

INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM®



SEGURIDAD SISMICA DE PRESAS

CERSHI, UNESCO

WEBINAR: “Impactos de los sismos en la
seguridad de presas”

Dr Alberto Jaime P

Investigador, Instituto de Ingeniería, UNAM

CDMX, julio, 2020

CONTENIDO



1. ANTECEDENTES
2. FALLAS DE PRESAS POR SISMO
3. SEGURIDAD SÍSMICA DE PRESAS
4. RESUMEN Y COMENTARIOS

1. ANTECEDENTES



Se distinguen tres tipos de seguridad en las presas:

1) Seguridad Física

- Medidas ante ataques premeditados que buscan destruirlas o vandalismo

2) Seguridad Industrial

- Medidas y acciones para que el personal realice la operación y mantenimiento en condiciones confiables e higiénicas

3) Seguridad de Presas.

- Determinación periódica de su estado
- Determinación de su estado después de eventos perturbadores

1. ANTECEDENTES



1. ANTECEDENTES



En caso de sismos la CONAGUA hace visitas de inspección técnica de emergencia a las presas si ocurre un:

Sismo con una magnitud mínima de 4.0 en la escala de Richter con epicentro dentro de un radio de 25 km al sitio de la cortina; de 5.0 o mayor en un radio de 50 km; de 6.0 o mayor en un radio de 80 km; de 7.0 o mayor en un radio de 125 km o mayor de 8.0 en un radio de 200 km.

1. ANTECEDENTES



En esta presentación se hace una revisión de los efectos de los sismos en presas

Se ilustran algunas fallas ocasionadas por temblores en diferentes tipos de presas a nivel mundial

El enfoque es el de seguridad de presas y dirigido a quienes se inician en el tema

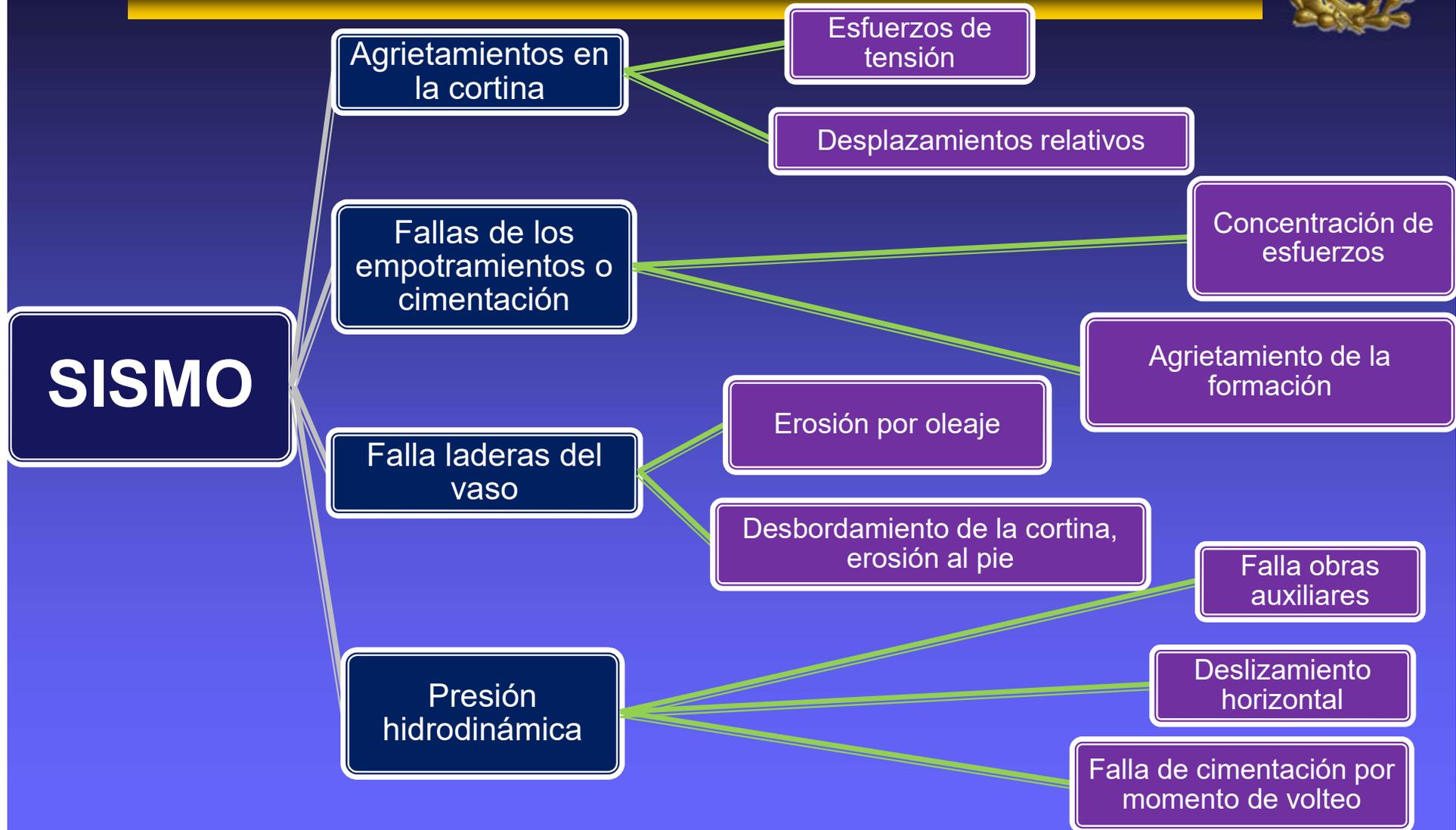
1. ANTECEDENTES



TIPOS DE PRESAS:

1. **RÍGIDAS**: Mampostería (gravedad, con contrafuertes); concreto (gravedad, con contrafuertes, arco, arco gravedad)
2. **FLEXIBLES**: Tierra homogénea; materiales graduados; enrocamiento con corazón impermeable o con pantalla de concreto
3. **MIXTAS**: Combinación de las anteriores

1. ANTECEDENTES Presas Rígidas



1. ANTECEDENTES Presas Flexibles



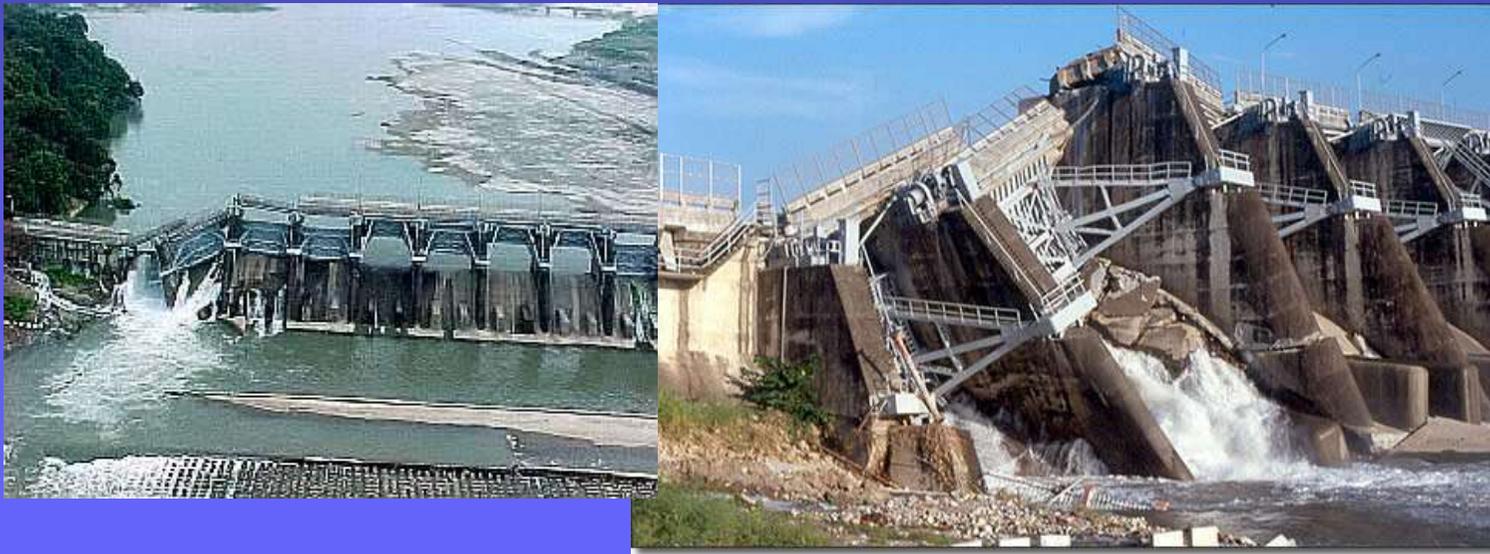
2. FALLAS DE PRESAS POR SISMO



2.1 PRESAS RÍGIDAS

No se conoce de fallas de presas de concreto gravedad o de arco importantes. Algunas han sufrido daños bajo sismos cercanos y de magnitud mayor de 7.

Presas con contrafuertes o con vertedores controlados que funcionan como tales, sí han presentado daños severos



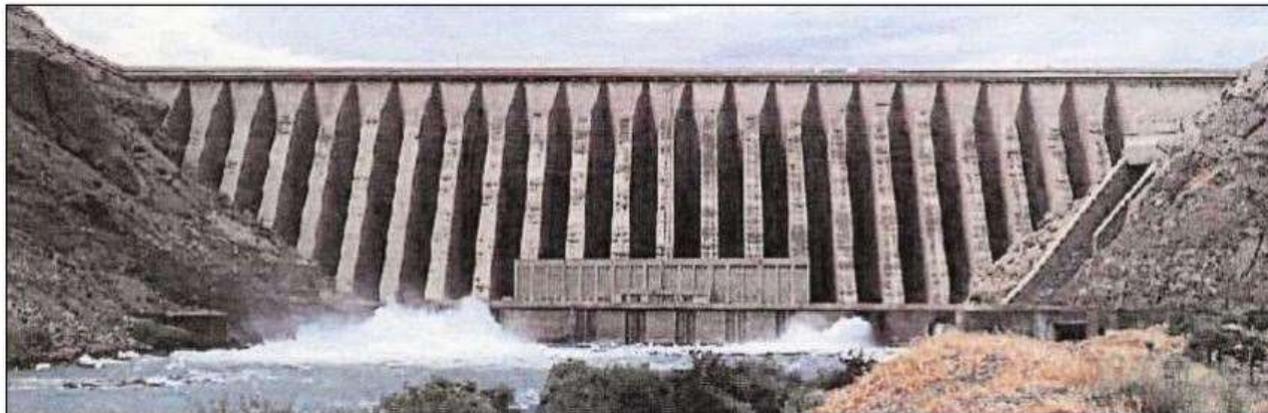
Presas Shih Kang Dam
Taiwan Chi Chi Earthquake, M 7.6
Date Sept 21, 1999

2. FALLAS DE PRESAS POR SISMO



Concreto gravedad con contrafuertes

Sefid Rud Dam (Iran)



Buttress Dam

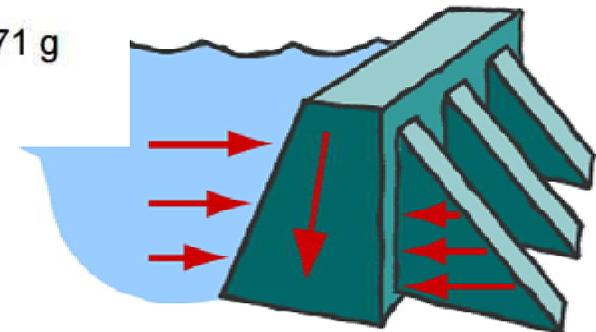
Completed	1962
Location	Northern Iran
Height	348 feet
Crest length	1368 feet

Manjil Earthquake, M 7.7

Date	June 21, 1990
Distance	Near dam
Peak Acceleration	
PHGA Estimate	0.71 g
Aftershocks	M 6.2, 6.5, 5.9

Fuente: Nuss Engineering LLC

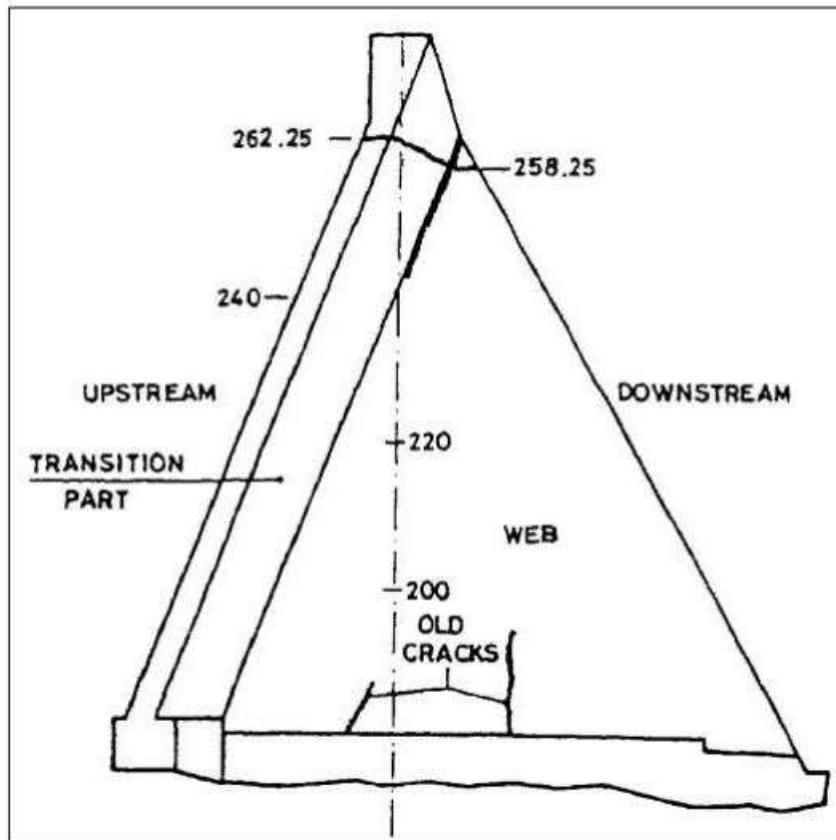
Efectos de los sismos en presas Alberto Jaime P



2. FALLAS DE PRESAS POR SISMO



Sefid Rud Dam (Iran)

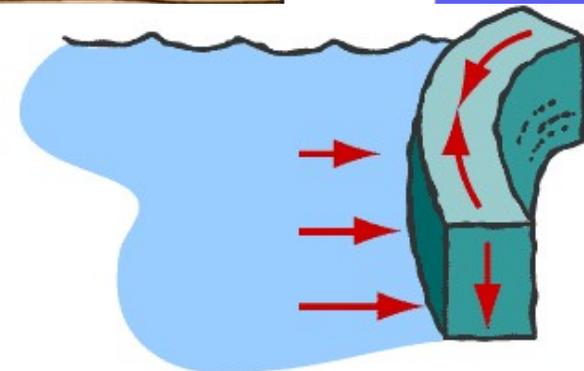
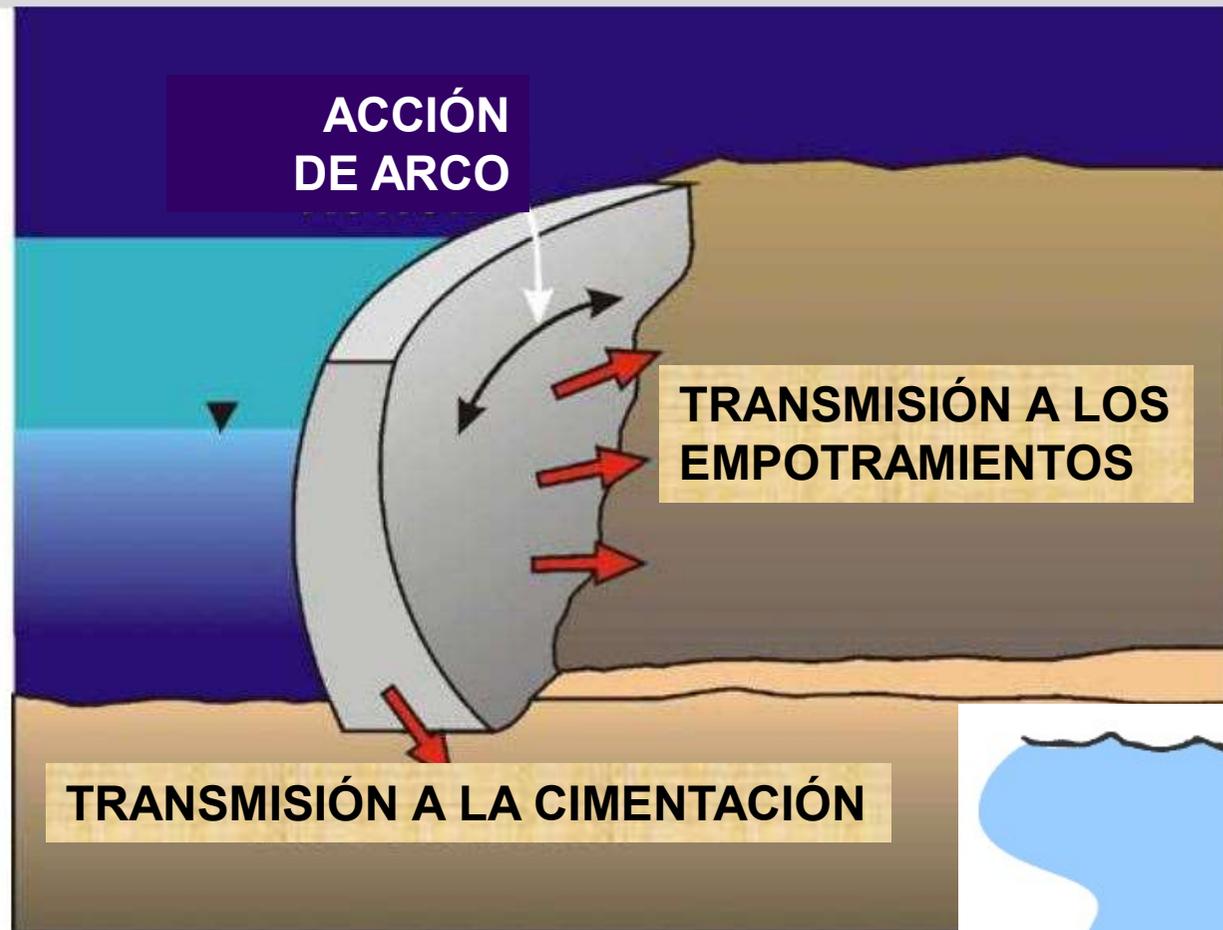


Grietas horizontales en el cambio de geometría
Desplazamiento pequeño de algunos bloques de concreto hacia aguas abajo
Filtraciones a través de grietas
Poco desplazamiento y algunos daños en compuertas
Las reparaciones en 1991, incluyeron inyección de grietas e instalación de anclas pretensadas

2. FALLAS DE PRESAS POR SISMO



Presas de arco



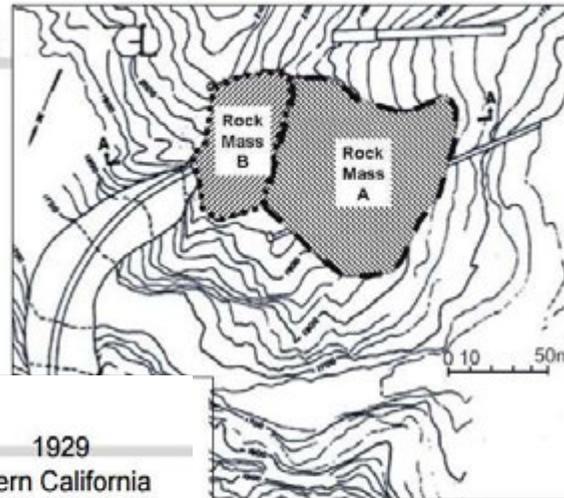
2. FALLAS DE PRESAS POR SISMO

Concreto arco gravedad



Pacoima Dam (USA)

Rock Blocks in the Left Abutment



Figures compliments of Mark Schultz

Pacoima Dam (USA)



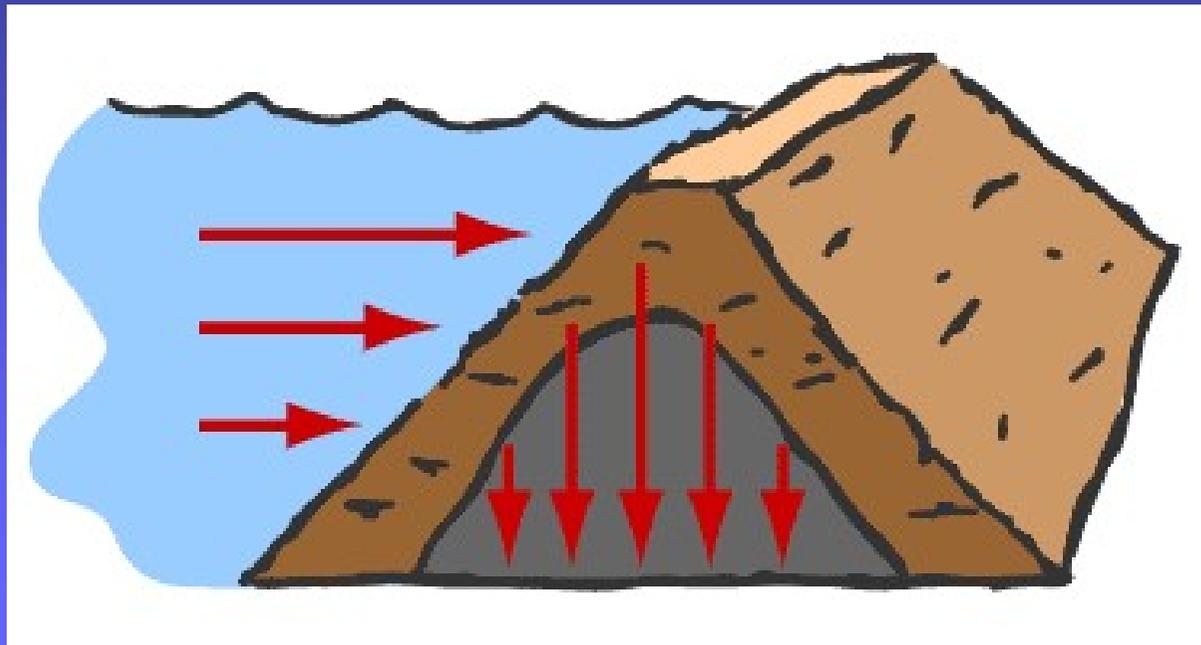
Arch Dam	
Completed	1929
Location	Southern California
Height	372 feet
Crest width	_ feet
Crest length	589 feet
San Fernando Earthquake, M 6.6	
Date	Feb 9, 1971
Epicentral distance	4 miles
Peak Acceleration	
Base	0.6 to 0.8 g
Left abutment	1.25 g
Vertical	0.7 g
Northridge Earthquake, M 6.8	
Date	Jan 17, 1994
Epicentral distance	11.4 miles
Peak acceleration	
Base	0.53 g
Left abutment	1.58 g
Dam crest	2.30 g

Han fallado empotramientos o laderas. Aceleraciones medidas superiores a 1 g la presa no sufrió daños

2. FALLAS DE PRESAS POR SISMO



Presas Flexibles



2. FALLAS DE PRESAS POR SISMO

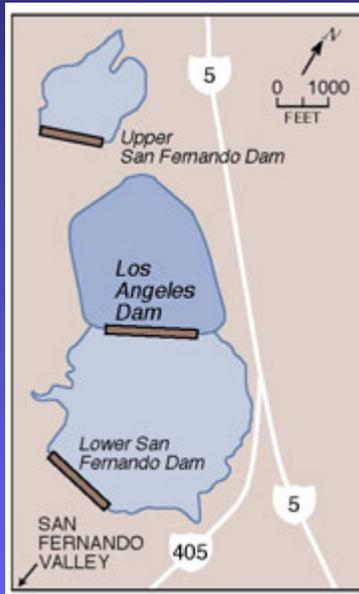


2.2 PRESAS FLEXIBLES

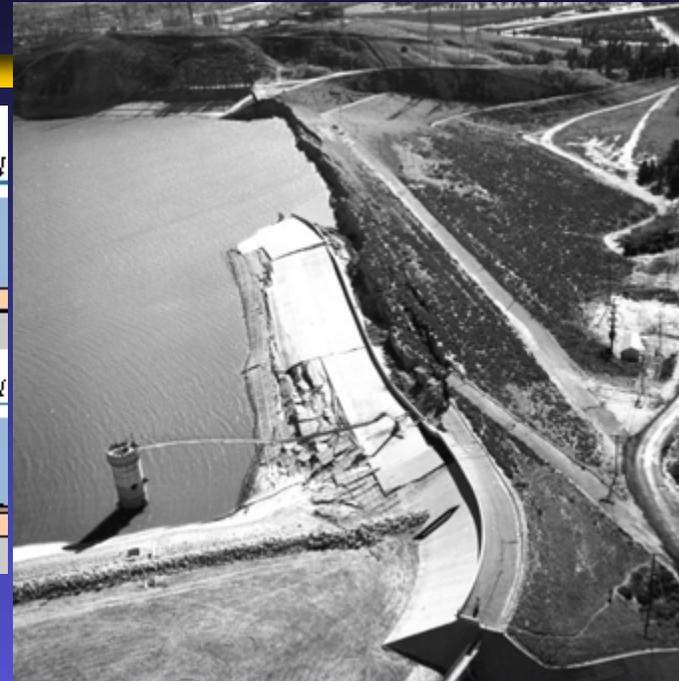
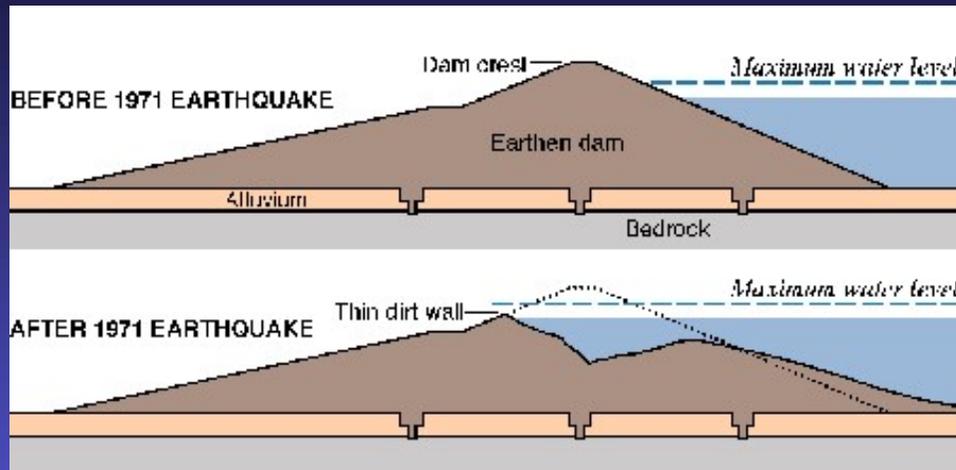
Lower San Fernando Dam

Lower Van Norman Reservoir Dam, Feb 10, 1971

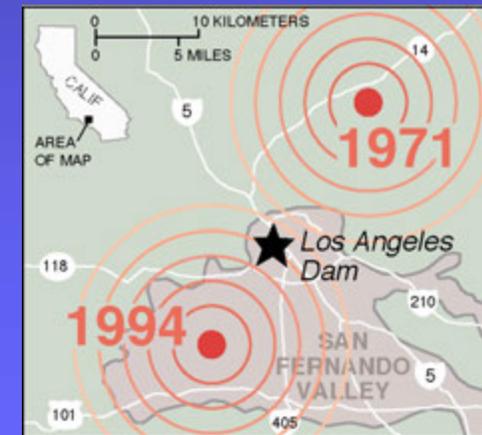
Falla por licuación de los materiales de la cortina



2. FALLAS DE PRESAS POR SISMO



Lower San Fernando Dam
Lower Van Norman Reservoir Dam,
Feb 10, 1971



<https://www.usbr.gov/las/la-damstory/>

Efectos de los sismos en presas Alberto Jaime P

2. FALLAS DE PRESAS POR SISMO



Presa Fujinuma falló el 11 de marzo, 2011, 25 min después del sismo de Tōhoku 2011. desparramó el agua sobre la cortina, pérdida de bordo libre por asentamiento súbito provocado por el sismo.

2. FALLAS DE PRESAS POR SISMO



NEPAL Sismos de 2015



Deslizamiento de laderas al vaso

2. FALLAS DE PRESAS POR SISMO



PRESA ZIPINGPU: ENROCAMIENTO CON CARA DE CONCRETO H = 156 m

PRESA ZIPINGPU – VISTAS EXTRAIDAS DEL INFORME DEL Dr. XU-ZEPING



SISMO SICHUAN – 2008

M = 7,9

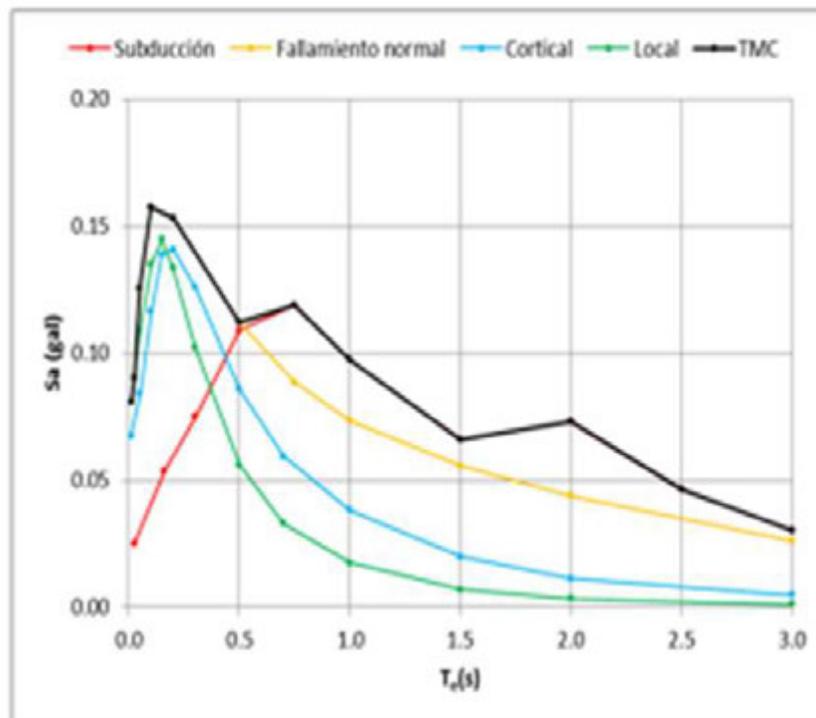
3. SEGURIDAD SÍSMICA DE PRESAS

1

Sismos para análisis y diseño de presas



Guanajuato (2014)



Temblores probabilistas

Sismo de Operación Normal o Sismo de Servicio

10% de probabilidad de excedencia en los próximos 50 años, corresponde a un período de retorno de 475 años

Sismo de Diseño o Sismo e Seguridad

10% de probabilidad de excedencia en los próximos 100 años, corresponde a un período de retorno de 950 años

Temblores deterministas

Sismo máximo creíble

temblor determinista que puede esperarse, sin importar el periodo de recurrencia, por la ubicación de la obra, la geología, tectónica y la historia sísmica (sismología) que han afectado a la zona en donde está la presa.

El período de retorno para un tiempo t de exposición y una probabilidad de ocurrencia p es

$$T_R = \frac{t}{e^p - 1}$$

Si $t = 50$ años (vida útil), para una probabilidad de ocurrencia del 10% el $T_R = 475$ años.

4. Resumen y Comentarios



PRESAS RÍGIDAS

- Las presas de concreto, excepto las de contrafuertes, se comportan bien, en general, durante los sismos

GRIETAS

horizontales en los cambios de rigidez de la Cortina

- agrietamientos en las estructuras de control de compuertas
- en bordillos, parapetos, estructuras adosadas como casetas de guardia o control.

FILTRACIONES Y FUGAS

- Las fugas de agua aumentan muy poco después del sismo
- Algunos macizos o formaciones rocosas, de los empotramientos o cimentación, han experimentado aumento de filtraciones después del sismo

4. Resumen y Comentarios



Presas Rígidas

- En 3 presas aceleraciones medidas superiores a 2.0 g, en todos los casos sismos con epicentro cercano y de foco poco profundo:
- Pacoima presa de arco (USA), 2.3 g
- Kasho presa de gravedad (Japan), 2.05 g
- Takou presa de gravedad (Japan), 2.04 g

Los daños son leves aún con múltiples ciclos

Las réplicas de alta intensidad no han causado daños adicionales

4. Resumen y Comentarios

Presas Flexibles



EXHIBEN ASENTAMIENTOS PERMANENTES

- La presas de Infiernillo y la Villita, por ejemplo, han registrado asentamientos irrecuperables de algunas decenas de cm, sin detrimento de su seguridad

Los asentamientos permanentes pueden provocar una pérdida de bordo libre inaceptable que se puede solucionar elevando la presa o empleando parapetos

COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE PRESAS DE TIERRA

- Amplificación del movimiento sísmico entre la cimentación y la corona de la cortina

Ha ocurrido licuación en presas de poca altura, de arena y limos saturados, y en los suelos de cimentación de algunas

- Pueden presentar algunas grietas
- Aumento de filtraciones en la presa o en empotramientos y

cimentación después del sismo *Efectos de los sismos en presas* Alberto Jaime P

