo valor no cambia con el tiempo. Un ejemplo de carga estática lo representan las cargas muertas ya que estas permanecen constantes (su valor no cambia) con el paso del tiempo.

Una carga o excitación dinámica es aquella cuya intensidad es función del tiempo, o sea que su intensidad varía con el tiempo. Un sismo es una excitación dinámica ya que las aceleraciones del terreno cambian de valor en cada fracción de segundo.



## Sistema de un grado de libertad

Para poder estimar la respuesta sísmica de una estructura el ingeniero civil especialista en estructuras se vale de un modelo matemático cuyas propiedades mecánicas y dinámicas se procura sean las mismas que posee la estructura. Uno de los modelos más simples y más empleados para estimar la respuesta sísmica de edificios es el Sistema de un grado de libertad. Este modelo se caracteriza por ser un sistema dinámico en el que la masa está concentrada en un solo punto (sólo existe una masa).



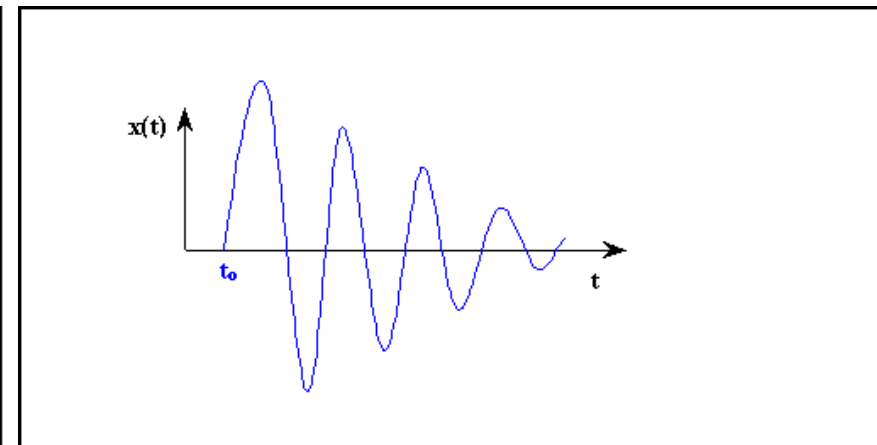
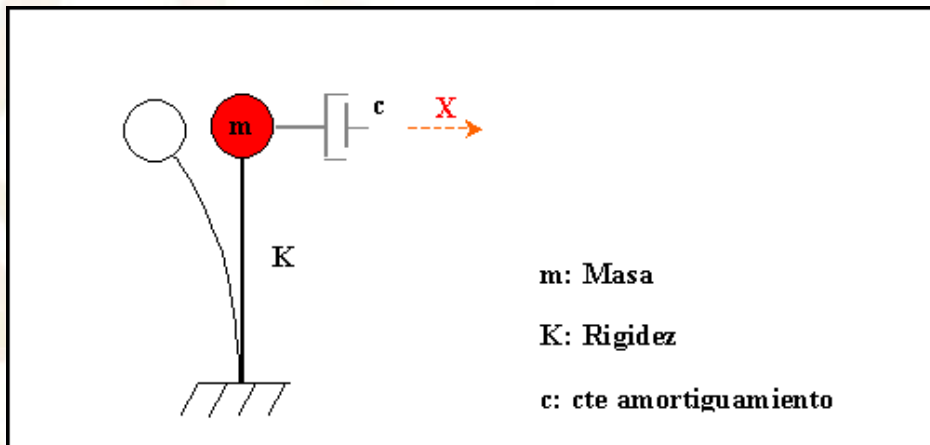
## Características estructurales que afectan la respuesta sísmica



Las principales características estructurales que afectan la respuesta de un edificio sometido a cargas sísmicas moderadas (aquellas en las que el comportamiento es elástico y no se presenta daño alguno en la estructura) son:

- El periodo fundamental de vibración
- El amortiguamiento

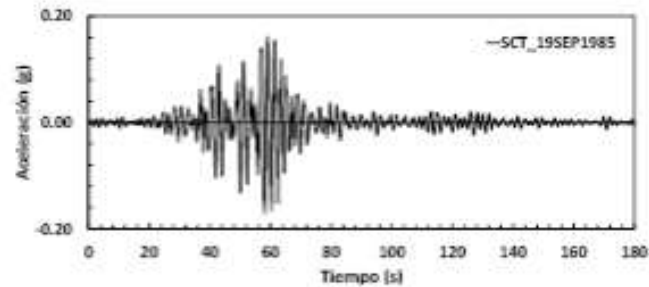
El periodo fundamental de vibración de una estructura  $T$  es el tiempo que la estructura toma para completar un ciclo completo de vibración.



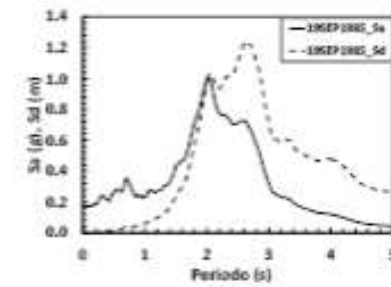
# Respuesta a movimientos sísmicos y espectro de respuesta sísmica



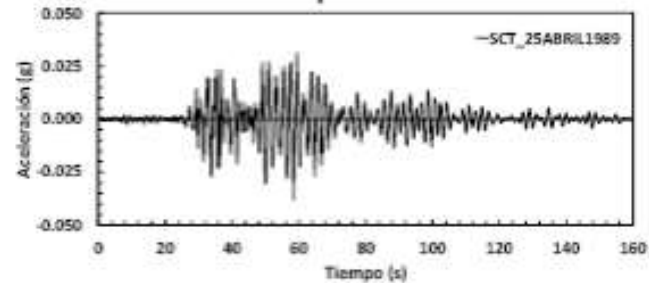
Con fines de ingeniería sismo-resistente, los movimientos de terreno durante un temblor se miden por medio de un acelerógrafo, el cual mide la historia de aceleraciones del terreno.



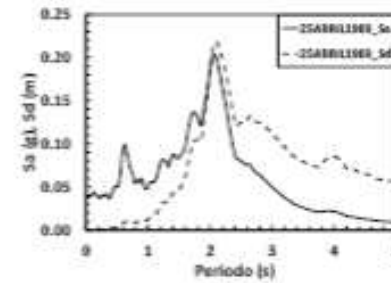
a). Registro acelerográfico en la estación SCT del sismo del 19 de septiembre de 1985



b). Espectros de respuesta elásticos



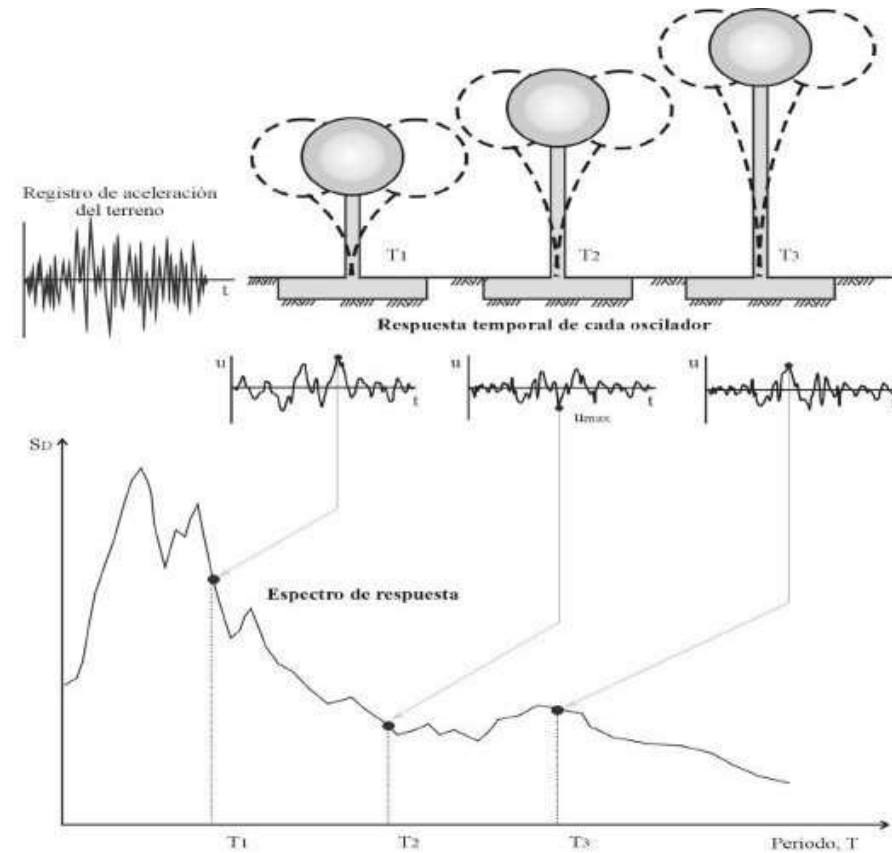
c). Registro acelerográfico en la estación SCT del sismo del 25 de abril de 1989



d). Espectros de respuesta elásticos



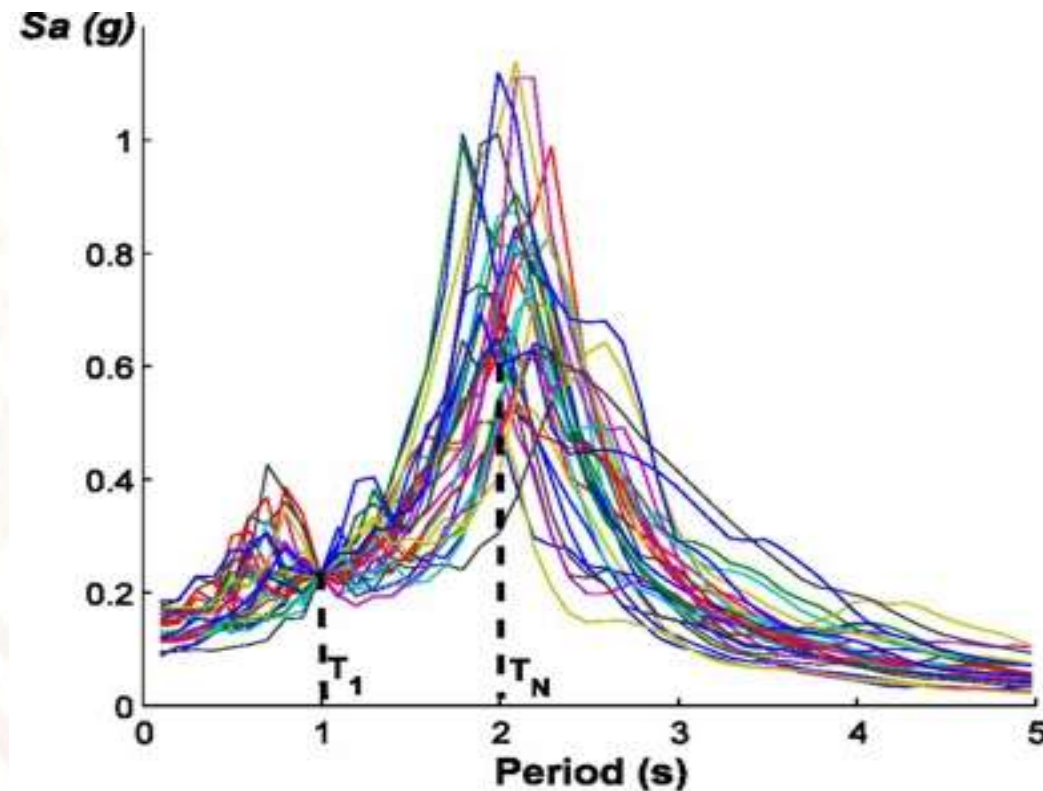
Un espectro de respuesta es la representación gráfica de la respuesta máxima en función del periodo natural de vibración del sistema. Esto es, el espectro de respuesta nos da información de la respuesta máxima para toda una familia de sistemas de un grado de libertad.





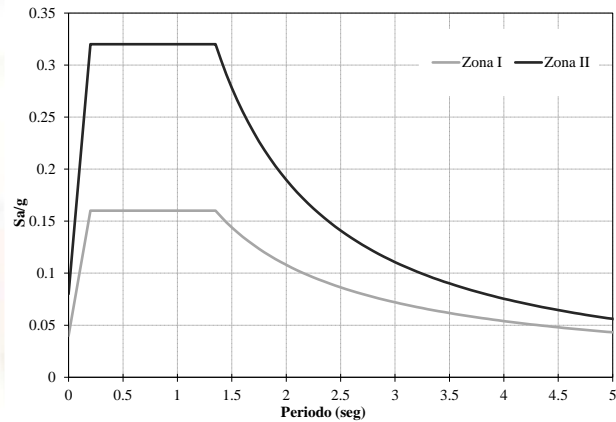


Es importante aclarar que la aceleración espectral representa la aceleración en la estructura, la cual puede ser mayor o menor a la máxima aceleración del terreno. En un espectro de respuesta de aceleraciones, la máxima aceleración del terreno está representada como la ordenada del espectro para un periodo igual a 0 s.

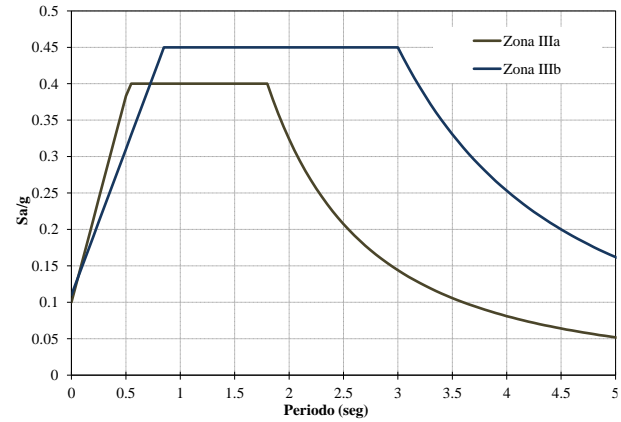




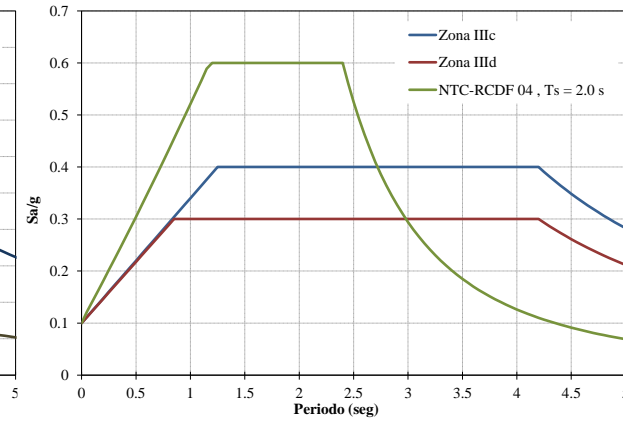
## Espectros de respuesta y de diseño



**Zona Firme y Transición**



**Zona Lago**

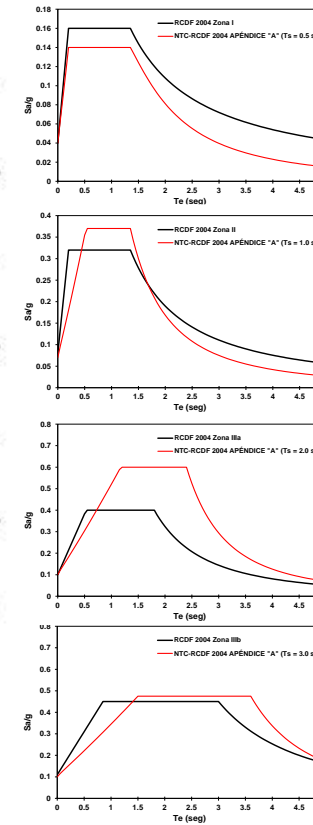
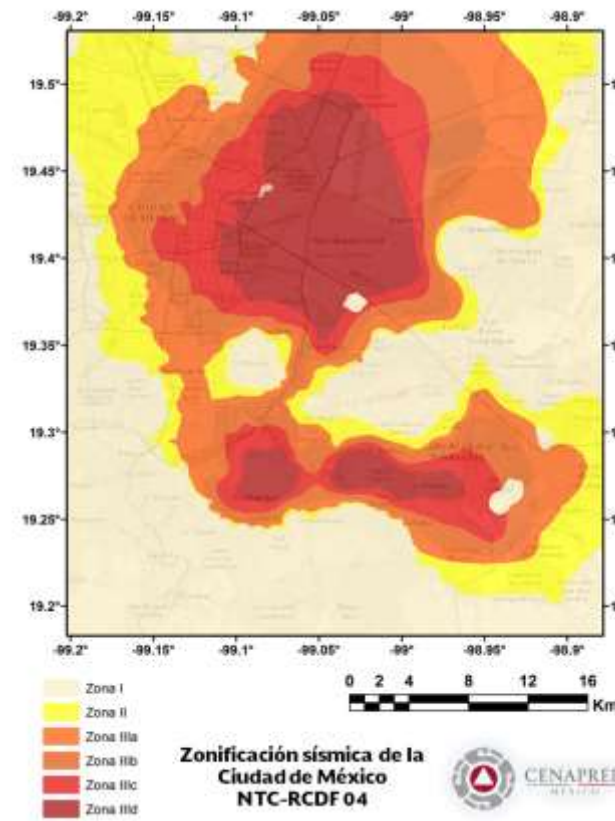
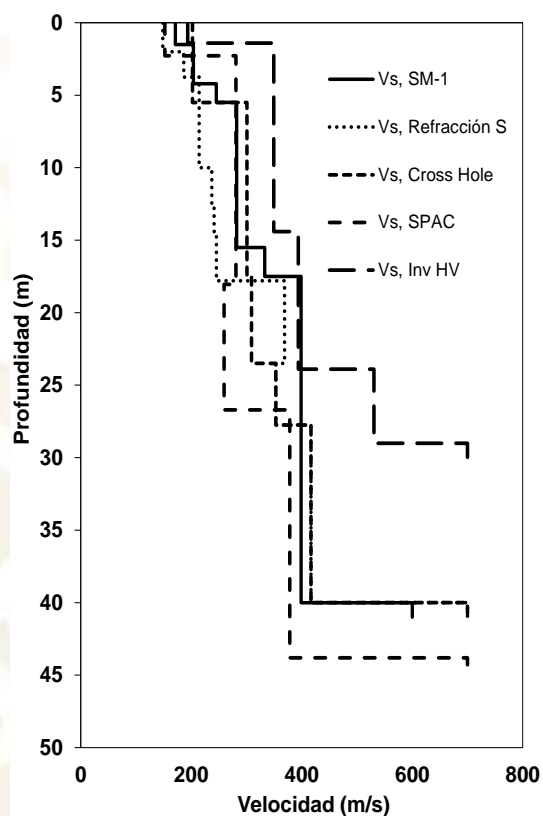


Los reglamentos de construcciones deben incluir, por tanto, disposiciones relativas a las características del proyecto arquitectónico que inciden en la seguridad, otras que conciernen a la organización del proceso de diseño y ejecución de las obras, otras que definen quienes deben ser responsables de los aspectos de seguridad estructural que aparecen en las distintas etapas, así como disposiciones relativas a la verificación de calidad de materiales y a la ejecución y a la documentación del proceso.

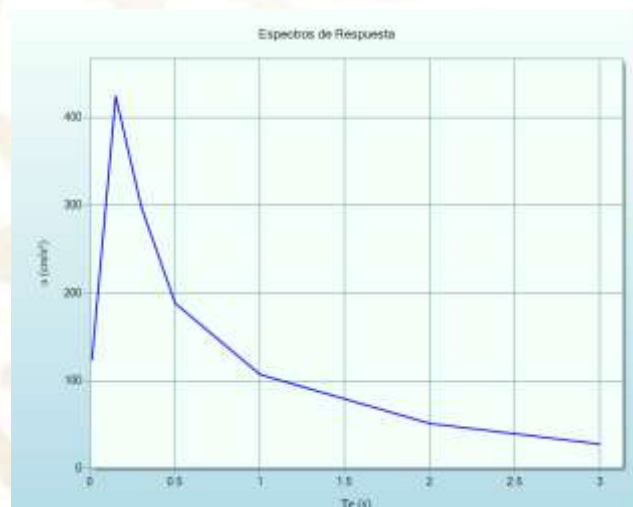
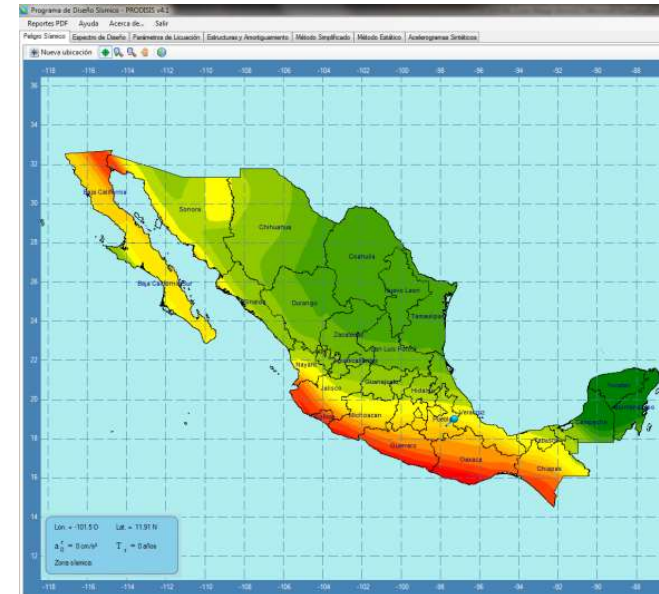
# Aplicación de los estudios geofísicos en la obtención de Espectros de Diseño Sísmico



El concepto de espectros, en sus distintas modalidades, es una herramienta de gran utilidad en la ingeniería sísmica, ya sea para comprender y evaluar el efecto de los terremotos sobre las construcciones así como también para estimar la demanda sísmica en el diseño de estructuras. Es por ello que resulta sumamente importante comprender la teoría que lo fundamenta, la metodología para su obtención a través de distintos métodos y técnicas de exploración del subsuelo, el campo de validez y la forma práctica de empleo durante el diseño de estructuras.



# Manual de Diseño MDOC CFE 2015



— E. R. de Referencia (ER)    — E. R. a Periodo de Retorno (EPR)

**RESPUESTA EN ROCA**

Longitud = -97.683 O    Latitud = 18.7121 N

**Parámetros de Referencia**

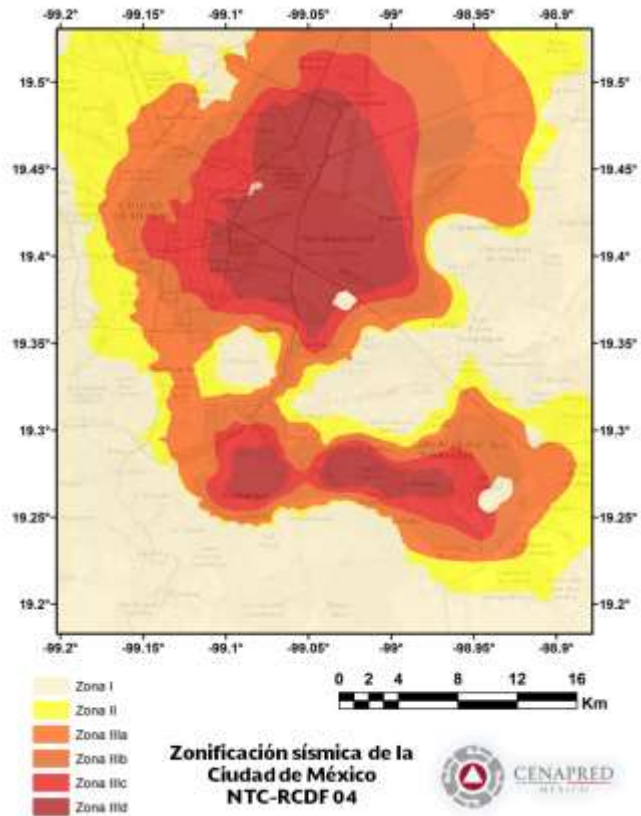
$a_0^r = 123.99 \text{ cm/s}^2$      $v_{\text{máx}}^r = 12 \text{ cm/s}$      $d_{\text{máx}}^r = 20 \text{ cm}$   
 $c^r = 423.87 \text{ cm/s}^2$      $T_r = 386.34 \text{ años}$     Zona sísmica: C

**Espectro de respuesta para Periodo de Retorno**

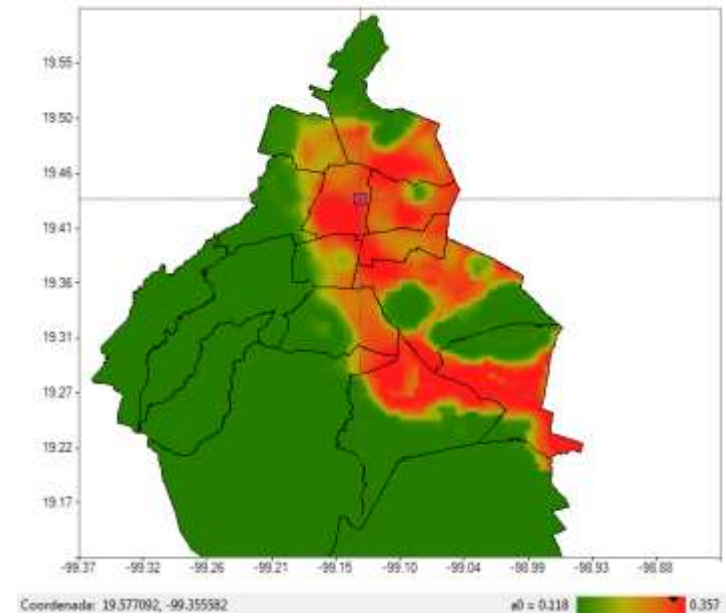
$a_{\text{EPR}}^r = --$      $v_{\text{EPR}}^r = --$      $d_{\text{EPR}}^r = --$   
 $c_{\text{EPR}}^r = --$      $T_r = \text{[input]} \text{ años}$

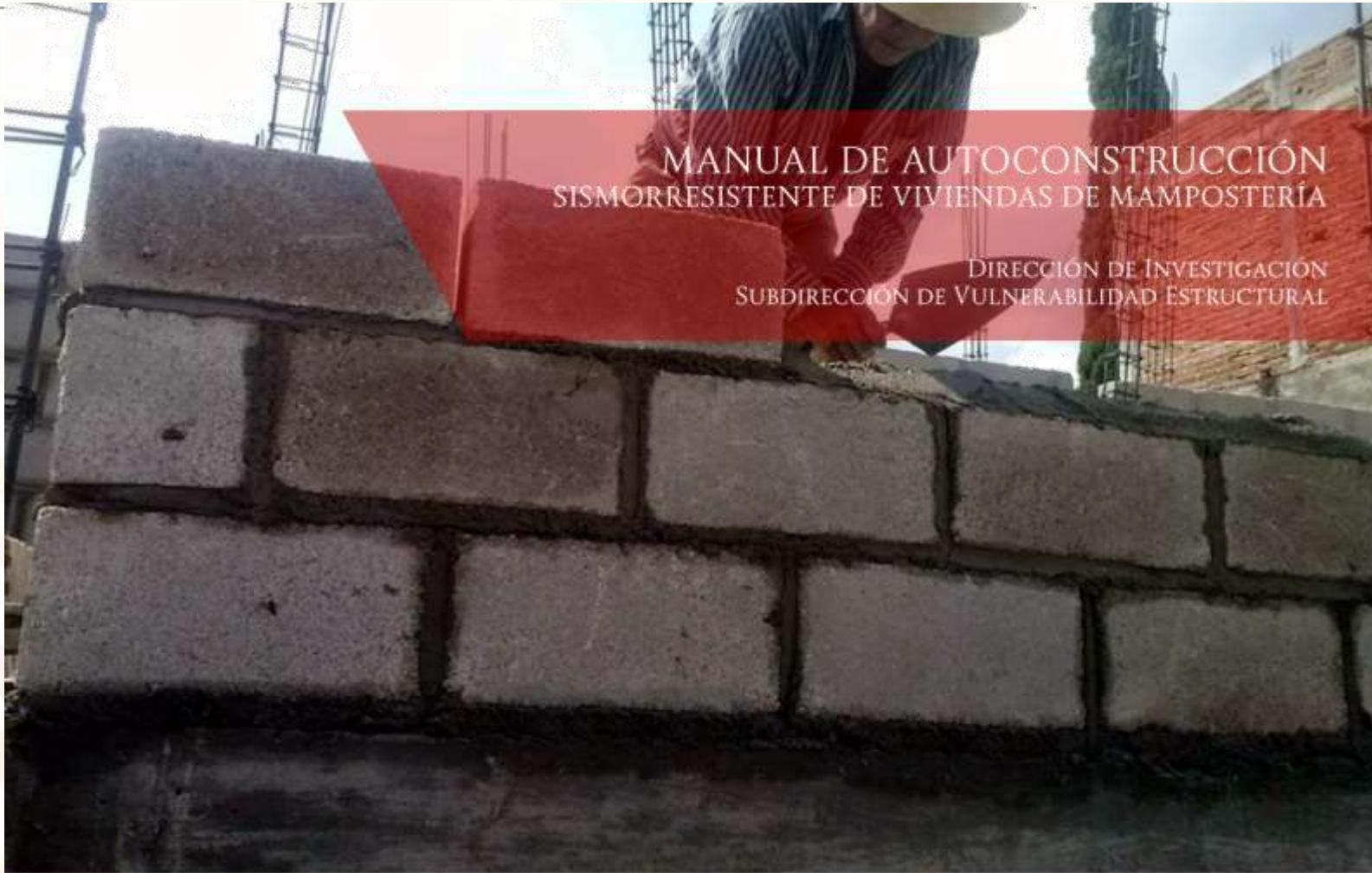


**NTC-RCDF, (2004)**



**RCDF, (2017)**



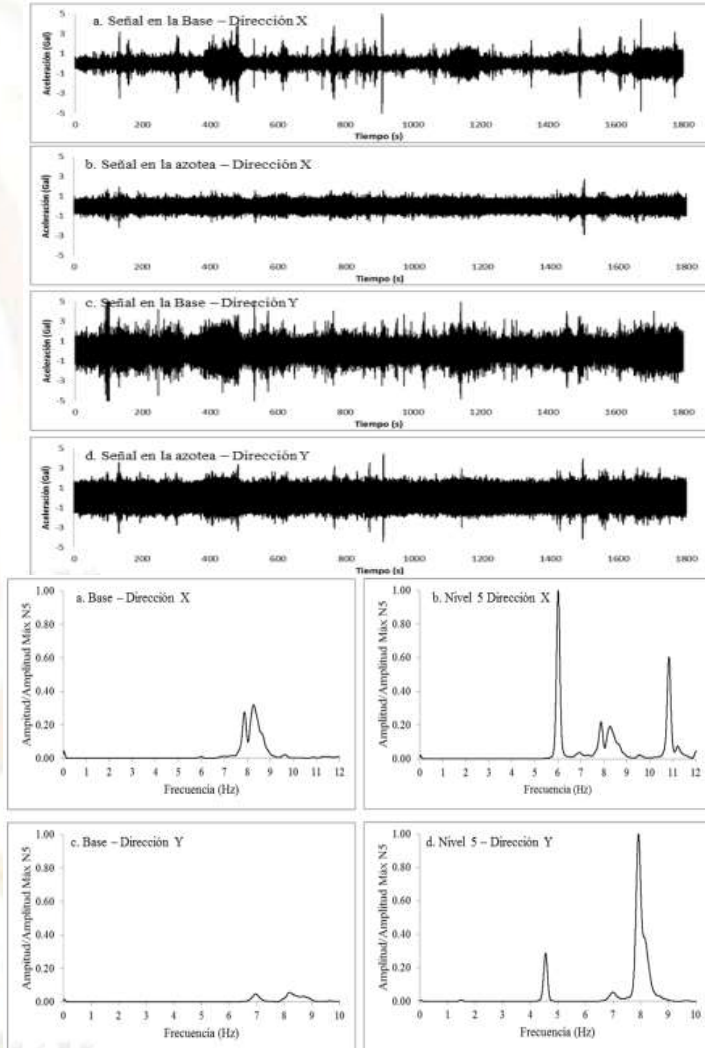


**MANUAL DE AUTOCONSTRUCCIÓN  
SISMORRESISTENTE DE VIVIENDAS DE MAMPOSTERÍA**

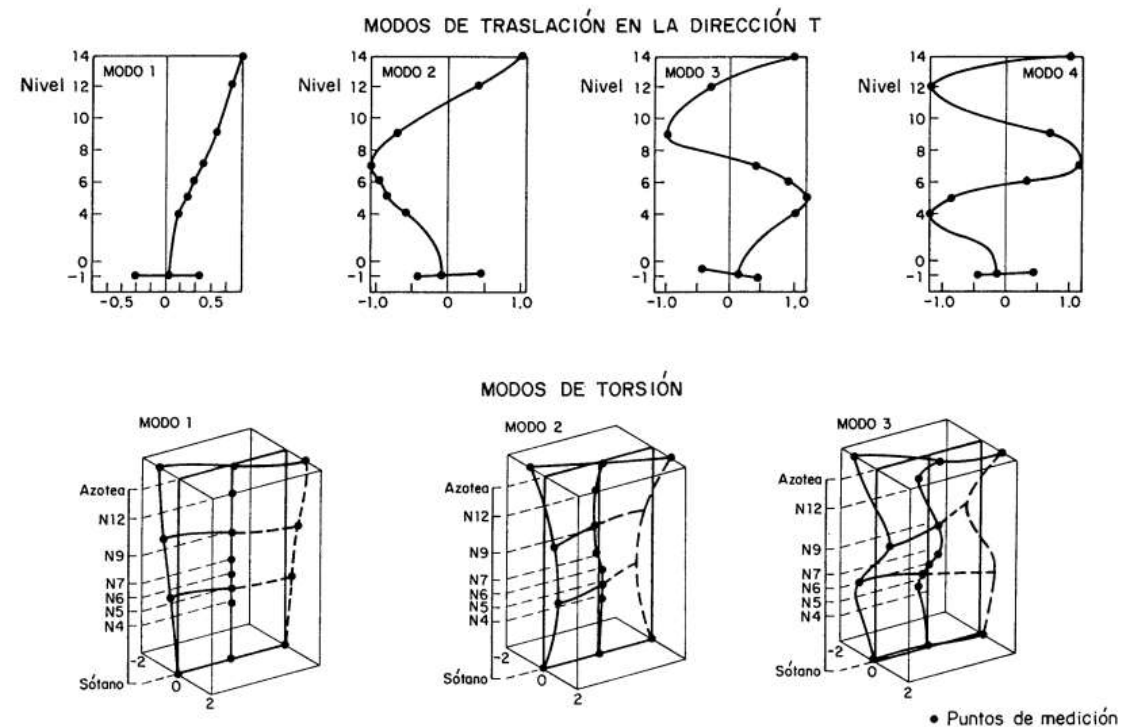
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN  
SUBDIRECCIÓN DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL



# Identificación de propiedades dinámicas de un modelo estructural



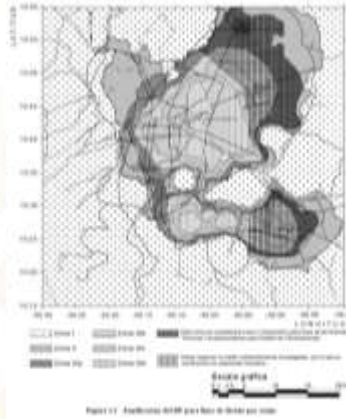
Formas de estimar periodo estructural: A través de vibración ambiental y registros de sismos reales, tienen como objetivo verificar el estado de salud estructural de las construcciones, a través procedimiento analítico.





## Procedimiento para el cálculo de riesgo

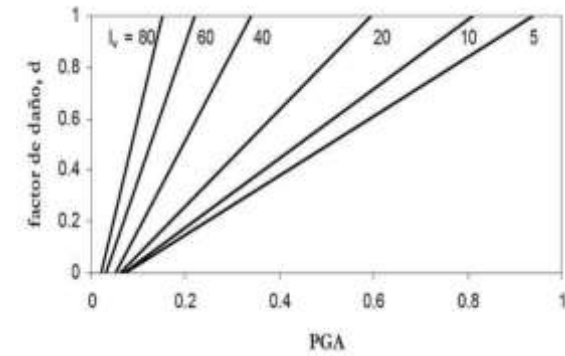
Amenaza



Exposición



Vulnerabilidad



Estimación del Riesgo Sísmico para los diferentes periodos de retorno



### Aplicaciones

- Preparación ante emergencias
- Reducción de Vulnerabilidad
- Planeación Territorial
- Protección Financiera





## En caso de SISMO...

### PREPÁRATE antes

- Prepara tu plan familiar de protección civil
- Organiza y participa en simulacros de evacuación
- Identifica las zonas de seguridad
- Revisa las instalaciones de gas y luz
- Almacena alimentos no perecederos y agua

### ACTÚA durante

- Aléjate de ventanas y objetos que puedan caer
- Conserva la calma y ubícate en la zona de seguridad
- Corta el suministro de gas y electricidad
- Aléjate de postes, cables y marquesinas
- Estacionate alejado de edificios altos

### REVISA después

- Revisa las condiciones de tu casa
- No enciendas cerillos o velas hasta asegurarte que no hay fugas de gas
- Utiliza el teléfono sólo para emergencias
- Mantente informado, no propagues rumores y atiende las recomendaciones de las autoridades
- Recuerda que se pueden presentar réplicas, por lo que es importante mantenerse alerta

### En los últimos 200 años en México han ocurrido...



**75** sismos relevantes por los daños o pérdidas que generaron, de éstos,

**60** tuvieron magnitud mayor o igual a 7.

La aplicación rigurosa de los reglamentos de construcción reduce la posibilidad de daños y pérdidas humanas y materiales.

**Infórmate**  
[www.proteccioncivil.gob.mx](http://www.proteccioncivil.gob.mx)  
[www.cenapred.gob.mx](http://www.cenapred.gob.mx)  
[www.sismos.gob.mx](http://www.sismos.gob.mx)

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres





## MITIGACIÓN

En la medida que se tengan **reglamentos de construcción adecuados** para el tipo de suelo y edificación y **debidamente aplicados** durante la ejecución de una obra, o el reacondicionamiento de ésta, **la probabilidad de que se tengan daños y víctimas, disminuirá notablemente.**

## RESILENCIA

Se define “resiliencia” como “la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas”

# GOBIERNO DE MÉXICO

