

EXPERIENCIAS DEL TERREMOTO DE TURQUÍA 2023

García, José Luis

Ingeniero en Construcciones

Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesiones Afines de Salta (COPAIPA)
revisorsismico@copaipa.org.ar

RESUMEN

La mejor forma de aprender en el tema sísmico es a través de la experiencia, ya que las ciudades se convierten en modelos, a escala real, del desempeño de las estructuras y es lo que ocurrió en los terremotos de Turquía y Siria del 6 de febrero de 2023. Después de visitar varias ciudades podemos concluir dos ejes de debate: por un lado el comportamiento de las estructuras nuevas: es impactante observar la cantidad de edificios dañados que no colapsaron, entonces las normas sismorresistentes cumplieron su cometido? ahora hay que analizar la posibilidad de reforzarlos o bien demolerlos. Y por otro lado el comportamiento de los edificios existentes, las ciudades afectadas son muy antiguas, con construcciones de valor histórico y patrimonial incalculable, muchos de esos edificios se perdieron. Todas las ciudades del mundo fueron construidas con anterioridad a la redacción de cualquier norma sísmica. Si analizamos la situación en la provincia de Salta resulta imprescindible estudiar todas las construcciones ejecutadas con anterioridad a la aparición de nuestras normas. Por ello es que insistimos en la reglamentación de la Ley Provincial N.º 7740. El objetivo de salvaguardar la vida humana, pero no al edificio, en la actualidad esto parece no conformar a la población.

ABSTRACT

The best way to learn about seismic issues is through experience, since cities become real-scale models of the performance of structures and this is what happened in the earthquakes in Turkey and Syria on February 6, 2023. After visiting several cities we can conclude two lines of debate: on the one hand, the behavior of new structures: it is shocking to observe the number of damaged buildings that did not collapse, so did the earthquake-resistant standards fulfill their purpose? Now we must analyze the possibility of reinforcing them or demolishing them. And on the other hand, the behavior of the existing buildings, the affected cities are very old, with buildings of incalculable historical and heritage value, many of these buildings were lost. All cities in the world were built prior to the writing of any seismic regulations. If we analyze the situation in the province of Salta, it is essential to study all the constructions carried out prior to the appearance of our standards. That is why we insist on the regulation of Provincial Law No. 7740. The objective of safeguarding human life, but not the building, currently this does not seem to satisfy the population.

Ubicación geográfica

Organiza:



Asociación de Ingenieros
Estructurales
ARGENTINA

Tel/Fax: [+54] 11 5252.8838 | Whatsapp: [+54 9] 11 3180.3746 | Hipólito Yrigoyen 1144 Piso 1° - Of. 2 | Buenos Aires
Horario de atención: de lunes a viernes de 13:00 a 18:00 hs. | Mail: info@jornadasaie.org.ar - www.jornadasaie.org.ar

La ubicación geográfica de Turquía hace que sea un país con una peligrosidad sísmica elevada ya que se encuentra en la conjunción de tres placas tectónicas, la arábica, la euroasiática y la africana. (Figura 1)

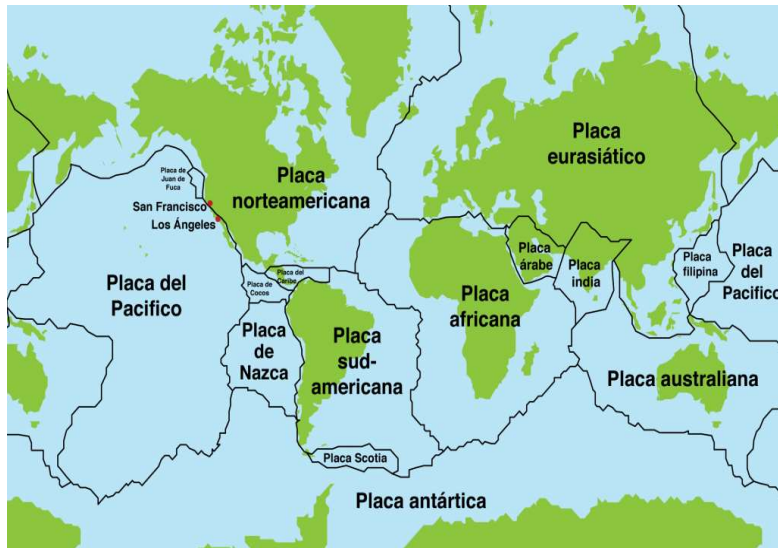


Figura 1 – Placas tectónicas terrestres

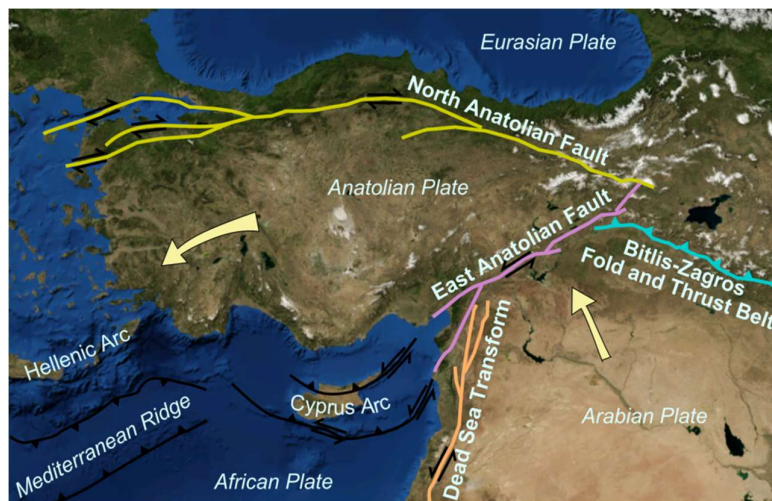


Figura 2 – Fallas y Placa de Anatolia

A esto hay que sumarle la existencia de dos fallas importantes: la Falla Este de Anatolia y la Falla Norte de Anatolia, esto hace que la mayor parte del país se localice en lo que se conoce como la Placa de Anatolia (Figura 2)

Los terremotos del 2023

Organiza:

Los terremotos de Turquía y Siria tuvieron lugar el 6 de febrero de 2023. El primer sismo ocurrió a 34 km al oeste de la ciudad de Gaziantep a las 04:17 a.m. hora local, con una magnitud de Mw 7.8 y una intensidad Mercalli máxima de XI (extrema). Hubo daños generalizados y decenas de miles de muertes. El segundo sismo ocurrió 9 horas después, a un poco mas de 200 km del primero, con una magnitud de 7.5 Mw, conocido como terremoto de Ekinözü. Causó que algunos edificios que habían soportado el primer sismo finalmente se derrumbaran. Se registraron más de 1.000 réplicas y las víctimas alcanzaron los 80.000 muertos. (Figura3)

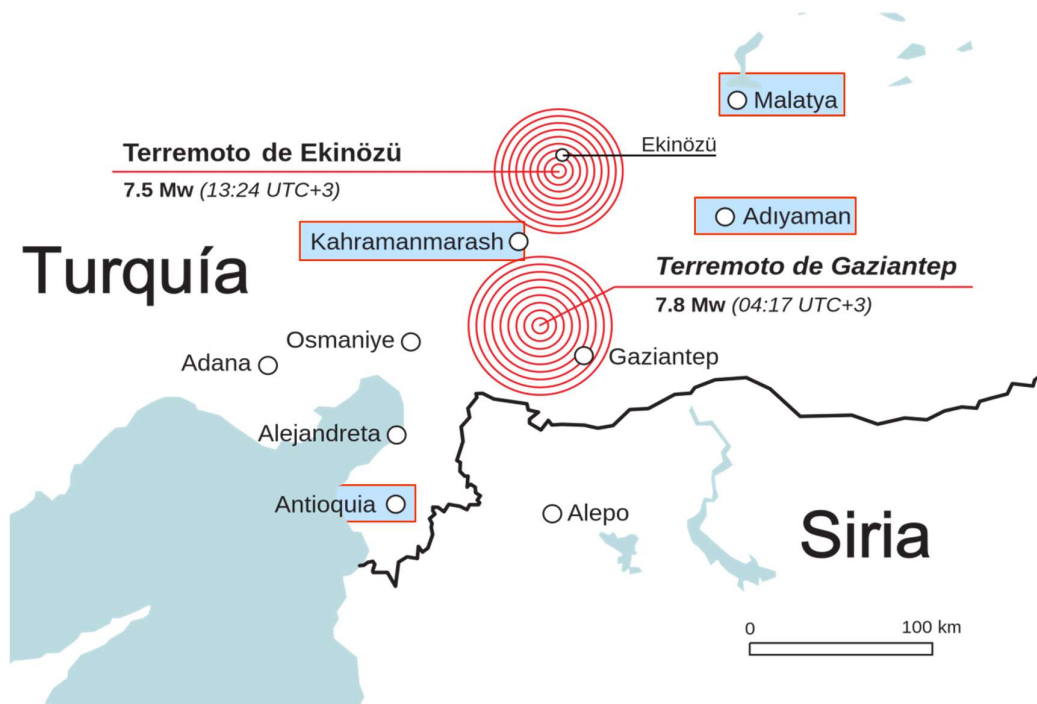


Figura 3 – Terremotos de Gaziantep y Ekinözü

Ante este evento de características inusuales, y sabiendo que la mejor forma de aprender en el tema sísmico es a través de la experiencia, ya que las ciudades se convierten en modelos de laboratorio a escala real, se decidió organizar un viaje a las ciudades afectadas.

Dada la magnitud del terremoto se debió esperar varios meses a que estén concluidas las tareas de rescate, remoción de escombros, atención a las víctimas, organizar los albergues, etc, hasta que en el mes de agosto de 2023 las autoridades locales nos confirmaron el cronograma de actividades.

Las ciudades visitadas fueron Adiyaman, Malatya, Kahramanmaras y Hatay (o Antioquia), las más importantes afectadas por el terremoto, aunque cabe aclarar que al tratarse de un fenómeno global, también están afectadas todas las pequeñas

Organiza:

ciudades intermedias por lo que debemos hablar de una “zona afectada” más que de una ciudad específica.

Tuvimos la oportunidad de entrevistarnos con funcionarios y técnicos de cada municipio, con profesores universitarios y el personal que estuvo a cargo del manejo de la emergencia. Con ellos recorrimos todas las ciudades para observar las fallas en los edificios, los motivos del colapso de muchos de ellos y los análisis y proyectos de refuerzos en aquellos que podían rehabilitarse.

Contrariamente a lo esperado nos encontramos con ciudades muy pobladas, bien organizadas, con excelentes vías de comunicación donde ya se recogieron todos los escombros de los edificios colapsados, y han empezado las tareas de demolición de los edificios que resistieron el sismo pero por su nivel de daño es necesario demolerlos. La excepción fue la ciudad de Hatay donde todavía se pueden observar los edificios derrumbados por el terremoto y la pérdida de mucho patrimonio.

El legajo técnico que se debe presentar a la Municipalidad, previo al inicio de cualquier obra, incluye los planos de Arquitectura, Estructura y Electricidad. Estos proyectos son sometidos a un proceso de revisión por parte de los profesionales municipales para verificar el cumplimiento de las normas respectivas. Una vez aprobado el legajo técnico la inspección de obra la realizan compañías contratadas por el Ministerio de Urbanismo con sede en Ankara, capital del país. Estas compañías se eligen por sorteo para cada obra a ejecutar y deben verificar que se cumpla el proyecto aprobado por el municipio. Este modelo de trabajo, que parece bastante aceptable, ya que, a decir de los propios funcionarios municipales, no es necesario incrementar la planta de profesionales para la tarea de inspección, no tuvo los resultados esperados ante la falta de control de las compañías de inspección.

A raíz de los graves daños provocados por el terremoto estas compañías, consideradas como primeros responsables, han sido demandadas judicialmente para investigar su accionar al igual que las empresas constructoras y los profesionales que actuaron como directores técnicos.

Respecto de la tipología estructural, el 70 - 80 % de los edificios están diseñados con pórticos de hormigón armado con cerramientos de ladrillos cerámicos huecos , tal como ocurre en la provincia de Salta y varias provincias de nuestro país. Alrededor del 50% de los edificios fueron construidos con posterioridad al año 2000. La norma sismorresistente de Turquía, TEC 1998, ya había incorporado el diseño por capacidad, tomando los parámetros del ACI 318, siendo su última actualización la TBEC 2018. Entonces el resto de los edificios fueron construidos con una normativa anterior o cuando no existía ningún reglamento.

Organiza:



Figura 4 – Edificios con fallas



Figura 5 – Tipología Estructural



Figura 6 – Edificios colapsados

Las principales causas de daños que detectamos fueron:

- Incumplimiento de la normativa
- Falla de suelo
- Fallas en el diseño estructural
- Fallas en la ejecución de obra
- Falta de control de obra
- Falla de elementos no estructurales
- Pérdida del patrimonio

Organiza:

En la Figura 7 se puede ver un cuadro con la cantidad de edificios evaluados y clasificados por su nivel de daños elaborado por el Ministerio de Ambiente, Urbanización y Cambio Climático de Turquía.

Table 5.1. Identified Building Damage Distribution (Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change)

Damage State	Hatay	K.maraş	Adiyaman	Malatya	Gaziantep	Kilis	Adana	Diyarbakır	Osmaniye	Ş.urfa	Elazğ
None	29188	25420	21365	7463	89092	2849	1688	18039	22041	19585	9503
Light	17212	20556	38823	8960	29471	2208	5314	6725	8034	13507	15532
Moderate	2827	1058	2613	945	4361	137	304	713	266	550	138
Heavy/Collapse Urgent Demolish	15248	12980	6990	8365	12964	812	59	643	2531	466	664

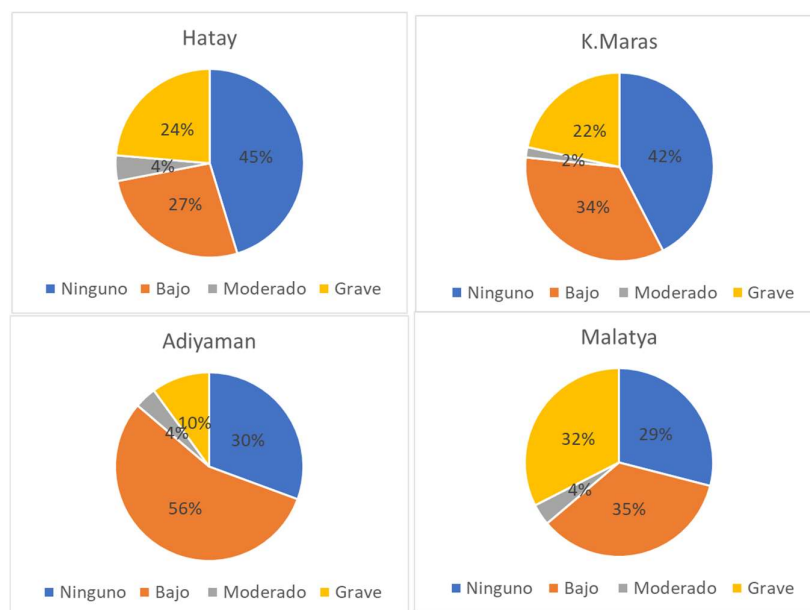


Figura 7 – Estadística de edificios evaluados

Si bien la pérdida de vidas humanas y la cantidad de edificios colapsados es muy elevada, haciendo un análisis frío de la situación, se puede observar que el porcentaje de edificios que soportaron correctamente el terremoto es muy superior, por lo tanto esto demuestra que el cumplimiento de las normas sismorresistentes es una herramienta fundamental a la hora de proyectar y ejecutar cualquier edificación en zonas de peligrosidad sísmica elevada, en salvaguarda de la vida de las personas.

Organiza:

Entonces qué fue lo que falló? A decir de los expertos es muy raro que un diseño o proyecto esté mal ejecutado, teniendo en cuenta el proceso de revisión que tienen, entonces las fallas se deben a errores en la ejecución, la calidad de los materiales y falta de control por parte de la inspección de obra. Esto es algo que se repite en todos los terremotos que hemos visitado. Si un edificio fue **diseñado, proyectado, calculado y construido** conforme a un reglamento sismorresistente, en cualquiera de sus versiones, debe soportar correctamente un sismo, es decir podrán sufrir daños pero no colapsar.

Quiero destacar en este trabajo la gran pérdida del patrimonio construido que ocurre cuando suceden este tipo de terremotos. En las siguientes fotografías se pueden ver algunos ejemplos:



Figura 8 – Mezquita de Malatya



Figura 9 – Mercado de Kahramanmarash

Organiza:

Construcciones existentes

En Salta existe desde el año 1980 la Ley Provincial N° 5556 de “Verificación de Normas Sismorresistentes” por la cual el Estado delega en el Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesiones Afines (COPAIPA) la verificación de las normas dictadas por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) en todas las obras que se ejecuten en el territorio provincial, convirtiéndose en el único Consejo Profesional del país al que se la ha delegado esta responsabilidad. Esto se aplica en obras nuevas, pero ¿qué hacemos con los edificios construidos con anterioridad a la aparición de cualquier norma? Sabemos que la ingeniería sísmica es una ciencia con un poco más de 100 años, y todas las ciudades del mundo fueron construidas mucho antes.

La experiencia nos indica que estos edificios son los primeros que sufren daños, y en la mayoría de los casos son de valor patrimonial y/o de uso público, resultando imprescindible un análisis de su posible comportamiento sísmico y estudiar si es necesario reforzarlos o no. La provincia de Salta posee gran cantidad de edificios de valor patrimonial e histórico que debemos preservar para las futuras generaciones.

Con este criterio se promulgó en Salta, en el año 2012, la Ley Provincial N° 7740 de “Verificación de Condiciones de Seguridad en Edificios de Uso Público”, si bien fue pensada en principio en la verificación de las estructuras, se incluyó luego a las instalaciones eléctricas y las normas de higiene y seguridad. Esta ley hasta la fecha todavía no fue reglamentada por el Poder Ejecutivo.

Se transcriben a continuación, en forma abreviada, algunos artículos de esta ley:

Artículo 1°.- Créase el Plan de Verificación de Condiciones Mínimas de Seguridad para Edificios de Uso Público, para todo el territorio de la Provincia, con el objeto de verificar las condiciones mínimas de seguridad de los mismos según las leyes provinciales vigentes y sus decretos reglamentarios, a fin de determinar las soluciones técnicas que correspondan para su debida adecuación preventiva y se concreten los trabajos que a tales efectos deben ejecutarse.

Artículo 2°.- Tiene prioridad a la realización de las adecuaciones edilicias las siguientes construcciones:

- * Edificios con destino educativo.
- * Edificios con destino a la atención de la salud.
- * Edificios de atención al público.
- * Edificios religiosos.
- * Edificios cubiertos y descubiertos.
- * Edificios de los organismos de seguridad.
- * Edificios de alojamiento de todo tipo.
- * Edificios que integran el Patrimonio Histórico y Arquitectónico de la Provincia

Organiza:

Artículo 3°.- Es Autoridad de Aplicación de la presente la Secretaría de Obras Públicas de la Provincia. La misma puede delegar funciones en el Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesiones Afines y el Colegio de Arquitectos mediante convenios previos, en coordinación con los Municipios donde estén radicadas las construcciones del artículo anterior.

Artículo 4°.- El Plan de Verificación de Condiciones Mínimas de Seguridad para Edificios de Uso Público, comprende las siguientes etapas:

1. Obtención de la información sobre la existencia y ubicación de los distintos edificios de uso público y cuya construcción operó con anterioridad a la vigencia de las normas actuales de prevención sísmica, instalaciones y seguridad de los edificios.
2. Notificación de las condiciones del edificio al propietario.
3. La determinación de las condiciones mínimas de seguridad de cada uno de los edificios relevados, realizada a través de profesionales habilitados.
4. El relevamiento determina el orden de prioridades para la realización de los distintos proyectos tendientes a dar seguridad al edificio, y de acuerdo con el artículo 2°.
5. Cada proyecto debe contener:
 - a) El estudio y cálculo de las estructuras o refuerzos a incorporar al edificio para su debido comportamiento sismorresistente.
 - b) El informe técnico de las instalaciones eléctricas existentes y las modificaciones a realizar para cumplir las condiciones mínimas de seguridad.
 - c) El estudio de las condiciones de evacuación seguridad general del edificio y las modificaciones a incorporar para adecuarlo a las normas de seguridad mínimas vigentes.
6. La aprobación de los proyectos por los organismos competentes, antes del inicio de las obras y de acuerdo a la normativa vigente.
7. La ejecución de los trabajos, que debe contar con la correspondiente inspección técnica.

Artículo 5°.- El procedimiento del Plan de Verificación, debe contemplar cómo mínimo:

1. El relevamiento se ejecuta por medio de un protocolo que debe ser elaborado por la Secretaría de Obras Públicas, el Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesiones Afines, Colegio de Arquitectos y con la colaboración de las Universidades de Salta.
2. Los proyectos de obras o trabajos resultantes de los estudios y cálculos a llevar a cabo son verificados por el Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesiones Afines y el Colegio de Arquitectos, de acuerdo a las competencias que le son propias, emitiendo el dictamen correspondiente al organismo de quién dependa el edificio o a su propietario.
3. Las personas físicas o jurídicas, propietarias de edificios comprendidas por esta Ley, se hacen cargo, a su costo, de los trabajos u obras a ejecutar en los mismos

Organiza:

dentro del plazo acordado con la Autoridad de Aplicación, en virtud de su importancia, complejidad, riesgo y continuidad de funcionamiento del edificio

Artículo 8°.- El Plan de Verificación de Condiciones Mínimas de Seguridad para Edificios de Uso Público debe ponerse en práctica a los treinta (30) días de reglamentada la presente Ley y concluir en un plazo máximo de diez (10) años.

Artículo 9°.- Aquellos edificios que cambien el destino de ocupación deben justificar, para su habilitación, que el mismo cumple con las condiciones mínimas de seguridad conforme a lo establecido en las normas vigentes.

Artículo 10°.- El Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesiones Afines y el Colegio de Arquitectos, tienen la obligación de implementar y mantener un archivo de documentación de estructuras sismorresistentes de toda la Provincia, con copia en la Secretaría de Obras Públicas

Si bien siempre hablamos de edificios de ocupación pública, nunca hay que perder de vista la filosofía de las normas sísmicas que es la de preservar la vida humana y no al edificio, después se analizará si se puede reparar o hay que demolerlo. Por ello también es necesaria la intervención de los especialistas en higiene y seguridad para verificar que las vías de evacuación sean las correctas conforme a normas.

Lamentablemente al no estar esta ley reglamentada y puesta en vigencia, ocurrió un terremoto el 17/10/2015 en la localidad de El Galpón, en la provincia de Salta, y hubo que lamentar una muerte y la pérdida de edificios de valor patrimonial y otros muy antiguos, mientras que aquellos que fueron construidos con alguna previsión sísmica lo soportaron correctamente.



Figura 10 – Casco histórico de el Galpón, Salta

Organiza:



Foto 11 – Edificio escolar colapsado El Galpón, Salta



Foto 12 – Edificio escolar nuevo sin daños El Galpón, Salta

Lo ocurrido en nuestra provincia refuerza nuestra tarea de seguir insistiendo en la reglamentación de esta ley, ya que el estudiar la vulnerabilidad de los edificios de uso público, y sus posibles refuerzos, garantiza su comportamiento ante un evento sísmico y así aportar a la seguridad pública.

Afortunadamente la última versión del Reglamento INPRES-CIRSOC 103 Parte I ha dedicado el Capítulo 11 al análisis de las construcciones existentes, brindando una herramienta importante a los calculistas, ya que hasta el momento los reglamentos solo contemplaban obras nuevas.

Se transcriben algunos párrafos de este capítulo interesantes de conocer:

Organiza:

“El presente capítulo se aplica exclusivamente a las construcciones existentes cuando en ellas se realicen ampliaciones, reformas, consolidaciones o toda obra que modifique la seguridad estructural de la construcción. Las construcciones de valor histórico según la Autoridad de Aplicación requerirán la consideración de ese aspecto en el diseño y construcción de la obra.”

“La mayor parte de la infraestructura existe con anterioridad a la entrada en vigencia de un reglamento nuevo. En muchos casos las construcciones carecen de previsiones sismorresistentes específicas o fueron proyectadas con criterios que puedan considerarse obsoletos. La experiencia prueba que son esas construcciones las que ocasionan la mayor parte de los daños y víctimas. Desde ese punto de vista parecería que lo que se debe hacer es exigir el cumplimiento completo del Reglamento.”

*“...el refuerzo, la recuperación o rehabilitación y más la reparación de construcciones dañadas exige **mucho más criterio y juicio ingenieril** al profesional que el proyecto de una obra nueva”*

*“Las construcciones de valor histórico requieren de un cuidado particular, por lo que en el proyecto y construcción de modificaciones deben participar **equipos interdisciplinarios**. En particular las intervenciones no deberían alterar la esencia de la construcción primitiva”*

El reglamento clasifica a las construcciones en función de la Importancia la obra actual, la calidad sismorresistente de la obra primitiva y capacidad sismorresistente de la obra primitiva. Obtenidos estos parámetros están tabulados los requerimientos para intervenciones sobre las construcciones.

También el Reglamento respeta la intuición e ingenio de los constructores que, aún sin reglamentaciones, construyeron considerando el efecto sísmico con alguna previsión, tal el caso de obras patrimoniales.

Elementos no estructurales

Otro aspecto importante a analizar para reducir la vulnerabilidad de las construcciones es estudiar la estabilidad de todos los elementos no estructurales, adheridos o no a la estructura resistente principal.

La figura 13 nos muestra la relación que existe entre la estructura principal, los elementos no estructurales y el contenido de un edificio, y lo diferencia según su destino: oficinas, hotel y hospital. Se puede ver el alto porcentaje que representan los elementos no estructurales y el contenido respecto de la estructura resistente, Esto muchas veces no es tenido en cuenta por los calculistas y los constructores.

Organiza:

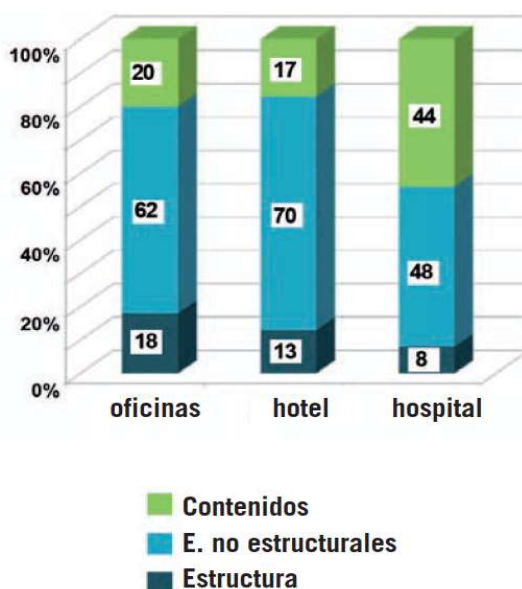


Figura 13 – Relación entre los componentes de un edificio

Otra incorporación importante en el reglamento INPRES-CIRSOC 103 – Parte 1 es el análisis de las partes de la construcción, y dice:

“Se impone minimizar el riesgo en aquellos sitios donde pueden circular o congregarse personas inmediatamente de ocurrido un evento sísmico. Existen muchos antecedentes de pérdidas de vidas por desplome de partes de la obra sobre circulaciones y sitios de evacuación.”

La experiencia nos indica que para disminuir el riesgo sísmico es necesario disminuir la vulnerabilidad de las construcciones, y en especial de los elementos no estructurales y todo lo adherido a la estructura principal, para lograr este objetivo el Reglamento nos remite al Capítulo 10.

Este capítulo exige que todo componente o parte de la construcción debe ser diseñado para soportar una fuerza horizontal, debida al sismo, calculada como el producto entre un coeficiente sísmico de diseño y el peso de la parte o componente que se estudia. El coeficiente se puede calcular fácilmente ya que todos los factores se encuentran tabulados.

También exige verificar los soportes, vínculos y fijaciones de cada parte o componente para que resista la fuerza horizontal transmitida por el sismo. Y también los efectos de las deformaciones que puedan sufrir esos elementos y/o dañar a otros.

Organiza:

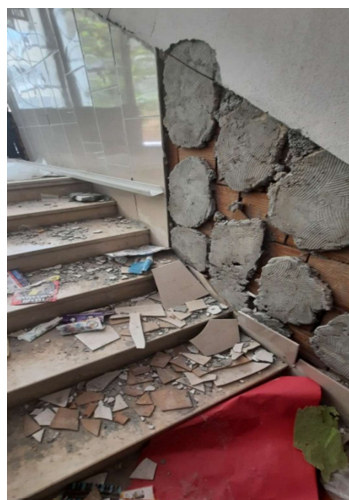
A continuación algunos ejemplos de daños de elementos no estructurales observados en Turquía:



Figura 14 – Daños en instalaciones de gas



Figura 15 – Daños en instalaciones eléctricas



Organiza:

Figura 16 – Desprendimiento de revestimientos en vías de evacuación

Hay que entender que los edificios esenciales deben permanecer en servicio durante y después de una catástrofe, no solo en los terremotos, por lo que la reducción de su vulnerabilidad depende entonces no solo del ingeniero calculista sino de un equipo de profesionales especialistas que intervienen en la ejecución de un proyecto y en todos los ítems de su construcción y puesta en funcionamiento, incluidos los propietarios.

Si comparamos a la provincia de Salta con las zonas afectadas por el terremoto en la República de Turquía, podemos observar la similitud que existe en su geografía, la tipología estructural y la ejecución de obra. Varias ciudades de Salta están ubicadas en zona de peligrosidad sísmica elevada, según la clasificación del INPRES, por lo que es esperable un terremoto de la magnitud del ocurrido en Turquía, y las consecuencias serían catastróficas si no se trabaja en la prevención.

Por lo expuesto se ve que el marco legal y normativo es casi perfecto, solo hay que llevarlo a la práctica.

Conclusión

La experiencia obtenida del terremoto de Turquía, como la de todos los terremotos visitados, nos enseña la importancia del cumplimiento de las normas sismorresistentes para que los edificios no colapsen en salvaguarda de la vida humana. La falta de su cumplimiento, no respetando el proyecto ejecutivo durante el proceso de construcción, ha sido la causa de muchos colapsos y muertes. Es fundamental la toma de conciencia por parte de las autoridades y los profesionales de la responsabilidad que les cabe al momento de habilitar un edificio nuevo o existente.

Organiza:



Agradecimientos:

- Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesiones Afines de Salta
- Embajada de Turquía en Argentina
- Embajada de Argentina en Turquía
- Ing. Paul Kohan – Universidad Nacional de Salta
- Ing. Oguzhan Örer – Municipalidad de Kahramanmaras

Bibliografía:

- Reglamento INPRES-CIRSOC 103 – Parte 1
- Ley Provincial N.º 5556 – Salta
- Ley Provincial N.º 7740 - Salta
- “Hacia un Cambio de Paradigma” – Ing. Alejandro Giuliano

Organiza:



Tel/Fax: [+54] 11 5252.8838 | Whatsapp: [+54 9] 11 3180.3746 | Hipólito Yrigoyen 1144 Piso 1º - Of. 2 | Buenos Aires
Horario de atención: de lunes a viernes de 13:00 a 18:00 hs. | Mail: info@jornadasaie.org.ar - www.jornadasaie.org.ar