

# PARÁMETROS PARA EVALUACIÓN SÍSMICA DE EDIFICACIONES

**Ligia María Vélez Moreno**

Instituto Tecnológico Metropolitano, Calle 73, nº76ª354 Via el Volador  
Tel.(574)4405178 Medellín – Colombia, ligjavelez@itm.edu.co

**Tema 5:** Comportamiento y resistencia de los edificios

**Palabras Claves:** Sismorresistencia, Evaluación estructural, Intervención estructural.

## Resumen

En este trabajo se hace una introducción a las razones por las cuales las edificaciones colapsan y a la pérdida ocurrida en el terremoto de Armenia Colombia el 25 de enero de 1999, y los fundamentos de la evaluación sísmica, los cuales se desarrollan a través de las características del evento sísmico, los tipos de edificaciones, la habitabilidad como resultado de la inspección y las intervenciones generalmente ejecutadas coherentes para dignificar la vida de las edificaciones. Y al final se concluye con respecto a los mecanismos estructurales mejorados con algunas de las intervenciones.

## 1. Introducción

Las construcciones en el mundo colapsan por [1] tres razones fundamentales: errores del proyecto 75%, azar 10% e ignorancia; y en esta medida la ignorancia parte del desconocimiento de cómo realmente responden las construcciones a las necesidades funcionales y ambientales, y de cómo hacerlas sismorresistentes, incombustibles y duraderas.

En Colombia se presentó un terremoto [2] de 6.2 de Magnitud Escala Richter, el 25 de enero de 1999, a las 1:19 p.m. hora local (18:19 GMT) en la zona Centro-Occidental de Colombia (4.41° N, 75.72° W), causó graves daños en la ciudad de Armenia (270,000 hab.), capital del Departamento de Quindío; en la ciudad de Pereira (380,000 hab.), capital del Departamento de Risaralda, y en (35) poblados alrededor de estas ciudades. Registrado por la Red Sismológica Nacional vía satélite del Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química, INGEOMINAS, por el Observatorio Sismológico del Sur Occidente, OSSO, y por la Red Sismológica del Eje Cafetero. A las 5:40 p.m, hora local, del mismo día se presentó una réplica de 5.8, que causó el colapso significativo de edificaciones que habían quedado debilitadas por la acción del sismo principal

Los parámetros para evaluación sísmica de edificaciones, en concordancia con el diseño y la evaluación sísmica se fundamentan en las condiciones de sismicidad del lugar, la respuesta del suelo en el cual la edificación esta emplazada, el tiempo de vida útil, las características de los materiales de construcción, el valor científico del análisis y del diseño, y por ultimo la economía del país.

## 2. Características del evento sísmico

Los eventos sísmicos se describen por medio de la localización geográfica, la sismología y tectónica en dirección, foco, epicentro, conformación de placas y posibles fallas; y sin lugar a dudas lo que se siente y a lo que responden los edificios, la energía de aceleración, con la amenaza sísmica dimensionada en aceleraciones ó en porcentajes de la gravedad, con un periodo de retorno según la normativa del país, para Colombia el periodo de retorno es de 50 años.

En el aspecto técnico se describe el terremoto de Armenia con respecto a la red de sismógrafos que se instaló en la zona indica la ocurrencia a una profundidad de menos de 15 kilómetros en una falla denominada Cauca-Almaguer, a 16 kilómetros al sur de Armenia y 48 kilómetros al sur de Pereira. El mecanismo focal, de acuerdo con observaciones preliminares internacionales, corresponde a una falla sentido N10E, casi vertical (buzamiento 60°-70° hacia el Este).

Figura 1. Localización geográfica del epicentro en el Departamento de Quindío (Ingeominas)

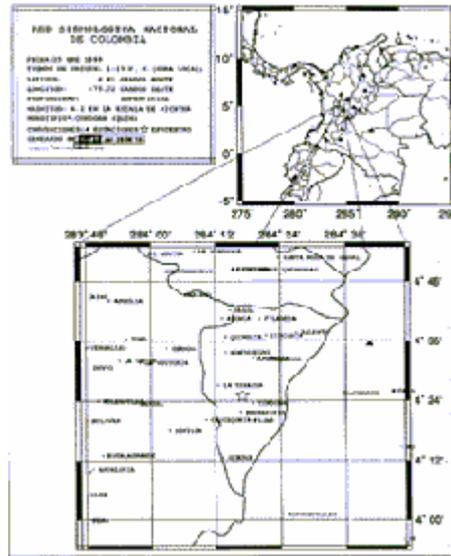


Figura 2. Temblor de Armenia Colombia. Registro Universidad del Quindío- Enero 25 de 1999 1.19 PM – componente este oeste

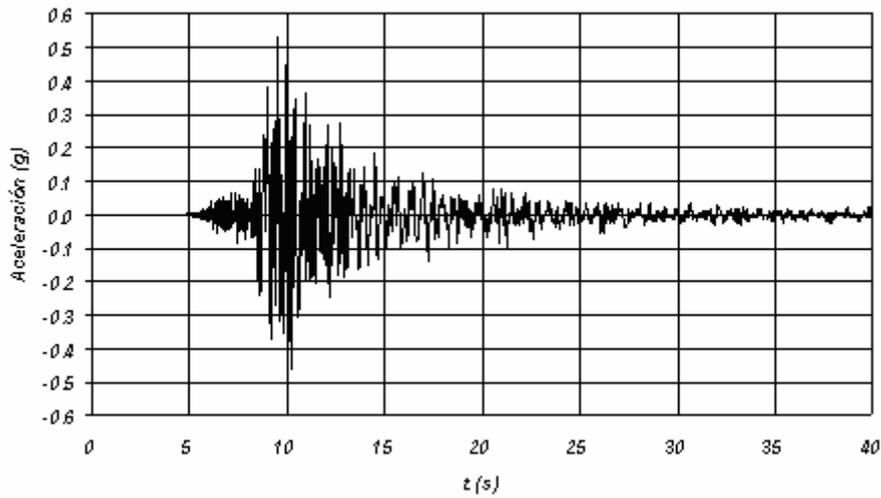


Figura 3. Temblor de Armenia Colombia. Registro Universidad del Quindío- Enero 25 de 1999 1.19 PM – componente norte sur

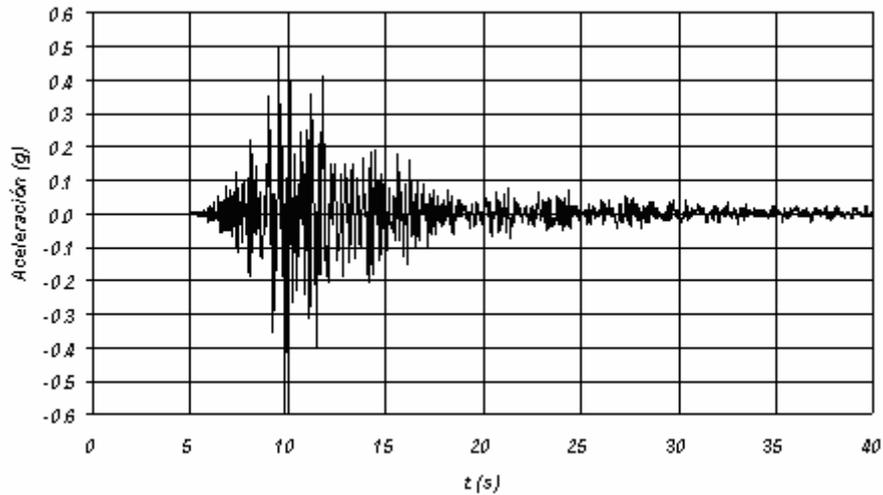


Figura 4. Temblor de Armenia Colombia. Registro Universidad del Quindío- Enero 25 de 1999 1.19 PM – componente vertical

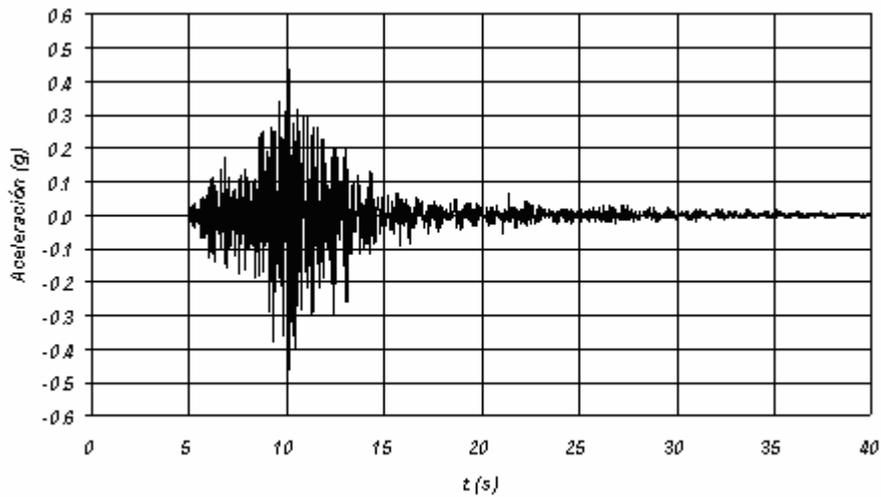


Figura 5. Temblor de Armenia Colombia. Espectro de aceleraciones Registro Universidad del Quindío- Enero 25 de 1999 1.19 PM – componente este oeste

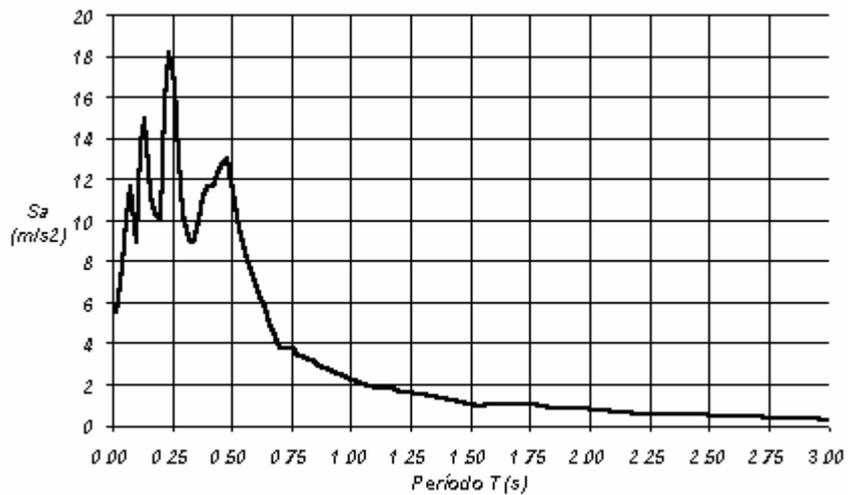


Figura 6. Temblor de Armenia Colombia. Espectro de aceleraciones Registro Universidad del Quindío- Enero 25 de 1999 1.19 PM – componente norte sur

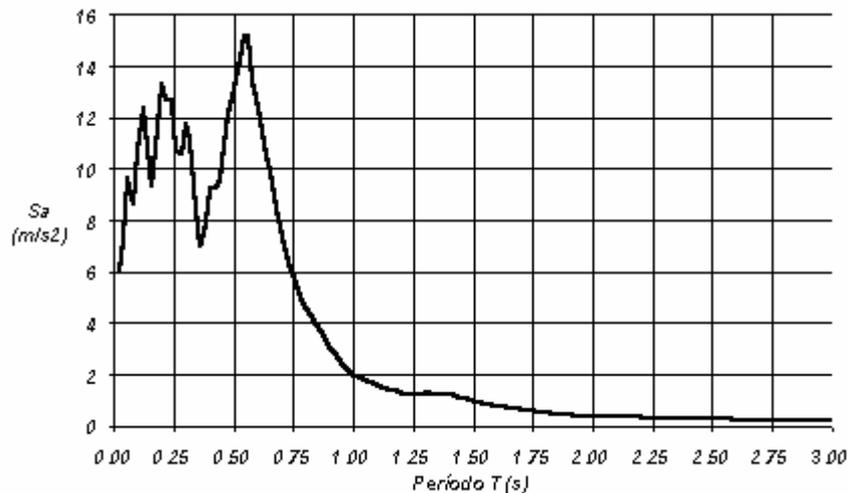
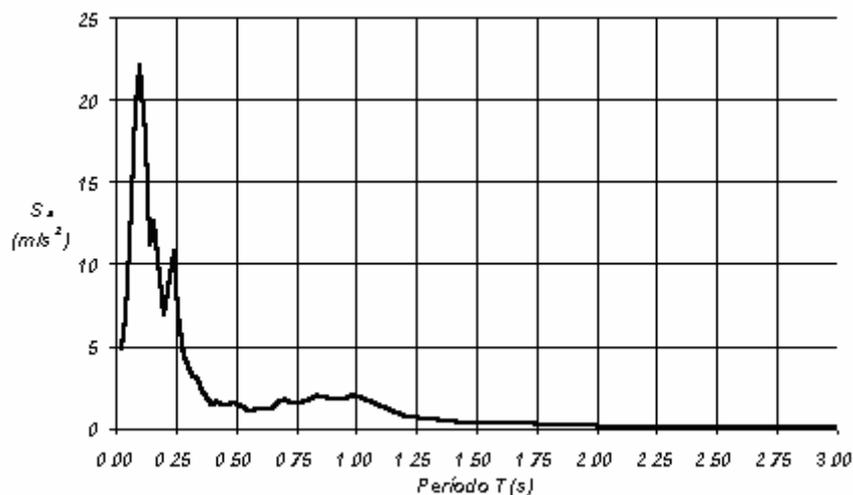


Figura 7. Temblor de Armenia Colombia. Espectro de aceleraciones Registro Universidad del Quindío- Enero 25 de 1999 1.19 PM – componente vertical



Se interpreta riesgo sísmico [3] como la probabilidad de una pérdida causada por un sismo durante un tiempo definido. Esta pérdida puede ser medida en términos humanos, económicos o sociales y la escala escogida define el costo de la pérdida que da una medida del riesgo. Por ejemplo, se podría expresar el riesgo en términos del número de muertos o en términos de un costo económico, que puede incluir elementos directos (bienes destruidos) e indirectos (interrupción de comercio).

### 3. Tipos de edificaciones

Los tipos de edificaciones contemplados en la escala de Intensidades Mercalli Modificada para los países andinos (M.M.A-92) [4] se clasifican en cuatro tipos, construcciones sísmicas muy débiles, construcciones sísmicamente débiles, construcciones livianas y normales, y construcciones sismorresistentes.

- Las muy débiles corresponden a edificaciones elaboradas con adobe, en las que el espesor del muro depende del aparejo utilizado, como también las construidas con tierra húmeda, tapiales y bloques de piedras con argamasas y calicantos.
- Las sísmicamente débiles elaboradas con ladrillos, bloques de cemento o tierra comprimidos y bloques de piedra, sin amarres verticales y horizontales; las de armazones en madera, guadua, quincha y bahareque debilitados por la acción de humedecimiento y secado alternado, y en este tipo también podría hablarse de construcciones de concreto reforzado con configuraciones estructurales

inadecuadas (columnas cortas, excentricidades exageradas, poca rigidez y mala relación con construcciones adyacentes).

- Las construcciones livianas generan bajas fuerzas de inercia y pueden responder adecuadamente a sismos, y como construcciones normales se clasifican las de albañilería y concreto reforzado de resistencia a la compresión mínima de 210 Kg./cm<sup>2</sup>.
- Y las construcciones sismorresistentes, construcciones de mampostería simple con densidades de muros no inferiores a 25 cm./m<sup>2</sup> en ambas direcciones, mampostería confinada o con refuerzo interior con densidades de muros superiores a 12 cm./m<sup>2</sup>, construcciones de concreto reforzado y acero estructural capaces de controlar deformaciones de sus elementos estructurales y no causar daños en elementos no estructurales y de acabado, así como de resistir sismos de diseño en el periodo de retorno de la normativa de cada país.

#### **4. Inspección y habitabilidad**

La habitabilidad es el resultado de la inspección y análisis de los daños sufridos por una edificación y constituye una medida de la estabilidad de la estructura y de la seguridad de sus ocupantes. La inspección describe y cuantifica el número de pisos, el uso predominante, las dimensiones, el sistema estructural, los tipos de entresijos, la edad de la construcción, el estado de la edificación, y la estabilidad.

El número de pisos debe esquematizarse y hacer diferencia entre niveles en sótano, niveles en altura y niveles sobre laderas inclinadas, necesarios para establecer límites de desplazamientos horizontales y verticales de la estructura.

El uso de la edificación debe identificarse piso por piso y sector por sector, los usos contemplados para edificaciones son: residencial, comercial, educación, salud, hotelero, oficinas, industrial, institucional, bodegas, parqueaderos y otros. Los usos son determinantes de los niveles de carga y de los coeficientes de importancia para el diseño sísmico.

Las dimensiones y la forma geométrica de las plantas y las alturas de la edificación dan cuenta de la inercia, la capacidad de volcamiento y la distribución de esfuerzos a través del sistema estructural.

Los sistemas estructurales contemplados por la normativa tanto nacional como internacional, para determinar la vulnerabilidad y las diferentes técnicas constructivas, son: pórticos de concreto, muros estructurales de concreto, sistemas duales o combinados de concreto, prefabricados de concreto, mampostería confinada, mampostería reforzada, mampostería no reforzada, pórticos arriostrados de acero, pórticos no arriostrados de acero, pórticos en celosía de acero, pórticos y paneles en madera, pórticos en madera y paneles en otros materiales; tapia y bahareque, y estructuras mixtas.

Los tipos de entresijos determinan el peso y desempeño como diafragma rígido o flexible, por lo cual se establecen categorías dependiendo del material y del tipo de estructura, madera, ladrillo, bloque acero, concreto y combinación de los anteriores, y con respecto al tipo de estructura, unidireccional, bidireccional y maciza.

El año de construcción es un indicativo de la técnica constructiva utilizada, la calidad de los materiales y los requisitos de diseño empleados.

El estado de la edificación es correspondiente con cuatro factores, estabilidad global de la edificación, problemas geotécnicos, y daños en elementos estructurales y no estructurales, los cuales consienten o no con la habitabilidad de la estructura.

La estabilidad corresponde en sus diferentes categorías con la evaluación de si los elementos estructurales han alcanzado los estados límites últimos de esfuerzos, y se categorizan como: pérdida de equilibrio, rotura de partes críticas, colapso progresivo, formación de mecanismos plásticos, inestabilidad debida a deformaciones y fatiga.

#### **5. Intervenciones**

Las intervenciones se realizan dependiendo del tipo de edificación y su valor representado, sin embargo la postura es dignificar la vida de la edificación para su durabilidad de acuerdo a sus condiciones de diseño, evaluar el grado de seguridad, y proponer alternativas de reconstrucción respetuosas del lenguaje estructural y arquitectónico.

Para intervenciones estructurales históricas o de valor patrimonial, se debe evitar el colapso del edificio de tal manera que el sistema estructural absorba la energía sísmica y la disipe a través de cada uno de sus componentes, cada componente podrá rediseñarse y reconstruirse aumentando su resistencia elástica e incrementando su ductilidad para lograr asegurar la estabilidad en la etapa de post fisuración.

Las opciones para rediseño y reconstrucción generalmente son reconstrucción de muros, sellado de fisuras, costura de grietas, colocación de tensores, elaboración de elementos confinantes o de amarre, construcción de contrafuertes, encamisado de elementos resistentes, apuntalamientos e inyecciones, las cuales deben ejecutarse de manera rigurosa para que cumplan su cometido.

## **6. Conclusiones**

Los mecanismos de conexión de elementos estructurales rígidos y cerrados en planos de actuación de cortante sísmico, elaborados con vigas perimetrales, rigidizan los muros, disminuyen el momento flector en la base y disminuyen esbeltez.

Los contrafuertes eliminan la posibilidad de volcamiento de los cerramientos y aumentan la rigidez de la edificación.

Las inyecciones de materiales nuevos sobre elementos de unión estructural de la edificación, deben localizarse de tal manera que no agredan el mecanismo de funcionamiento del elemento.

Las investigaciones en rediseño y reconstrucción deben hacerse de común acuerdo con los centros de investigación de las universidades para que las intervenciones y el valor de las edificaciones permanezcan en el tiempo.

## **Referencias bibliográficas**

[1] MELLACE, Rafael (2005): "Normalización de la Construcción de Tierra en Argentina", Universidad Nacional de Tucumán. Argentina, Tampico. México febrero 17 de 2005.

[2] CARDONA, Omar D., Presidente de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS Director, CEDERI, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

[3] BOMMER, Julian; SALAZAR, Walter; SAMAYOA, Ricardo (2000): "Riesgo Sísmico en la Región Metropolitana de San Salvador". Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente.

[4] KUROIWA, Julio; LAZARES, Fernando (1997): "Escala de Intensidades Mercalli Modificada para los países andinos", XI Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Noviembre 04-08-1997, Trujillo, Perú.

[5] <http://www.angelfire.com/ri/chterymercalli/>

[6] MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO: "Modificación a los decretos 33 y 34 de la ley 400 de 1997". Republica de Colombia. Asociación de Ingeniería Sísmica (AIS).

[7] III SIACOT (2004): "La Tierra Cruda en la Construcción del Hábitat", Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra. San Miguel de Tucumán, Octubre 2004.

La autora es Profesora Asistente en el Instituto Tecnológico Metropolitano, ingeniera civil, especialista en docencia universitaria, ingeniera sismorresistente y investigadora.