

Congreso
Internacional de
Ingeniería Civil
en Ciudades Patrimonio Mundial



XXVII
CONSEJO DIRECTIVO

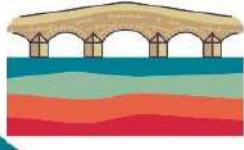


Nuevas tendencias en la conservación estructural del Patrimonio Arquitectónico

Fernando Peña Mondragón

Contenido:

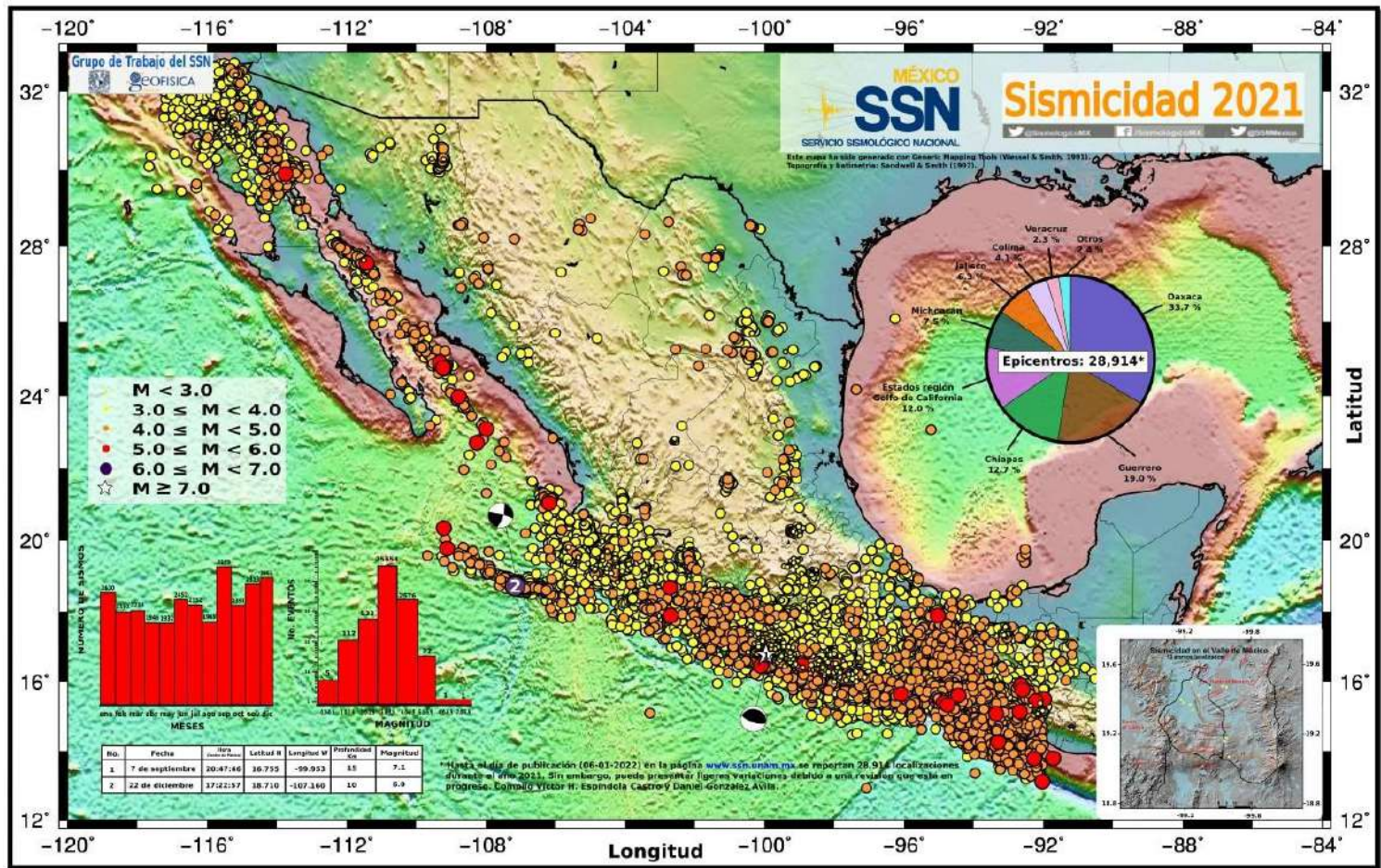
- Introducción
- Daños Observados
- Proyectos de Intervención
- Cambio de Paradigma
- Comentarios Finales



INTRODUCCIÓN

México es un país con una alta sismicidad:

- Solamente en 2021 se registraron 28,914 sismos
- Una media de 79 sismos por día



SSN, 2017

Algunos sismos intraplaca que han afectado el Patrimonio Arquitectónico

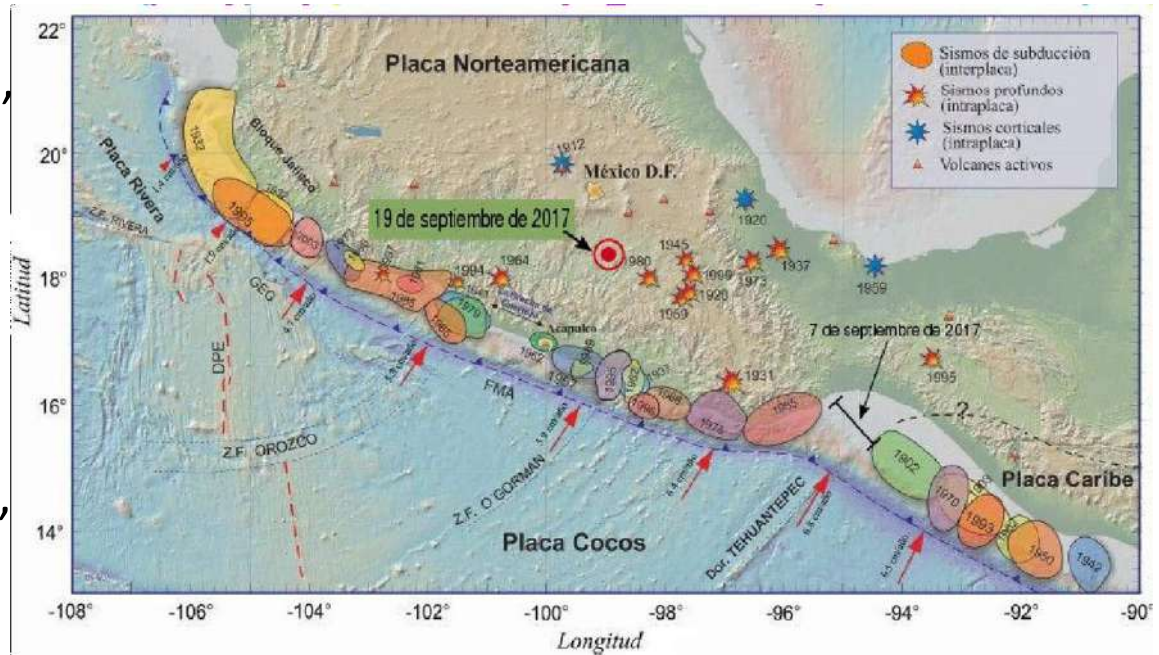
19 de septiembre de 2017 – Mw 7.1

15 de junio de 1999 – Tehuacán, Puebla – Mw 7.1

24 de octubre de 1980 – Huajuapán de León, Oaxaca – Mw 7.0

28 de agosto de 1973 – Orizaba, Veracruz – Mw 7.3

03 de enero de 1920 – Xalapa, Veracruz – M~6.4

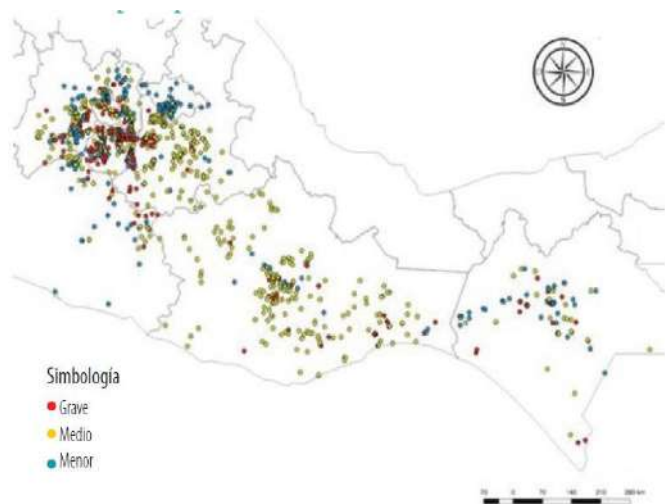


Debido a los sismos de septiembre de 2017 (7 y 19) se registraron 2,340 construcciones históricas dañadas en todo el país

Corresponde, aproximadamente, al 6% de los inmuebles catalogados en los estados afectados

El 74.6% de los daños se concentraron en: Oaxaca, Puebla, Morelos y Edo. México

Oaxaca y Puebla concentraron poco más de la mitad de los daños (51.65%)



Entidad	Tipos de daños			Total de inmuebles dañados	Porcentaje de inmuebles dañados respecto al total
	Severo	Moderado	Menor		
Chiapas	21	29	64	114	4.9
Ciudad de México	51	65	81	197	8.4
Guerrero	11	41	43	95	4.1
Hidalgo	2	6	5	13	0.6
México	52	135	92	279	11.9
Morelos	122	84	53	259	11.1
Oaxaca	34	308	245	587	25.1
Puebla	125	335	161	621	26.5
Tabasco	1	2	24	27	1.2
Tlaxcala	11	12	111	134	5.7
Veracruz	1	2	11	14	0.6
Total	431	1019	890	2340	100

En 2017 se registraron 2,340 construcciones históricas dañadas en todo el país

De acuerdo con el Programa Nacional de Reconstrucción, actualmente, son 3,325 inmuebles afectados

Son 985 inmuebles más, muchos de ellos, dañados por sismos posteriores

Del 20 de septiembre de 2017 a la fecha se han registrado 52 temblores con magnitud igual o mayor a 5.5

Una media de 10 temblores por año

Prácticamente, se registra un sismo igual o mayor a 7.0 por año



A la fecha, se han intervenido 1,101 inmuebles patrimoniales

Es decir, se lleva un avance del 33% del total (3,325)

En 2018 se calculaba que se necesitarían 10,500 millones de pesos para la intervención de los edificios patrimoniales

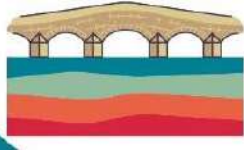
De acuerdo con el INAH, a la fecha se ha invertido 5,059 millones de pesos

Presupuesto del INAH en 2022 es del orden de 4,000 millones de pesos

*Cuadro 44. Presupuesto del PNR para el Ejercicio Fiscal 2021.
(Millones de pesos)*

Fuente de los Recursos	Porcentaje respecto al presupuesto estimado
15 Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano	1,128.8
12 Salud	333.3
11 Educación Pública ⁷⁸	4.5
48 Cultura	333.3
Total	1,800.0

Fuente: DOF. (30, Nov, 2020). PRESUPUESTO de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2021. Segunda Sección. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/2020/SHCP/PEF_2021.pdf



DAÑOS OBSERVADOS

Los daños que se han presentado en las estructuras patrimoniales son recurrentes y similares en cada evento sísmico

Sismo de Orizaba, 1973



El Sol de Orizaba

Sismo de Huajuapán de León, 1980



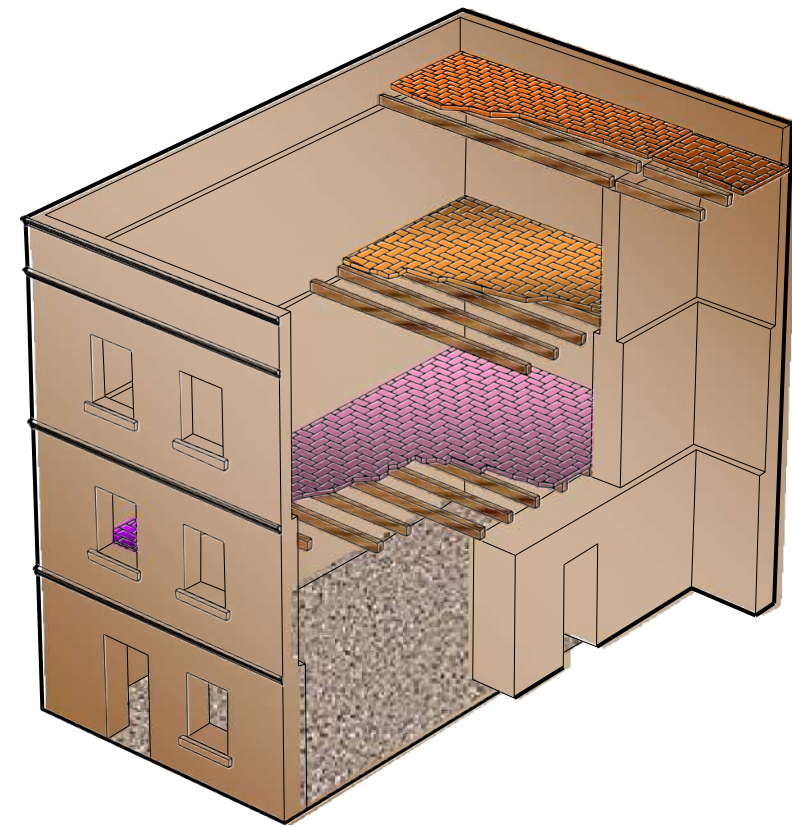
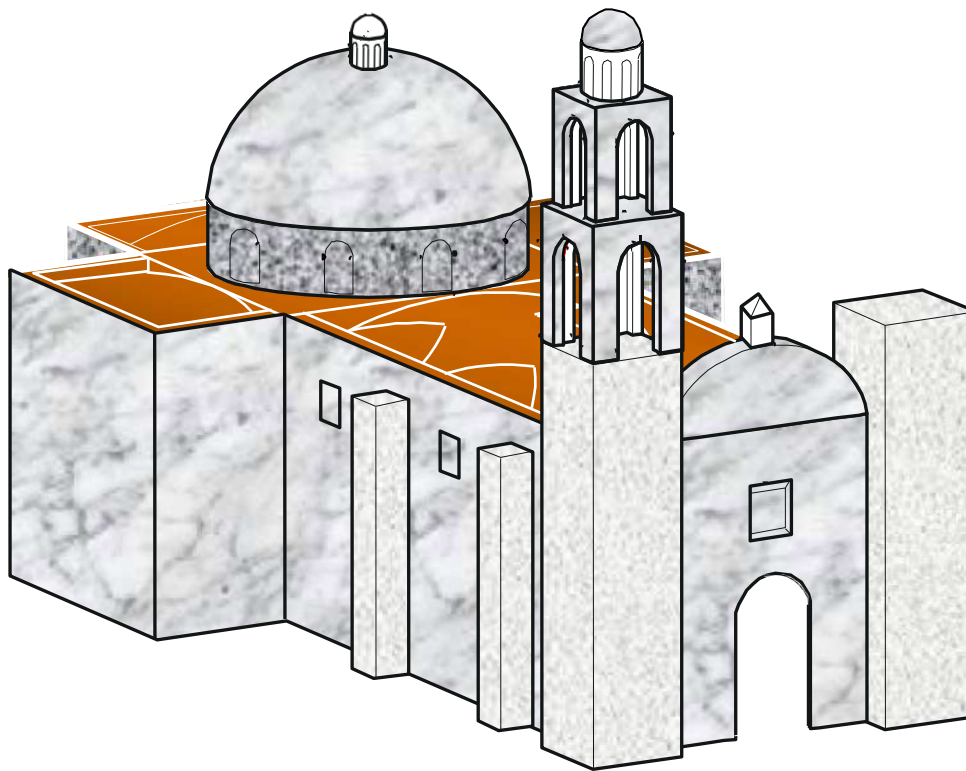
Sistema Radiofónico Informativo

Sismo de Axochiapan, 2017

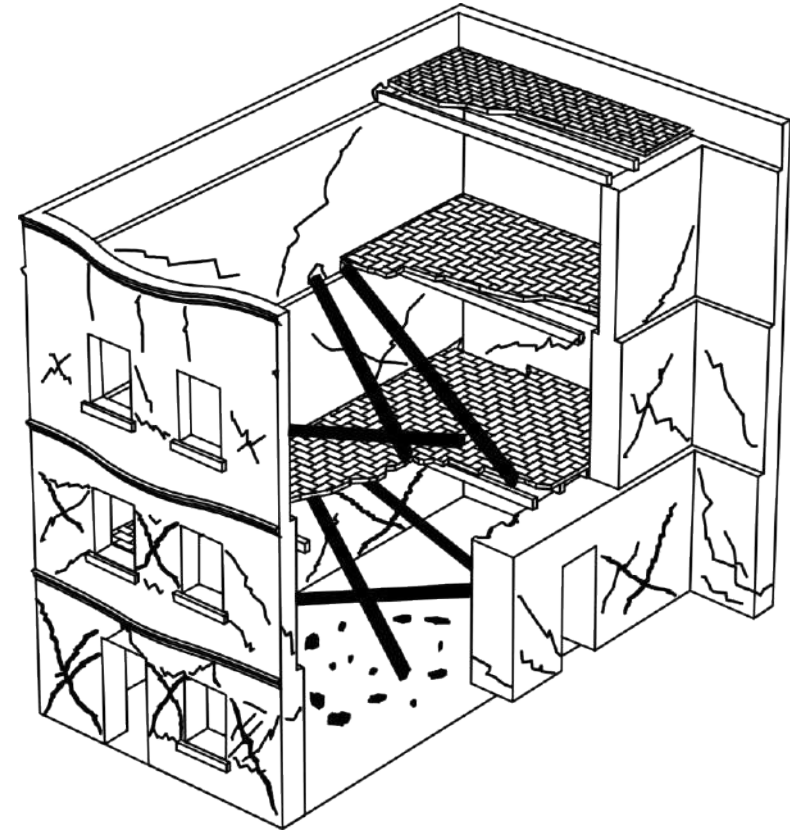
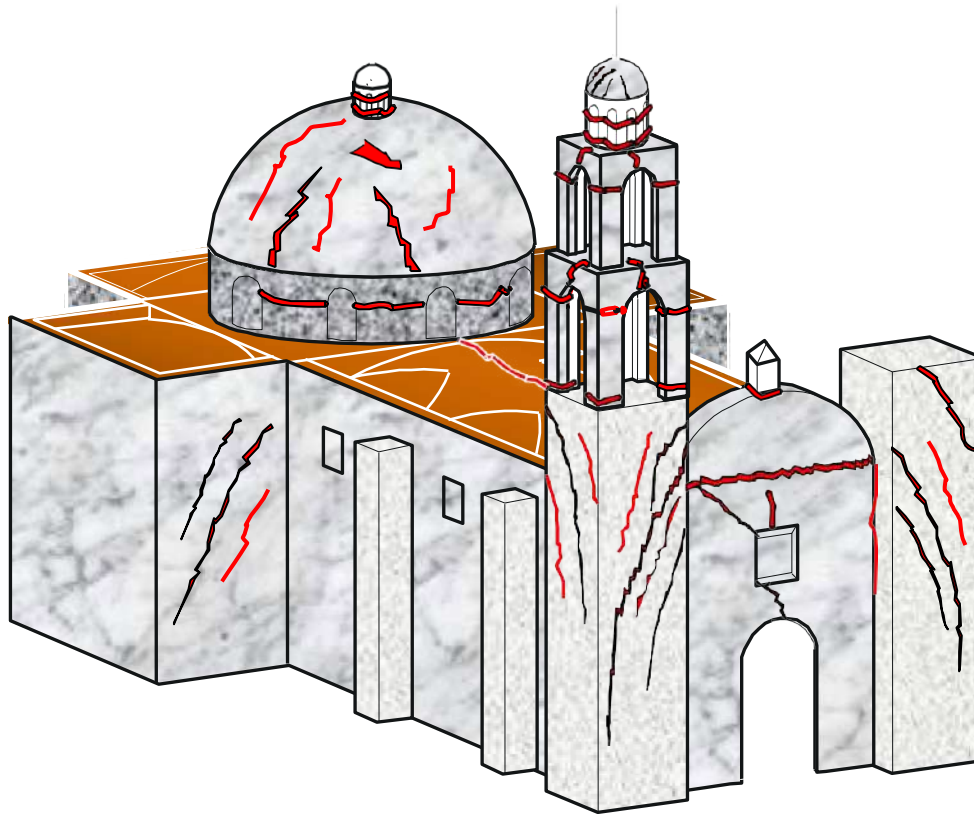


Sky Alert News

Los daños que se han presentado en las estructuras patrimoniales son recurrentes y similares en cada evento sísmico



Los daños que se han presentado en las estructuras patrimoniales son recurrentes y similares en cada evento sísmico



- Los patrones de daño y los mecanismos de colapso observados son recurrentes, sismo tras sismo
 - Los campanarios, bóvedas y cúpulas son los elementos más vulnerables de las iglesias, pues presentan los mayores daños y colapsos
- En algunos casos particulares, los diversos colapsos se debieron a una mala calidad de la mampostería o al deterioro de la misma
 - Deficiencias en algunos sistemas y técnicas constructivas
- En algunos casos, los daños se debieron a malas intervenciones anteriores, principalmente con elementos de concreto y acero
 - La mayoría de los daños se deben a refuerzos locales

De acuerdo con el Programa Nacional de Reconstrucción

D. Cultura

En consecuencia, de la gran cantidad de bienes patrimoniales existentes, el sector Cultura presenta diversos problemas que repercuten en la inadecuada identificación de los inmuebles y muebles históricos y/o culturales que tuvieron afectaciones en los diversos municipios, toda vez que no se cuenta con un censo completo de la totalidad del patrimonio histórico cultural.

Dificultades para la identificación de los bienes afectados. Esto imposibilita conocer la magnitud de las afectaciones, originando fallas en el registro de una base de datos pero también un rezago en la atención de los daños y la dispersión de recursos para la recuperación, rehabilitación o restauración, propiciando sobre costos para la obtención de mano de obra especializada y materiales de construcción.

Aunado a lo anterior, es importante destacar el deficiente o nulo mantenimiento preventivo que se les da a los bienes históricos y culturales, sea por desconocimiento o por carencia de recursos humanos económicos y materiales; lo que refleja la insuficiencia de mecanismos de atención para la salvaguarda y protección del patrimonio.

Asimismo, existen bienes patrimoniales vulnerables por su precario estado de conservación, además, de las deficiencias de algunos materiales y sistemas constructivos, aunado a las condiciones geográficas de riesgo donde se sitúan. Lo que conlleva a bienes dañados que no han sido intervenidos, afectando el derecho a la cultura de la población.

De acuerdo con el Programa Nacional de Reconstrucción

D. Cultura

En consecuencia, de la gran cantidad de bienes patrimoniales existentes, el sector Cultura presenta diversos problemas que repercuten en la inadecuada identificación de los inmuebles y muebles históricos y/o culturales que tuvieron afectaciones en los diversos municipios, toda vez que no se cuenta con un censo completo de la totalidad del patrimonio histórico cultural.

Dificultades para la identificación de los bienes afectados. Esto imposibilita conocer la magnitud de las afectaciones, originando fallas en el registro de una base de datos pero también un rezago en la restauración y mantenimiento de los bienes.

... es importante destacar el deficiente o nulo mantenimiento preventivo que se les da a los bienes históricos y culturales...

Aunado a lo anterior, es importante destacar el deficiente o nulo mantenimiento preventivo que se les da a los bienes históricos y culturales, sea por desconocimiento o por carencia de recursos humanos económicos y materiales; lo que refleja la insuficiencia de mecanismos de atención para la salvaguarda y protección del patrimonio.

Asimismo, existen bienes patrimoniales vulnerables por su precario estado de conservación, además, de las deficiencias de algunos materiales y sistemas constructivos, aunado a las condiciones geográficas de riesgo donde se sitúan. Lo que conlleva a bienes dañados que no han sido intervenidos, afectando el derecho a la cultura de la población.

De acuerdo con el Programa Nacional de Reconstrucción

D. Cultura

En consecuencia, de la gran cantidad de bienes patrimoniales existentes, el sector Cultura presenta diversos problemas que repercuten en la inadecuada identificación de los inmuebles y muebles históricos y/o culturales que tuvieron afectaciones en los diversos municipios, toda vez que no se cuenta con un censo completo de la totalidad del patrimonio histórico cultural.

Dificultades para la identificación de los bienes afectados. Esto imposibilita conocer la magnitud de las afectaciones, originando fallas en el registro de una base de datos pero también un rezago en la atención de los daños y la dispersión de recursos para la recuperación, rehabilitación o restauración, propiciando sobre costos para la obtención de mano de obra especializada y materiales de construcción.

Au... se hu la s... **... existen bienes patrimoniales vulnerables por su precario estado de conservación, además, de las deficiencias de algunos materiales y sistemas constructivos...** que sos ara

Asimismo, existen bienes patrimoniales vulnerables por su precario estado de conservación, además, de las deficiencias de algunos materiales y sistemas constructivos, aunado a las condiciones geográficas de riesgo donde se sitúan. Lo que conlleva a bienes dañados que no han sido intervenidos, afectando el derecho a la cultura de la población.

PROYECTOS DE INTERVENCIÓN



En general, los procesos de intervención estructural se basan (o se deberían basar) en los principios y recomendaciones ISCARSAH de ICOMOS.

Tres recomendaciones particulares son las más usadas:

- Intervención mínima y respetuosa
 - Uso de técnicas no invasivas
- Uso de materiales y técnicas compatibles con los originales

En muchos casos, lo anterior ha llevado a la idea de que el **objetivo** del proyecto de intervención sea:

Regresar a la estructura a su condición original
Con materiales y técnicas similares a las originales

¿Cuál será el comportamiento en un sismo futuro similar al del 19S17?



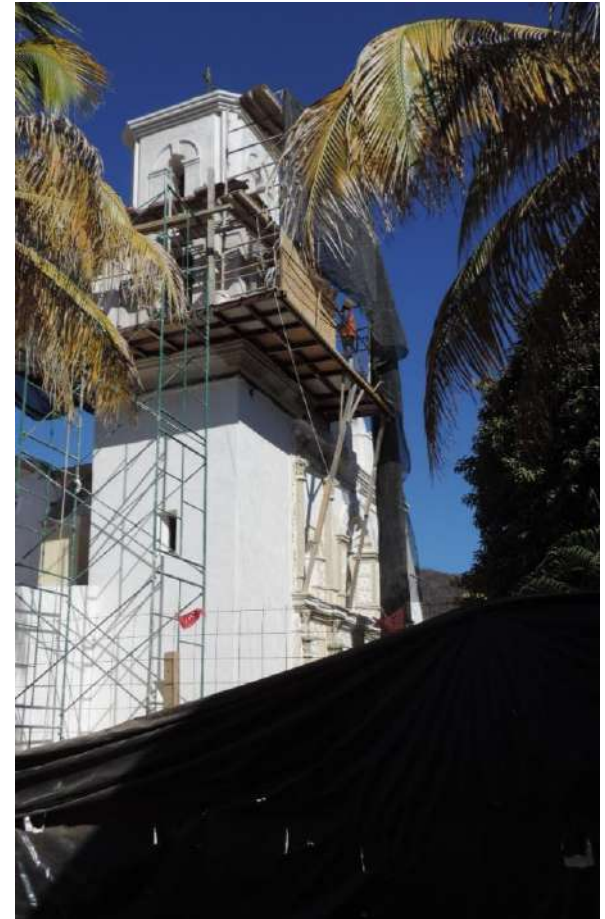
Iglesia de Pilcaya,
Puebla

Dañada por el sismo
19S17

Consolidación de grietas

Reconstrucción del
campanario e imafronte

Características y
materiales similares
antes del evento sísmico



¿Cuál será el comportamiento en un sismo futuro similar al del 19S17?



Convento de Jantetelco, Morelos
Colapsado por el sismo del 19S17
Mampostería formada por boleos
(cantos rodados) y mortero de
tierra



¿La reconstrucción debería ser
con las características y materiales
similares que tenía el convento
antes del sismo?

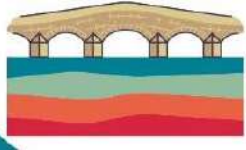
¿Cuál será el comportamiento en un sismo futuro similar al del 19S22?

Tecomán, Colima

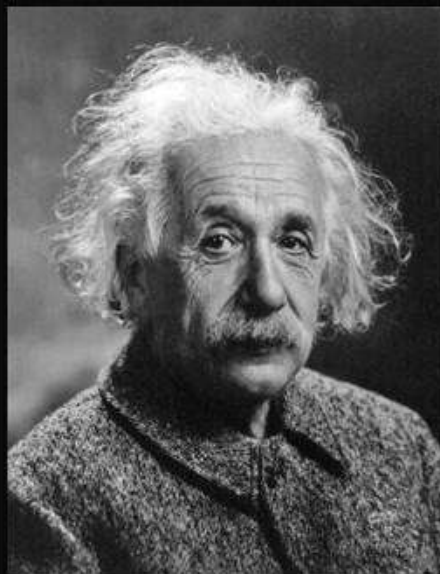


Refuerzos locales sin una correcta concepción ni evaluación del problema





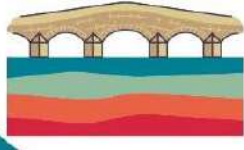
¿Qué podemos esperar de una intervención cuyo objetivo sea regresar a la estructura a su condición original?



No hay un signo más cierto de la locura que
hacer la misma cosa una y otra vez y esperar
que los resultados sean diferentes.

(Albert Einstein)

akifrases.com



Congreso
Internacional de
Ingeniería Civil
en Ciudades Patrimonio Mundial



XXVII
CONSEJO DIRECTIVO



CAMBIO DE PARADIGMA

El **objetivo** de cualquier intervención estructural **DEBE SER** la de **corregir posibles insuficiencias y mejorar su respuesta estructural**

NO es la de regresar la estructura a su condición original

Obviamente, **debe estar basada en los criterios actuales de conservación**

Cualquier acción de intervención, por mínima y compatible que sea, **modificará la estructura original**

CAPACIDAD > DEMANDA

Capacidad: resistencias, deformación, rigidez, etc.

Demanda: cargas, desplazamientos, sismos, etc.

OBJETIVOS

Salvaguardar la Vida

Preservar los valores patrimoniales

Limitar daños en la estructura

SALVAGUARDAR LA VIDA

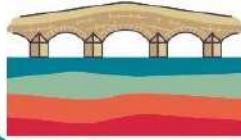
Se encontró registro de 12 personas que perdieron la vida debido a colapsos de iglesias:

11 personas en un bautizo en Puebla

1 persona en un funeral en Morelos

Recordando, el sismo del 19 de septiembre de 2017 ocurrió un martes a las 13:14 hrs

¿Qué hubiera pasado si el sismo hubiera ocurrido un domingo a medio día?



SALVAGUARDAR LA VIDA



SALVAGUARDAR LA VIDA





La intervención estructural se debe enfocar en atacar las causas del problema y no remediar únicamente los “síntomas”

Cada caso es único, por lo que no se pueden generalizar soluciones a una problemática en particular

Una técnica puede ser buena para un caso, pero no para otro

Debe basarse en los criterios actuales de conservación

La selección de la solución dependerá en gran medida de la forma en cómo se quiere mejorar el comportamiento estructural:

Modificando demandas
Incrementando capacidades
Una combinación de ambas

La solución seleccionada se debe analizar y revisar antes de su ejecución

Se debe evaluar el comportamiento global del inmueble

Ejemplo de modificación de demanda

Coquimatlán, Colima



Sismo 21 enero 2003 (m 7.6)

Ejemplo de modificación de demanda, mediante la NO reconstrucción

Coquimatlán, Colima



En el cambio de paradigma se propone seguir un criterio:

COSTO - BENEFICIO

Costo: Económico, alteración, pérdida, tiempo, etc.

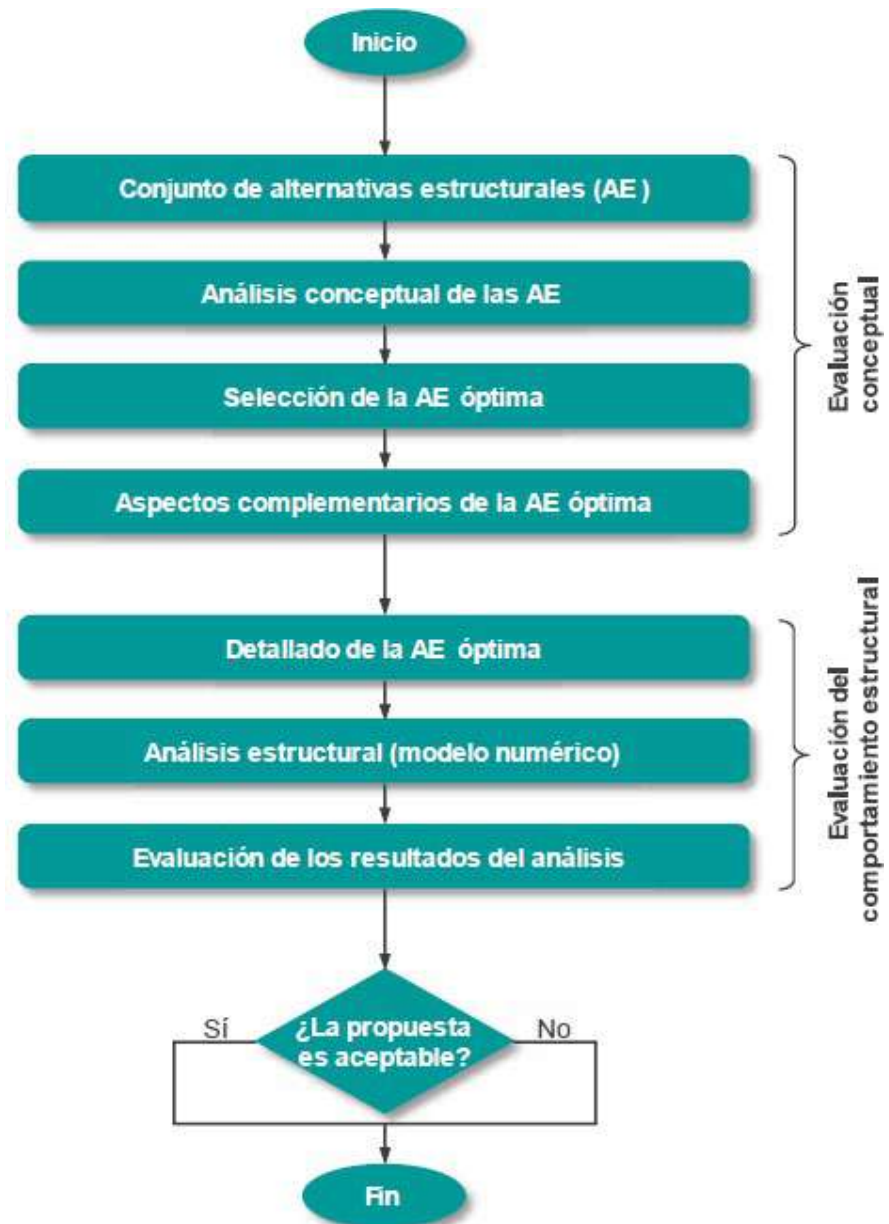
Beneficio: seguridad estructural, conservación, económico, etc.

Para ello se deberán **evaluar las posibles soluciones**

Esto se puede evaluar a través de una **matriz de decisión**

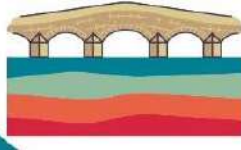
Ponderando las ventajas y limitaciones de las soluciones planteadas

Diagrama de flujo sobre la selección de la intervención estructural



Análisis Conceptual

Propuesta	A Favor	En Contra
Tensores	Son sencillos de instalar, poco invasivos y su eficacia contra la abertura de arcos y muros está comprobada	Se deberá hacer un correcto diseño de los tensores, proponiendo ubicación y diámetro; así como la fuerza de pretensado que se le deberá aplicar. Se deberá garantizar un adecuado anclaje, evitando concentraciones locales de esfuerzos.
Reconstrucción del sistema de cubiertas	Se recupera la geometría inicial de la bóveda y se conserva el comportamiento estructural del templo como fue concebido. Se reconstruye con un espesor adecuado.	Se incrementan los costos y tiempos de obra. Los arcos se deben también reconstruir de acuerdo con la nueva geometría.
Consolidación de la bóveda mediante inyecciones	Es la opción más económica y que llevaría el menor tiempo de ejecución. Se incrementaría la cohesión entre las diferentes capas de la bóveda, con el fin de que trabajen en conjunto.	Dificultad de garantizar una correcta inyección en toda la superficie de la bóveda y entre capas; así como del correcto comportamiento estructural. La bóveda quedaría con la deformación actual, lo que reduce su capacidad de carga.
Refuerzo con elementos de concreto armado	Se mantienen las bóvedas y arcos existentes. La estructura de concreto es la que trabajará estructuralmente. La bóveda existente se sostiene de la estructura nueva.	Se deberá hacer un diseño adecuado de los elementos estructurales, con el fin de que no haya concentraciones locales de esfuerzos. Se deberá garantizar un adecuado empotramiento del elemento de concreto con los muros del templo; así como el anclaje de la bóveda a la estructura nueva.



Selección de la Solución Óptima

Tabla 4.1. Escala de puntuación para la evaluación.

Valor	Descripción
4	Mejor(es) alternativa(s)
3	Ligeramente inferior a mejor(es) alternativa(s)
2	Medianamente inferior a mejor(es) alternativa(s)
1	Sumamente inferior a mejor(es) alternativa(s)

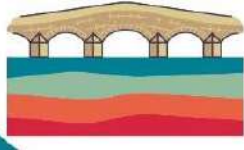
Tabla 4.3 Criterios para la selección de la alternativa estructural óptima.

C1	Duración de la rehabilitación
C2	Facilidad del procedimiento constructivo
C3	Espacio para demolición de la pila
C4	Control en la transferencia de carga al nuevo sistema estructural
C5	Comportamiento de elementos estructurales nuevos
C6	Comportamiento de elementos estructurales existentes
C7	Uniones entre elementos existentes y nuevos
C8	Transmisión de carga hacia la nueva losa

Selección de la Solución Óptima

Tabla 4.4. Matriz de decisión para seleccionar la alternativa óptima.

Criterio / Alternativa	AE1	AE2	AE3	AE4a	AE4b	AE5a	AE5b
C1	2	2	2	1	4	1	2
C2	3	3	3	2	4	2	3
C3	4	4	4	4	4	2	2
C4	2	2	2	2	2	4	4
C5	1	2	1	4	4	4	4
C6	1	1	2	4	4	3	3
C7	1	1	2	4	4	3	3
C8	4	4	4	3	2	3	2
Total absoluto	18	19	20	24	28	22	23
Total normalizado	0.64	0.68	0.71	0.86	1.00	0.79	0.82
Posición final	7	6	5	2	1	4	3



Congreso
Internacional de
Ingeniería Civil
en Ciudades Patrimonio Mundial



XXVII
CONSEJO DIRECTIVO



COMENTARIOS FINALES



El **objetivo principal** de cualquier intervención es la de **garantizar** que los edificios sean **seguros** para sus usuarios

Es un **ERROR** pretender **regresar la estructura a su condición original**. Esto conlleva a repetir los errores del pasado, pues se mantienen las mismas debilidades y vulnerabilidades

El **daño estructural** tiene consecuencia, no solo económicas, sino también en lo **personal, cultural y patrimonial**

Se deben considerar varias propuestas de intervención con el fin de seleccionar la **óptima** para el edificio, siguiendo un **criterio costo – beneficio**.

El **mantenimiento permanente y continuo** es indispensable para mantener una correcta seguridad estructural



Gracias

Fernando Peña Mondragón

Correo electrónico: fpenam@ii.unam.mx