

ARQUITECTURA EN ZONA DE ALTO RIESGO SISMICO

Virginia I. Rodríguez¹, Hugo Giuliani², María I. Yacante³

I – ENFOQUE CONCEPTUAL

El notable aumento de las pérdidas asociadas a Desastres y el incremento de la movilización de recursos para atender la respuesta a la Emergencia y Reconstrucción, evidencian claramente la necesidad de promover la Gestión de Riesgo.

El Riesgo puede ser objeto de reducción ó control mediante la intervención humana, si se lo entiende como el resultado de relacionar la Amenaza ó probabilidad de ocurrencia de un suceso, con la Vulnerabilidad ó susceptibilidad de sufrir daño de los elementos expuestos. **El Riesgo expresa la probabilidad que se presente un nivel de consecuencias físicas, económicas, sociales y ambientales en un área determinada en un período definido.**

Se ha llegado a la conclusión que el problema principal es el riesgo, y el desastre es un problema derivado. Este cambio paradigmático ha permitido visualizar la relación que existe entre los desastres, la planificación del desarrollo, la problemática ambiental y la sostenibilidad del desarrollo.

La Gestión de Riesgo constituye una estrategia fundamental para lograr un desarrollo humano sostenible, dado que permite compatibilizar el ecosistema natural y la sociedad que lo ocupa. También puede considerarse una estrategia de gestión ambiental.

Los asentamientos humanos son afectados, continuamente, no sólo por la manifestación de fenómenos de origen natural, sino también por el nivel de Vulnerabilidad Integral que presentan, debido a los procesos de urbanización, a las tendencias de crecimiento y ocupación del territorio, al empobrecimiento de amplios sectores de la población, a la presión sobre los recursos naturales, a la concentración de actividades económicas, al aumento de la densidad de la población, al uso de tecnologías vulnerables, a la existencia de sistemas organizaciones inadecuadas, a la falta de participación comunitaria y de políticas públicas de gestión de Riesgo.

El nivel de riesgo de desastre, en una comunidad está relacionada con sus niveles de desarrollo y su capacidad para reducir factores de riesgos.

El desastre, implica, la existencia previa de condiciones de riesgo.

El desastre es el producto de un proceso colectivo de construcción histórica de vulnerabilidades, que se presente cuando se manifiesta un fenómeno natural, en un área vulnerable, causando alteraciones intensas en las condiciones de funcionamiento normal de la comunidad. pérdidas de vidas, de salud, de bienes y servicios, daños ambientales

El objetivo de la Gestión de Riesgo propiamente dicho, es la reducción ó control de Riesgo, Antes que se manifieste el evento detonador de un probable Desastre.

Existen medidas estructurales y no estructurales para evitar ó reducir las consecuencias de la acción de los fenómenos peligrosos.

1) Arq, Virginia I. Rodríguez – Especialista en Planificación, Prevención y Manejo Integrado en Areas Propensas a Desastre – Profesor Investigador – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan – Argentina – E-mail: deskjet@uolsinectis.com.ar

2) Ing Hugo Giuliani – Profesor Investigador – Instituto de Investigaciones Antisísmicas "Aldo Bruschi" – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de San Juan

3) Arq María Irene Yacante – Investigador – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San

Las medidas estructurales se refieren a la intervención física de la Amenaza y/o de la vulnerabilidad física de los elementos expuestos.

La manifestación de la mayoría de los fenómenos naturales es inevitable debido a ello es imposible intervenir la Amenaza (evitar que se materialice el fenómeno), pero si es posible reducir las condiciones de vulnerabilidad de los elementos expuestos, a fin de reducir los efectos, es decir los daños.

El arquitecto tiene un compromiso ético – profesional que asumir frente a la sociedad como integrante del equipo profesional responsable de controlar el nivel de riesgo en las áreas propensas a desastre. Esto constituye un desafío para la Arquitectura.

El arquitecto debe participar por lo menos en tres líneas de acción:

- Diseño Arquitectónico: contribuyendo a diseñar edificios con adecuada capacidad resistente y resiliencia, atendiendo a la seguridad de las personas, de los bienes y la operatividad.
- Diseño urbano: contribuyendo a la seguridad y funcionalidad de la ciudad.
- Planificación integral del desarrollo: contribuyendo a reducir el riesgo en las regiones expuestas a fenómenos naturales peligrosos.

La Unión Internacional de Arquitectos, incluyó en la Declaración de Varsovia, en junio de 1981, del XIV Congreso, una convocatoria a los arquitectos para contribuir al logro de asentamientos humanos en áreas propensas más seguros.

Existen actualmente muchos obstáculos para que los arquitectos asuman ese compromiso desde las incumbencias profesionales y elaboren respuestas adecuadas a las Amenazas Naturales a las que están expuestas las distintas regiones.

En relación con la Amenaza Sísmica existen aún varios obstáculos:

- Falta de formación de los arquitectos en el tema sísmico que obstaculiza la comprensión del problema y por ende la respuesta desde la Arquitectura.
- El tema del Diseño Sísmico se ha focalizado históricamente en la respuesta estructural, no en el diseño integral del edificio.
- La mayoría de los arquitectos, delegan el problema en los ingenieros y en los códigos sísmicos sólo manejan “recomendaciones “ aisladas, parciales para diseñar los elementos componentes de un edificio.

Lo anteriormente expresado, dificulta la articulación de una respuesta integral del edificio, planteada desde la Arquitectura

Partiendo de un enfoque de Diseño Sísmico que concibe el edificio como un sistema, se abre un camino para desarrollar una Arquitectura que contribuya interdisciplinariamente con la Ingeniería en el logro de edificios concebidos y generados como Sistemas Integrales Sismorresistentes.

Las hipótesis de trabajo iniciales, con las que se va desarrollando la línea de investigación de Arquitectura en Zona Sísmica, en la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, desde la década de los 80, a través de proyectos subsidiados por la Universidad Nacional de San Juan, son las siguientes:

- El sistema debe funcionar como una Totalidad, frente al "impacto" que produce el sismo, garantizando el funcionamiento de todas sus partes, como elementos interactuantes, para tener un adecuado comportamiento sismorresistente, o sea para aumentar la capacidad sismorresistente integral del Sistema, en todas las escalas: edilicia, manzana, barrio y ciudad.
- La generación de Sistemas desde un enfoque de Diseño Sísmico Integral se centra en el manejo, control de las interrelaciones de los elementos interactuantes en la concepción de una Forma Final Arquitectónica y Urbana, considerada como síntesis del Sistema Total, y como posibilidad de articular una respuesta integral del sistema frente al sismo.

1) Arq, Virginia I. Rodríguez – Especialista en Planificación, Prevención y Manejo Integrado en Areas Propensas a Desastre – Profesor Investigador – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan – Argentina – E-mail: deskjet@uolsinectis.com.ar

2) Ing Hugo Giuliani – Profesor Investigador – Instituto de Investigaciones Antisísmicas "Aldo Bruschi" – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de San Juan.

- Los Sistemas Totales, con menor grado de vulnerabilidad, son aquellos en que su Forma Final Ajustada está estructurada respondiendo a principios, leyes y requerimientos sísmicos. Es decir, que su Forma Final contemple las leyes sísmicas, como factor morfogenético, en la estructura de las interrelaciones de sus componentes.

El Objetivo general de esta línea de investigación es :

- Generar desde una concepción de Diseño Sísmico Integral nuevos conocimientos teóricos y metodológicos, que permitan incorporar el Riesgo Sísmico al Proceso de Proyección Arquitectónica y urbana, aportando a: 1) un mejoramiento del Diseño Arquitectónico y Urbano en Zona de Alto Riesgo Sísmico, incorporándolo a la Prevención y Mitigación de Desastres, 2) la formación de arquitectos en el tema; 3) la búsqueda de una Identidad Regional.

La línea se ha orientado a encontrar una respuesta integral, a través de la búsqueda de la generación de alternativas de diseño de Forma Finales arquitectónicas y urbanas, con menores niveles de vulnerabilidad sísmica.

Considerando que el edificio no es una sumatoria de partes y que el sismo actúa sobre todos y cada uno de los elementos interactuantes, la respuesta debe ser integral, del sistema sismorresistente.

El arquitecto, durante el proceso de diseño desde los croquis preliminares puede encarar la respuesta a la Amenaza Sísmica, a través del manejo y control de la Forma Final, entendida como síntesis del sistema total, que expresa las interrelaciones adecuadas de todos los elementos constituyentes, para que el sistema resista y se reacome al ser impactado por un terremoto.

Es decir, que la arquitectura puede contribuir a lograr edificios y ciudades más seguras en las áreas sísmicas, desde una visión integral de diseño sísmico, que involucra al Diseño Arquitectónico y al Diseño Estructural en un trabajo interdisciplinario con el objetivo común de reducción de vulnerabilidad física en las áreas sísmicas

II – INTRODUCCIÓN

Se denomina "Arquitectura en Zona Sísmica" a una arquitectura comprometida con la necesidad de optimizar los procesos de diseño y materialización de los asentamientos humanos localizados en zonas de alto peligro sísmico, basada en la compatibilización de las interrelaciones entre sus componentes o subsistemas interactuantes durante la acción sísmica.

La Arquitectura Sismorresistente expresa el rol que la arquitectura debe asumir para contribuir a la solución integral del "Problema Sísmico".

Abarca cuatro líneas de estudio:

- Diseño Arquitectónico.
- Diseño urbano.
- Planificación urbano - regional.
- Emergencia sísmica.

Este trabajo se ocupa de la "Arquitectura Sismorresistente a escala edilicia". Es decir, del diseño edificio sismorresistente, y su objetivo es un diseño arquitectónico y estructural compatibilizados. Esto significa, lograr que durante el terremoto todos sus componentes estructurales y no estructurales, contribuyan a su sismorresistencia.

Se busca así la solución integral al problema sísmico, convencidos que el sólo análisis estructural no es suficiente para asegurar la estabilidad sismorresistente de los edificios. Esta solución integral debe partir de concebir al edificio como un Sistema Integral Sismorresistente, donde todas sus partes o componentes interactúan durante la acción sísmica y, consecuentemente pueden contribuir positiva o negativamente en la respuesta sismorresistente. Es decir, se hace necesario el análisis de dichas interrelaciones y su compatibilización, a los efectos de evitar un escalonamiento de la capacidad resistente del edificio, que

-
- 1) Arq, Virginia I. Rodríguez – Especialista en Planificación, Prevención y Manejo Integrado en Areas Propensas a Desastre – Profesor Investigador – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan – Argentina – E-mail: deskjel@uolsinectis.com.ar
 - 2) Ing Hugo Giuliani – Profesor Investigador – Instituto de Investigaciones Antisísmicas "Aldo Bruschi" – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de San Juan.

pueda conducir incluso al colapso del mismo.

Efectivamente la interacción, no prevista, de la estructura resistente con los elementos no estructurales, modifican la relación resistencia – rigidez de los elementos resistentes. En tal caso puede ocurrir que la estructura no ofrezca toda su capacidad resistente simultáneamente, tal como es requerida por la acción sísmica. El resultado de esta situación (escalonamiento de la capacidad sismorresistente del edificio) son daños parciales y hasta el colapso del edificio.

De acuerdo con este enfoque tal responsabilidad es compartida por el diseño estructural y el arquitectónico.

Además, no se trata de que el ingeniero calculista cuantifique los efectos positivos y negativos de los elementos interactuantes durante la acción sísmica de un determinado edificio previamente proyectado sin posibilidad de modificarlo, sino todo lo contrario, se trata de lograr durante la fase proyectual, un edificio con un diseño arquitectónico compatibilizado con su diseño estructural sismorresistente donde todos sus elementos interactúan colaborando con la mayor capacidad y eficiencia sismorresistente del mismo.

Por ejemplo si una estructura o pórtico sismorresistente esta compuesto por un determinado número de columnas, durante el efecto sísmico, estas deben desarrollar la capacidad resistente simultáneamente. Caso contrario, si por cualquier motivo no previsto en el "Diseño y Análisis estructural", sólo actúan en un primer momento parte de ellas, evidentemente serán insuficientes y se producirá el colapso de las mismas; a continuación las restantes serán destruidas por el efectos sísmico provocando la ruina del edificio.

Lógicamente este escalonamiento no se refiere a aquellos que las deformaciones plásticas pueden corregir con una adecuada redistribución de tensiones y sollicitaciones. Se trata de escalonamientos muy severos para los cuales dichas deformaciones plásticas se ven totalmente superadas.

Desde este particular enfoque se ha desarrollado una teoría que le da sustento racional. Con esta finalidad se sintetizan dos principios básicos generadores sobre los que se sustenta la arquitectura en zona sísmica:

- ✓ Enfoque integral del edificio, donde todos sus componentes interactúan durante la acción sísmica, siendo así responsable positiva ó negativamente de su sismorresistencia.
- ✓ Los elementos interactuantes durante la acción sísmica deben poder responder con la rigidez, ductilidad, y sincronización previstas en el diseño y análisis estructural. Es decir, deben poder ofrecer toda su sismorresistencia en forma simultánea. Caso contrario se produce el escalonamiento de la misma, pudiendo llegarse por esta causa al colapso total del edificio

A estos dos principios básicos se le suman otros cuatro no menos importantes:

- ✓ El coeficiente sísmico correspondiente a los distintos pisos de un edificio, aumenta con la altura de los mismos.
- ✓ Los elementos resistentes pueden ser ubicados con cierta independencia de las cargas verticales.
- ✓ Las fuerzas sísmicas son proporcionales al peso de la construcción.

Las causas que provocan el escalonamiento de la capacidad sismorresistente de los edificios, y que son responsabilidad del diseño arquitectónico, son las siguientes. torsión sísmica, columnas cortas, pseudo-resonancia, golpeteo, pisos flexibles, cambios bruscos de rigideces en planta y altura

- ✓ Eficiencia y optimización de la respuesta sismorresistente de los edificios.

Este último, si bien no se refiere a las causas que provocan el escalonamiento de la resistencia sísmica, es de la mayor importancia porque pretende la optimización de la capacidad sismorresistente de los

-
- 1) Arq. Virginia I. Rodríguez – Especialista en Planificación, Prevención y Manejo Integrado en Areas Propensas a Desastre – Profesor Investigador – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan – Argentina – E-mail: deskjet@uolsinectis.com.ar
 - 2) Ing Hugo Giuliani – Profesor Investigador – Instituto de Investigaciones Antisísmicas "Aldo Bruschi" – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de San Juan.

edificios.

Se puede lograr de dos maneras: una reduciendo las fuerzas sísmicas; y otra, aumentando la eficiencia de la capacidad sismorresistente de los edificios.

- La reducción de las fuerzas se puede obtener de diversas formas, a saber:

- a) La reducción de pesos se puede obtener mediante el uso de materiales más livianos o disminuyendo rellenos y otras terminaciones pesadas, que no sean esenciales a la finalidad de la construcción.
- b) Reubicando los mayores pesos, por ejemplo archivos, piletas, etc., en los niveles inferiores.
- c) Evitando la pseudo-resonancia: esto implica evitar que el período fundamental del edificio coincida con el período predominante del terreno de fundación.

- En relación a la optimización de la capacidad sismorresistente ésta se puede obtener diseñando los edificios considerando los principios y requerimientos sísmicos como un factor morfogenético desde los croquis preliminares y durante todo el proceso de diseño.

La Arquitectura debe concebir edificios que garanticen una respuesta integral, respondiendo a dos objetivos: evitar el escalonamiento de la capacidad sismorresistente y optimizar su comportamiento sísmico.

Esta respuesta arquitectónica se ha formulado desde la morfología con total naturalidad y constituye un modo totalmente diferente del hasta ahora utilizado.

Se trata de establecer criterios para responder adecuadamente a los requerimientos sísmicos, tendientes a establecer rápidamente una respuesta morfológica ajustada, que denominamos "**Forma Final Ajustada**". La **Fig. 1** resume esquemáticamente el proceso seguido hasta llegar a la solución morfológica aquí propuesta.

Es de cualquier manera el resultado de una acción interdisciplinaria de Arquitectura e Ingeniería Sismorresistente, basada en una concepción integral del edificio, como sistema de Sismorresistencia, que compromete al Diseño Arquitectónico y al Diseño Estructural en el logro de un objetivo común.

III – FORMA FINAL AJUSTADA

La forma final ajustada significa un proyecto arquitectónico del edificio donde todos sus componentes que interactúan durante el sismo lo hacen positiva y eficientemente, optimizando su sismorresistencia.

Los objetivos de la Forma Final Ajustada son: Evitar el escalonamiento de la sismorresistencia del edificio y optimizar dicha sismorresistencia.

La metodología propuesta para el logro de la misma exige transformar todos y cada una de los condicionantes sismorresistentes en condicionantes morfológicos del proyecto arquitectónico en particular. Este objetivo constituye, sin duda, la base fundacional del método morfológico utilizado. En este sentido comenzamos por establecer las variables referenciales a compatibilizar morfológicamente:

- 1) **Piso flexible.** 2) **Choque de edificios.** 3) **Torsión sísmica.** 4) **Pseudo-resonancia.** 5) **Cambios bruscos de rigideces en planta y elevación.** 6) **Rigidez-flexibilidad.** 7) **Pesos concentrados.** 8) **Columnas cortas.** 9) **Edificios altos.** 10) **Edificios con plantas en forma de L, U y T.**

Corresponde ahora establecer las respuestas morfológicas a cada una de estas variables: en este sentido la tabla siguiente constituye un primer intento, que, no obstante, permite la inmediata aplicación de la solución propuesta

1) Piso flexible

-
- 1) Arq. Virginia I. Rodríguez – Especialista en Planificación, Prevención y Manejo Integrado en Areas Propensas a Desastre – Profesor Investigador – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan – Argentina – E-mail: deskjet@uolsinectis.com.ar
 - 2) Ing Hugo Giuliani – Profesor Investigador – Instituto de Investigaciones Antisísmicas "Aldo Bruschi" – Facultad de

Esta situación se da cuando en un determinado piso de un edificio alto, la rigidez del mismo disminuye notablemente respecto a los contiguos

Esta situación produce una fuerte concentración de fuerzas sísmicas en el mismo, dando lugar a un peligroso mecanismo de escalamiento de la resistencia del edificio.

La respuesta morfológica consiste en evitar esta situación en el diseño arquitectónico. Cuando se requiera un piso de grandes luces, este deberá ubicarse en el último piso, o ubicarlo fuera de la planta de la torre, y desarrollarlo en un solo nivel preferentemente.

2) Choque de edificios

Esto ocurre cuando entre los edificios no existe separación suficiente y el choque se produce cuando sus oscilaciones son desfasadas. Situación completamente normal en estos casos, por lo que se hace necesario evitarla.

La respuesta morfológica consiste en separarlos, tal como prescriben las normas actuales.

En los casos de un mismo edificio, conviene proyectar las distintas funciones en cuerpos separados completamente. Esto evita con seguridad, el choque entre los mismos, permite una estructura uniforme y también evita cambios bruscos de rigideces en planta y altura.

3) Torsión sísmica

Este efecto ocurre cuando el centro de rigidez (CR) y el centro de torsión (CT) no coinciden. En esta situación aparecen solicitaciones adicionales especialmente en aquellas más alejadas del CR, pudiendo provocar el escalonamiento de la capacidad sismorresistente del edificio.

Este problema si bien se lo tiene en cuenta en el análisis estructural es totalmente indeseable porque genera fuertes fuerzas sísmicas adicionales y en forma desigual entre el conjunto de columnas, dando pie al escalonamiento de la capacidad resistente del edificio.

La respuesta morfológica se logra proyectando edificios simétricas en plantas y altura. Además es necesaria la simetría estructural, y de los elementos no estructurales interactuantes. Esto exige también, la simetría funcional de la planta arquitectónica.

4) Pseudo-resonancia

Se produce cuando el período propio del edificio coincide con el período predominante del terreno de fundación, condición que amplifica notablemente la acción sísmica.

Se compatibiliza haciendo diferentes ambos períodos de vibración es decir:

$$T_t = T_{ed} = \frac{h}{100} \sqrt{\frac{30}{lx} + \frac{2}{1+300}} \quad (\text{Fórmula Carmona - Herrera})$$

donde:

T_t = período predominante del terreno.

T_e = período propio del edificio.

h = altura del edificio.

l = ancho del edificio en la dirección considerada.

-
- 1) Arq, Virginia I. Rodríguez – Especialista en Planificación, Prevención y Manejo Integrado en Areas Propensas a Desastre – Profesor Investigador – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan – Argentina – E-mail: deskjet@uolsinectis.com.ar
 - 2) Ing Hugo Giuliani – Profesor Investigador – Instituto de Investigaciones Antisísmicas “Aldo Bruschi” – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de San Juan

La respuesta morfológica está dada por dicha ecuación ya que T_e es función de sus dimensiones espaciales (ancho y altura del edificio). Estas dimensiones habrá que manejarlas para que $T_t = T_e$. puesto que $T_t = c t_e$ para cada caso particular.

5) Cambios bruscos de rigideces en planta y elevación

La eliminación de estas situaciones se logra utilizando, lógicamente, formas espaciales del proyecto arquitectónico compactas, uniformes y homogéneas.

6) Rigidez - flexibilidad

Cuando se requiere un edificio rígido o flexible, es decir poco deformable o más deformable se recurre lógicamente a estructuras rígidas como lo son los tabiques de hormigón armado y/o alta densidad de muros de mampostería de alta resistencia y espesor de 0,20 m, o bien todo lo contrario en los edificios flexibles.

Sin duda ambos casos repercuten en la morfología de los edificios.

7) Pesos concentrados

En la mayoría de las actuales normas sismorresistentes el coeficiente sísmico aumenta casi proporcionalmente a la altura del piso respecto del terreno. En consecuencia, en el Diseño Arquitectónico, es muy importante tener en cuenta este principio, tanto para evitar el uso de materiales pesados, contrapisos, tabiques divisorios, revestimientos, etc., en los niveles superiores como para ubicar los locales destinados a archivos, piletas de natación o equipos pesados en los niveles inferiores. Se consigue así, no solo reducir las fuerzas sísmicas por el hecho que el coeficiente sísmico aumenta en los niveles superiores, sino también reducir, lógicamente, los momentos y cortes sísmicos.

El ejemplo siguiente deja perfectamente aclarado la importancia de este último concepto.

Se trata de una construcción de seis niveles donde se compara el efecto sísmico provocado por un cierto peso **P**, ubicado primero en el quinto nivel y luego en el primer nivel de la misma construcción.

Fig. 2.

Las conclusiones son terminantes. Para el caso **P** ubicado en el quinto nivel, el momento al vuelco resulta 25 veces mayor que para el caso de **P** ubicado en el primer nivel. Además el corte sísmico afecta a los niveles del uno al cinco, en cambio, en el segundo caso, sólo al primer nivel y en una relación cinco veces menor.

8) Columnas cortas

Otro tema ligado al problema rigidez-resistencia es el denominado "**Columna corta**". Aquí el corte sísmico aumenta inversamente proporcional al cubo de su altura para columnas de igual área de sección transversal.

Además, para columnas de muy poca altura ésto se agrava por el hecho de que el hormigón no es apto para resistir fuertes esfuerzos tangenciales, disminuyendo notablemente su ductilidad.

Estos casos se producen por una disposición particular de las mamposterías, que reducen la altura de las columnas y consecuentemente su rigidez se incrementa mucho más. Esto hace que se concentre un notable corte sísmico, que lógicamente no puede resistir. La rotura de estos elementos resistentes, deje indefenso al resto de los elementos resistentes, pudiendo sobrevenir el colapso total.

Esta situación puede ser fácilmente evitada cuando es consecuencia de la forma y ubicación de las aberturas.

-
- 1) Arq. Virginia I. Rodríguez – Especialista en Planificación, Prevención y Manejo Integrado en Areas Propensas a Desastre – Profesor Investigador – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan – Argentina – E-mail: deskjet@uolsinectis.com.ar
 - 2) Ing Hugo Giuliani – Profesor Investigador – Instituto de Investigaciones Antisísmicas "Aldo Bruschi" – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de San Juan.

En cambio cuando se debe a desniveles de entresijos de media altura es prácticamente imposible su eliminación, por lo que estos desniveles deben ser eliminados es el proyecto arquitectónico sismorresistente Fig. 3

9) Edificios altos

En los edificios altos, es decir de más de 10 niveles, esta forma ajustada ideal debe exigirse en un prácticamente 100 %.

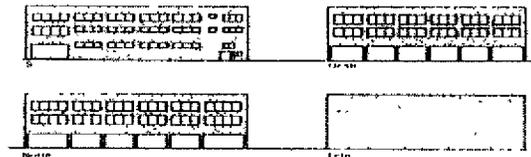
10) Edificios con plantas en forma de L, U y T

Las formas L, U y T por la flexibilidad de los entresijos dan lugar a momentos torsores, aún cuando se haya provisto que CTCM. Esto se explica porque la flexibilidad de los entresijos reducen las rigideces de las columnas, especialmente en los extremos de las correspondientes losas.

11) Ejemplos de Problemas de Diseño en Edificios

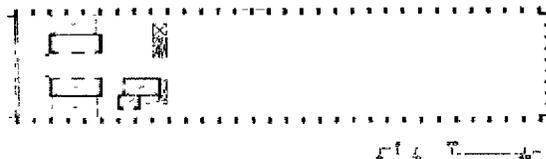
VARIACIONES DE RIGIDEZ PERIMETRAL

Problema Torsion



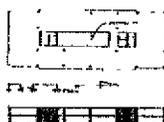
Edificio Brock's
Terremoto Kom Country, California 1952

FALSA SIMETRIA Problema Torsión



Edificio Banco Central de Managua
Terremoto de Nicaragua, 1971

- 1) Arq, Virginia I R
Profesor Investig
E-mail: deskjet@
- 2) Ing Hugo Giulian
Ingeniería – Univ

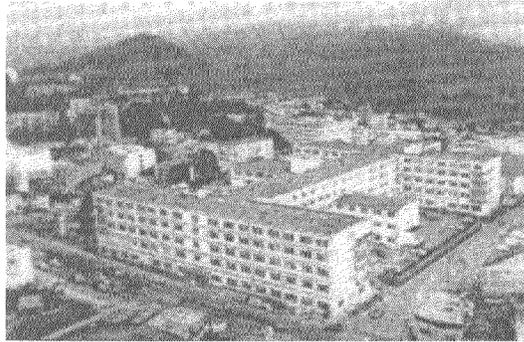


rado en Areas Propensas a Desastre –
I Nacional de San Juan – Argentina –

"Aldo Bruschi" – Facultad de

TORSION

FORMA IRREGULAR EN PLANTA
Problema Concentración de Esfuerzos
Torsión



Hospital de Caldas en Colombia

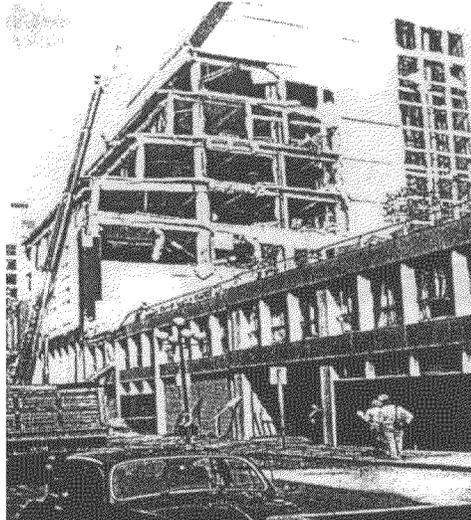
-
- 1) Arq. Virginia I. Rodríguez – Especialista en Planificación, Prevención y Manejo Integrado en Areas Propensas a Desastre – Profesor Investigador – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan – Argentina – E-mail: deskiet@uolsinectis.com.ar
 - 2) Ing Hugo Giuliani – Profesor Investigador – Instituto de Investigaciones Antisismicas "Aldo Bruschi" – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de San Juan.



**IRREGULARIDAD EN ALTURA
ESCALONAMIENTO**

Problema: Concentración de Esfuerzos

Edificio N



Edificio

Terremoto Mexico 1985

-
- 1) Arq. Virginia I. Rodríguez – Especialista en Planificación, Prevención y Manejo Integrado en Áreas Propensas a Desastre – Profesor Investigador – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan – Argentina – E-mail deskjet@uolsinectis.com.ar
 - 2) Ing. Hugo Giuliani – Profesor Investigador – Instituto de Investigaciones Antisísmicas "Aldo Bruschi" – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de San Juan.