

NSR-98

Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente

- Ley 400 de 1997
- Decreto 33 de 1998
- Decreto 34 de 1999

Tomo 1



Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

**Carrera 20 N° 84-14 (Oficina 502)
Santa Fe de Bogotá, D.C.
COLOMBIA**

**Teléfonos: 530 0826
Fax: 530 0827**

NSR-98

Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente

Tomo 1

Contenido

- **Prefacio**
- **Ley 400 de 1997**
- **Título A - Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente**
- **Título B - Cargas**
- **Título C - Concreto Estructural**
- **Título D - Mampostería Estructural**
- **Título E - Casas de Uno y Dos Pisos**

NSR-98

Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente

Prefacio

PREFACIO

INTRODUCCION

Recientemente el país se ha visto sometido a una serie de movimientos sísmicos que además de producir, lamentablemente, víctimas humanas y daños en edificaciones, revivió la necesidad de revisar toda la problemática de la construcción sismo resistente y de las obligaciones y responsabilidades que al respecto tienen el Estado, los profesionales de la ingeniería, la arquitectura y la construcción; sin dejar de lado a las instituciones financieras y a las compañías de seguros.

Las normas sismo resistentes presentan requisitos **mínimos** que, en alguna medida, garantizan que se cumpla el fin primordial de salvaguardar las vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo fuerte. No obstante, la defensa de la propiedad es un resultado indirecto de la aplicación de los normas, pues al defender las vidas humanas, se obtiene una protección de la propiedad, como un subproducto de la defensa de la vida. Ninguna norma explícitamente exige la verificación de la protección de la propiedad, aunque recientemente hay tendencias en esa dirección en algunos países [Ref. 23 y 30].

No sobra recordar que tan solo con dos excepciones, las víctimas humanas que se presentan durante los sismos, en su gran mayoría están asociadas con problemas en las construcciones. Las excepciones corresponden a víctimas producidas ya sea por avalanchas disparadas por el evento sísmico, o bien por la ola marina producida por un sismo que ocurre costa afuera, lo que se denomina Tsunami. El hecho de que las construcciones producen las víctimas debe tenerse en mente con el fin de justificar la imperiosa necesidad de disponer de normas de diseño sismo resistente.

Teniendo en cuenta que el 86% por ciento de la población colombiana se encuentra en zonas de amenaza sísmica alta e intermedia, con el auspicio del Fondo Nacional de Calamidades, la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, desde comienzos de la década de 1990, y con la participación de un muy amplio número de asociaciones gremiales, profesionales de la construcción y funcionarios de las entidades del Estado relacionadas con el tema; logró concluir las labores de actualización de la reglamentación de diseño y construcción sismo resistente con la expedición por parte del Congreso de la República de la Ley 400 del 19 de agosto de 1997 y por parte del Gobierno Nacional del Decreto 33 del 9 de Enero de 1998, las cuales en conjunto corresponden a las nuevas normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente, NSR-98. Estas normas actualizan y reemplazan la primera normativa sismo resistente del país, la cual había sido aprobada por medio del Decreto 1400 del 7 de Junio de 1984 - Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes [Ref. 57].

La Ley 400 de 1997 permitirá, en el futuro, expedir actualizaciones de las normas sismo resistentes colombianas por medio de Decretos Reglamentarios. Gracias al apoyo de la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de desastres, a través del Fondo Nacional de Calamidades y la activa participación de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, se redactó lo que conforman los aspectos técnicos de la normativa sismo resistente que actualiza el Decreto 1400/84. La nueva versión de las Normas Sismo Resistentes Colombianas se denomina NSR-98 y fue expedida por medio del Decreto 33 del 9 de Enero de 1998.

Dado que la normativa sismo resistente corresponde a un documento tecnológico, ésta debe actualizarse con alguna periodicidad; para plasmar los avances en las técnicas de diseño y las experiencias que se haya tenido con sismos recientes. Para dar una idea al respecto, el Uniform Building Code [Ref. 47], el cual rige en el oeste de los Estados Unidos, incluyendo el Estado de California, es actualizado cada tres años.

En la presente introducción se describe la problemática sísmica colombiana, el desarrollo de las normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente, incluyendo las variaciones contenidas en la actualización, y se discuten algunas de las estrategias que pueden adoptarse por parte de la industria de la construcción, para minimizar la vulnerabilidad de nuestras construcciones ante la ocurrencia de eventos sísmicos.

TECTONICA Y SISMICIDAD COLOMBIANAS

Causas de los terremotos

La corteza terrestre es relativamente delgada. Se extiende hasta profundidades de 70 km en los océanos y 150 km bajo los continentes y además está en un estado permanente de cambio. Es muy válida la analogía de que al comparar la tierra con un huevo duro, la corteza tendría un espesor semejante a la cáscara y ésta estaría fracturada en una serie de fragmentos que en la tierra se conocen con el nombre de *placas tectónicas*.

Hay fuerzas bajo la corteza terrestre que hacen que estas placas tectónicas se muevan a velocidades pequeñas del orden de centímetros por año. La causa de estas fuerzas no está muy entendida, pero la explicación prevaleciente en la actualidad es que son causadas por flujos lentos de lava derretida. Estos flujos son producidos por convección térmica y por los efectos dinámicos de la rotación de la tierra. En algunas regiones las placas se están separando en la medida que sale a la superficie nuevo material de corteza desde el interior de la tierra, estos lugares en general están localizados en el fondo de los océanos y tienen el nombre de *crestas marinas*. Un sitio donde ocurre esto está localizado en el centro del Océano Atlántico. En otros lugares las placas se deslizan una al lado de la otra, como ocurre en la Falla de San Andrés en California. En otros sitios, llamados *zonas de subducción*, las placas se empujan una contra otra haciendo que una de las dos se introduzca por debajo. Esto último ocurre a todo lo largo de la costa sobre el Océano Pacífico de Centro y Sur América.

El movimiento relativo entre placas tectónicas colindantes, independientemente de su dirección, acumula energía hasta un momento en el cual causa una fractura en la roca, liberando abruptamente esta energía acumulada, la cual se manifiesta con la generación de ondas sísmicas. La gran mayoría de los sismos en el mundo ocurre en las fronteras entre placas. Estos sismos se conocen con el nombre de *sismos tectónicos*. Un porcentaje pequeño de los sismos que ocurren en el mundo se localizan en el interior de las placas tectónicas y reciben el nombre de *sismos intraplaca*. Además en algunas regiones del mundo donde hay volcanes, las erupciones generalmente son acompañadas por sismos que se conocen con el nombre de *sismos volcánicos*. Además de los anteriores algunas actividades humanas generan sismos, como es el caso de los asociados con el llenado de grandes embalses, o causados por explosiones importantes.

Emplazamiento sísmo tectónico de Colombia

Colombia está localizada dentro de una de las zonas sísmicamente más activas de la tierra, la cual se denomina Anillo Circumpacífico y corresponde a los bordes del Océano Pacífico. El emplazamiento tectónico de Colombia es complejo pues en su territorio convergen la *placa de Nazca*, la *placa Suramericana* y la *placa Caribe*. El límite entre las placas Suramericana y Caribe está aún indefinido. La geología estructural del país ha sido estudiada con diferentes grados de detalle. En general los sistemas principales de fallamiento han sido identificados gracias a estudios mineros y de exploración petrolera. Además se han realizado exploraciones geológicas detalladas para los grandes proyectos hidroeléctricos y existen numerosos trabajos sobre tectónica colombiana realizados por el INGEOMINAS y otras instituciones.

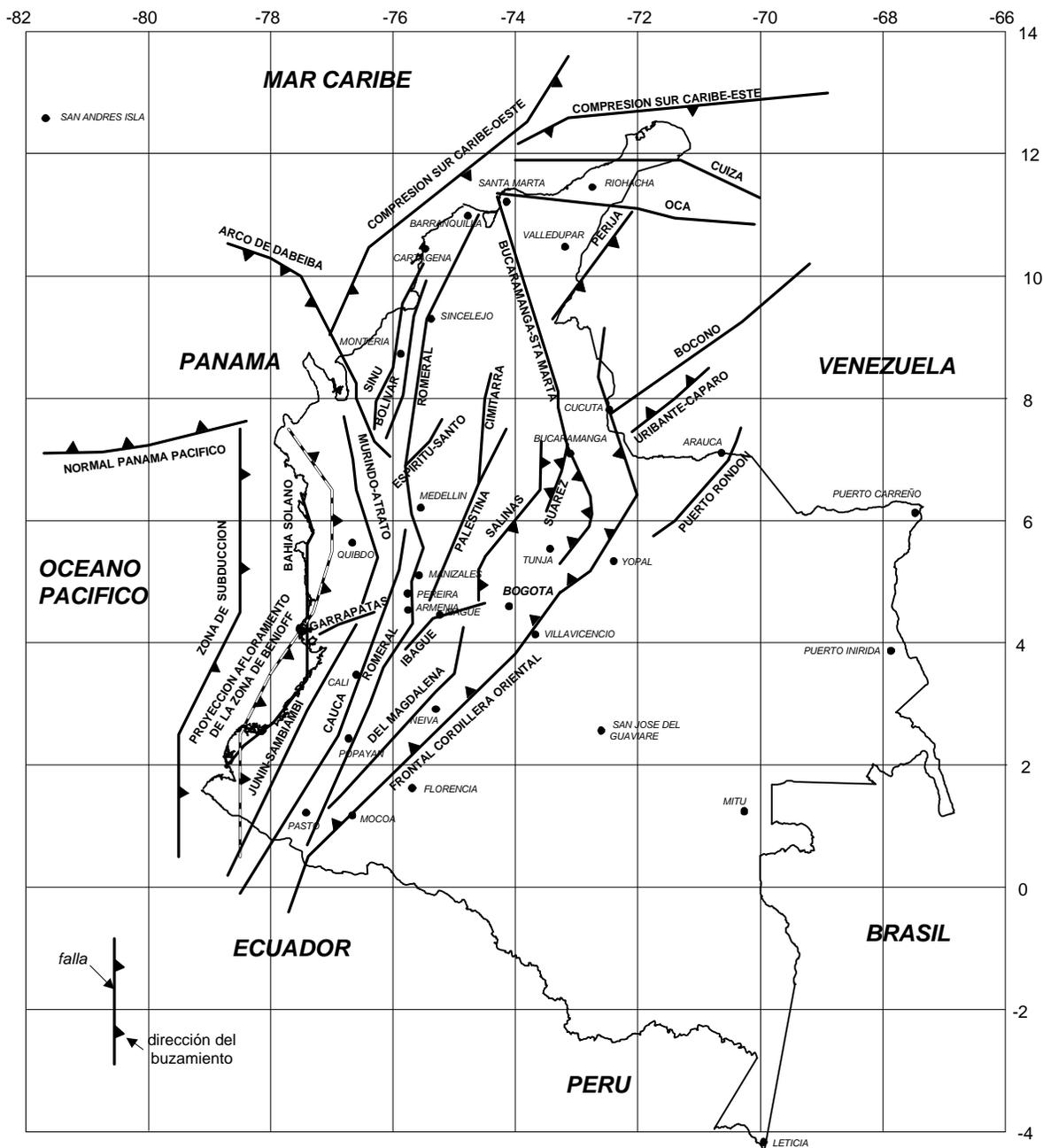


Figura 1 - Principales sistemas de fallamiento en Colombia

El fallamiento predominante en el país tiene dirección norte sur [Ref. 63], coincidiendo con la dirección de las tres cordilleras. El principal accidente sismotectónico es la *zona de subducción en el Océano Pacífico*. Es causada por el doblamiento de la placa de Nazca cuando subduce bajo la placa Suramericana. Además de la zona de subducción existen en el territorio nacional un gran número de fallas geológicas sísmicamente activas. En la Figura 1 se muestran los principales macro sistemas de fallamiento en el país. Esta figura fue tomada del Estudio de Amenaza Sísmica de Colombia [Ref. 18] por medio del cual se produjeron los mapas de amenaza sísmica para la actualización de las Normas Sismo Resistentes Colombianas, NSR-98.

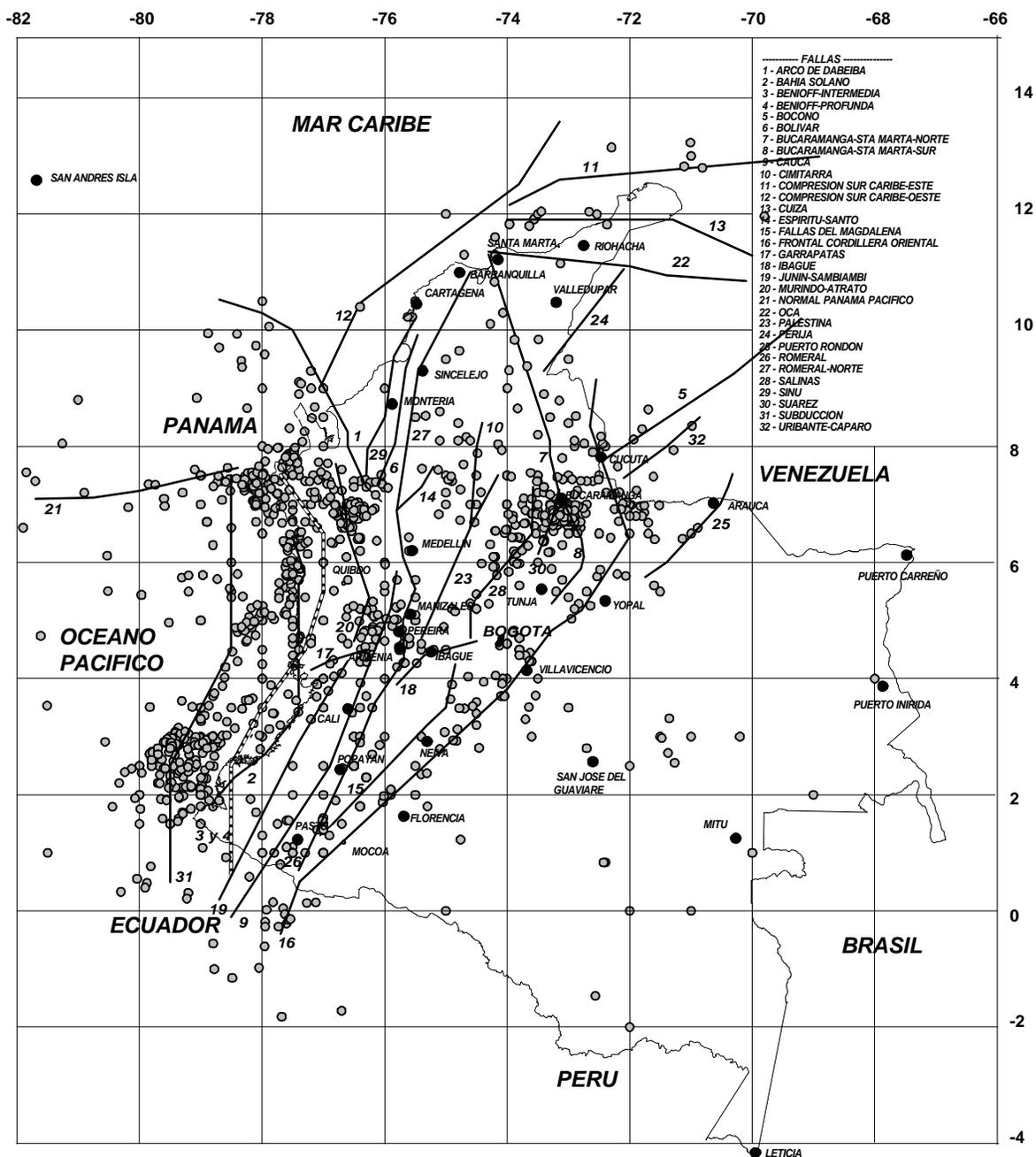


Figura 2 - Localización epicentral de los sismos con $M_s \geq 4$ (1566-1995)

Historia sísmica de Colombia

El primer evento sísmico en el país, del cual se tiene registro escrito [Ref. 62], ocurrió en 1566 causando daños graves en las recientemente fundadas ciudades de Popayán y Cali. Existen registros de numerosos sismos históricos desde la colonia y hasta 1922, en que se instaló el primer sismógrafo en el país, traído por la Compañía de Jesús. Dentro de los sismos históricos, pero registrados por instrumentos en el exterior es importante destacar el terremoto del 31 de enero de 1906 al frente de Tumaco, cuya magnitud se estima de 8.9 en la escala de Richter y

que es considerado uno de los sismos más fuertes de la humanidad en tiempos modernos. A partir de 1922 se dispuso de información instrumental, sobre lo que se denominan *sismos instrumentales*. Desde 1957 hasta 1992 estuvieron en funcionamiento siete estaciones sismológicas permanentes en el país, las cuales fueron operadas por el Instituto Geofísico de la Universidad Javeriana de Santa Fe de Bogotá.

A partir de 1993 se puso en marcha, adicionalmente, la Red Sismológica Nacional, operada por la Subdirección de Geofísica del INGEOMINAS, existiendo además el Observatorio Sismológico del Sur Occidente - OSSO, operado por la Universidad del Valle en Cali. La Red Sismológica Nacional en su fase inicial consta de 20 estaciones sismológicas remotas y se espera llegar a 30 estaciones en un futuro cercano, con lo cual se cubrirá gran parte del territorio nacional; su procesamiento es en tiempo real y se realiza en Santa Fe de Bogotá. Actualmente se tienen instalados aproximadamente 150 acelerógrafos autónomos digitales de movimiento fuerte, los cuales se incrementarán para cubrir la mayoría del territorio nacional. En la realización del estudio de amenaza sísmica [Ref. 18] que produjo los mapas de amenaza sísmica del NSR-98 se dispuso de un catálogo de 11088 eventos sísmicos, tanto históricos como instrumentales. En la Figura 2 se muestra la distribución en el territorio nacional de los eventos contenidos en este catálogo.

Mapas de amenaza sísmica de las nuevas normas sísmo resistentes - NSR-98

En la Figura 3 (Figura A.2-1 de la NSR-98) se muestra el mapa de zonificación sísmica de Colombia [Ref. 18] y en la Figura 4 (Figura A.2-2 de la NSR-98) el mapa de valores de A_a , el cual corresponde a las aceleraciones horizontales del sismo de diseño del Reglamento como porcentaje de la aceleración de la gravedad. En la obtención de estos mapas se empleó la metodología de evaluación de amenaza sísmica indicada en la [Ref. 32]. Estas aceleraciones tienen una probabilidad de ser excedidas del 10% en un lapso de 50 años, correspondiente a la vida media útil de una edificación, y sirven para definir los movimientos sísmicos de diseño que exige el Reglamento de Construcciones Sísmo Resistentes.

De acuerdo con los estudios realizados para la determinación del grado de amenaza sísmica de las diferentes regiones del país se encontró que alrededor de 12 millones de colombianos de 475 municipios se encuentran en zonas de amenaza sísmica alta, es decir el 35% de la población; aproximadamente 17 millones de habitantes de 435 municipios localizados en zonas de amenaza sísmica intermedia, equivalentes al 51% de la población del país; y aproximadamente 5 millones de habitantes en 151 municipios localizados en zonas de amenaza sísmica baja, es decir el 14% del total de la población según la última información suministrada por el DANE. En otras palabras, el 86% de los colombianos se encuentran bajo un nivel de riesgo sísmico apreciable, que no solamente depende del grado de amenaza sísmica sino también del grado de vulnerabilidad que en general tienen las edificaciones en cada sitio.

Actividad sísmica reciente

Algo imposible de predecir en 1984, cuando se expidió la primera normativa sísmo resistente a nivel nacional, fue la baja actividad sísmica que tuvo el país durante los primeros años de este periodo, por lo menos en lo que respecta a sismos que produjeran daños en centros urbanos. Hasta el 17 y 18 de Octubre de 1992, con la ocurrencia de los sismos del Atrato Medio (Murindó), se reinició la actividad sísmica del país. Estos eventos con magnitudes Richter de 6.4 y 7.2 afectaron la zona limítrofe entre Chocó y Antioquia, se sintieron en todo el centro del país y produjeron daños, principalmente a elementos no estructurales en la ciudad de Medellín. En la Figura 5 [Ref. 55] se presenta el mapa de isosistas de este último evento, el cual indica los valores de la intensidad de Mercalli asignada a diferentes lugares dentro del territorio nacional. Debe recordarse que la Intensidad de Mercalli se asigna subjetivamente de acuerdo con los efectos del sismo en cada lugar en particular, mientras que la Magnitud de Richter corresponde

al valor de una medida instrumental, única para el sismo. El 6 de Junio de 1994 ocurrió el sismo de Páez, afectando principalmente a los departamentos de Cauca y Huila. En este evento además de las víctimas causadas por la avalancha que se generó en las vertientes del río Páez, se presentaron daños en la ciudad de Cali; allí nuevamente los daños se concentraron en elementos no estructurales.

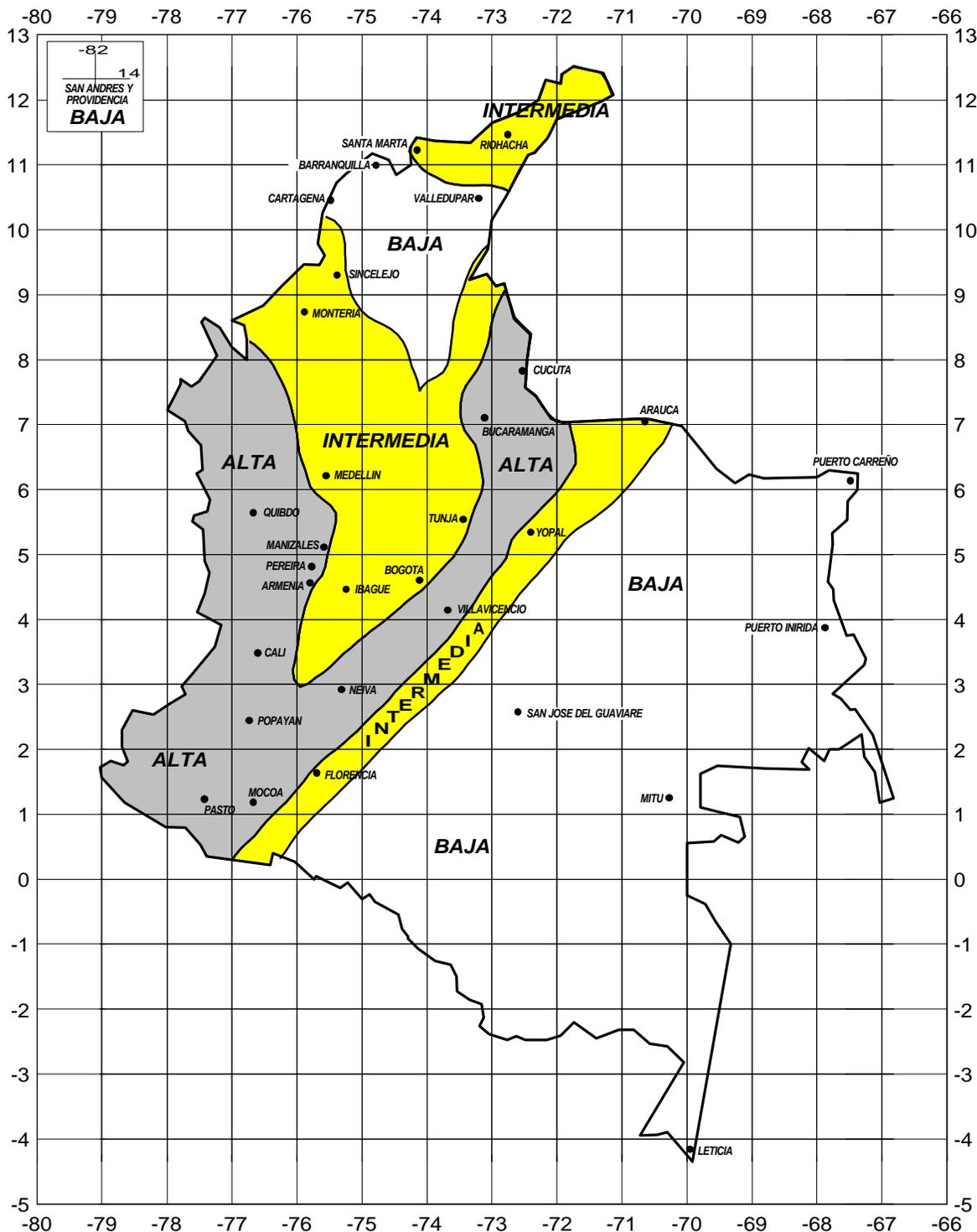


Figura 3 - Mapa de zonificación sísmica de Colombia

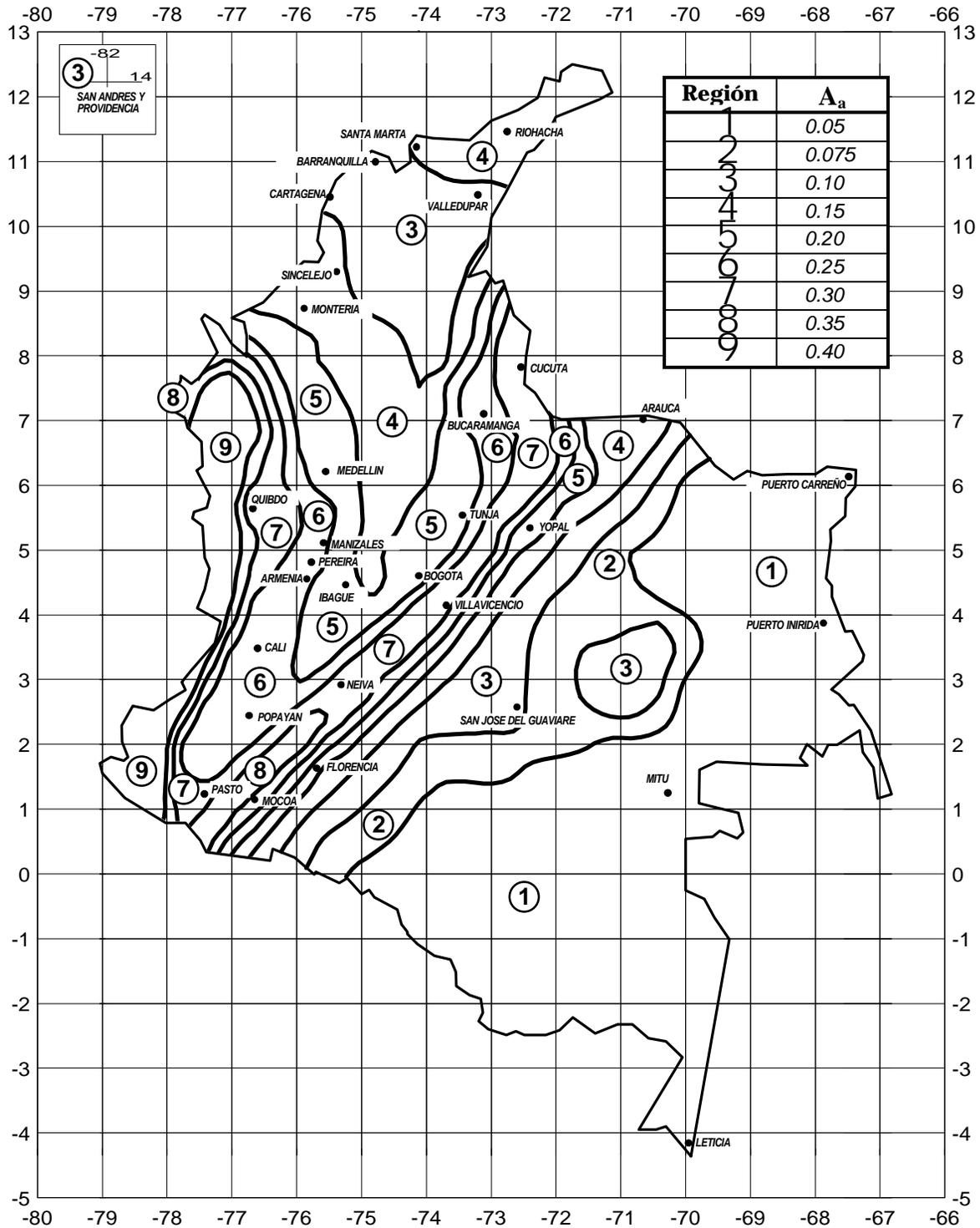


Figura 4 - Mapa de A_a (aceleración pico efectiva horizontal de diseño expresada como fracción de la aceleración de la gravedad, $g = 9.8 \text{ m/s}^2$)

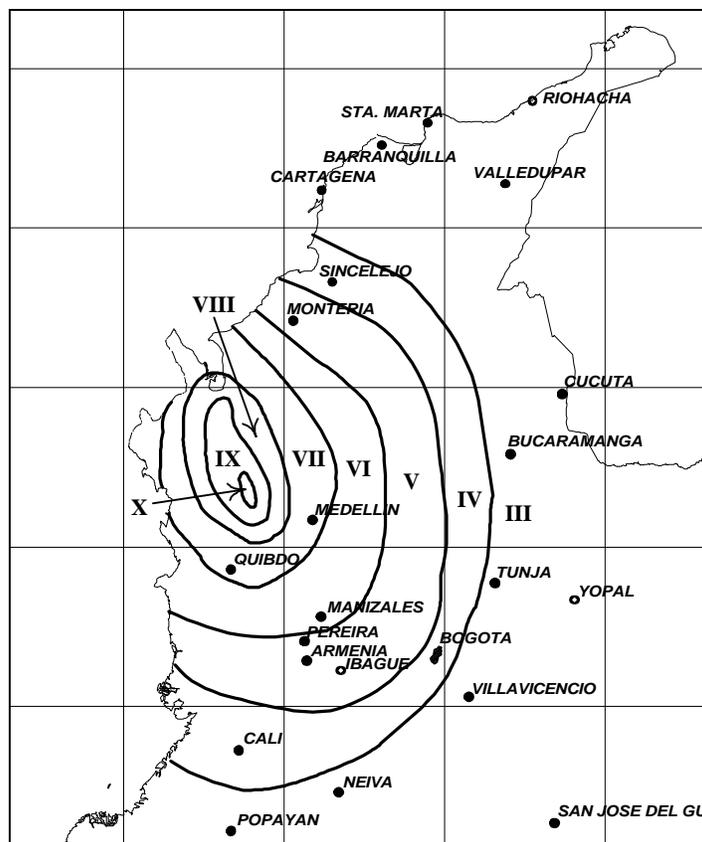


Figura 5 - Mapa de isosistas del sismo del 18 de Octubre de 1992 [Ref. 55]

El año 1995 se inició con gran actividad sísmica, el 19 de Enero ocurrió un sismo en Tauramena, Casanare, el cual se sintió en todo el centro del país, produciendo víctimas y daños en Boyacá, Casanare e inclusive en la ciudad de Santa Fe de Bogotá. El 8 de Febrero se presentó otro sismo en los límites de los departamentos de Valle del Cauca y Chocó. Este sismo produjo víctimas y daños graves especialmente en la ciudad de Pereira. Hubo colapso de edificios y gran cantidad de daños, estructurales y no estructurales. Posteriormente se presentaron sismos en San Andrés Isla y en Pasto; causando daños, en algunos casos víctimas y preocupación en la población.

DESARROLLO DE LAS NORMAS SISMO RESISTENTES COLOMBIANAS

Responsabilidad pública y privada

El Artículo 2° de la Constitución Nacional expedida en 1991, que en lo fundamental reprodujo el artículo 16 de la anterior, señala que son fines esenciales del Estado "... garantizar la efectividad de los principios, derechos y deberes consagrados en la Constitución" y agrega que las autoridades de la República están instituidas para proteger a todas las personas residentes en Colombia, "en su vida, honra y bienes y para asegurar el cumplimiento de los deberes sociales del Estado y de los particulares".

Por su parte el Artículo 26° de la Constitución Nacional indica que si bien toda persona es libre de escoger profesión u oficio, la ley podrá exigir títulos de idoneidad y las autoridades competentes inspeccionarán y vigilarán el ejercicio de las profesiones.

Siendo evidente que la protección de la vida, honra y bienes de los ciudadanos corresponde a la razón de ser de las autoridades, a nadie escapa la importancia que representa para los propósitos antes mencionados la seguridad y prevención de hechos con el alcance de desastres que puedan vulnerar aquellos bienes jurídicamente tutelados.

Así como el Estado realiza ingentes esfuerzos en la prevención de la delincuencia en todas sus formas, porque constituye el cumplimiento de uno de sus deberes principales, en la actualidad no puede, sin dejar de lado sus deberes, permitir que los desastres originados por causas naturales o tecnológicas puedan pasar desprevenidamente por las manos estatales y ampararse al argumento estéril del "hecho de la naturaleza", el "acto de Dios", o en términos legales, la fuerza mayor o el caso fortuito. En suma, si el Estado adelanta su gestión a través del concurso de las autoridades quienes la desarrollan en los términos, condiciones y para los fines que la Constitución Nacional ha señalado, no cabe la menor duda que su actividad en este tipo de circunstancias no puede limitarse a ser simplemente el ente reparador de tragedias y calamidades y servir de coordinador en la atención de emergencias.

En el caso concreto de desastres cuyo origen se remonta a hechos de la naturaleza, y más precisamente en tragedias originadas por terremotos, la labor del Estado tendiente a aminorar sus efectos debe ser desplegada en unión con los particulares que ejercen para su propio provecho las labores de construcción y por consiguiente, para el cumplimiento de los fines del Estado y en desarrollo de lo previsto en el artículo 26 de la Constitución Nacional, este debe propender porque la labor por ellos realizada sea a priori a todas luces eficaz.

Por otra parte, las nuevas experiencias señalan que el campo de acción del Estado no puede simplificarse en ser el simple observador y escudarse en la defensa estéril de alegar que se trataba de hechos de fuerza mayor. Esta definición, que no ha sufrido variación desde la Ley 95 de 1890, si ha tenido modificaciones y precisiones originadas en el desarrollo de nuevas tecnologías y avances en las técnicas de construcción.

Dice el Artículo 1° de la Ley 95 de 1890 que se entiende por fuerza mayor o caso fortuito "el imprevisto que no es posible resistir, como un naufragio, un terremoto, el apresamiento de enemigos, los autos de autoridad ejercidos por un funcionario público, etc." Naturalmente dicho eximente de responsabilidad resulta aplicable, tanto a la inexecución de obligaciones contractuales cualquiera que sea su naturaleza como a la exoneración de responsabilidad en virtud de hechos generadores de daños conocida como responsabilidad civil extracontractual o aquiliana. Una y otra modalidad, a su turno, resultan relevantes para el caso en comentario, pues o bien la responsabilidad de un constructor se genera en razón de un contrato o ya en virtud de la responsabilidad que puedan originarse frente a terceros con quienes no existe vínculo contractual.

Sin embargo, la sola frase enunciativa que desde el siglo pasado trae la ley no es un principio absoluto. En efecto ha dicho con la propiedad atribuible a la Corte Suprema de Justicia de los años treinta que "ningún acontecimiento en sí mismo constituye fuerza mayor o caso fortuito con respecto a una determinada obligación contractual. La cuestión de la fuerza mayor no es una cuestión de clasificación mecánica de los acontecimientos. Cuando tal fenómeno jurídico se trata, no sólo hay que examinar la naturaleza misma del hecho, sino indagar si también este reúne, con respecto a la obligación inexecutada los siguientes caracteres:

- (a) No ser imputable al deudor;
- (b) No haber concurrido con la culpa de éste, sin la cual no se habría producido el perjuicio inherente al incumplimiento contractual;
- (c) Ser irresistible, en el sentido que no haya podido ser impedido y que haya colocado al deudor -- dominado por el acontecimiento -- en la imposibilidad absoluta (no simplemente en la dificultad ni en la imposibilidad relativa) de ejecutar la obligación;
- (d) Haber sido imprevisible, es decir, que no haya sido lo suficientemente probable para que el deudor haya debido razonablemente precaverse contra él, aunque por lo demás haya

habido con respecto al acontecimiento de que se trate, como lo hay con respecto a toda clase de acontecimientos, una posibilidad vaga de realización" (Corte Suprema de Justicia Sala de Casación Civil - Sentencia de julio 5, 1935).

Este desarrollo conceptual de la fuerza mayor y del caso fortuito constituye un campo abonado para el desarrollo de tal eximente de responsabilidad. Lo que antiguamente constituía un postulado absoluto de eximente de culpabilidad, hoy ya no lo es. El momento exacto de ocurrencia de un terremoto como elemento catastrófico no es susceptible de predecirse con exactitud. Pero en la actualidad existen mecanismos de prevención de las consecuencias de tales hechos que un siglo atrás resultaban inimaginables. No acudir a ellos, ya sea profesionalmente, por parte de los constructores al mando de personas idóneas, que deben estar obligados a dar cumplimiento a sus obligaciones contractuales con la diligencia y cuidado que los hombres emplean ordinariamente en sus negocios propios (artículo 63 del Código Civil) y no con el ánimo de exiguas ganancias, genera un acontecimiento evidente y claro de culpabilidad. Tampoco puede generarse un eximente de culpabilidad si el Estado no adopta a través de la ley, los decretos y otras disposiciones las medidas necesarias para evitar tan nefastos efectos. En otras palabras, no acudir a las mínimas precauciones que permite la tecnología constituye un evento claro de imprevisión de lo previsible, pues lo evidente es que en la actualidad, con el avance tecnológico, la estadística y las formas de predecir las consecuencias de hechos de la naturaleza, el concepto de fuerza mayor deja de ser un principio absoluto para convertirse en un elemento simplemente relativo que se encuentra en función del desarrollo de la ciencia. En nuestro caso, el riesgo sísmico, es decir las potenciales consecuencias económicas y sociales que pueden causar los terremotos, depende no sólo de los indicios de que se presenten sismos intensos en un sitio, es decir de la probabilidad de ocurrencia obtenida del estudio del mecanismo generador y de los eventos del pasado, lo que es calculable, sino también de la vulnerabilidad o condiciones de resistencia, fragilidad de las construcciones expuestas al fenómeno, lo que también es posible de estimar o definir con el estado actual del conocimiento.

En conclusión, si existe el deber constitucional del estado de proteger la vida, honra y bienes de todas las personas y en desarrollo de este deber y a su facultad de vigilar el ejercicio idóneo de las profesiones, normatiza y reglamenta las condiciones en que deben adelantarse proyectos de construcción, teniendo en cuenta los criterios técnicos obtenidos por los adelantos de la ciencia y la tecnología; dada la participación activa del estado frente a las relaciones entre éste y sus conciudadanos, y las de éstos entre si; surge la obligatoriedad de los particulares y delos entes públicos de respetar y cumplir con el ordenamiento legal establecido, que impone la observancia de una serie de lineamientos y parámetros técnicos que aseguren, dentro de márgenes de riesgo aceptable, que el desarrollo de la actividad constructora protegerá en esa medida las condiciones normales de vida de terceros.

En ese orden de ideas, en una sociedad como la nuestra, en la que el desarrollo técnico-científico por un lado, y los avances en materia de postulación jurídica de las autoridades respecto a los factores generadores de responsabilidad, por el otro, han venido modificando las condiciones en que debe actuar el estado y la manera como se deben desenvolver sus miembros al pretender ejercer actividades como la construcción; la responsabilidad que pueda deducirse en razón a situaciones de desastre por la ocurrencia de eventos sísmicos, se ha visto circunscrita a factores que deben ser analizados específicamente para lindar los eventos en que pueda producirse condena o absolución.

Finalmente con el objetivo de presentar un criterio que brinde luces en esta materia, se puede plantear que entre otras razones de importancia por la que hoy se cuenta con la norma legal que reglamenta las construcciones sismo resistentes en el país, acorde con los avances técnicos y científicos en el tema a nivel mundial, radica en que ella brinda la posibilidad al estado y a los particulares de precaver hacia un futuro los niveles de responsabilidad en que se pueda incurrir de presentarse un terremoto. En el caso en que sus características y consecuencias estén dentro de los márgenes previstos por la norma y para el cual el cumplimiento de la misma garantice que se cubre razonablemente la posible magnitud de sus efectos y no haya sido atendida por los profesionales de la construcción involucrados, generándose con su actuar omisivo graves perjuicios para el

conglomerado social; el infractor de la norma no podrá esgrimir a su favor causal alguna de inculpabilidad. De igual forma cuando la ocurrencia del evento sea en términos probabilísticos muy remota y sus efectos desborden los niveles para los cuales la norma ha regulado las condiciones adecuadas de construcción; cabrían las argumentaciones del caso fortuito, una vez examinada la naturaleza misma del hecho y sus características excepcionales.

De acuerdo con lo anterior, cabe preguntarse cuántas personas no habrían sobrevivido y cuantas pérdidas socioeconómicas no se habrían evitado o reducido de haberse adoptado las condiciones mínimas de seguridad sísmica en las construcciones levantadas en ciudades afectadas por terremotos en el pasado? Por lo mismo, cuántas personas hoy conviven con la alta amenaza sísmica de muchas regiones del mundo sin estar expuestas injustificadamente a un riesgo mayor del que en forma "razonable" se logra, ante este tipo de acontecimientos, con las normas de seguridad sísmica vigentes.

Pero si lo anterior constituye un elemento esencial de la responsabilidad del constructor ya sea particular o público, no es menos cierto que tales parámetros deben ser fijados legalmente y en forma tal que el Estado pretenda en buena medida hacer efectivos sus fines primordiales, consagrados constitucionalmente y a que se hizo referencia anteriormente.

Diseño Sismo Resistente

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) ha llevado el liderazgo nacional en este campo. Desde su fundación se preocupó por el desarrollo de una norma nacional de diseño sismo resistente. El primer paso fue la traducción de los Requisitos [Ref. 64] de la Structural Engineers Association of California, SEAOC, en el año 1976 [Ref. 65]. Esta traducción tuvo como objetivo demostrar que las fuerzas sísmicas que prescribe el documento de SEAOC están asociadas a unos requisitos de diseño estructural, especialmente en lo concerniente a detalles de refuerzo. De esta manera se pretendió hacer evidente en el medio nacional la necesidad de utilizar detalles de refuerzo mucho más estrictos que los que traía el cuerpo del Código del ACI 318 de ese entonces [Ref. 1] sin su Apéndice A. Esta traducción, realizada por AIS, se difundió ampliamente en el medio nacional y los 2500 ejemplares que se editaron se agotaron rápidamente.

A finales del año 1978 llegó al país un ejemplar del documento ATC-3 [Ref. 21]. Este documento reunía en su momento el estado del arte en el área de diseño sismo resistente. Fue desarrollado por la misma SEAOC, a través de su filial el Applied Technology Council (ATC), bajo auspicios de la National Science Foundation y el National Bureau of Standards. El estudio del documento hizo evidente que era posible lograr una adaptación al país pues la formulación del riesgo sísmico era transportable a otros lugares diferentes a California, lo que no ocurre con el SEAOC, y ya en este momento existía un grupo de personas trabajando en esta área a nivel nacional.

No obstante la posibilidad de adaptación del documento al país, se consideró que era más prudente difundirlo y estudiarlo ampliamente dentro del medio tecnológico nacional antes de proceder a realizar un intento de redacción de norma con base en él. Por esta razón se emprendió, por parte de AIS, la difícil labor de traducir el documento ATC-3 y su Comentario, traducción [Ref. 22] que se presentó al medio nacional a mediados de 1979, coincidiendo con la ocurrencia de los sismos del 23 de Noviembre de 1979 en la zona del antiguo departamento de Caldas y de Diciembre 12 del mismo año en Tumaco [Ref. 41]. Su difusión en el medio nacional fue muy amplia, dado el interés en el tema que trajo la ocurrencia de los dos sismos mencionados, e igualmente fue el estudio del documento que realizaron los ingenieros colombianos.

Por la misma época se adelantaron una serie de contactos con algunos de los investigadores que habían desarrollado el ATC-3, contactos que se concretaron en una ayuda directa de estos ingenieros en la adaptación del ATC-3 al medio nacional. Debe destacarse aquí la enorme colaboración que brindaron la Universidad de Illinois (Champaign-Urbana) y la Universidad de los Andes (Bogotá) para que se pudieran llevar a cabo las reuniones necesarias para desarrollar los estudios de la adaptación, la cual se concretó en una propuesta de norma de diseño sismo resistente para el medio colombiano. Esta propuesta, después de ser estudiada, debatida y discutida por parte de los miembros de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) se convirtió en la Norma AIS 100-81, "Requisitos Sísmicos para Edificios" [Ref. 9]. Esta Norma fue utilizada de una manera voluntaria por una gran cantidad de ingenieros a nivel nacional.

La ocurrencia del sismo de Popayán el 31 de Marzo de 1983 hizo evidente la necesidad de ampliar el alcance de la Norma AIS 100-81 para que incluyera edificaciones de uno y dos pisos, dentro de las cuales se había presentado enorme daño en Popayán y además la mampostería estructural, dado el enorme auge que había tenido este sistema constructivo en los años inmediatamente anteriores. Por la misma época la AIS, con el auspicio del Departamento Nacional de Planeación, venía desarrollando el Estudio General del Riesgo Sísmico de Colombia [Ref. 40], el cual definió los mapas de riesgo sísmico que se incluyeron dentro de esta nueva norma, la cual se denominó "Requisitos Sísmicos para Edificaciones, Norma AIS 100-83" [Ref. 10]. El cambio de Edificios a Edificaciones estuvo dictado por su mayor amplitud.

Decreto 1400 de 1984

A raíz de la ocurrencia del sismo de Popayán el Congreso de la República expidió la Ley 11 de 1983, por medio de la cual se determinaban las pautas bajo las cuales debía llevarse a cabo la reconstrucción de esta ciudad y las otras zonas afectadas por el sismo. Dentro de uno de los artículos de ésta Ley se autorizaba al Gobierno Nacional para emitir una reglamentación de construcción "antisísmica" y además lo facultaba para hacerla extensiva al resto del país. Esta fue la base jurídica de las primeras normas sísmicas colombianas [Ref. 43 y 57].

El Gobierno Nacional encomendó al Ministerio de Obras Públicas y Transporte el desarrollo de esta reglamentación de construcción sismo resistente. El Ministerio con la asesoría de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, cuerpo consultivo del Gobierno, decidió encomendar a la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, la elaboración de la parte técnica del Código, en la cual utilizaría como base la Norma AIS 100-83 [Ref. 10], la Norma ICONTEC 2000 [Ref. 48] y el Código de Estructuras Metálicas de FEDESTRUCTURAS [Ref. 35].

La Asociación creó una Unidad de Estudio para llevar a cabo la labor de empalme de las normas mencionadas y la definición y redacción de otros temas necesarios para que el documento fuera lo más completo posible. Posteriormente la AIS en conjunto con la Sociedad Colombiana de Ingenieros y otras instituciones como la Asociación de Ingenieros Estructurales de Antioquia, realizó una revisión exhaustiva del documento, el cual se llevó a discusión pública, discusión en la cual participaron numerosos ingenieros, la Cámara Colombiana de la Construcción, CAMACOL, y otras Instituciones y Universidades.

Dentro de las labores que llevó a cabo esta Unidad de Estudio está la actualización de la Norma ICONTEC 2000 al Código ACI 318-83, pues se había utilizado originalmente la versión de 1977 del Código ACI 318-77 [Ref. 1], la redacción de un Título dedicado a cargas (Título B), diferentes de las solicitaciones sísmica, para lo cual se utilizó como base el documento ANSI A.58 [Ref. 19], y la redacción de unos requisitos simplificados para la construcción de edificaciones de uno y dos pisos (Título E). La definición de las sanciones (Título G) la realizó el Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

Con base en la discusión pública y en la aceptación dada por la Sociedad Colombiana de Ingenieros, el Ministro de Obras Públicas y Transporte recomendó al Presidente de la República la expedición de un Decreto, autorizado por la facultades extraordinarias que le confería la Ley 11 de 1983, por medio del cual se adoptaba para uso obligatorio en todo el territorio nacional el Código. Este es el Decreto 1400 de Junio 7 de 1984, "Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes" [Ref. 57].

Vale la pena transcribir a continuación un aparte del documento "Confronting Natural Disasters" [Ref. 6] producido por el National Research Council, la Academia Nacional de Ciencias y la Academia Nacional de Ingeniería de los Estados Unidos, el cual dice:

"..... las tecnologías desarrolladas para ser utilizadas en un país, con frecuencia se emplean en otro país sin una adaptación. El Applied Technology Council (ATC) desarrolló un conjunto de recomendaciones para la construcción de edificaciones sismo resistentes en los Estados Unidos. Entre quienes las utilizaron primero, aun antes que los Estados Unidos, se encuentra Colombia. Las prácticas de construcción y los materiales colombianos son diferentes, y la naturaleza tectónica de los sismos colombianos se diferencia de la de California, para donde habían sido desarrolladas las recomendaciones del ATC. Afortunadamente, los contactos entre ingenieros colombianos y los ingenieros estadinenses que desarrollaron el ATC son fuertes. Debido a esto los ingenieros colombianos pudieron llevar a cabo una adaptación de las recomendaciones, con asesoría de los autores norteamericanos, a sus propias necesidades. No todos aquellos que han utilizado estas recomendaciones han tenido la misma ventaja."

El Decreto 1400 de 1984 trató de subsanar aquellos aspectos que los sismos [Ref. 41] del 23 de Noviembre de 1979 en el antiguo Caldas, del 12 de Diciembre de 1979 en Tumaco y del 31 de Marzo de 1983 en Popayán [Ref. 42 y 50], habían demostrado que eran deficientes dentro de la práctica de construcción nacional. Las deficiencias más notables [Ref. 43] se pueden resumir en:

- Daño grave y colapso concentrado especialmente en edificios de cinco piso o menos. No sobra recordar que hasta finales de la década de 1970 existía la creencia errada generalizada dentro de los ingenieros nacionales que los edificios de baja altura no requerían diseño sismo resistente.
- Excesiva flexibilidad ante solicitaciones horizontales de las construcciones nacionales. El gran daño a los muros divisorios y fachadas que se presentó en los sismos mencionados se debió a que muchos de los edificios afectados no habían sido diseñados para fuerzas sísmicas, o cuando se había utilizado algún norma sismo resistente como el SEAOC [Ref. 64 y 65], no se cumplieron los requisitos de deriva (deflexión horizontal relativa entre pisos consecutivos Δ , véase la Figura 6).
- Gran cantidad de fallas de columnas debidas a la falta de estribos de confinamiento y a que estos elementos no se habían diseñado para los esfuerzos cortantes que les impone el sismo. Nuevamente en este aspecto existía un prejuicio por parte de los ingenieros colombianos fundamentado en la creencia de que los estribos mínimos para columnas que requería el Código 318 de ACI [Ref. 1] de ese entonces, sin su Capítulo 21, eran suficiente para proveer el confinamiento y la resistencia a esfuerzos cortantes necesaria.
- Daños graves y colapso de algunas edificaciones de mampostería reforzada. La ausencia de norma respecto al tratamiento de este sistema estructural y las deficientes prácticas constructivas representadas especialmente en hormigueros en las celdas de inyección y en la ausencia de refuerzo horizontal para resistencia a los esfuerzos cortantes.

- Gran cantidad de daño, especialmente en el sismo de Popayán, en edificaciones de mampostería no reforzada. Aunque este aspecto ha sido conocido a nivel mundial desde hace muchos años, hubo necesidad de una catástrofe como la de Popayán para recordar que no debe utilizarse mampostería no reforzada en zonas sísmicas. Desafortunadamente la práctica usual en los años 40 hasta los años 60 de colocar columnas de confinamiento en las estructuras de mampostería, fue abandonada a comienzos de la década de 1970.

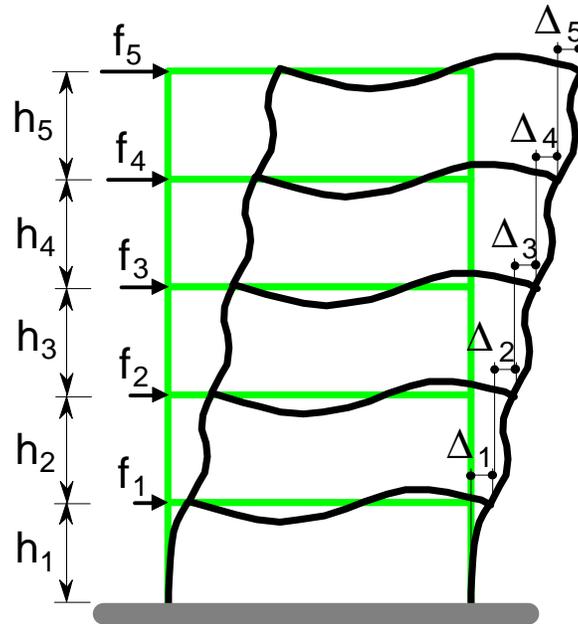


Figura 6 – Definición de la deriva

En la redacción de la norma sismo resistente de 1984 [Ref. 43] se tuvo especial cuidado de incorporar y resaltar los requisitos tendientes a subsanar las deficiencias anotadas. Pero además se tuvo en cuenta el hecho de que era irreal e imposible pretender solucionar todos los aspectos concernientes con la construcción sismo resistente en el país con tan solo un documento, más aún dentro de un país que se había distinguido por carecer de norma sismo resistentes, cuando sus vecinos las tenían desde muchos años antes.

La Unidad de Estudio que tuvo a su cargo la redacción del Decreto 1400 de 1984 dentro de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica por encargo del Ministerio de Obras Públicas y Transporte, asignó una jerarquía a los problemas identificados por medio de los sismos ocurridos en el territorio nacional con anterioridad a 1984. La clasificación se realizó con base en que fueran aspectos prioritarios que afectaran vidas humanas. Al mismo tiempo se ponderó la efectividad de los requisitos estudiados y su impacto económico en el costo final de las edificaciones [Ref. 45]. Lo anterior condujo a una asignación de prioridades que permitió redactar un documento realista, que no generó rechazo; dejándose para futuras actualizaciones algunos aspectos cuya peligrosidad se consideró menor, o cuya efectividad se estimó que era dudosa, o para los cuales la relación beneficio costo los permitía catalogar como aspectos marginales, en comparación con la realidad del momento. Mirado en retrospectiva, al cabo de más de trece años, puede decirse que las decisiones tomadas en ese entonces fueron acertadas.

Dentro de los aspectos que se discutieron, pero fueron postergados para ediciones posteriores se destacan:

- *Cambio en los sistemas estructurales* - Es indudable que Colombia es uno de los países donde se utiliza de una manera más intensa el sistema estructural de pórtico de concreto reforzado. El pórtico tiene una serie de ventajas desde el punto de vista arquitectónico y de facilidad constructiva. Por el otro lado, el pórtico tiene inconvenientes importantes debido a su excesiva flexibilidad ante solicitaciones horizontales [Ref. 45, 46 y 67], lo cual conduce a una desprotección de los acabados muy frágiles que se utilizan a nivel nacional, como ha sido probado una y otra vez con los sismos ocurridos en el país [Ref. 41, 42 y 50]. Este aspecto ha sido resuelto a nivel mundial con el uso de muros estructurales, con el fin de limitar la flexibilidad de la estructura. El uso del Norma como un vehículo para propugnar un cambio en los sistemas estructurales prevalecientes fue uno de los aspectos que se postergaron para futuras ediciones de la normativa sísmica.
- *Limitación a las irregularidades* - Las edificaciones en las cuales se disponen estructuras regulares, sin cambios abruptos de resistencia o de rigidez, tienen tendencia a comportarse mejor ante la ocurrencia de un sismo que aquellas que tienen estructuras irregulares [Ref. 53]. A pesar de que el Decreto 1400 de 1984 traía advertencias al respecto, no contenía requisitos formales para limitar las irregularidades e inclusive carecía de requisitos respecto a la torsión accidental de toda la edificación, aspecto que es regulado en prácticamente todas las normas sísmicas mundiales.
- *Elementos no estructurales* - El documento preliminar del Decreto 1400 de 1984 contenía un capítulo de elementos no estructurales tales como fachadas, muros divisorios, instalaciones interiores, etc. Este capítulo fue suprimido antes de la producción de la versión final que se adoptó por medio del Decreto 1400 de 1984. Las razones para su supresión están muy ligadas al hecho de que no había a nivel nacional una conciencia de que las prácticas constructivas de elementos estructurales no eran las más adecuadas y en general la prioridad en el Decreto 1400 de 1984 era la regulación de las estructuras, debido a la gran cantidad de daños estructurales que se habían observado en los sismos anteriores a 1984, llegando inclusive a producirse colapsos de edificios, como ocurrió en Popayán.
- *Otros materiales estructurales* - El Decreto 1400 de 1984 contiene requisitos para estructuras de concreto reforzado, acero estructural y mampostería estructural. Acerca de otros materiales estructurales, tales como la madera, el aluminio, etc., no existían en ese momento en el país precedentes de su uso generalizado. Esta situación ha cambiado radicalmente desde 1984.

Aplicación de la normativa

El Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes (Decreto 1400/84) cumplió 13 años de expedido en Junio de 1997. Para ser la primera vez que se tenía un documento de uso obligatorio de esta naturaleza en el país, puede afirmarse que la aceptación y cumplimiento del documento ha sido buena. No obstante su aceptación y conciencia acerca de la responsabilidad de cumplirlo varía dentro de los diferentes grupos que lo utilizan o se ven influenciados por él. Las diferentes actitudes se pueden resumir de la siguiente manera:

- *Ingenieros estructurales* - Tal vez el grupo más informado acerca de la implicaciones de todos los aspectos relacionados con el Norma. Indudablemente se vieron afectados por algunas exigencias del Decreto 1400 de 1984, pero trece años después han aprendido a convivir con ellas. En general las normas que se empleaban para el diseño de materiales como el concreto reforzado son las mismas sobre las cuales se basó el Decreto 1400/84. Las opiniones manifestadas por este grupo con respecto a los requisitos sísmicos de las Normas Sismo Resistentes Colombianas varían enormemente según la persona ejerza en una zona de amenaza sísmica baja, intermedia o alta.

En general en las zonas de amenaza sísmica baja el Decreto 1400/84 no introdujo variaciones importantes con respecto a la práctica previa a su expedición. Puede afirmarse que fue el grupo menos afectado por la expedición de las Normas Sismo Resistentes Colombianas en su práctica día a día. Inclusive en algún momento hubo críticas respecto a que con anterioridad al Decreto 1400/84 se empleaban en algunos casos requisitos más estrictos que los que exige el Decreto 1400/84.

El grupo de los ingenieros que trabajan en zonas de amenaza sísmica intermedia realiza una parte importante de los diseños estructurales del país, dado que Bogotá y Medellín están localizados en zonas de amenaza sísmica intermedia. En general se adaptaron a los requisitos del Decreto 1400/84 sin que sintieran que se presentaba un cambio radical con respecto a las prácticas anteriores. La necesidad de dar una rigidez adecuada ante fuerzas horizontales a la estructura es un punto en el cual el Decreto 1400/84 produjo un cambio en la forma de ejecutar los diseños. La aparición de muros estructurales en edificios que anteriormente no los tenían, usualmente a través de convertir el núcleo de ascensores en un muro estructural, es reflejo de la preocupación al respecto y una respuesta a la importancia que le asignan al Norma.

Los ingenieros que trabajan en zonas de amenaza sísmica alta, probablemente fueron los más afectados por la aparición del Decreto 1400/84. No solo tuvieron que adaptarse a requisitos que en alguna medida demandaban un mayor costo de las estructuras, en comparación a lo que era costumbre antes del Decreto 1400/84, sino que tuvieron que afrontar problemas casi insolubles al tratar de cumplir los requisitos de deriva con soluciones estructurales que conscientemente sabían no eran las más acertadas para el efecto, pero que sus clientes no estaban dispuestos a variar. La aparición de muros estructurales ha sido más marcada que en el resto del país, pero aún manifiestan dificultad al tratar de cumplir con lo que el Decreto 1400/84 exige.

- *Arquitectos* - En general se vieron afectados por un cambio inusitado en las dimensiones de columnas y los espesores de las vigas en las losa. No hay una mayor conciencia respecto al problema sísmico y de la necesidad de permitir estructuras más rígidas ante fuerzas horizontales. No hay mayor conciencia de que los acabados que disponen en sus diseños puedan verse afectados por el mayor o menor grado con que se limite la deriva, ni que están influyendo en el comportamiento futuro de la edificación, cuando ésta se vea afectada por un sismo. Esta falta de información se ve reflejada en la normativa urbana de la ciudades colombianas, en general manejada por los arquitectos, donde no entra en juego ninguna consideración de orden sísmico; aún obligando a prácticas inconvenientes desde el punto de vista de comportamiento sísmico, como es la excesiva irregularidad de la edificación forzada por normas urbanas caprichosas que insisten en retrocesos excesivos y discontinuidades importantes de la estructura. Es, con seguridad, el grupo que requiere mayor concientización sobre los problemas asociados con los efectos de los sismos en las edificaciones y donde debe buscarse el mayor respaldo y soporte, para poder lograr edificaciones seguras y de buen comportamiento ante los eventos sísmicos
- *Constructores* - Aunque manifestaron reservas respecto a la necesidad, alcance y requisitos del Norma en un comienzo, puede decirse que en general esta preocupación inicial se desvaneció y es actualmente un sector preocupado y sensitivo al tema. No hay una gran conciencia respecto a que la práctica mundial en la disposición y uso de acabados en edificaciones localizadas en zonas sísmicas ha cambiado radicalmente en los últimos años y que a la luz de estos cambios la práctica colombiana deja mucho que desear.
- *Sector oficial de prevención de desastres* - Hay conciencia sobre el problema. Ha habido insistencia acerca de una necesidad de hacer más restrictivos los requisitos del Norma,

especialmente en edificaciones del sector hospitalario donde la operatividad de la instalación inmediatamente después de un sismo es prioritaria [Ref. 59]. Han insistido en la introducción en la norma de prescripciones acerca de elementos no estructurales y de la obligatoriedad de que sean diseñados explícitamente para las fuerzas y deformaciones a que puedan verse sometidos durante un sismo.

- *Aseguradoras* - Siempre han manifestado preocupación sobre el tema. La introducción del seguro obligatorio contra terremoto con posterioridad a la ocurrencia del sismo de Popayán es reflejo de las implicaciones económicas que tuvo para este sector la ocurrencia de un sismo. Recientemente se vieron afectados por los sismos ocurridos en el territorio nacional. A raíz de estos sismos se han presentado gran cantidad de reclamos a las pólizas expedidas por ellos. Estos reclamos afectaron, en muchos casos, más de una unidad de vivienda dentro de la edificación. Infortunadamente los aspectos actuariales con que se maneja el tema en el sector es totalmente dependiente de los datos proporcionados por las reaseguradoras internacionales.

Con excepción de unos tímidos ejemplos, no se ha realizado en el país un estudio serio sobre la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones colombianas y más grave aún no es claro que haya ninguna intención de afectar el valor de las primas de seguro contra terremoto en función de la bondad de ciertos tipos de sistema constructivo.

El uso del seguro como un elemento coercitivo para impedir el uso de prácticas constructivas que no son buenas, es un recurso utilizado ampliamente a nivel mundial, que aún no ha sido empleado, en todo su potencial, a nivel nacional. La reciente liberación de las restricciones tarifarias de las pólizas de seguros conducirá probablemente a cambios en el sector, de los cuales seguramente el más importante es la realización de investigaciones sobre la realidad nacional al respecto, los cuales muy seguramente se pagarán con creces en el momento de negociar las primas de reaseguro.

La actitud de este grupo respecto a una variación en los requisitos de deriva de la norma es muy positiva, pues obviamente reduce el riesgo. Pero el aspecto más importante al respecto, es que se produzcan estudios que permitan evaluar el valor de las primas que se pagan en el país de una manera racional, y que si el país se embarca en un cambio de los sistemas estructurales actuales con el fin de reducir la flexibilidad de las estructuras, haya una reducción correspondiente en el valor de las primas que refleje el eventual sobre costo en que se incurre en la construcción.

- *Investigadores* - Vienen dando voces de alerta sobre el problema. Ha habido gran número de seminarios, foros y eventos donde se manifestó la necesidad de reevaluar los requisitos de la Norma de 1984 respecto a las derivas límites. Tal vez ha faltado una mayor difusión de estos aspectos y la realización de más investigaciones que soporten los criterios que han expresado.
- *Sector de normalización sísmica* - La responsabilidad de los cambios a las Normas Sismo Resistentes para producir la NSR-98 fue de este grupo. Afortunadamente comprende diferentes sectores representativos de quienes se ven afectados por los cambios. El hecho de que haya un gran número de ingenieros estructurales dentro de el grupo simplemente trasladó la diversidad de criterios que ese sector presenta a las deliberaciones al respecto.
- *Usuarios* - Aunque es probablemente el grupo que tiene menor conocimiento sobre el tema, no quiere ésto decir que no tenga muy claros cuales deben ser los resultados. Hay gran falta de información acerca de que implica el diseño sismo resistente y es evidente que desconocen que el objetivo del Decreto 1400 de 1984 era la defensa de la vida y que la defensa de la propiedad es totalmente secundaria. En este aspecto entra en juego, de una

manera importante, que el diseño es “sismo resistente”, pero las expectativas de los usuarios son “anti-sísmicas”. El usuario no espera ningún tipo de daño a su propiedad a raíz de la ocurrencia de un sismo y existe gran dificultad que acepte que éste ocurra, más aún cuando se le ha insistido que el diseño es “anti-sísmico”. La desprotección de los acabados es un punto neurálgico que debe tomarse muy en cuenta en los cambios en las prácticas constructivas que se adopten en el futuro, y estos cambios deben gravitar alrededor de las expectativas de comportamiento de los usuarios.

Es evidente que existe una diversidad de factores y criterios respecto a las razones, objetivos, procedimientos y consecuencias de la utilización del Norma. No obstante, la experiencia que se ha tenido con los sismos ocurridos en el territorio nacional con posterioridad a la expedición del Decreto 1400 de 1984, sumado al hecho de que las normas internacionales sobre las cuales se sustentó su redacción han tenido variación en los trece años que lleva, reforzó la necesidad de actualizarlo.

Comportamiento de las edificaciones en los sismos recientes

Dentro del comportamiento de las edificaciones construidas en las zonas que se vieron afectadas por los sismos ocurridos recientemente en territorio nacional se destacan los siguientes aspectos:

- Los daños estructurales graves que se presentaron ocurrieron todos en edificaciones construidas antes de la vigencia del Decreto 1400/84. Así mismo, los edificios que sufrieron colapso en la ciudad de Pereira fueron construidos antes de 1984.
- La gran mayoría de los daños reportados corresponden a daños en las fachadas y los muros interiores de las edificaciones, o sea en elementos no estructurales. Estos daños se presentaron tanto en edificaciones construidas antes como después de la vigencia del Norma. Así mismo la gran mayoría de las víctimas fueron causadas por la caída de elementos no estructurales principalmente de las fachadas de las edificaciones.
- En las edificaciones de las instalaciones de Cusiana, localizada a 12.5 km del epicentro del sismo de Tauramena del 19 de Enero de 1995, cuyos elementos no estructurales se construyeron tomando las precauciones que exige el Uniform Building Code de California [Ref. 47], no se presentó ningún daño, ni estructural ni en acabados.

En general podría afirmarse que el Norma cumplió su cometido principal de evitar colapso y daño estructural grave de las edificaciones. No obstante, fue notoria la desprotección de los elementos no estructurales, tal como se han construido tradicionalmente en el país, y su potencial peligrosidad para la vida humana.

Por otro lado esta es, tal vez, la primera vez que se obtiene una cantidad apreciable de registros acelerográficos de los movimientos sísmicos, gracias a la instrumentación de la Red Nacional de Acelerógrafos, que opera el Ingeominas. Los valores de aceleración horizontal registrados fueron en general bajos, en comparación con los valores requeridos por la Norma. Por ejemplo el valor máximo de aceleración horizontal registrado en Villavicencio (120 km del epicentro) para el sismo de Tauramena del 19 de Enero de 1995, fue 0.027g (2.7% de la aceleración de la gravedad), mientras que el Norma exige 0.30g (Véase la Figura 4), o sea diez veces más. Lo mismo ocurre para la ciudad de Bogotá (140 km del epicentro) con el mismo sismo, el registro en roca fue de 0.017g (1.7% de la aceleración de la gravedad), mientras que el NSR-98 exige utilizar 0.20g en los diseños, del orden de diez veces más. Con el sismo de Calima-Darién del 8 de Febrero de 1995 se presenta una situación similar: el registro máximo se obtuvo en Trujillo, Valle, (40 km del epicentro) y fue de 0.048g (4.8% de la aceleración de la gravedad), y el NSR-98 exige allí 0.25g, cinco veces más. La ciudad de Pereira está localizada aproximadamente a 120

km del epicentro, por lo tanto las aceleraciones debieron ser menores que el valor registrado en Trujillo.

Lo anterior simplemente indica que los sismos que se presentaron a comienzos de 1995 corresponden a eventos que distan bastante del sismo de diseño que prevee la Norma, al menos para los lugares donde se obtuvieron los registros. La atenuación de la energía de las ondas sísmicas hace que ésta se reduzca apreciablemente en la medida que la distancia que tengan que viajar las ondas sea mayor. No obstante se presentaron daños importantes incluso en edificaciones nuevas, particularmente en elementos no estructurales con sismos cuyas aceleraciones en varios casos pueden ser del orden de diez o más veces menos que las determinadas por el Norma para el diseño.

EXPEDICION DE UNA NUEVA NORMATIVA SISMO RESISTENTE

Conveniencia de la norma

De todas las formas de acuerdo social, la ley constituye el mecanismo más equilibrado para regular las relaciones de los asociados. A través de ella el Estado debe procurar evitar las nefastas consecuencias de tragedias y desastres de la magnitud de las recientemente observadas o las inolvidables escenas del pasado, en materia de pérdidas humanas. Ello debe constituir un propósito nacional, gremial y estatal tendiente a proteger a todas las personas residentes en Colombia.

El establecimiento legislativo de las condiciones de seguridad permite por una parte determinar las mínimas reglas a las cuales deben someterse las personas encargadas de llevar a cabo la construcción de inmuebles y por otra permite al Estado ejercer la función señalada en el Artículo 2 de la Constitución Nacional por medio del cual se impone a las autoridades de la República propender por la protección de todas las personas residentes en Colombia en su vida, honra y bienes.

Por lo anteriormente dicho, resulta evidente que la doble función y la cooperación sector privado-Estado en la lucha contra las consecuencias lamentables de los desastres naturales se hace imperiosa y de allí la importancia de la presente actualización de la Norma.

Necesidad de acudir al Congreso de Colombia

El artículo 76 ordinal 12 de la anterior Constitución Nacional permitía al Congreso de la República revestir de manera temporal al Gobierno de precisas facultades para que adoptara la condición transitoria de legislador en una materia precisa y expidiera decretos con fuerza de ley que tuvieran la condición y la misma categoría de la ley. Fue así como, al amparo de las facultades otorgadas por la Ley 11 de 1983 se adoptó el Decreto 1400/84, Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes, decreto que tiene la misma categoría de la Ley.

La experiencia demostró la impostergable necesidad de actualizar la Norma, de adoptar nuevos esquemas de seguridad y de acomodarlo a las nuevas tendencias de la técnica y la ciencia. Para tal propósito se hizo necesario derogar la ley existente razón por la cual y en virtud de la prohibición constitucional de otorgar facultades extraordinarias para expedir Normas y al fijarse esta facultad como propia del Congreso de la República fue necesario acudir al trámite ordinario para la adopción de una nueva ley, la cual fue aprobada como Ley 400 del 19 de Agosto de 1997.

A través de la Ley 400 se acoge de manera definitiva y con carácter permanente el alcance de la legislación relativa la normativa sismo resistente, facultando al Gobierno para que a través del

ejercicio de la potestad reglamentaria actualice las normas en aquellos aspectos técnicamente aconsejables y que de tiempo en tiempo se requieran para una mejor implementación de las nuevas técnicas y avances tecnológicos.

Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes

La naturaleza eminentemente técnica del tema objeto de normalización, hace que el desarrollo de las ciencias específicamente en las áreas de sistemas de información, comunicaciones, los diseños y la construcción, así como las características, idiosincrasia, posibilidades y recursos del grupo humano para quien se legisla, influyan de manera determinante en la obsolescencia o permanencia de lo allí reglamentado, haciendo que dichas normas puedan tomarse en manera alguna como verdades absolutas e inmutables.

Esto implica que una Norma Sismo Resistente debe ser un organismo vivo que se desarrolle y se nutra del avance de la tecnología y de las demás acciones propias de una comunidad y de un gobierno, razón de más, que justifica la existencia de un grupo interdisciplinario conformado por especialistas que constituyan la Comisión Asesora Permanente.

Una comisión similar funcionó a partir de 1984, cuando fue creada mediante Decreto 2170, adscrita al Ministerio de Obras Públicas y Transporte, conformada por este Ministro o su delegado, un representante de la Sociedad Colombiana de Ingenieros y un representante de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, cumpliendo funciones de atención de consultas tanto oficiales como particulares, dirección y supervigilancia de las investigaciones relacionadas con el Norma, envío de comisiones de estudio a las zonas donde han ocurrido temblores en el territorio nacional y publicación de sus informes, organización y realización de seminarios y cursos de actualización y definición del Norma, dirección de investigaciones sobre las causas de fallas estructurales y definición sobre si se aplicó o no el Norma, dirección y asesoría en la elaboración de estudios de microzonificación sísmica de ciudades dentro del país, entre otras.

Sobre estas labores existen informes y resultados concretos de los que se desprenden claramente la importancia de su existencia, la efectividad de su funcionamiento, en contraposición a la escasa carga económica y administrativa que ello implicó al ente del cual dependía.

La Ley 400 de 1997 crea una Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes. La Ley establece su composición de la siguiente manera: un representante de la Presidencia de la República, un representante del Ministerio de Desarrollo Económico, un representante del Ministerio de Transporte, el Representante Legal del Instituto de Investigaciones en Geociencia, Minería y Química INGEOMINAS -, o su delegado, el Presidente de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS - o su delegado, quien actuará como Secretario de la Comisión, el Presidente de la Sociedad Colombiana de Ingenieros - SCI -, o su delegado, el Presidente de la Sociedad Colombiana de Arquitectos - SCA -, o su delegado, el Presidente de la Asociación Colombiana de Ingeniería Estructural - ACIES -, o su delegado, un representante de las Organizaciones Gremiales relacionadas con la industria de la construcción, el Presidente de la Cámara Colombiana de la Construcción - CAMACOL -, o su delegado, y un delegado del Comité Consultivo Nacional, según la Ley 361 de 1997.

Procedimiento empleado en la actualización de la normativa sismo resistente

Desde el año 1992, la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica ha venido trabajando formalmente en la actualización de las Normas Sismo Resistentes, gracias al auxilio concedido para este fin por el Fondo Nacional de Calamidades. Este proceso ha sido realizado por el Comité AIS 100 de la Asociación, el cual cuenta con numerosos profesionales expertos en el tema, dentro de sus miembros. El Comité AIS 100 está dividido en ocho subcomités que tratan

los diferentes temas cubiertos por la norma. El documento que recientemente discutió y aprobó el Comité AIS 100 se denomina Norma AIS 100-97 [Ref. 13] y es análogo a la Norma AIS 100-83 [Ref. 10], que sirvió de base al Decreto 1400/84. La norma AIS 100-97 corresponde al contenido técnico del Reglamento NSR-98. La parte procedimental, de sanciones y jurídica, en general, está contenida en la Ley 400 aprobada por el Congreso de la República el 19 de Agosto de 1997.

El procedimiento de actualización del Reglamento se realizó de la siguiente manera:

- (a) Dentro de cada uno de los subcomités se produjo un documento preliminar del nuevo documento por parte de dos o tres miembros del subcomité. Este documento se envió a votación dentro del subcomité, con la obligación de que toda observación que se recibió de los miembros debió ser atendida. Con base en las observaciones recibidas se produjo un nuevo documento, que se llevó a votación nuevamente. Este proceso se repitió, cuantas veces fue necesario, hasta que hubo unanimidad dentro del subcomité respecto a que el documento propuesto era adecuado.
- (b) Una vez se obtuvo unanimidad dentro del subcomité, el documento se envió a votación dentro de todos los miembros del Comité AIS 100. Una vez se recibieron las observaciones pertinentes, éstas se discutieron dentro del subcomité que produjo el documento, tratando de conciliar las divergencias de criterio con quienes realizaron las observaciones. Este proceso se repitió cuantas veces fue necesario hasta el punto en que no hubo divergencias de criterio respecto a los requisitos contenidos dentro del documento o hubo aprobación por mayoría manifestada por medio de una votación afirmativa de más de las dos terceras partes del Comité en pleno.
- (c) Una vez el documento fue aprobado por el Comité AIS 100, se llevó a discusión pública, enviándolo a un amplio grupo de profesionales, instituciones y universidades. Las observaciones recibidas se atendieron y discutieron directamente con las personas que las enviaron.

El documento AIS 100-97 corresponde a la séptima versión que se sometió al proceso descrito en los pasos (a) y (b), y atiende las observaciones que se recibieron de la votación realizada en Octubre de 1997, tal como la describe el paso (c). Más adelante se presenta un listado de las instituciones, entidades y profesionales con las cuales se discutió el documento.

Esquema legal resultante

La nueva normativa sismo resistente está estructurada jurídicamente de la siguiente manera:

1. **Ley 400 de 1997** - El marco jurídico de la normativa sismo resistente gravita alrededor de la Ley 400 de 1997, por medio de la cual se adoptaron normas sobre construcción sismo resistente. La ley contiene:
 - El objeto y alcance de la normativa.
 - Define las responsabilidades de los diseñadores y constructores.
 - Obliga a la revisión de los diseños que se presentan para obtener las licencias de construcción.
 - Define cuando debe llevarse a cabo una supervisión técnica de la construcción.
 - Define las calidades y requisitos de experiencia que deben cumplir los diseñadores, los revisores de los diseños, los supervisores técnicos y los directores de construcción.
 - Crea la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, y le fija sus funciones.

- Delega en el Gobierno Nacional una potestad reglamentaria que le permite en el futuro expedir Decretos Reglamentarios de carácter técnico y científico, de acuerdo con un temario que fija la misma ley, dándole a estos Reglamentos la denominación NSR, seguida por los dos últimos dígitos del año de expedición.
 - Fija el temario que deben seguir los decretos reglamentarios, dividiéndose en Reglamento en Títulos que van desde la A hasta la K.
 - Establece las responsabilidades y sanciones en que incurren los profesionales diseñadores, los constructores, los funcionarios oficiales y las alcaldías, al incumplir la Ley.
 - Además crea incentivos para quienes actualicen las construcciones existentes a las nuevas normas, obliga a realizar análisis de vulnerabilidad para las edificaciones indispensables existentes en un lapso de 3 años, y a repararlas en caso de que sean deficientes, con un plazo máximo de 6 años.
 - Por último, deroga los Decretos 1400 y 2170 de 1984.
 - La Ley 400 de 1997 entra en vigencia el 19 de Febrero de 1998.
2. **El Decreto 33 de 1998 – Reglamento NSR-98** – Por medio del Decreto 33 del 9 de Enero de 1998, el Gobierno Nacional expidió el Reglamento NSR-98, cuyo contenido se describe más adelante. Este Decreto se expidió con base en la Potestad Reglamentaria que da la Ley 400 de 1997. El contenido del Reglamento se ajusta a lo establecido en la Ley 400 de 1997. Este Reglamento podrá ser actualizado y modificado en el futuro, cuando se estime conveniente, por medio de la expedición de nuevos Decretos Reglamentarios por parte del Gobierno Nacional y previo visto bueno de la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes.
3. **Conceptos y Resoluciones de la Comisión Permanente** – La Ley 400 de 1997 al crear la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, adscrita al Ministerio de Desarrollo Económico, le fijo diversas funciones, dentro de las cuales se cuentan:
- Atender y absolver las consultas que le formulen las entidades oficiales y los particulares.
 - Dirigir y supervigilar las investigaciones que se lleven a cabo sobre aspectos relacionados con la Ley 400-97 y su desarrollo.
 - Enviar las comisiones de estudio que considere necesarias a las zonas del país que se vean afectadas por sismos o movimientos telúricos y publicar los resultados de tales estudios.
 - Coordinar y realizar seminarios y cursos de actualización sobre las normas de construcción sismo resistentes.
 - Orientar y asesorar la elaboración de estudios de microzonificación sísmica y fijar los alcances de los mismos.
 - Coordinar las investigaciones sobre las causas de fallas de estructuras y emitir conceptos sobre la aplicación de las normas de construcciones sismo resistentes.
 - Servir de Organismo Consultivo del Gobierno Nacional para efectos de sugerir las actualizaciones en los aspectos técnicos que demande el desarrollo de las normas sobre Construcciones Sismo Resistentes.
 - Fijar dentro del alcance de la Ley 400-97, los procedimientos por medio de los cuales, periódicamente, se acrediten la experiencia, cualidades y conocimientos que deben tener los profesionales que realicen los diseños, su revisión, la construcción y su supervisión técnica, además mantener un registro de aquellos profesionales que hayan acreditado las cualidades y conocimientos correspondientes.
 - Nombrar delegados ad-honorem ante instituciones nacionales y extranjeras que traten temas afines con el alcance y propósito de la Ley 400-97 y sus desarrollos.
 - Las demás que le fije la Ley

- Las que le asigne el Gobierno Nacional, según su competencia.
- Además puede establecer detalladamente el alcance y procedimiento de ejecución de las labores profesionales de diseño estructural, estudios geotécnicos, diseño de elementos no estructurales, revisión de los diseños y estudios, dirección de la construcción, y supervisión técnica de la misma.
- Puede fijar los procedimientos por medio de los cuales se establezca la idoneidad, experiencia profesional y conocimiento de las normas sobre construcciones sismo resistentes, que deben tener los profesionales y el personal auxiliar que desarrolle las mencionadas labores, con la periodicidad que estime conveniente.
- Además, puede establecer los procedimientos para fijar los honorarios mínimos que se utilicen para retribuir las labores profesionales relacionadas con la Ley 400-97, cuando no se trate de servidores públicos.

QUE HAY NUEVO EN LA NSR-98

La nueva versión de las Normas Sismo Resistentes Colombianas Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes - NSR-98, está estructurada de una manera similar al Decreto 1400/84. El temario está dividido en Títulos, cada uno de los cuales agrupan una temática particular. Los seis Títulos del Decreto 1400/84 se actualizaron y hay cinco Títulos totalmente nuevos. Además dentro de algunos de los Títulos del Decreto 1400/84 se introdujeron Capítulos nuevos.

El temario del NSR-98 es el siguiente:

TITULO	CONTENIDO	OBSERVACIONES
A	Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente	Actualizado
B	Cargas	Actualizado
C	Concreto estructural	Actualizado
D	Mampostería estructural	Actualizado
E	Casas de uno y dos pisos	Actualizado
F	Estructuras metálicas	Actualizado
G	Estructuras de madera	Nuevo
H	Estudios geotécnicos	Nuevo
I	Supervisión técnica	Nuevo
J	Requisitos de protección contra el fuego en edificaciones	Nuevo
K	Otros requisitos complementarios	Nuevo

A continuación se describe la proveniencia de la normativa y algunos de los cambios más importantes:

Generales

Hay algunos cambios que afectan todo el reglamento en conjunto, los cuales son una variación con respecto al Decreto 1400/84. Los más importantes son los siguientes:

Se suprimieron las palabras Sección, Artículo y Parágrafo en los encabezamientos de las diferentes secciones. Dada la forma jurídica de adopción del Reglamento estos encabezamientos no eran necesarios. Este cambio da mayor facilidad de lectura y consulta al Reglamento.

El sistema métrico tradicional conocido como sistema mks ha sido abandonado prácticamente todo todos los países del mundo que lo empleaban. El sistema métrico SI o Sistema Internacional de Medidas, fue establecido en la 11ª Conferencia Mundial de Pesos y Medidas, en 1960, se convirtió de uso obligatorio en el país por medio del Decreto 1731 de 1967, y es el sistema de unidades empleado hoy en día a nivel mundial. Aunque el sistema SI está basado en el sistema métrico original, la mayor diferencia radica en que el kg (kilogramo) es una unidad de masa en el sistema SI, mientras que era una unidad de fuerza en el sistema mks, donde se le debe denominar kgf (kilogramo fuerza). La totalidad del Reglamento NSR-98 se presenta en el sistema SI, con la excepción de los capítulos F.4, F.5, F.6 y F.7 de estructuras metálicas. A aquellas ecuaciones que producen resultados inconsistentes entre los dos sistemas de unidades se marcan con un asterisco en su número, i.e. (C.10-20*). Además se han colocado explicaciones en ciertas secciones para facilitar la transición al sistema SI de los ingenieros colombianos.

Todas las normas técnicas mencionadas en el Reglamento corresponden a normas técnicas colombianas, NTC, expedidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, con muy contadas excepciones. En este aspecto hay que resaltar la labor realizada por este Instituto para homologar normas nacionales en muchos casos en que solo existía una norma de la ASTM o de otro instituto de normalización.

Otra modificación de importancia con respecto al Decreto 1400/84 radica en que se ha definido el comportamiento sísmico de los sistemas y elementos estructurales de acuerdo con su capacidad de disipación de energía en el rango inelástico; aspecto fundamental en la obtención de una respuesta apropiada de la estructura al verse sometida a los efectos de un sismo. El Reglamento NSR-98 contempla tres niveles de capacidad de disipación de energía en el rango inelástico: especial (*DES*), moderada (*DMO*) y mínima (*DMI*). Para cada uno de los materiales estructurales se prescriben los requisitos de detallado del elemento en función de estas tres capacidades. El empleo de elementos y sistemas estructurales en las diferentes zonas de amenaza sísmica se restringe de acuerdo con esta capacidad de disipación de energía en el rango inelástico, así:

CAPACIDAD DE DISIPACION ENERGIA	ZONA DE AMENAZA SISMICA		
	BAJA	INTERMEDIA	ALTA
MINIMA (<i>DMI</i>)	permitido	no	no
MODERADA (<i>DMO</i>)	permitido	permitido	no
ESPECIAL (<i>DES</i>)	permitido	permitido	permitido

En algunos casos en los cuales es imposible realizar una distinción que permita dar requisitos diferenciales al material, el Reglamento permite variaciones con respecto a lo indicado en la tabla anterior. Este es el caso de la mampostería de muros confinados.

Además dentro de todo el documento se procuró mejorar la redacción y la terminología empleadas.

Titulo A - Requisitos generales de diseño sismo resistente

El ATC-3 [Ref. 21 y 22] sobre el cual se basó la normativa sismo resistente colombiana, no fue adoptado como norma en los Estados Unidos inmediatamente. No obstante, fue actualizado a través del programa National Earthquake Hazard Reduction Program, NEHRP, en varias ocasiones, la última de las cuales ocurrió en 1994 [Ref. 39]. Tan solo la versión de 1997 del Uniform Building Code, UBC-97 [Ref. 47], se acoge a este tipo de reglamentación, diez y nueve años más tarde. Es indudable que los numerosos sismos catastróficos que han ocurrido a nivel

mundial desde que apareció el ATC-3 en 1978, han influido en los cambios que se le han introducido, y en la normativa sísmica de diversos países.

Dentro de estos sismos se destacan, a nivel mundial:

Año	Mes	Día	Localización	Magnitud	Muertos
1980	Nov	23	Sur de Italia	$M_s = 7.2$	3 000
1985	Mar	3	Valparaíso, Chile	$M_s = 7.8$	177
1985	Sep	19	Michoacán, México	$M_s = 7.9$	9 500
1986	Oct	10	San Salvador, El Salvador	$M_s = 5.4$	1 000
1987	Mar	6	Ecuador, frontera con Colombia	$M_s = 7.0$	1 000
1988	Dic	7	Spitak, Armenia	$M_s = 7.0$	25 000
1989	Oct	17	Loma Prieta, California, USA	$M_s = 7.0$	63
1990	Jul	16	Luzón, Filipinas	$M_s = 7.8$	1 700
1992	Jun	28	Landers, California, USA	$M_s = 7.5$	1
1994	Ene	17	Northridge, California, USA	$M_s = 6.8$	60
1995	Ene	17	Kobe, Japón	$M_s = 7.2$	5 000

Los sismos anteriores tuvieron gran influencia en la normalización sísmica mundial, así:

El Sismo de Chile de 1985 resalto la importancia del uso de muros estructurales en el comportamiento de las estructuras [Ref. 23, 45, 46 y 67], con el fin de darles mayor rigidez ante fuerza horizontales, como las que impone el sismo.

México ha adoptado recientemente un nuevo código [Ref. 34] que tiende a corregir una gran parte de los problemas detectados en el sismo de Septiembre de 1985. Este nuevo código corrige la muy mala experiencia que se tuvo con el sistema estructural donde las vigas del pórtico son reemplazadas por nervaduras en dos direcciones [Ref. 56], lo que se conoce en Colombia como reticular celulado, sistema que se utilizó mucho en Colombia hace algunos años y que ha cobrado, desafortunadamente, vigencia nuevamente. Otro aspecto en el cual la experiencia mexicana es importante hace referencia a la irregularidad de las estructuras y su eventual mal comportamiento. El nuevo Código Mexicano prohíbe la construcción de edificios cuya excentricidad entre centro de masa y centro de rigidez sea mayor del 20% de la dimensión en planta del edificio.

Pero tal vez la mayor experiencia derivada del sismo de México de 1985 radica en los niveles de amplificación de las ondas sísmicas causados por los estratos de suelo blando subyacentes. Este punto ha obligado a revisiones importantes en la gran mayoría de las normas sísmicas actuales [Ref. 23, 25, 34, 39, 47, y 70]. Este aspecto nuevamente fue resaltado por el temblor de Loma Prieta, California, de 1989 [Ref. 25, 39, y 70]. Por otro lado, los temblores de Northridge, California, y Kobe Japón, especialmente el primero, resaltaron la enorme vulnerabilidad sísmica de las estructuras de acero con uniones soldadas.

Para efectos de la actualización de los requisitos de sismo resistencia del Reglamento NSR-98, se consultaron las normativas de diversos países, dentro de las que se cuentan:

- *Estados Unidos* – el ANSI/ASCE 7-95 [Ref. 20], el NEHRP-94 [Ref. 39], el UBC-97 [Ref. 47], y el SEAOC-96 [Ref. 66]
- *Eurocódigos* - el Eurocode 8 [Ref. 29]
- *Francia* – el AFPS-90 [Ref. 7].
- *Japón* – AIJ-90 [Ref. 8]
- *México* – el Reglamento del Distrito Federal de 1993 [Ref. 34]
- *Nueva Zelandia* – El NZS-4203 [Ref. 58]
- *Otros* – En la [Ref. 61]

En general el enfoque de la normativa colombiana de 1984 seguía siendo vigente, y a lo largo del tiempo se había manifestado su bondad en la medida que las diferentes normativas a nivel

mundial tendieron hacia el mismo tipo de formulación, con algunas excepciones como es natural.

Con base en todo lo anterior se definieron, por parte del Comité AIS 100, una serie de prioridades que guiarían el proceso de actualización del documento para producir la versión AIS 100-97, la cual corresponde al NSR-98. Se actualizaron y aclararon muchos de los requisitos contenidos en el Decreto 1400/84, dentro de los cuales se destacan:

Se aclaró y amplió el procedimiento de diseño (Capítulo A.1). En el Apéndice I, se presenta de una manera gráfica este procedimiento de diseño.

Se incluyeron unos nuevos mapas de amenaza sísmica [Ref. 18], los cuales se presentaron en la Figuras 3 y 4. (Capítulo A.2)

Se realizaron modificaciones en la forma como se determinan los movimientos sísmicos de diseño, especialmente en sitios donde hay suelos blandos (Capítulo A.2). Se introdujo un nuevo tipo de perfil de suelo (S_4) y se permite un procedimiento alternativo que se presenta en el Apéndice H-1. Además se dan requisitos para la realización de estudios de microzonificación y se insiste en la necesidad de realizarlos. El sismo de México abre los ojos, nuevamente, acerca de la necesidad de microzonificar las ciudades colombianas, con el fin de poder tomar medidas apropiadas en diseño que atiendan la amplificación de las ondas sísmicas por los estratos de suelo blando. En este momento existen estudios de microzonificación de las ciudades de Popayán [Ref. 51], y Santa Fe de Bogotá [Ref. 52], y se están adelantando los de Medellín, Manizales y Pereira. La ciudad de Cali ha realizado algunos trabajos preliminares al respecto.

Se incluyó un nuevo Grupo de Uso IV, el cual cubre edificaciones indispensables, cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alternativo (Capítulos A.2 y A.12).

El espectro de diseño se modificó (Capítulo A.2) y se permiten definiciones alternas de los movimientos sísmicos de diseño. El nuevo espectro de diseño se muestra en la Figura 7, y en la Figura 8 se compara con el del Decreto 1400/84.

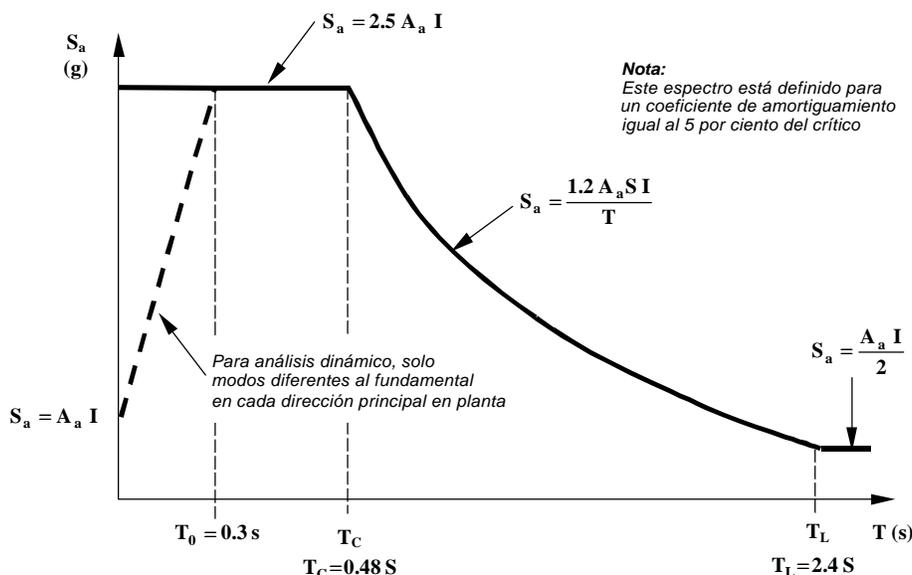


Figura 7 - Espectro Elástico de Diseño del Reglamento NSR-98

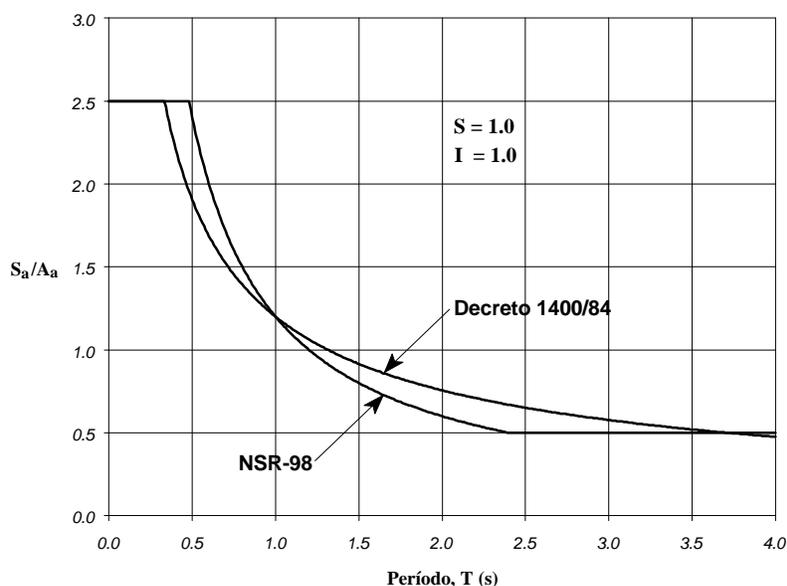


Figura 8 - Espectros del Reglamento NSR-98 y del Decreto 1400/84

Se aclaró y amplió la gama de sistemas estructurales permitidos, siendo estos el sistema de muros de carga, el sistema combinado (nuevo), el sistema de pórtico y el sistema dual (Capítulo A.3).

Se prescriben claramente las posibilidades de combinar sistemas estructurales tanto en planta como en altura y se restringe el empleo de aquellos que han manifestado comportamiento inconveniente [Ref. 53]. Se definen los diferentes grados de irregularidad de la estructura de la edificación y se les asigna un valor, para cada tipo de irregularidad, a los coeficientes de reducción de capacidad de disipación de energía, ϕ_a y ϕ_p , debidos a irregularidades en altura y en planta respectivamente. Estos coeficientes afectan el valor del coeficiente básico de modificación de respuesta R_0 , para obtener el coeficiente de modificación de respuesta R , por medio de $R = \phi_a \phi_p R_0$. (Capítulo A.3). Los valores de R_0 se aumentaron con respecto a los valores correspondientes en el Decreto 1400/84. Este aumento se justificó con base en la aceptación y buen cumplimiento de la norma de 1984, y se llevaron en el Reglamento NSR-98 a valores muy cercanos a los propuestos en el ATC-3 original. Este aspecto conduce a una disminución de los costos provenientes del diseño sísmico en la gran mayoría de las edificaciones.

Se aclaran los efectos de torsión de toda la estructura y se introduce un efecto de torsión accidental, el cual no existía en el Decreto 1400/84. (Capítulo A.3)

Las fuerzas sísmicas F_s se definen empleando el espectro directamente (Capítulo A.3). Con ellas se calculan las derivas (Capítulo A.6), y solo en el momento de diseñar los elementos de la estructura, se emplean unas fuerzas sísmicas reducidas de diseño, E ($E = F_s/R$), las cuales se combinan con las otras sollicitaciones empleando las ecuaciones de combinación de cargas del Título B. Véase el Apéndice I de este Prefacio.

El método de la fuerza horizontal equivalente (Capítulo A.4) no sufre mayor modificación, pero se actualizan las ecuaciones para calcular el período aproximado de la estructura T_a .

El Capítulo A.5 se denomina en el NSR-98 "Método del análisis dinámico", debido a que se permiten otros tipos de análisis dinámico diferentes al análisis modal que prescribía el Decreto

1400/84. El Capítulo está más a tono con los programas de computador que se emplean en la actualidad, e inclusive permite análisis dinámico inelástico.

Los procedimientos de cálculo de las derivas se aclaran y complementan (Capítulo A.6). La deriva se debe calcular para las fuerzas sísmicas F_s , sin haberlas dividido por R y en su cálculo se deben incluir los efectos torsionales y P-Delta. Se restringieron las derivas permitidas al verse la edificación afectada por el sismo de diseño, el antiguo valor límite para la deriva de $0.015h_p$ del Decreto 1400/84 es ahora $0.010h_p$ para todos los sistemas estructurales, exceptuando la mampostería, la cual tiene ahora un límite igual a $0.005h_p$. Se realizaron amplios estudios del impacto de costos de esta modificación, los cuales se presentan en las [Ref. 45 y 46].

Se incluye un Capítulo A.7 totalmente nuevo sobre interacción suelo-estructura, y se incluye un procedimiento recomendado no obligatorio en el Apéndice A-2 para calcular estos efectos.

Se incluyó un Capítulo A.8 sobre elementos estructurales que no hacen parte del sistema de resistencia sísmica, tales como escaleras, rampas, cerchas, correas, viguetas y otros.

Así mismo, se incluyó un Capítulo A.9 nuevo sobre elementos no estructurales tales como fachadas, muros divisorios, acabados, instalaciones interiores, etc. Más adelante se discuten los criterios contenidos dentro de este Capítulo. El objetivo primordial es la defensa de la vida y el funcionamiento de las edificaciones indispensables posteriormente a la ocurrencia de un sismo.

En el Capítulo A.10 se fijan procedimientos para la aplicación del nuevo Reglamento NSR-98 a edificaciones construidas antes de su vigencia y para el análisis de vulnerabilidad sísmica de estructura existentes. Este Capítulo está basado en el documento "Adición, Modificación y Remodelación del Sistema Estructural de Edificaciones Existentes Antes de la Vigencia del Decreto 1400/84", [Ref. 11 y 44] el cual se denominó Norma AIS 150-86. Allí se definieron los parámetro bajo los cuales se deben tratar las adiciones, modificaciones y remodelaciones de edificaciones existentes antes de la vigencia del Decreto 1400/84, con el fin de que la edificación resultante tenga resistencia comparable a la de una edificación construida de acuerdo con los requisitos del Decreto 1400/84. Los requisitos de la Norma AIS 150-86 se han adaptado a los nuevos requisitos del Reglamento NSR-98.

Se exige la colocación de instrumentos sísmicos para edificaciones cuyo tamaño o altura lo ameritan, indicando el tipo de instrumento y su localización (Capítulo A.11).

En el Capítulo A.12 se exige para las edificaciones indispensables, una verificación para unos movimientos sísmicos que describen el umbral de daño de la edificación.

En el Capítulo A.13 se presentan las definiciones de los principales términos empleados en el Título A y de los términos matemáticos que se utilizan en él.

Se han incluido tres Apéndices nuevos. El Apéndice A-1 corresponde a recomendaciones sísmicas de algunas estructuras que no están cubiertas por el alcance del Reglamento, tales como tanques elevados, silos y chimeneas y otras estructuras industriales, avisos y monumentos. Este Apéndice no tiene carácter obligatorio y se incluye simplemente como una guía para los diseñadores de estos elementos. El Apéndice A-2 contiene recomendaciones para la evaluación de los efectos de interacción suelo-estructura. El Apéndice A-3 contiene los valores de la aceleración pico efectiva de diseño A_a y del umbral de daño, A_d , así como la localización dentro de las zonas de amenaza sísmica de todos los municipios colombianos.

Título B - Cargas

El documento ANSI A.58 [Ref. 19], el cual sirvió como base para la redacción del Título B del Decreto 1400/84, propugnaba la utilización del método de resistencia en el diseño de todos los materiales estructurales. No obstante, el método de esfuerzos de trabajo se utiliza todavía en el diseño de algunos de ellos. Este documento ha evolucionado dentro del medio norteamericano al documento ANSI/ASCE 7-95 [Ref. 20] el cual contiene un tratamiento unificado de los métodos de diseño y de las cargas a emplearse, lo cual es muy útil cuando se usan elementos de diferente material estructural dentro de la misma estructura. Los requisitos del Capítulo B.2 se han adaptado a esta tendencia. En general con la excepción de la madera, en el NSR-98 todos los materiales se diseñan por el método del estado límite de resistencia. En los otros materiales diferentes a la madera se presentan como alternativa la posibilidad de realizar el diseño por el método de esfuerzos de trabajo, de tal manera que el diseñador pueda seleccionar la metodología más conveniente.

Todo el Título B se convirtió al sistema métrico de unidades internacional SI, colocando en lugares apropiados dentro del texto recomendaciones acerca del empleo de este sistema y de la distinción muy clara que debe tener el diseñador entre masa y peso. En todos los casos de cargas muertas (Capítulo B.3) y cargas vivas (Capítulo B.3) se han colocado las equivalencias en el antiguo sistema métrico mks.

En el caso de las cargas muertas mínimas (Capítulo B.3) se han colocado valores para los tipos de fachadas, muros divisorios y particiones empleados tradicionalmente en el país. Se han contemplado valores mínimos para divisiones construidas con paneles de yeso (dry wall), cuyo uso se ha popularizado recientemente.

Se aclaró el uso de cargas vivas en cubiertas, aspecto que era confuso en el Decreto 1400/84, pues no se indicaba que los valores dados eran para cubiertas livianas. Ahora estos valores relativamente bajos, de 0.35 kN/m^2 (35 kgf/m^2) son exclusivamente para cubiertas inclinadas sobre estructuras metálicas o de madera, con pendientes mayores del 20% y de 0.50 kN/m^2 (50 kgf/m^2) para pendientes menores del 20%.

El procedimiento para evaluar las cargas de viento se modernizó y se incorporó un mapa de amenaza eólica. Cuando se elaboró el Decreto 1400/84, no existía a nivel nacional un estudio general y amplio sobre la amenaza eólica en el país, por esta razón se fijó una velocidad del viento de 100 km/h para todo el territorio nacional. Con posterioridad a la aparición del Decreto 1400/84, Interconexión Eléctrica patrocinó un estudio sobre el riesgo eólico del país [Ref. 27] por medio del cual se obtuvo un mapa de velocidades de diseño para viento en todo el país.

Utilizando estos resultados del estudio mencionado y con base en una traducción de la Norma inglesa de determinación de cargas de viento que se había elaborado dentro del trabajo de preparación del borrador del Decreto 1400/84, Fedestructuras, con colaboración de un grupo de instituciones e ingenieros desarrolló un documento para la determinación de cargas de viento en el territorio nacional. Este documento [Ref. 36] constituye la base de los requisitos del Capítulo B.6 del Reglamento NSR-98.

Título C - Concreto Estructural

Con anterioridad a la expedición del Decreto 1400/84, en el país se venían utilizando en el diseño de estructuras de concreto reforzado los requisitos del Código ACI 318 [Ref. 1], desarrollado por el Instituto Americano del Concreto (ACI). En 1978 el Instituto Colombiano de Productores de Cemento, ICPC, realizó una traducción autorizada por el ACI de la versión de 1977 de este documento, la cual fue ampliamente difundida en el país, y sirvió de base para la

redacción de la norma ICONTEC 2000 [Ref. 48]. En el Decreto 1400/84 el Título C se basó en la norma ICONTEC 2000, actualizada a la versión de 1983 del Código ACI 318.

Con posterioridad a la expedición del Decreto 1400/84, el ACI ha actualizado su documento en 1989 [Ref. 3], posteriormente en 1995 [Ref. 4] y en el momento está trabajando en lo que será la versión del año 2001. El Comité AIS 100 ha venido modificando apropiadamente el borrador de su documento, en la medida que han desarrollado las actualizaciones del Código ACI 318; pues se cuenta con la fortuna de que uno de los miembros del comité AIS 100 lo es también del comité ACI 318. Esto ha permitido mantener un contacto más estrecho con este comité, llevando a su seno las observaciones que la aplicación del documento al medio nacional ha traído, y por otro lado conocer muy de cerca las modificaciones que se le van a introducir en cada nueva versión y su aplicabilidad a nuestro medio.

Los requisitos que trae el NSR-98 corresponden de una manera general al documento que publicó el ACI a finales del año 1995 [Ref. 4] y algunos apartes a la nueva norma europea [Ref. 28]. En muchos de los requisitos se desvía de lo que exigen estos documentos, pues la práctica nacional así lo requiere.

Los lugares donde el Título C sufrió modificaciones con respecto al Título C del Decreto 1400/84, se presentan con una raya al lado derecho, igual a la que tiene el presente párrafo.

La desviación más importante consiste en que los requisitos del Reglamento NSR-98 se dividen de acuerdo con la capacidad de disipación de energía en el rango inelástico de los elementos construidos con concreto estructural y no de acuerdo con la zona de amenaza sísmica como ocurría en el Decreto 1400/84, lo cual generaba confusión.

El Capítulo C.3 de materiales se actualizó en su totalidad. Se contemplan definiciones de los diámetros del refuerzo tanto en octavos de pulgada como en mm. Se exige una aceptación del acero de refuerzo similar a la que se exige para el concreto. Se permiten barras con recubrimiento epóxico para protección contra la corrosión.

Los requisitos de durabilidad del Capítulo C.4 se actualizaron en su totalidad, así como los de calidad del concreto del Capítulo C.5.

En el Capítulo C.7 se ajustaron los recubrimientos mínimos a lo que ha traído el Código ACI 318 desde hace varias ediciones, y que es diferente a lo que contenía la norma ICONTEC 2000. Así mismo se incluyen requisitos nuevos de integridad estructural.

El Capítulo C.8 difiere ampliamente del correspondiente en ACI 318-95. Los requisitos de análisis estructural se fijan de una manera más acorde con la práctica moderna al respecto. Se incluyen recomendaciones acerca de las inercias efectivas cuando se desea emplear secciones fisuradas en el análisis. Los valores de los módulos de elasticidad corresponden a valores medidos experimentalmente en diferentes ciudades del país, de acuerdo con una serie de investigaciones realizadas en la Universidad Javeriana de Santa Fe de Bogotá. Se permiten diferentes tipos de análisis estructural, inclusive procedimientos que emplean modelos de celosía.

En el Capítulo C.9 se presentan valores de los espesores mínimos de elementos cuando no hay necesidad de calcular las deflexiones, para dos casos diferentes. Uno de ellos corresponde al uso de particiones livianas, que conduce a los mismos valores que exige el ACI 318, y el otro caso corresponde a los muros divisorios tradicionales en el país, construidos con bloque de arcilla de perforación horizontal, los cuales son más pesados y susceptibles a las deflexiones y que han venido presentado problemas por esta razón.

En el Capítulo C.10 se variaron las ecuaciones de cuantía mínima y se aclararon los requisitos de esbeltez (efectos P-Delta). Los requisitos para transmisión de cargas de columna a través de los sistemas de entrepiso se adaptaron a recientes investigaciones.

Los requisitos de diseño a torsión del Capítulo C.11 son totalmente nuevos. Están basados en modelos de celosía y son aplicables ahora también a vigas huecas o vigas cajón. Este capítulo se ha conservado en esfuerzos y no fuerzas, como estaba en el Decreto 1400/84. Se incluyó una sección para verificaciones de cortante en los apoyos de vigas que son sostenidas por otras vigas.

El Capítulo C.12 de desarrollo y empalmes del refuerzo está de acuerdo con los requisitos nuevos del ACI 318-95.

El Capítulo C.13, al igual que el Decreto 1400/84 cubre losas en una y en dos direcciones, a diferencia del ACI 318 que solo cubre allí losas en dos direcciones. Este Capítulo difiere ampliamente de los contenido en ACI 318 y se ajusta de una mejor manera a la práctica nacional. Se permite el diseño de losas por el método de las líneas de fluencia. Se incluyeron los procedimientos de análisis del Método 3 del ACI 318-63 para losas soportadas por vigas rígidas o muros.

El Capítulo C.15 de fundaciones contiene ahora requisitos para pilotes y caissons, y vigas de amarre de fundaciones, además de los tradicionales para zapatas.

El Capítulo C.16 de concreto prefabricado es totalmente nuevo y sigue los requisitos del Código ACI 318-95.

En concreto preesforzado aparece un límite nuevo para los esfuerzos admisible en cargas de servicio. Los valores recomendados para los coeficientes de fricción en ductos de postensado se ajustaron a valores medidos en el medio nacional.

El Capítulo C.19 de pruebas de carga es totalmente nuevo. Se insiste en la solución analítica del problema y se deja la prueba de carga como un recurso final.

Se incluyó un capítulo totalmente nuevo para tanques y compartimentos estancos. Este Capítulo C.20 se basa en las recomendaciones de la norma ACI 350-89 [Ref. 2].

El Capítulo C.21 comprende los requisitos para las diferentes grados de capacidad de disipación de energía en el rango inelástico, con aplicación en el diseño sismo resistente. Estos requisitos se derivan históricamente en el ACI 318 de lo presentado en la [Ref. 24]. En la NSR-98 los requisitos se presentan en paralelo para los tres grados de disipación prescritos por el Reglamento. Todos los requisitos se aclararon y modernizaron. Los requisitos para el grado moderado de disipación de energía, difieren de los contenidos en ACI 318, tal como ocurría en el Decreto 1400/84.

Se incluyen dos Capítulos totalmente nuevos, el C.22 de concreto simple y el C.23 de anclaje al concreto. Además aparecen cuatro Apéndices nuevos: el C-A para el diseño a flexión por el método de esfuerzos admisibles, el C-B con un procedimiento alternativo de diseño a flexión y flexo-compresión donde el control no se lleva por consideraciones de cuantías balanceadas, sino por medio de la deformación unitaria en el acero de refuerzo, el C-C con los valores de los coeficientes de reducción de resistencia ϕ , para ser empleados en estructuras mixtas, y por último el C-D con las conversión de ecuaciones no homogéneas entre el sistema de unidades SI y el métrico tradicional mks.

Titulo D - Mampostería Estructural

Este título se remozó en su totalidad con base en la experiencia que se ha tenido a nivel nacional con un sistema estructural que era relativamente novedoso en 1984. Se incorporaron los resultados de amplias investigaciones experimentales nacionales en mampostería confinada. Se incluyó un sistema de mampostería de cavidad reforzada (Capítulo D.6), utilizado con muy buena experiencia en otras regiones sísmicas del mundo. Los requisitos de procedimientos constructivos y de control de calidad se ampliaron y actualizaron.

Los requisitos de diseño se plantean por el método del estado límite de resistencia [Ref. 33 y 47], aunque se permite el diseño por el método de los esfuerzos admisibles, que se incluye en el Apéndice D-1.

La parte de materiales para mampostería se homologó con las nuevas normas NTC para unidades de mampostería expedidas por el ICONTEC. Los procedimientos de definición de la resistencia de la mampostería durante la etapa de diseño se aclararon, al igual que su verificación posterior en obra (Capítulo D.3). Además se empleó toda la información experimental nacional sobre resistencias de muretes, provenientes de los resultados de la supervisión técnica de estructuras de mampostería, que se ha efectuado desde 1984.

Se incluyó un Capítulo D.4 de requisitos constructivos totalmente nuevo. Se indica allí la conveniencia de colocar el acero de refuerzo horizontal para efectos de fuerza cortante y tracción diagonal dentro de elementos tipo viga embebidos dentro del muro. No se permite el uso del refuerzo de junta colocado en las pegas como parte del refuerzo para esfuerzos cortantes.

Los requisitos de análisis y diseño, siguen apropiadamente los del Código UBC-97 [Ref. 47] y de la norma ACI 530 [Ref. 54], en lo que respecta a mampostería construida con unidades de perforación vertical. Los procedimientos de diseño se dividen en efectos en la dirección perpendicular al plano del muro, y en efectos en la dirección paralela al plano del muro.

Se mantienen las mismas limitaciones que contenía el Decreto 1400/84 para la mampostería no reforzada, restringiéndola a los lugares dentro de las zonas de amenaza sísmica baja donde A_a es menor o igual a 0.05.

Los procedimientos de diseño para mampostería confinada (Capítulo D.10) son totalmente nuevos y se basan en la investigación realizada en la Universidad de los Andes, auspiciada por varias instituciones, dentro de las cuales se cuentan la OEA, Colciencias, el antiguo Ministerio de Obras Públicas, y la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, a través del Fondo Nacional de Calamidades. [Ref. 5 y 69].

El empleo de muros diafragma (Capítulo D.11) se limita a la remodelación del sistema estructural de edificaciones existentes.

Se incluye un Apéndice D-A con las conversión de ecuaciones no homogéneas entre el sistema de unidades SI y el métrico tradicional mks.

Título E - Casas de uno y dos pisos

Este es un Título único a nivel mundial [Ref. 5], pues corresponde a unos requisitos empíricos que permiten construir casas de uno y hasta dos pisos, sin la necesidad del concurso de un ingeniero estructural. Los requisitos se aclararon y se incorporó la experiencia que se ha tenido en su aplicación en los trece años de vigencia del Decreto 1400/84. Los requisitos se hicieron totalmente compatibles con los del Capítulo D.10 de mampostería confinada.

Titulo F - Estructuras metálicas

El auge que ha cobrado recientemente la construcción de estructuras metálicas en el país, se tuvo muy en mente al actualizar este Título. Se incluyó el procedimiento de diseño por factores de carga y resistencia (LRFD), metodología que apareció en el medio norteamericano, para estructuras metálicas, con posterioridad a la expedición del Decreto 1400/84. Se incluyeron requisitos para elementos formados en frío (lámina delgada) y para elementos de aluminio.

El Instituto Americano de Construcción en Acero (AISC) ha venido desarrollando desde 1923 un juego de especificaciones para el diseño y construcción de estructuras de acero [Ref. 14]. En 1977 la Asociación Colombiana de Fabricantes de Estructuras Metálicas, FEDESTRUCTURAS, publicó el "Código Colombiano de Construcciones Metálicas" [Ref. 35] el cual corresponde a una adaptación de las especificaciones del AISC al medio colombiano. Posteriormente este documento fue revisado en dos ocasiones y en 1984 fue adoptado por el ICONTEC como la Norma 2001 "Código Colombiano de Construcciones Metálicas" [Ref. 49]. Estos documentos fueron la base de los requisitos que contenía el Decreto 1400/84. Además Fedestructuras adelantó una traducción y adaptación al medio nacional [Ref. 37] del Código de la AWS para soldaduras, la cual subsana este vacío a nivel nacional.

En el campo del acero estructural el Instituto Americano de Construcción en Acero - AISC produjo en 1986 un documento cuya versión más reciente se presenta en la [Ref. 15], en el cual se dan los requisitos para el método de diseño con factores de carga y de resistencia, lo que se conoce en inglés como LRFD. Los requisitos del Capítulo F.2 corresponde a este último documento. Los requisitos tradicionales de diseño por el método de esfuerzos admisibles se han conservado, actualizados, en el Capítulo F.4. Los requisitos para las diferentes capacidades de disipación de energía en el rango inelástico de las estructuras de acero están en el Capítulo F.3 para el método de diseño por factores de carga y resistencia, y en el Capítulo F.5 para el método de diseño por esfuerzos admisibles.

El nuevo Capítulo F.6 cubre los requisitos para el diseño y construcción de estructuras conformadas por elementos de acero formados en frío, lo que se conoce también como lámina delgada de acero. Este sistema estructural se utiliza en todo el país y no estaba cubierto por el Decreto 1400/84. Los requisitos están basados en las [Ref. 16 y 17] del Instituto Americano del Hierro y el Acero - AISI.

El Capítulo F.7 y sus Apéndices cubre el diseño de estructuras de aluminio. Los requisitos allí presentados están basado en la norma inglesa BS 8118 [Ref. 26]. Este tema es totalmente nuevo en el Reglamento.

Desafortunadamente solo fue posible presentar los requisitos de los Capítulos F.1 a F.3 en el sistema de unidades SI. Los Capítulos F.4 a F.7 permanecen en el sistema de unidades mks. Este aspecto será subsanado en una próxima actualización del Reglamento.

Titulo G - Estructuras de madera

Este Título, totalmente nuevo, fue redactado por un Subcomité que estuvo dirigido por la Sociedad Colombiana de Arquitectos. En el se dan los requisitos para el diseño y la construcción de estructuras de madera.

La Junta del Acuerdo de Cartagena del Pacto Andino, trabajó en el desarrollo de una base tecnológica adecuada que permita la explotación y utilización de los productos de los bosques tropicales andinos. Como resultado de este esfuerzo se publicó el "Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino" [Ref. 60]. Los requisitos que se presentan en el Título G están basados en este documento.

Titulo H - Estudios geotécnicos

Este Título también es totalmente nuevo. Allí se dan los lineamientos a seguir en la exploración del subsuelo y en la elaboración de las recomendaciones de diseño de las fundaciones y obras de contención. Los requisitos dados allí corresponden al primer intento de dar una normativa al respecto en el medio nacional, exceptuando algunos tímidos intentos realizados por la Sociedad Colombiana de Ingenieros, hace ya algún tiempo.

Titulo I - Supervisión técnica

Este nuevo Título generó una amplia discusión a nivel nacional durante las votaciones, la cual enriqueció el documento. El Título I contiene requisitos para determinar el alcance mínimo de la supervisión técnica y la idoneidad requerida de los profesionales que la lleven a cabo. El documento definitivo contiene un Apéndice, no obligatorio, donde se dan recomendaciones para desempeñar la supervisión. No sobra advertir que la obligatoriedad de la supervisión técnica existió por trece años en el Decreto 1400/84 y que simplemente se ha trasladado el requisito al NSR-98. Se aclaró su alcance y se definieron de una mejor manera las funciones del supervisor. El área mínima de las edificaciones en las cuales obligatoriamente debe llevarse a cabo una supervisión técnica, fue variado de los 2000 m² exigidos por el Decreto 1400/84 a 3000 m² de área construida por la Ley 400 de 1997.

Titulo J - Requisitos de protección contra el fuego en edificaciones

La protección contra el fuego es un requisito importante en algunos tipos de estructuras, aunque ningún sistema ni material estructural está exento de ser afectado por él. Se dan requisitos mínimos de protección en función del tipo de ocupación de la edificación. Proviene de los requisitos de diferentes normas internacionales.

Titulo K - Otros requisitos complementarios

Contiene otros requisitos, de carácter técnico, adicionales a los contenidos en los Títulos A a J, necesarios para cumplir el propósito de protección a la vida en edificaciones cubiertas por el alcance de las Normas Sismo Resistentes. Contiene, entre otros, una clasificación de las edificaciones en función del tipo de ocupación, requisitos especiales para escaleras y medios de evacuación localizados en zonas comunes de la edificación, requisitos especiales para teatros, auditorios y estadios, requisitos para vidrios, entre otros. Los requisitos dados en este Título se derivan parcialmente del estudio de la [Ref. 68].

EL RETO PARA LOS INGENIEROS, ARQUITECTOS Y CONSTRUCTORES

La realidad de la situación

Con base en lo expuesto anteriormente es posible hacer una semblanza acerca de la situación actual de seguridad sísmica en las edificaciones colombianas y con base en ella proponer una estrategia que permita mejorar aquellos aspectos que lo requieran. La situación actual la podemos resumir de la siguiente manera:

1. El territorio colombiano está expuesto a la ocurrencia de sismos dañinos, como lo han recordado los sismos ocurridos recientemente. Dado que las víctimas en los sismos las producen las edificaciones, es necesario diseñar y construir las edificaciones de una manera tal que se tenga certeza de que tendrán un buen comportamiento ante la ocurrencia de un

sismo. Los siguientes sismos colombianos recientes han afectado principalmente los elementos no estructurales y acabados dentro de las edificaciones de las ciudades donde se sintieron con alguna intensidad.

Año	Mes	Día	Localización	Magnitud	Prof. (km)	Muertos
1992	Oct	18	Murindó, o del Atrato medio	$M_s = 7.2$	15	30
1994	Jun	6	Páez, límite Cauca Huila	$M_s = 6.4$	< 20	500-1000
1995	Ene	19	Tauramena, Casanare	$m_b = 6.5$	15	10
1995	Feb	8	Calima, Valle	$m_b = 6.4$	90	5

2. En general la aplicación de las Normas Sismo Resistentes Colombianas ha sido efectiva en los trece años que llevan de promulgadas. Esto no quiere decir que se deban olvidar aspectos como el cuidado en el diseño y construcción de las edificaciones, así como la vigilancia de estas funciones.
3. Las Normas Sismo Resistentes defienden primordialmente la vida humana ante la ocurrencia de los sismos y la defensa de la propiedad no deja de ser un subproducto de la defensa de la vida. Existe un abismo entre las expectativas que tienen los usuarios o propietarios de finca raíz y los objetivos de las Normas Sismo Resistentes en lo que respecta a la defensa de la propiedad. En general el usuario espera que la edificación no tenga ningún daño con la ocurrencia de un sismo, y aunque las Normas defienden respecto a la posibilidad de daño estructural grave y de colapso de la edificación, en general se pueden presentar daños graves a los elementos no estructurales de la edificación, especialmente en los muros divisorios y fachadas, en caso de sismos severos.
4. Existe un peligro grave para la vida humana a raíz del desprendimiento de elementos de fachada, los cuales al caer pueden afectar a los transeúntes. Este punto fue resaltado por los últimos sismos que han afectado el territorio nacional.
5. Los sistemas estructurales puntuales aporticados han sido substituidos, a nivel mundial, por sistemas más rígidos lateralmente, construidos con base en muros estructurales. En el país no hay consciencia acerca de la excesiva flexibilidad de los sistemas actualmente utilizados. Hay necesidad de estudiar nuevas alternativas estructurales en el país, que tiendan a resolver el problema .

Lo anterior indica que la estrategia a seguir en la reducción del daño a los elementos no estructurales consiste en atacar dos frentes simultáneamente: un cambio en la práctica de construcción de elementos tales como muros divisorios y fachadas, y una reducción en la flexibilidad de las estructuras ante efectos horizontales, dándole mayor rigidez a la estructura. A continuación se indica en que consisten estos cambios de filosofía constructiva

Un cambio en los tipos de acabados

La influencia de los elementos no estructurales, tales como muros divisorios y particiones, en la respuesta ante fuerzas horizontales de una edificación es reconocida a nivel mundial como un aspecto de gran importancia [Ref. 38]. El hecho de que se consideren como elementos no estructurales no implica que no afecten la respuesta de la estructura. Uno de los casos más conocidos y difundidos es la falla de las columnas por lo que se conoce con el nombre de efecto de "columna corta" o "columna cautiva", donde un muro no estructural limita la capacidad de deformación de una columna, haciendo que ésta pase de un modo prevaleciente de falla a flexión a uno de falla por esfuerzos cortantes. Hay innumerables casos de fallas de columnas en sismos ocurridos en el medio colombiano causadas por este aspecto.

Pero las consecuencias de no tomar en cuenta el comportamiento de los elementos no estructurales no puede limitarse a los aspectos en que éstos modifican la respuesta de la

estructura. Hay numerosos casos en los cuales la respuesta de los elementos no estructurales conducen a situaciones de peligro para las vidas humanas, sin que estén directamente relacionados con su influencia en la estructura. Un caso particularmente peligroso es el desprendimiento de elementos de fachada durante un sismo, lo cual pone en grave peligro a los transeúntes al nivel de la calzada.

El enfoque mundial con respecto a este tipo de problema [Ref. 38] está fundamentado en dos aspectos que deben tomarse en cuenta en el diseño de la edificación, y en este caso la palabra diseño hace referencia al diseño global y no solamente al diseño estructural:

- (a) *Separarlos de la estructura* - En este tipo de diseño los elementos no estructurales se aíslan lateralmente de la estructura dejando una separación suficiente para que la estructura al deformarse como consecuencia del sismo no los toque. Los elementos no estructurales se apoyan en su parte inferior sobre la estructura, por lo tanto deben ser capaces de resistir por si mismos las fuerzas inerciales que les impone el sismo y sus anclajes a la estructura deben ser capaces de resistir y transferir a la estructura estas fuerzas inducidas por el sismo.
- (b) *Disponer elementos que admitan las deformaciones de la estructura* - En este tipo de diseño se disponen elementos no estructurales que tocan la estructura y que por lo tanto deben ser lo suficientemente flexibles para poder resistir las deformaciones que la estructura les impone sin sufrir daño mayor que el que admite el grado de desempeño prefijado para los elementos no estructurales de la edificación. En este tipo de diseño debe haber una coordinación con el ingeniero estructural, con el fin de que éste tome en cuenta el potencial efecto nocivo sobre la estructura que pueda tener la interacción entre elementos estructurales y no estructurales.

La bondad de estas prácticas se hace cada día más evidente y es notorio que, en aquellos lugares donde no se toman en cuenta estas precauciones, se presentan más víctimas y mayor número de daños comparativamente con los lugares donde se toman las precauciones mencionadas.

En el caso colombiano el Decreto 1400/84 hacía referencia de una manera muy tangencial al problema y no contenía ningún tipo de requisitos, fuera de un simple llamado de atención sobre el tema. La razón de esto estriba en la manera como se manejan las decisiones respecto a los elementos no estructurales dentro de la industria nacional de la construcción. En general el ingeniero estructural solo indica en sus planos aquellos elementos que cumplen funciones estructurales. Los planos arquitectónicos indican los elementos no estructurales, pero nunca presentan la disposición, tamaño y características de los amarres o anclajes necesarios. Lo mismo es cierto respecto a los diseños de las instalaciones interiores.

Por otro lado hay una gran anarquía entre lo que se indica en los planos arquitectónicos y lo que efectivamente queda en la construcción. En muchos casos los planos son un simple reflejo de los que se ha pensado realizar, pero el constructor tiene una amplia capacidad de variar los diseños sin que se consulte al ingeniero estructural sobre las implicaciones que esto puede traer. La única voz de alerta es dada por el constructor al calculista, cuando a juicio del primero se aumentan en alguna medida las cargas verticales de la edificación.

En general los calculistas no incluyen, en sus planos, detalles acerca de los elementos no estructurales y solo lo hacen cuando el cliente así lo solicita, pues no están interesados en asumir una responsabilidad sobre algo que no está dentro del alcance usual de sus diseños. Lo grave de esta situación es que dentro del Decreto 1400/84 no existían disposiciones que indicaran la forma como deben calcularse las solicitaciones que se esperan sobre estos elementos debidas a los movimientos sísmicos.

El criterio adoptado en el Reglamento NSR-98 para atender el problema de los elementos no estructurales, esta centrado en los siguientes aspectos:

- Incluir un Capítulo A.9 - Elementos No Estructurales - en el cual se indica cómo se calculan las fuerzas que impone el sismo a todos los elementos que no formen parte de la estructura.
- Dejar claramente indicado (Sección A.9.3) que el responsable de los diseños es quien los incluye los elementos no estructurales en sus planos. Esto implica que los elementos arquitectónicos son responsabilidad del arquitecto, a menos que otro profesional los incluya en los suyos, y el arquitecto deje de hacerlo.
- Vincular al constructor, al propietario y al supervisor técnico en las responsabilidades derivadas de las modificaciones que se realicen durante la construcción, o con posterioridad a ella, de tal manera que esto sea una voz de alerta respecto a las implicaciones que pueden tener algunos cambios.

Es indudable que un cambio en las prácticas constructivas de acabados debe llevarse a cabo de una manera coordinada entre diseñadores, constructores y la industria de materiales.

Estructuras mas rígidas

La rigidez de una estructura ante efectos horizontales, como los que produce un sismo primordialmente, se controla por medio del estudio de la deriva (véase la Figura 5), la cual mide que tan flexible es la edificación. Es indudable que uno de los aspectos que más trató de subsanar el Decreto 1400/84 fue la excesiva flexibilidad ante fuerzas horizontales de las estructuras colombianas. La evidencia de los daños producidos por los sismos ocurridos a finales de 1979 y el sismo de Popayán de 1983, indicaban que uno de los aspectos más apremiantes dentro de lo que debía regular y subsanar el Decreto 1400/84, era precisamente esto. Indudablemente el Decreto 1400/84 produjo un cambio radical en la mentalidad de los ingenieros estructurales colombianos acerca de la importancia de producir estructuras rígidas que limitaran sus deformaciones horizontales al verse sometidas a los efectos de un sismo, y podría afirmarse que la conciencia acerca del problema de la deriva está en la mente de todos los ingenieros estructurales nacionales. Con la excepción de las zonas de amenaza sísmica baja del Decreto 1400/84, puede decirse que en la gran mayoría de los diseños estructurales de edificios que se están llevando a cabo en la actualidad en el país, el parámetro que regula el dimensionamiento de los elementos del sistema de resistencia sísmica de la edificación es el control de la deriva.

La experiencia de los sismos ocurridos con posterioridad a la adopción del Decreto 1400/84 demostró que los límites de deriva que contenía el Decreto 1400/84 debían hacerse más estrictos, por esta razón en el NSR-98, el límite de la deriva que puede tener la estructura, en cualquier piso, al ser analizada por el diseñador ante las fuerzas sísmicas de diseño, no puede exceder el 1% de la altura del entrepiso. Esto quiere decir que en un edificio normal con alturas de entrepiso de 3 metros de fino a fino, la deriva máxima aceptable es de 3 centímetros. Para edificios de mampostería estructural el límite en el NSR-98 es de 0.5% de la altura. Por lo tanto en este caso la deriva máxima aceptable para entresijos de 3 metros de altura sería de 1.5 centímetros.

Aunque este cambio no impide de una manera total que se presente daño a los elementos no estructurales, por lo menos va a reducir enormemente los daños que se presentan en estos elementos, especialmente ante sismos frecuentes de intensidad menor que el de diseño.

Uso de muros estructurales como alternativa

Una de las maneras mas eficientes de lograr un control de deriva adecuado es el uso de muros estructurales [Ref. 45, 46 y 67]. Al respecto la práctica mundial de diseño de edificios en zonas sísmicamente activas ha gravitado hacia esta solución. Puede decirse que con contadas excepciones los edificios de concreto reforzado que se diseñan hoy en día en las zonas más sísmicas del mundo tienen muros estructurales como parte de su sistema de resistencia sísmica.

Esta alternativa se ha empleado en Colombia, aunque no de una manera intensiva. Solo a raíz de la introducción de la mampostería estructural durante la década de 1970 se empezaron a considerar los muros estructurales como una solución viable. Uno de los aspectos que más ha limitado su implantación ha sido la existencia de parqueaderos en los pisos inferiores y otros aspectos de índole arquitectónica. La solución a estos problemas radica en una mayor interacción entre el equipo conformado por el arquitecto y el ingeniero estructural. Este mismo tipo de problemas ocurrió con la aparición de la mampostería estructural a mediados de la década de 1970. En ese entonces se tardó algún tiempo en desarrollar soluciones arquitectónicas viables, pero se logró llegar ellas, con soluciones que atendían los aspectos funcionales, estéticos y económicos.

Recientemente se ha realizado amplios estudios respecto al impacto económico de utilizar muros estructurales en una forma más intensa. Todos estos estudios indican que los costos adicionales en que se incurriría en la estructura son marginales y que no superan, aún en los casos extremos más de un 5% del costo de la estructura [Ref. 45 y 46] lo cual está dentro de lo observado en otros lugares [Ref. 31].

EL DECRETO 34 DEL 8 DE ENERO DE 1999

El día 8 de Enero de 1999 se expidió por parte del Gobierno Nacional el Decreto 34 de 1999, por medio del cual se realizan algunos ajustes al Reglamento NSR-98. Fuera de corregir errores menores de mecanografía en el texto y en algunas ecuaciones. Además, se introdujeron modificaciones en algunos requisitos, las cuales fueron sugeridas por usuarios del Reglamento y aprobadas por la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes; la cual, a su vez, solicitó al Presidente de la República la expedición del Decreto 34 de 1999, dentro de las facultades que al respecto le otorga la Ley 400 de 1997.

Al final de la presente edición del Reglamento NSR-98, se presenta el texto completo del Decreto 34 de 1999.

Dentro de estas modificaciones se destacan:

- Aclaración sobre el uso del sistema de unidades SI en los capítulos del Título F que no se expidieron en ese sistema de unidades en el Decreto 33 de 1998.
- Explicación sobre el empleo del coeficiente de disipación de energía R en el caso de espectros que disminuyan su valor en la zona de períodos cortos.
- Modificación del valor de R en muros de concreto estructural con capacidad de disipación de energía moderada (*DMO*), dentro del sistema estructural de muros de carga.
- Aclaración en la descripción de las irregularidades tipo 4A y 4P.
- Se indica que en las edificaciones pertenecientes a los grupos de uso II, III y IV, no hay necesidad de incluir el coeficiente de importancia en el cálculo de los desplazamientos que se emplean para determinar las derivas.
- Se permiten derivas mayores en los sistemas de mampostería estructural cuando el modo prevaleciente de falla de los muros ante sollicitaciones sísmicas sea de flexión. Se realizaron ajustes equivalente en las derivas correspondientes al umbral de daño.

- Se aclararon las tablas que definen los coeficientes de disipación de energía R_p , de elementos no estructurales.
- Se realizaron ajustes en la formulación del espectro del umbral de daño.
- Se aclaró que no hay necesidad de verificar los esfuerzos, por el método de los esfuerzos admisibles, en los elementos estructurales y no estructurales, para las solicitaciones correspondientes al umbral de daño.
- Se modificó el recubrimiento mínimo para los estribos de elementos de concreto estructural vaciados en sitio, haciéndolos más compatibles con los prescritos en el Decreto 1400/84.
- Se ajustaron los valores del módulo de elasticidad en la mampostería, de acuerdo con investigaciones que no alcanzaron a ser empleadas en la redacción del Decreto 33 de 1998.
- En el Título E se aclaró la longitud mínima de muros confinados para casas de uno y dos pisos con cubiertas livianas.
- Se introdujeron modificaciones en el número mínimo de sondeos y su profundidad en los estudios geotécnicos.
- Algunas modificaciones menores en los requisitos contra el fuego.

Dentro de la presente edición de la NSR-98, en aquellos párrafos donde hay modificaciones se coloca una doble raya en el margen derecho, similar a la que tiene el presente párrafo. ||

Cuando aparezca una doble raya sin texto, indica que se suprimió texto en ese lugar, así: ||

BIBLIOGRAFIA

- [1] ACI, (1977), *Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-77)*, American Concrete Institute, ACI, Detroit, MI, USA.
- [2] ACI - Committee 350, (1989a), *Environmental Engineering Concrete Structures (ACI 350R-89)*, American Concrete Institute, ACI, Detroit, MI., USA.
- [3] ACI, (1989b), *Building Code Requirements For Reinforced Concrete (ACI 318-89)*, American Concrete Institute, ACI, Detroit, MI, USA.
- [4] ACI, (1995), *Building Code Requirements For Structural Concrete (ACI 318-95)*, American Concrete Institute, ACI, Farmington Hills, MI, USA.
- [5] ACI - Committee 442, (1994), *Masonry in the Americas*, Special Publication SP-147, American Concrete Institute, Detroit, MI, USA.
- [6] Advisory Committee on the International Decade for Natural Hazard Reduction, (1987), *Confronting Natural Disasters - An International Decade for Natural Hazard Reduction*, Commission on Engineering and Technical Systems, National Research Council, U.S. National Academy of Sciences y U.S. National Academy on Engineering, National Academy Press, Washington, DC., USA.
- [7] AFGP, (1990), *Recommandations AFPS-90 pur la redaction de regles relatives aux ouvrages et installations a realiser dans les regions sujettes aux seismes*, Association Francaise du Genie Parasismique, AFGP, Presses de l'ecole nationale des ponts et chaussées, Paris, France, 183 p.
- [8] AIJ, (1994), *AIJ Design Guidelines for Earthquake Resistant Reinforced Concrete Buildings Based on Ultimate Strength Concept - 1990 Edition*, Architectural Institute of Japan, English Translation performed by AIJ, Tokyo, Japan, 207 p.,
- [9] AIS, (1981), *Requisitos Sísmicos para Edificios - Norma AIS 100-81*, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, Bogotá, Colombia, 58 p.
- [10] AIS, (1983), *Requisitos Sísmicos para Edificaciones - Norma AIS 100-83*, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, Bogotá.

- [11] AIS, (1986), Adición, Modificación y Remodelación del Sistema Estructural de Edificaciones Existentes Antes de la Vigencia del Decreto 1400/84 - Norma AIS 150-86, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, Bogotá.
- [12] AIS, (1988), Comentarios al Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes Decreto 1400/84, AIS - MOPT - SCI - OND, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, Bogotá, Colombia, 3 Vol.
- [13] AIS, (1997), Requisitos Sísmicos para Edificaciones - Norma AIS 100-97, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, Bogotá, Colombia, 2 Vol.
- [14] AISC, (1978), Specifications for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel For Buildings, American Institute of Steel Construction, AISC, Chicago, IL., USA.
- [15] AISC, (1994), Manual of Steel Construction - Load and Resistance Factor Design - Volume I: Structural Members, Specifications & Codes - Volume II: Connections, 2nd. Edition, American Institute of Steel Construction, AISC, Chicago, IL, USA, 2021 p.
- [16] AISI, (1987), Cold-Formed Steel Design Manual, American Iron and Steel Institute, AISI, Washington, DC, USA.
- [17] AISI, (1991), LRFD Cold-Formed Steel Design Manual, American Iron and Steel Institute, AISI, Washington, DC, USA.
- [18] Alarcón, A., C. E. Bernal, O. D. Cardona, J. Escallón, A. Espinosa, L. E. García (Director), M. Puccini, N. Pulido, E. Rodríguez, A. Sarria, M. Severiche, A. Taboada, y L. Yamín, (1996), Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia, Comité AIS 300 - Amenaza Sísmica, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Bogotá, Colombia.
- [19] ANSI, (1982), Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures - ANSI A.58.1 -1982, American National Standards Institute, ANSI, New York, NY, 1982.
- [20] ASCE, (1996), Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures - ANSI/ASCE 7-95, American Society of Civil Engineers, ASCE, New York, NY, USA, 134 p.
- [21] ATC, (1978), Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings, ATC-3-06, Applied Technology Council, ATC, Palo Alto, CA, USA, 505 p.
- [22] ATC, (1979), Disposiciones Tentativas para Desarrollar Códigos Sísmicos para Edificios (ATC 3-06) Y Comentario, Applied Technology Council, ATC, Traducción realizada por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, Bogotá.
- [23] Bertero, V. V. y R. D. Bertero, (1993), Tall Reinforced Concrete Buildings: Conceptual Earthquake-Resistant Design Methodology, Octavo Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo Resistente, Mérida, Venezuela.
- [24] Blume, J., N. M. Newmark, and L. H. Corning, (1961), Design of Multistory Reinforced Concrete Buildings for Earthquake Motions, Portland Cement Association, Skokie, IL, USA, 318 p.
- [25] Borchardt, R. D., (1994), Simplified Site Classes and Empirical Amplification Factors for Site Dependent Code Provisions, Proceedings of the NCEER/SEAOC/BSSC Workshop on Site Response During Earthquakes and Seismic Code Provisions, University of Southern California, San Diego, CA, USA, p.
- [26] BSI, (1991), British Standard BS-8118 - Part I - Structural Use of Aluminum - Design Code, British Standards Institution, London, UK.
- [27] Consultoría Colombiana Ltda., (1987) Normalización de Estructuras Metálicas - Información Meteorológica Básica para el Diseño de Líneas de Transmisión, Interconexión Eléctrica S.A., ISA, Documento NE-86-02, Bogotá.
- [28] CEN, (1992), Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1: General rules and rules for buildings - ENV 1992-1-1, European Committee for Standardization, CEN, Brussels, Belgium, 253 p.
- [29] CEN, (1994), Eurocode 8: Design provisions for earthquake resistance of structures - ENV 1998-1-1, European Committee for Standardization, CEN, Brussels, Belgium, 276 p.
- [30] COPR, (1990), Competing Against Time - Report From the Governor's Board of Inquire on the 1989 Loma Prieta Earthquake, California Office of Planning and Research, State of California, Sacramento, CA, USA, May.
- [31] CRSI, (1993), Seismic Design Examples of Two 7-Story Reinforced Concrete Buildings in Seismic Zones 4 and 2A of the Uniform Building Code, Concrete Reinforcing Steel Institute, CRSI, Schaumburg, IL, USA, 82 p.
- [32] Der Kiureghian, A., and A. H-S. Ang, (1975), A Line Source Model for Seismic Risk Analysis, Civil Engineering Studies, Structural Research Series N° 419, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL, USA, October, 134 p.
- [33] Englekirk, R. E., y G. C. Hart, (1982), Earthquake Design of Concrete Masonry Buildings, Prentice-Hall, Englewood Cliffs NJ., USA.

- [34] DFM, (1993), Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Distrito Federal de México, Diario Oficial de la Federación, México D. F., México, Agosto.
- [35] Fedestructuras, (1977), Código de Construcciones Metálicas Fedestructuras, Federación Colombiana de Fabricantes de Estructuras Metálicas, Bogotá.
- [36] Fedestructuras, (1987), Criterios de Cargas de Viento Para el Diseño de Construcciones, Federación Colombiana de Fabricantes de Estructuras Metálicas, Fedestructuras, Bogotá, Julio.
- [37] Fedestructuras, (1987), Código de Soldaduras para Estructuras Metálicas, Federación Colombiana de Fabricantes de Estructuras Metálicas, Fedestructuras, Bogotá.
- [38] FEMA, (1994a), Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage - A Practical Guide, 3rd. Edition Developed by Wiss, Janney, Elstner Associates, Inc., Report FEMA 74, Federal Emergency Management Agency, FEMA, Washington, DC, USA, 101 p.
- [39] FEMA, (1994b), NEHRP Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings - 1994 Edition and Commentary, Earthquake Hazard Reduction Series N° 222A, Building Seismic Safety Council, Federal Emergency Management Agency, FEMA, Washington, DC, USA, p.
- [40] García, L. E. (Director), A. Sarria, A. Espinosa, C. E. Bernal y M. Puccini, (1984), Estudio General del Riesgo Sísmico de Colombia, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, Bogotá.
- [41] García, L. E., y A. Sarria, (1980), Los Terremotos de Finales de 1979 y la Ingeniería Sísmica en Colombia, Revista Anales de Ingeniería, Sociedad Colombiana de Ingenieros, Vol. LXXXVII, N° 804, Bogotá.
- [42] García, L. E., y A. Sarria, (1983), The March 31, 1983 Popayán Earthquake - Preliminary Report, Earthquake Engineering Research Institute, EERI, San Francisco, CA., USA, June.
- [43] García, L. E., (1984), Development of the Colombian Seismic Code, Proceedings of the Eight World Conference on Earthquake Engineering, Earthquake Engineering Research Institute, San Francisco, CA, USA.
- [44] García, L. E., A. Sarria, R. Caicedo, y J. Muñoz, (1987), Adición, Modificación y Remodelación del Sistema Estructural de Edificaciones Existentes Antes de la Vigencia del Decreto 1400/84, Séptimas Jornadas Estructurales, Sociedad Colombiana de Ingenieros, Bogotá, Colombia.
- [45] García, L. E., (1994), El Control de Deriva y sus Implicaciones Económicas, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Bogotá.
- [46] García, L. E., (1996), Economic Considerations of Displacement-Based Seismic Design of Structural Concrete Buildings, Structural Engineering International, Volume 6, Number 4, International Association for Bridge and Structural Engineering, IABSE, Zürich, Suiza.
- [47] ICBO, (1997), UBC - Uniform Building Code - 1997 Edition, International Conference of Building Officials, ICBO, Whittier, CA, USA, 3 Vol.
- [48] ICONTEC, (1983) Código Colombiano de Estructuras de Hormigón Armado, Norma Icontec-2000, Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC, Bogotá.
- [49] ICONTEC, (1984), Código Colombiano de Construcciones Metálicas - Norma Icontec-2001, Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Bogotá.
- [50] Ingeominas, (1986), El sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983, Instituto Nacional de Investigaciones en Geociencia, Minería y Química, Bogotá, Colombia, 320 p.
- [51] Ingeominas y Comunidad Económica Europea, (1992), Microzonificación Sismogeotécnica de Popayán, Publicaciones Especiales de Ingeominas, N°2, Bogotá, Colombia, 208 p.
- [52] Ingeominas y Universidad de los Andes, (1997), Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá, Convenio Interadministrativo 01-93, Ingeominas, Unidad de Prevención y Atención de Emergencias de Santa Fe de Bogotá D.C., Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, Bogotá, Colombia, 130 p.
- [53] Lin, T. Y., and S. D. Stotesbury, (1988), Structural Concepts for Architects and Engineers, 2nd Edition, Van Nostrand, New York, NY, USA, p.
- [54] Masonry Standards Joint Committee (1995), Building Code Requirements for Masonry Structures (ACI 530-95/ASCE 5-95/TMS 402-95) and Specifications for Masonry Structures (ACI 530.1-95/ASCE 6-95/TMS 602-95), American Concrete Institute ACI - American Society for Civil Engineers ASCE - The Masonry Society TMS, American Society of Civil Engineers, New York, NY, USA, 491 p.

- [55] Martínez, J. M., E. Parra, G. París, C. A. Forero, M. Bustamante, O. D. Cardona, y J. Jaramillo, (1994), Los Sismos del Atrato Medio del 17 Y 18 de Octubre de 1992 – Nor-Occidente de Colombia, Revista Ingeominas, N°4, Bogotá, Colombia.
- [56] Meli, R., y M. Rodriguez, (1988), Seismic Behavior of Waffle-Flat Plate Buildings, Concrete International, American Concrete Institute, Detroit, MI., USA, July.
- [57] MOPT, (1984), Código Colombiano De Construcciones Sismo Resistentes - Decreto 1400 De Junio 7 De 1984, Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Bogotá.
- [58] NZS, (1989), Code of Practice for General Structural Design and Design Loading for Buildings - NZS 4203, Second Draft, New Zealand Standards, Wellington, New Zealand.
- [59] OPS, (1993), Mitigación de Desastres en las Instalaciones de Salud, Organización Panamericana de la Salud, OPS, Washington, DC, USA, 4 Vol.
- [60] PADT-REFORT, (1984), Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, 3ª Edición, Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Area de Recursos Forestales Tropicales, Junta del Acuerdo de Cartagena, Pacto Andino, Lima, Perú, 597 p.
- [61] Paz, M., editor, (1994), International Handbook of Earthquake Engineering - Codes, Programs, and Examples, Chapman & Hall, New York, NY, USA, 545 p.
- [62] Ramírez S. J., J. E., (1975), Historia de Los Terremotos en Colombia, 2ª Edición, Instituto Geográfico Augustin Codazzi, Bogotá, Colombia, 249 p.
- [63] Sarria, A., (1995), Ingeniería Sísmica, 2ª Edición, ECOE Ediciones y Ediciones Uniandes, Bogotá, Colombia, 569 p.
- [64] SEAOC, (1974), Recommended Lateral Force Requirements and Commentary, Seismology Committee, Structural Engineers Association of California, SEAOC, San Francisco, CA., USA.
- [65] SEAOC, (1976), Recomendaciones para Requisitos de Fuerzas Horizontales, Versión 1974, Comité de Sismología, Asociación de Ingenieros Estructurales de California, SEAOC, Traducción realizada por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Bogotá.
- [66] SEAOC, (1996), Recommended Lateral Force Requirements and Commentary, 6th Edition, Seismology Committee, Structural Engineers Association of California, SEAOC, Sacramento, CA, USA, 504 p.
- [67] Sozen, M. A., (1993), A Frame of Reference for Structural Alternatives in Earthquake Resistant Design, 6º Seminario Internacional de Ingeniería Sísmica, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 7 p.
- [68] UA, (1985), Anteproyecto de Código de Edificaciones de Bogotá, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Bogotá.
- [69] UA, (1994), Comportamiento Sísmico de Muros de Mampostería Confinada, Investigación realizada para la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, Laboratorios de Ingeniería Civil, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, Marzo, 101 p.
- [70] Whitman, R. V., editor, (1992), Proceedings from the Site Effects Workshop, National Center for Earthquake Research, Technical Report NCEER-92-0006, State University of New York at Buffalo, Buffalo, NY, USA.

PREFACIO

APENDICE I

NSR-98

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO (Sección A.1.3)

Paso 1 - Localización, nivel de amenaza sísmica y valor del A_a

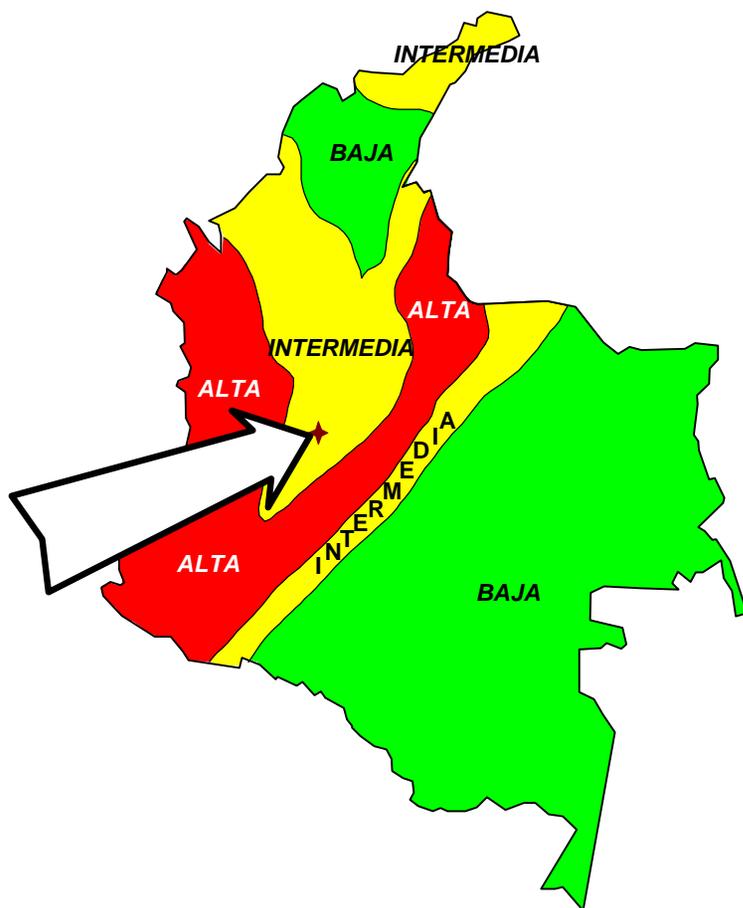


Figura 1 - Representación esquemática ilustrativa del procedimiento de localización dentro del mapa de zonificación sísmica de la Figura A.2-1

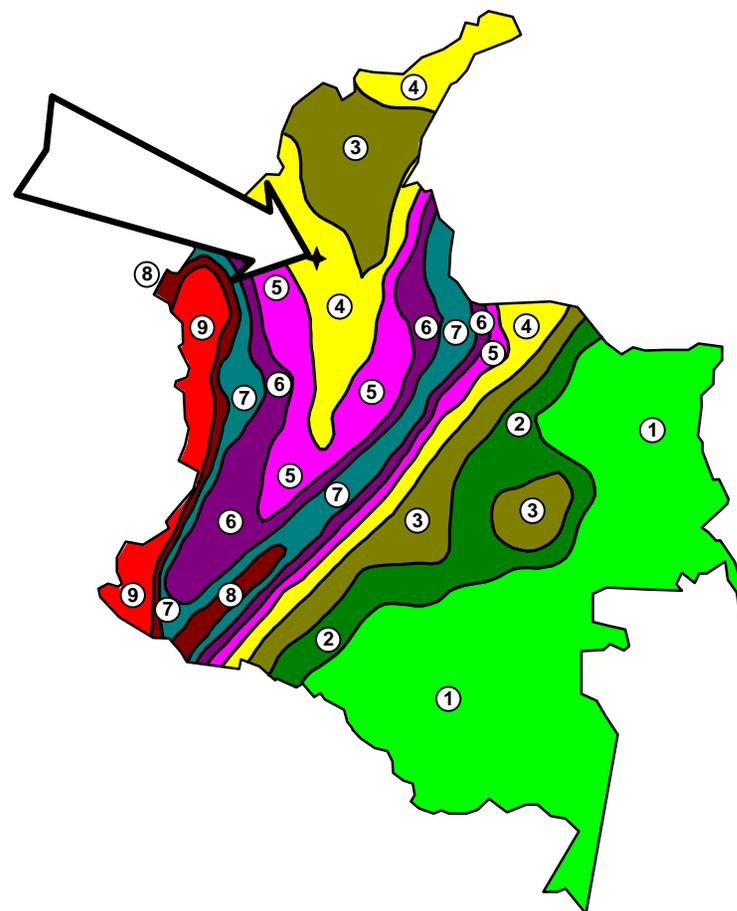


Figura 2 - Representación esquemática ilustrativa del procedimiento de localización dentro del mapa de valores de A_a de la Figura A.2-2

Paso 2 - Definición de los movimientos sísmicos de diseño

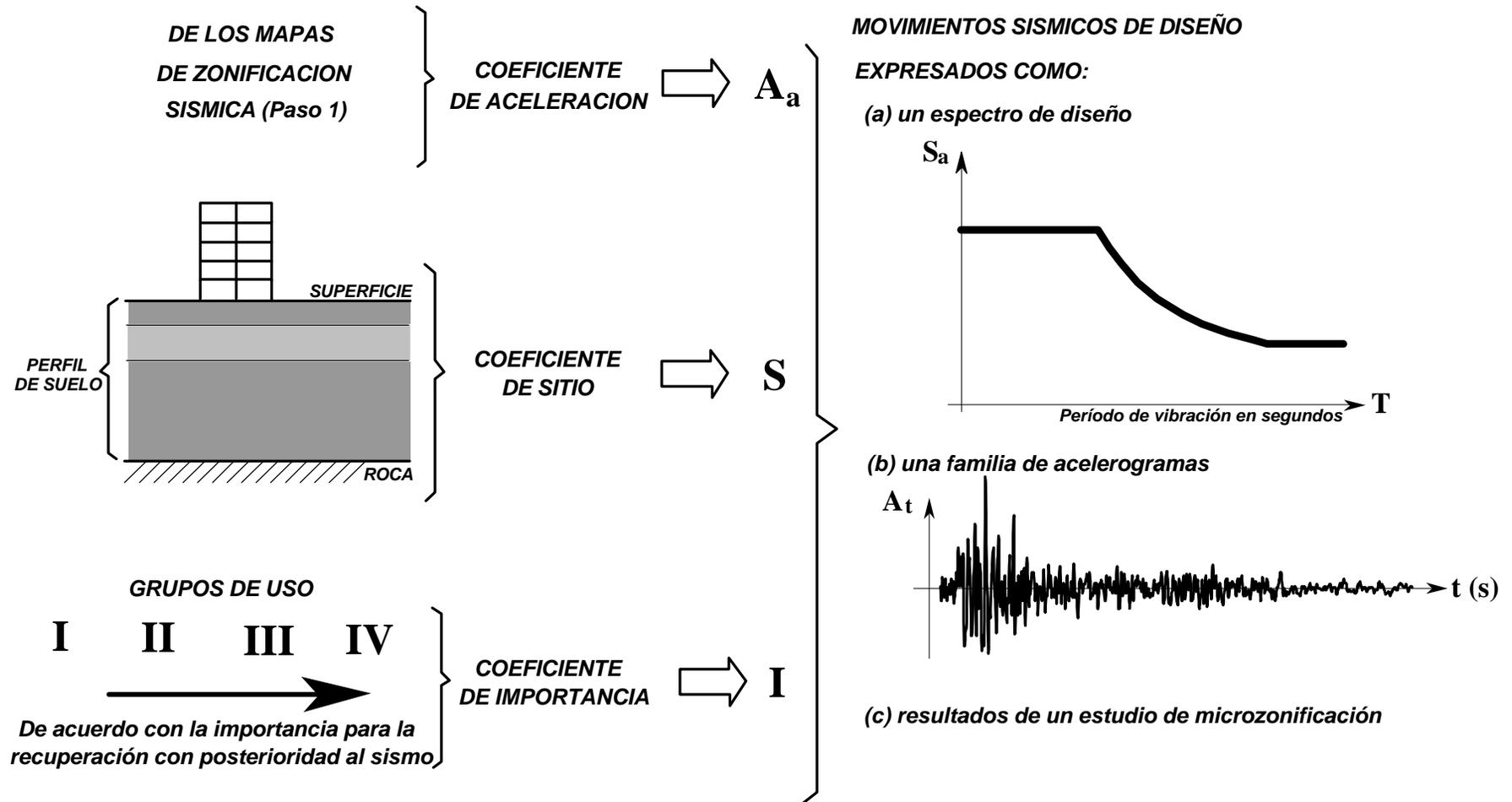


Figura 3- Procedimiento para obtener los movimientos sísmicos de diseño

Paso 3 - Definición de las características de la estructuración y del material estructural empleado

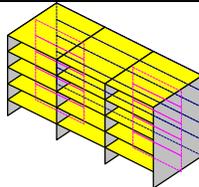
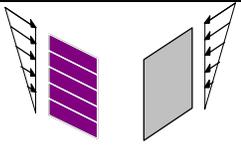
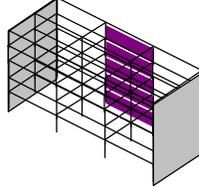
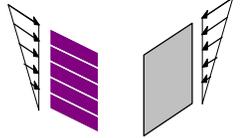
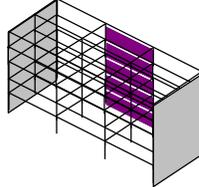
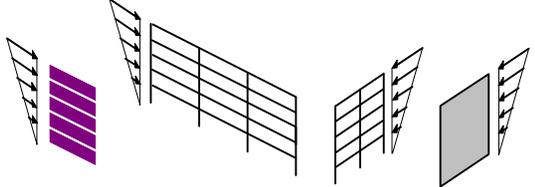
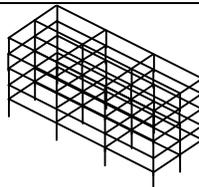
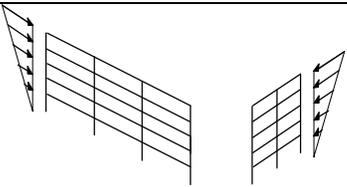
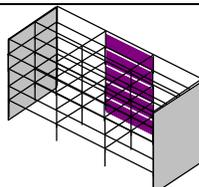
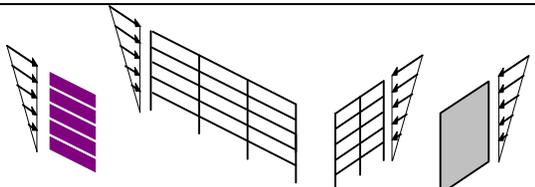
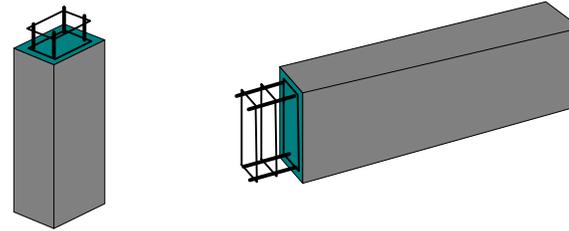
SISTEMAS ESTRUCTURALES DE RESISTENCIA SISMICA		
SISTEMA	CARGAS VERTICALES	FUERZAS HORIZONTALES
MUROS DE CARGA		
COMBINADO		
		
PORTICO		
DUAL		

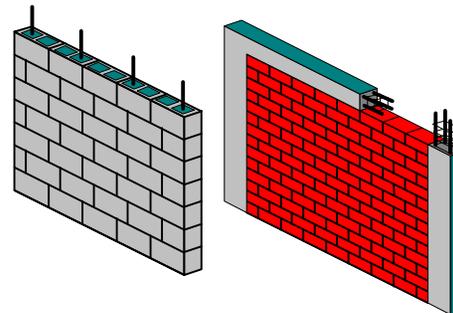
Figura 4 - Sistemas estructurales de resistencia sísmica

Paso 3 - Definición de las características de la estructuración y del material estructural empleado

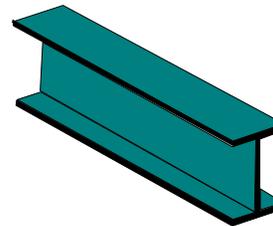
CONCRETO ESTRUCTURAL



MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL



ESTRUCTURAS METALICAS



MADERA

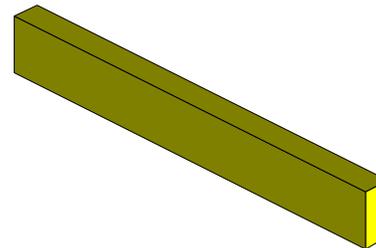


Figura 5 - Materiales estructurales

Paso 3 - Definición de las características de la estructuración y del material estructural empleado

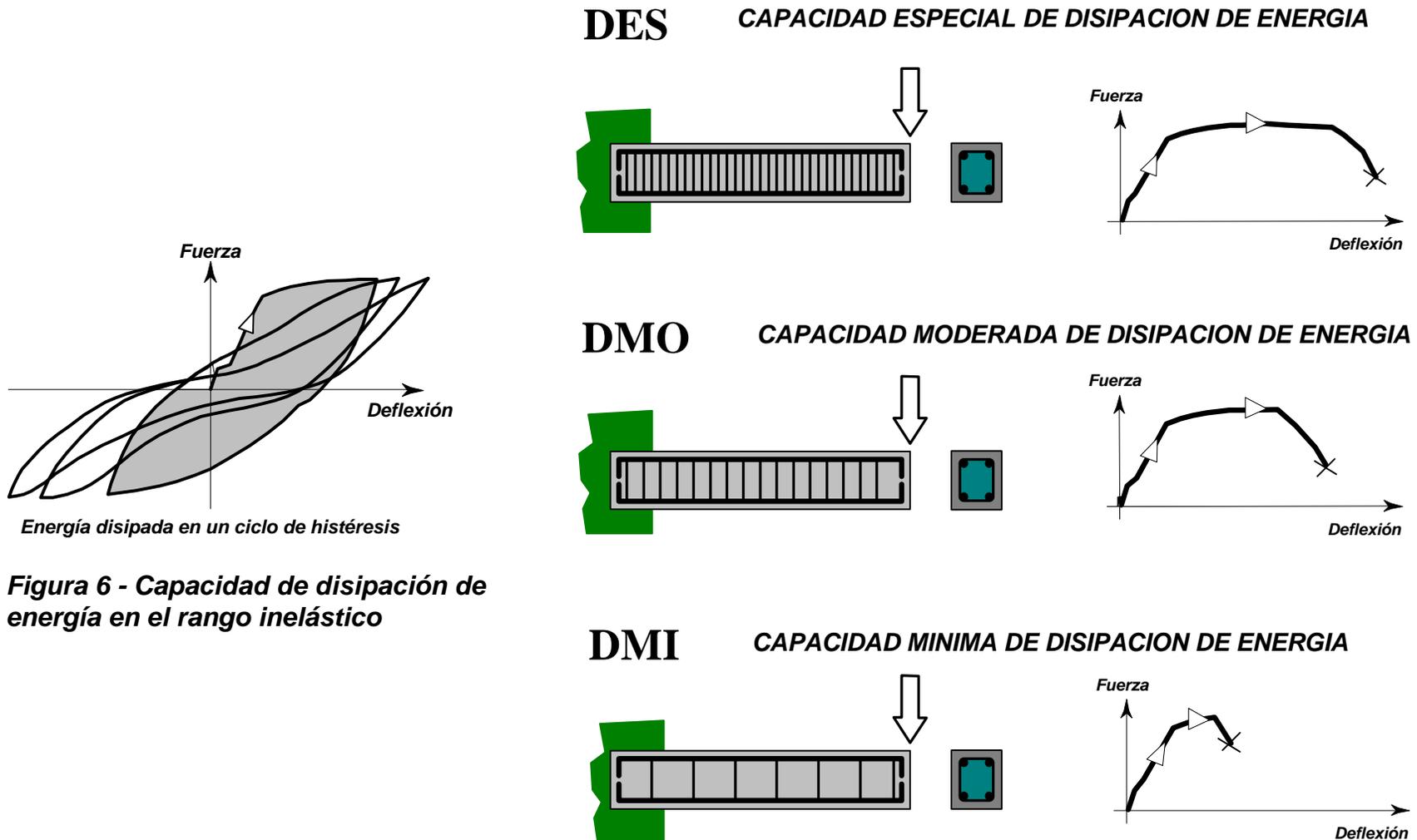


Figura 6 - Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico

Figura 7 - Definición de la capacidad de disipación de energía en el rango inelástico

Paso 3 - Definición de las características de la estructuración y del material estructural empleado

CAPACIDAD DE DISIPACION ENERGIA	ZONA DE AMENAZA SISMICA		
	BAJA	INTERMEDIA	ALTA
MINIMA DMI	✓	no	no
MODERADA DMO	✓	✓	no
ESPECIAL DES	✓	✓	✓

Figura 8 - Restricciones al uso de sistemas y materiales estructurales

Paso 4 - Grado de irregularidad de la estructura y procedimiento de análisis

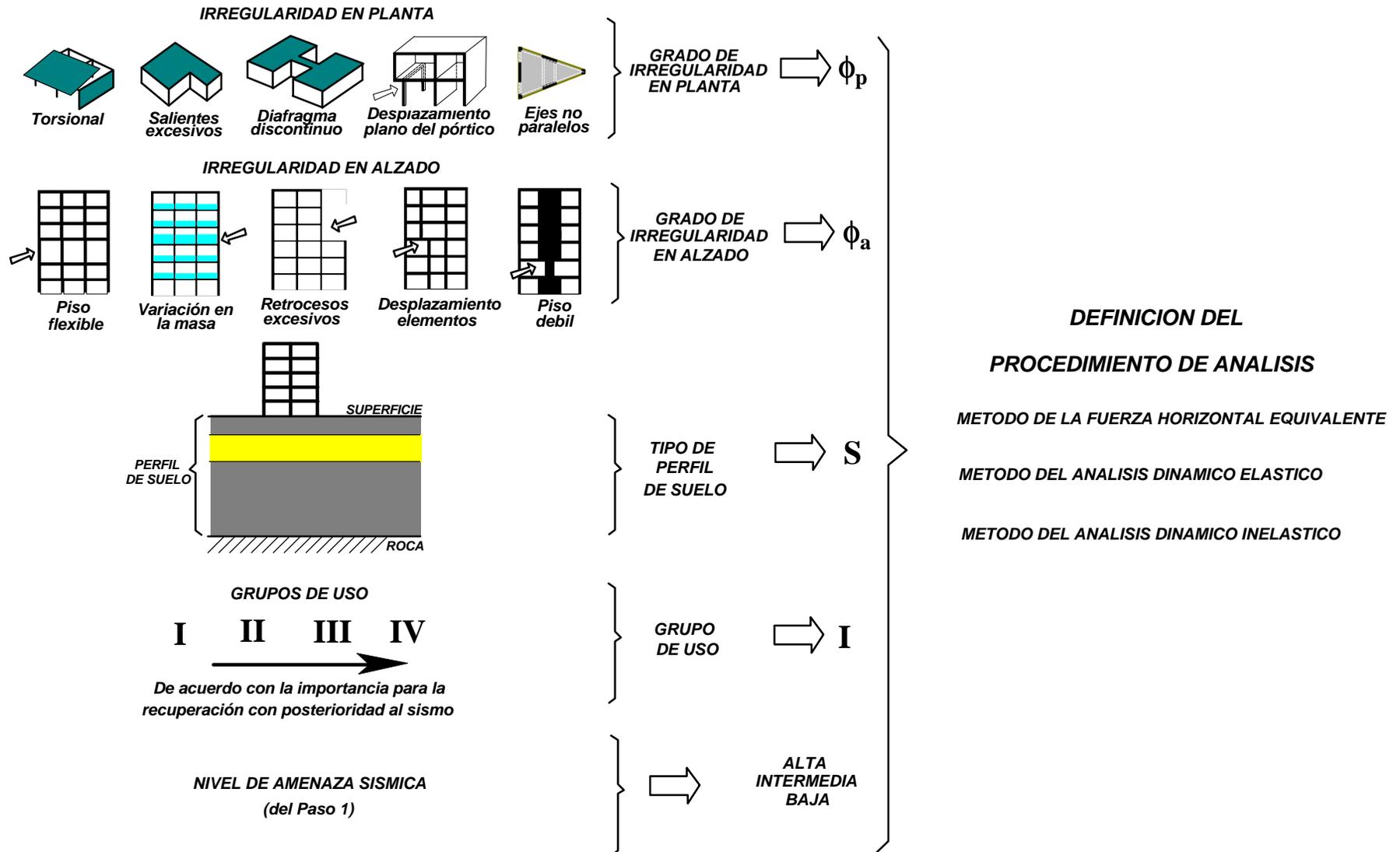


Figura 9 - Procedimiento para definir el grado de irregularidad de la estructura y el método de análisis sísmico

Paso 5 - Obtención de las fuerzas sísmicas de diseño

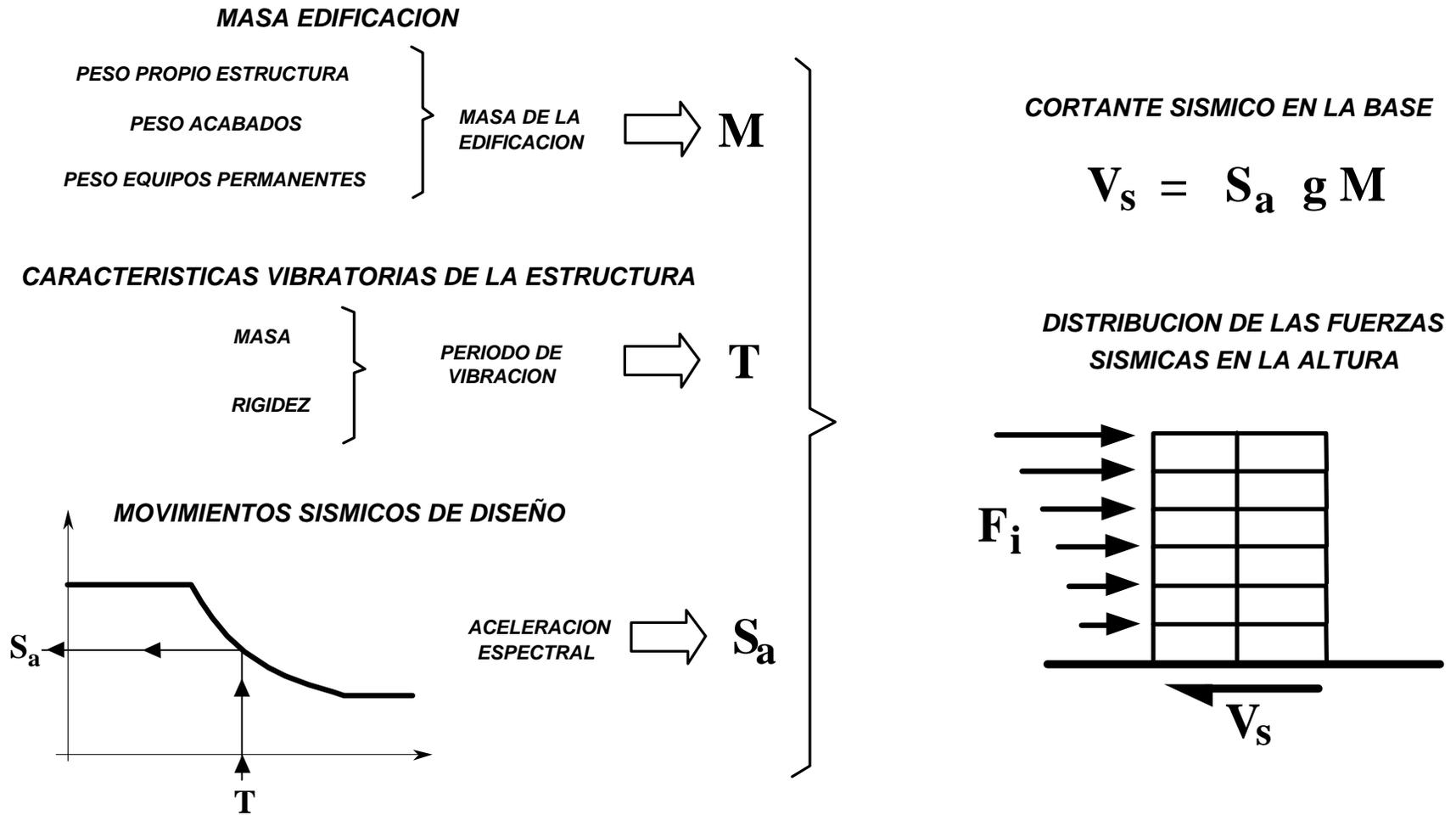


Figura 10 - Procedimiento para obtener las fuerzas sísmicas de diseño

Paso 6 - Análisis de la estructura y Paso 7 - Desplazamientos horizontales

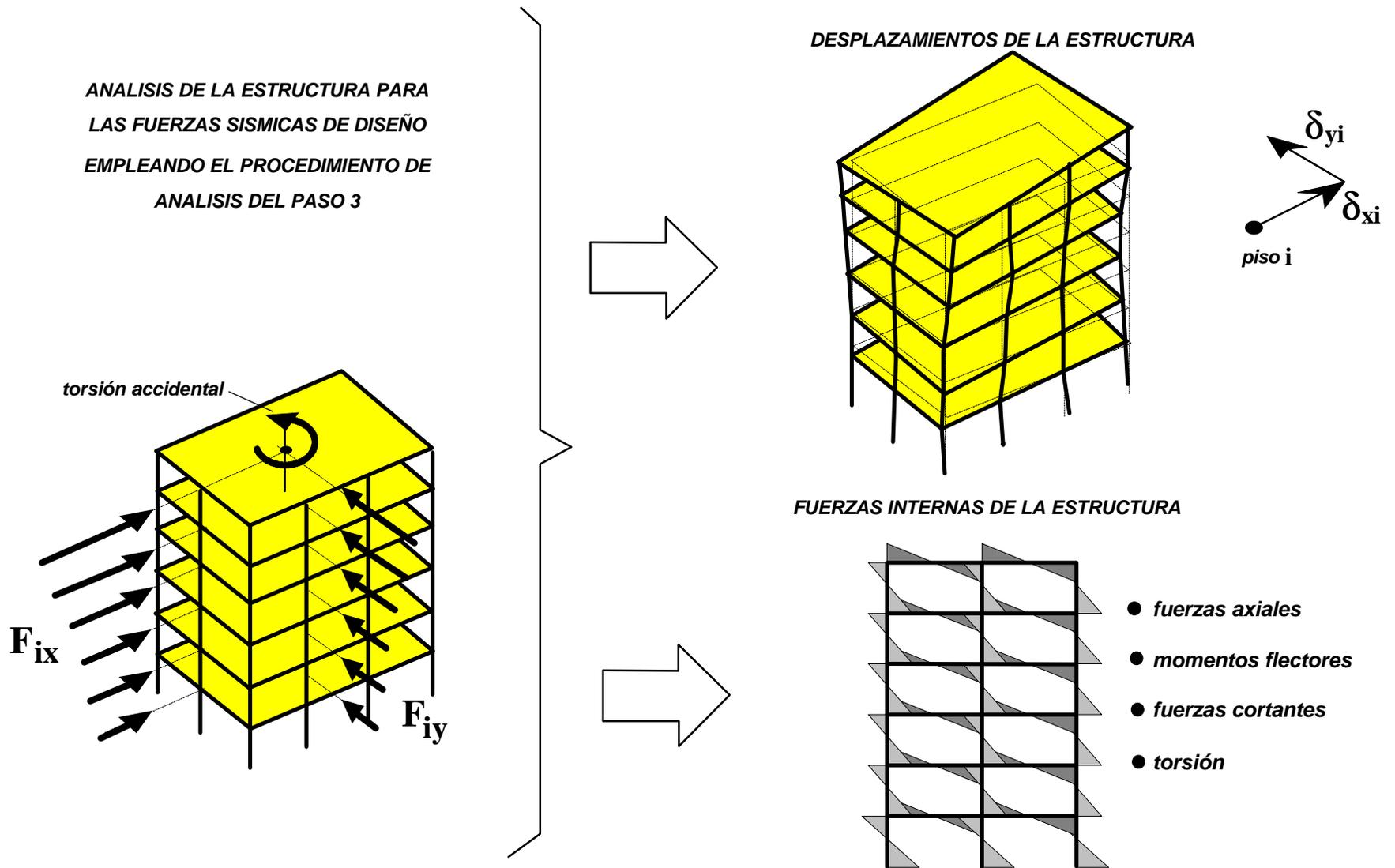
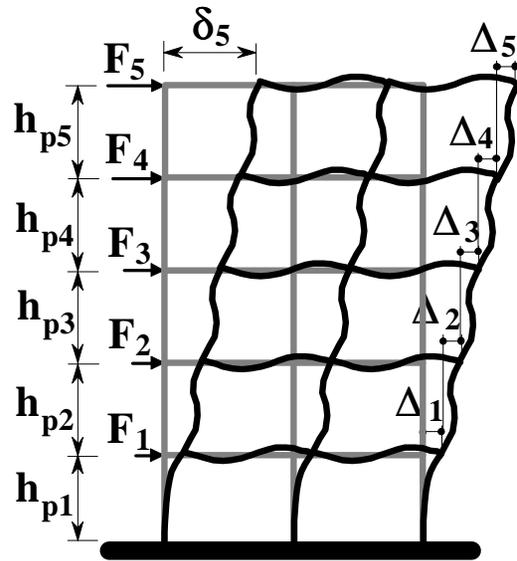


Figura 11 - Representación esquemática ilustrativa del procedimiento de análisis de la estructura

Paso 8 - Verificación de derivas



Definición de la deriva

$$\Delta_i = \delta_i - \delta_{i-1}$$

*La deriva debe incluir
los efectos torsionales
de toda la estructura
y el efecto P-Delta*

Máxima deriva admisible

$$\Delta_i \leq 0.01 h_{pi}$$

1% de la altura del piso (h_{pi})

**para mampostería estructural
este límite es 0.5% de h_{pi}**

*Si la deriva es mayor que la máxima deriva
admisible debe rigidizarse la estructura*

Figura 12 - Procedimiento de verificación de las derivas

Paso 9 - Diseño de los elementos estructurales

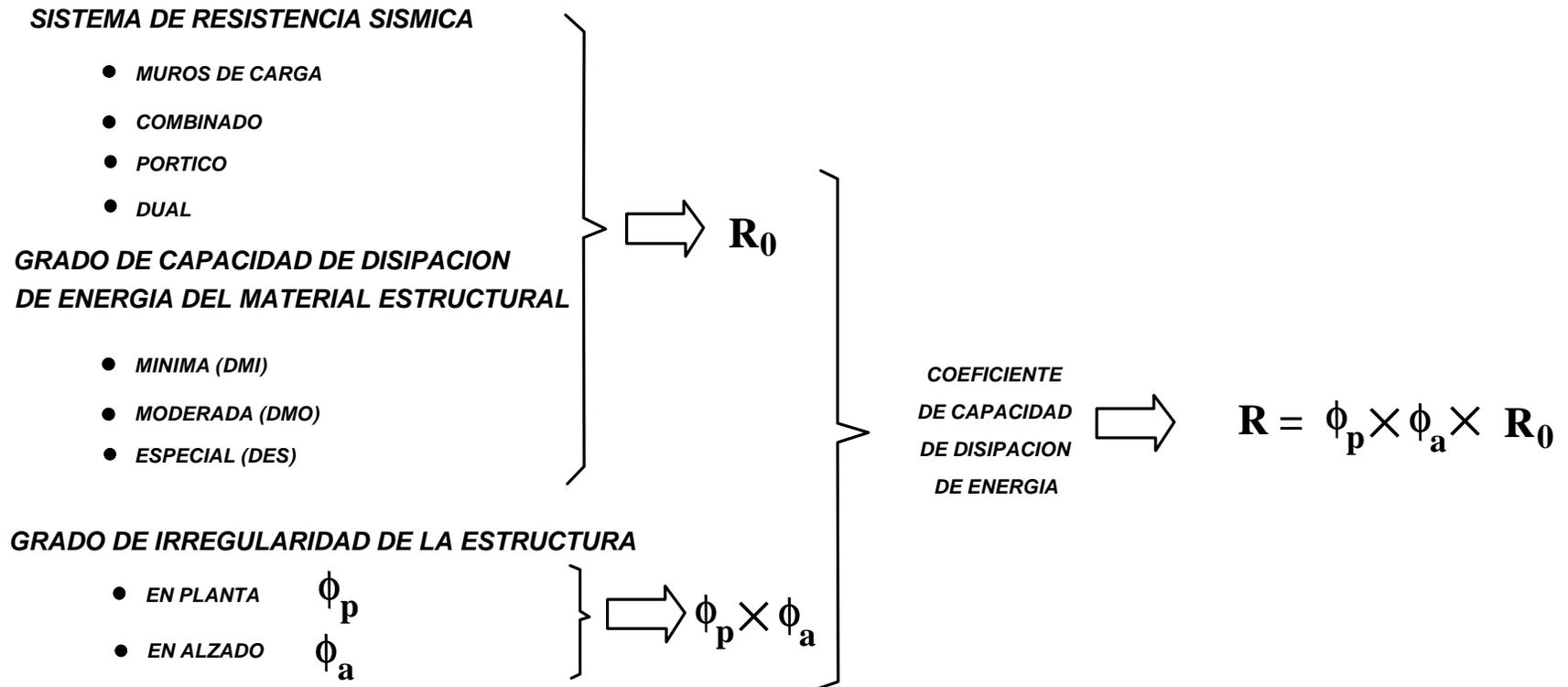


Figura 13 - Procedimiento de obtención del coeficiente de disipación de energía R

Paso 9 - Diseño de los elementos estructurales

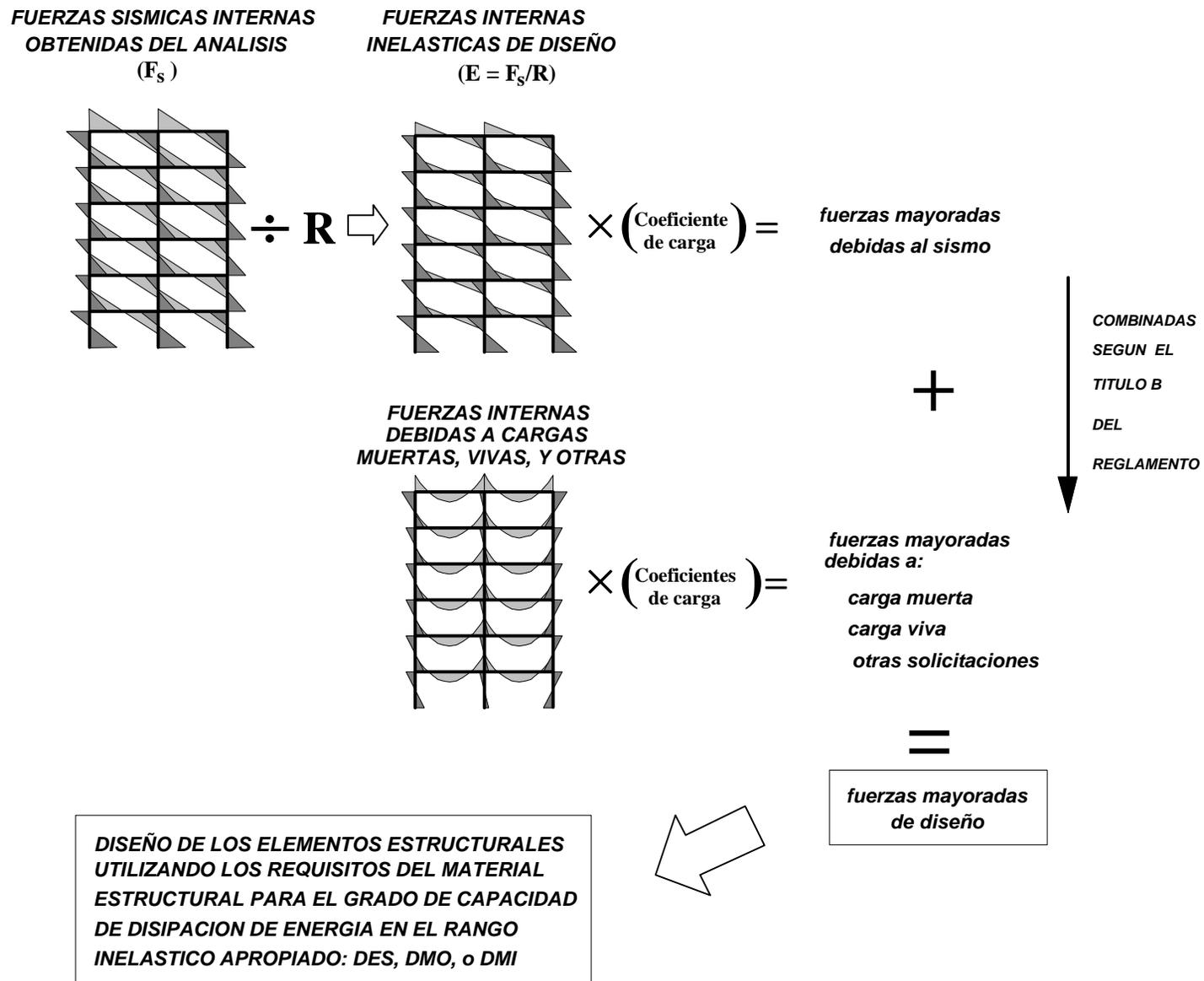


Figura 14 - Procedimiento de obtención de las fuerzas mayoradas de diseño

Paso 10 - Cimentación

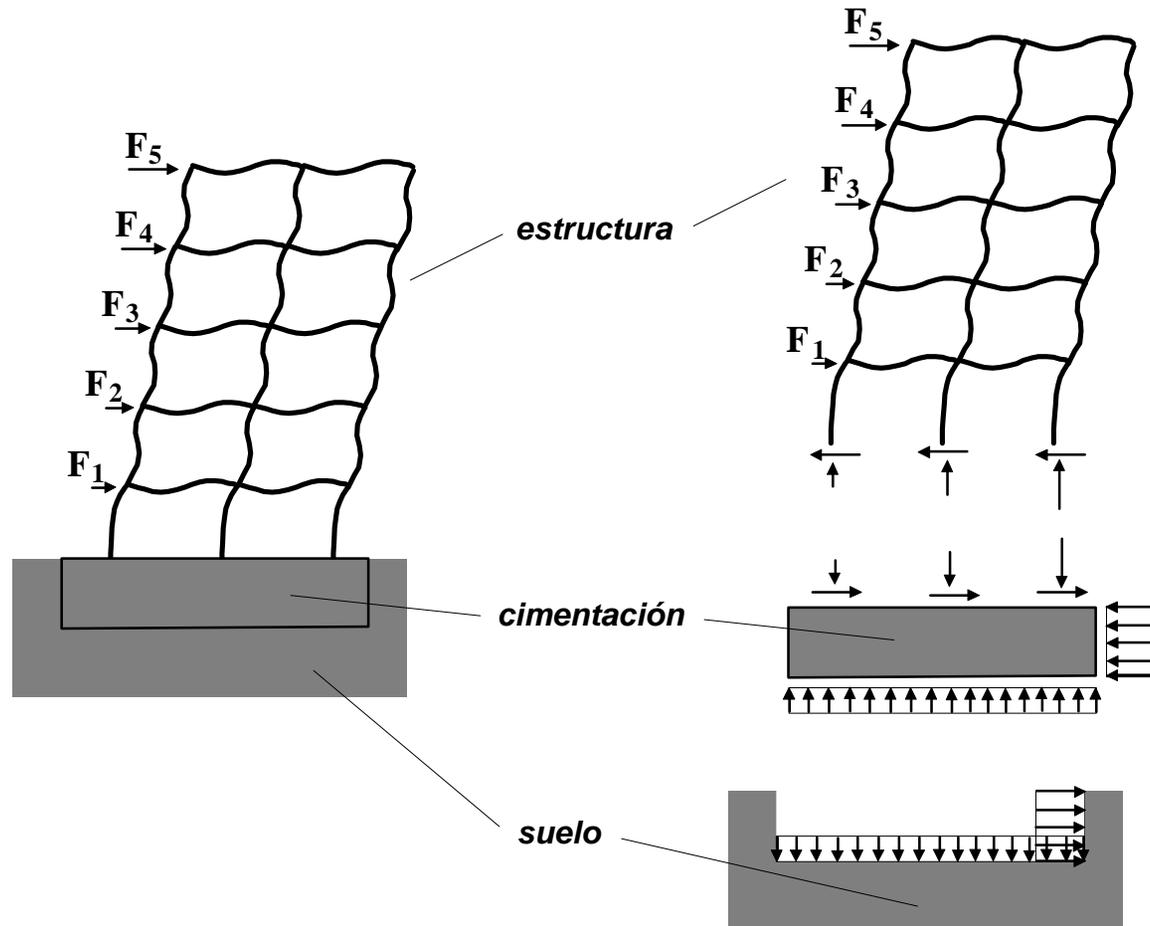


Figura 15 - Procedimiento de obtención de las fuerzas en la cimentación y los esfuerzos sobre el suelo

Paso 11 - Diseño de los elementos no estructurales

DEFINICION DEL GRADO DE DESEMPEÑO MINIMO

GRUPO DE USO	GRADO DE DESEMPEÑO MINIMO
IV	SUPERIOR
III	BUENO
II	BUENO
I	BAJO

FUERZAS SISMICAS DE DISEÑO PARA:

ACABADOS Y ELEMENTOS
ARQUITECTONICOS

INSTALACIONES HIDRAULICAS, SANITARIAS,
MECANICAS Y ELECTRICAS

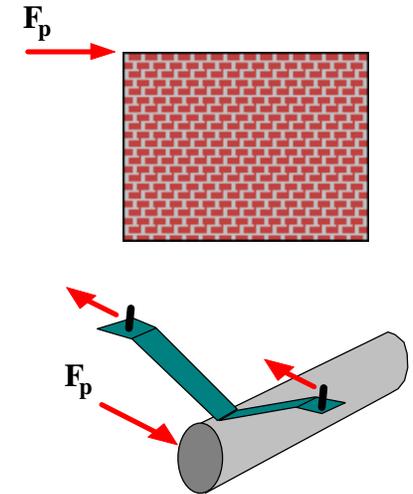


Figura 16 - Procedimiento de diseño de los elementos no estructurales

Paso 12 - Construcción y Supervisión Técnica

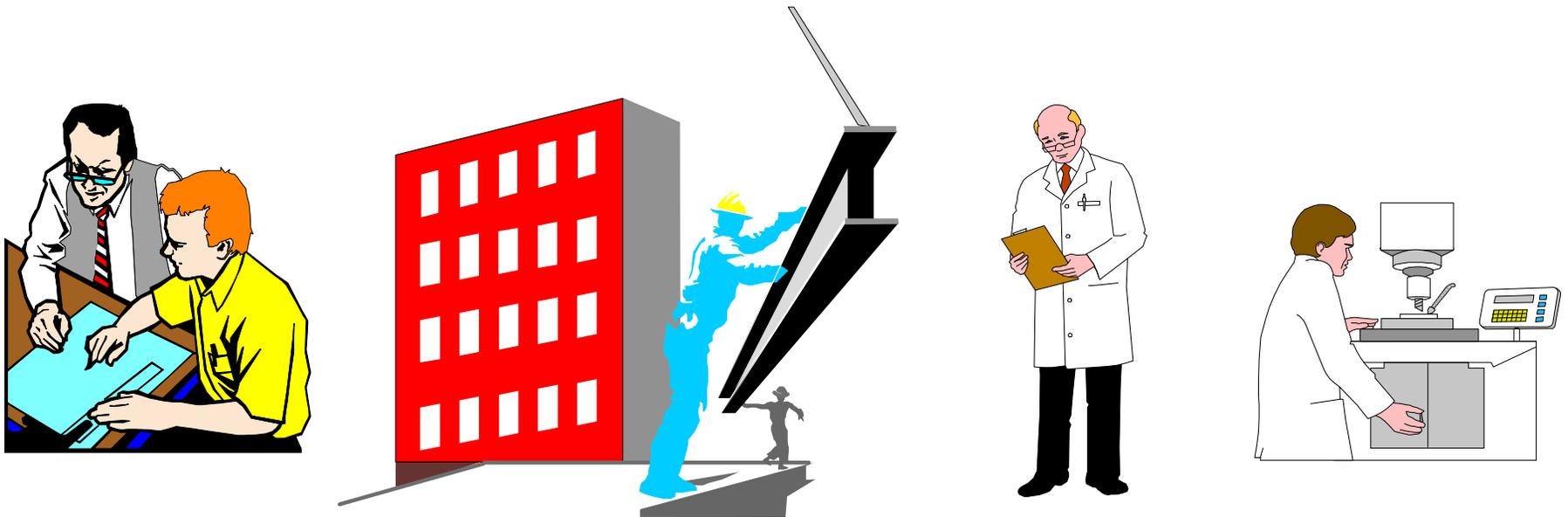


Figura 16 - Construcción y Supervisión Técnica

PARTICIPANTES

Los aspectos técnicos y científicos del Reglamento NSR-98 fueron dirigidos por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS Junta Directiva (Período 1997-1998)

Presidente: Omar Darío Cardona A.
Vicepresidente: Daniel Rojas M.
Secretario: Gilberto Areiza P.
Tesorero: Carlos Eduardo Bernal L.
Vocales: Luis Eduardo Cadena C.
Guillermo González G.
Alfredo Santander
Jairo Uribe E.
Luis Eduardo Yamín L.
Revisor Fiscal: Jesús Humberto Arango
Suplente: Guillermo Alonzo V.

Expresidentes de la Asociación:

Alberto Sarria M. (Presidente Honorario)
Luis Enrique García R. (Presidente Honorario)
Augusto Espinosa S.
Armando Palomino I.
Alberto Marulanda P.

Comité AIS 100

Concejo Directivo

Roberto Caicedo D.
Carlos Eduardo Bernal L.
Luis Enrique García R. (Coordinador General)
Francisco Javier Pérez
Armando Ramírez V.
Daniel Rojas M. (Secretario del Comité)
Alberto Sarria M.

Miembros del Comité:

Guillermo Alonzo V.	Jorge Eduardo Hurtado
Cesar Alfredo Angel I.	José Oscar Jaramillo J.
Jesús Humberto Arango T.	Gonzalo Jiménez C.
Gilberto Areiza P.	Luis Eduardo Laverde L.
Pedro Arias M.	Luis Gonzalo Mejía C.
Herbert Ariza M.	Octavio Augusto Mesa
Luis Guillermo Aycardi B.	Harold Alberto Muñoz
Primo Andrés Cajiao	Fernando Pachón F.
Omar Darío Cardona A.	Armando Palomino I.
Rodrigo Cortés B.	Alvaro Pérez A.
Augusto Espinosa S.	Alejandro Pérez S.
Andrés Uriel Gallego H.	Samuel Darío Prieto
Josué Galvis R.	Marco Puccini L.
Luis Garza V.	Hernán Sandoval A.
Santiago Góngora	Jairo Uribe E.
Alvaro González	Bernardo Vieco Q.
Guillermo González G.	Luis Eduardo Yamín L.
Jaime Eduardo Hincapié	

Otros profesionales que trabajaron con el Comité AIS 100:

Carlos Alberto Caicedo D.	Andrés Ochoa S.
Roberto Arango	Carlos Emilio Ospina G.
Patricia María Calvo T.	Urbano Rippoll
Diego Estrada	Héctor Rojas
Josef Farbiarz F.	Jaime Salazar C.
Luis Carlos Gamboa M.	Jorge Segura F.
Gustavo Granados V.	Mónica Severiche
Juan Diego Jaramillo F.	Alfredo Taboada
Jaime Horacio Londoño E.	Gabriel Valencia C.
Germán Guillermo Madrid	Germán Villafaña R.
Hans Jürgen Meyer	

Un especial agradecimiento al Profesor Mete A. Sozen, de Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, quien ha sido el gran inspirador y promotor de la normativa sismo resistente colombiana.

Los siguientes profesionales e instituciones participaron activamente en las numerosas votaciones y discusiones:

Ramón Alvarez H.	Hernándo Monroy V.
Alfonso Amézquita	Luis Eduardo Montenegro B.
Malena Judith Amórtegui R.	Luis A. Méndez G.
Victor Manuel Aristizabal	Dalton Moreno G.
Aquiles Arrieta G.	Ricardo Naranjo V.
Carlos Bernal H.	Germán Nava
Jorge Bernal V.	Plinio Eduardo Navarro N.
Luis Eduardo Cadena C.	Teófilo Noriega A.
César Caicedo C.	Adriano A. Otero P.
Carlos Alberto Calderón M.	Jaime Pabón C.
Ana Campos G.	Jorge Alberto Padilla R.
Patricia Campos	Jaime E. Palacios.
Harold Cárdenas	Héctor Parra F.
Juan Gabriel Carreño S.	Angela María Pérez V.
Alfredo Carrizosa G.	Mónica Pérez V.
Julio Carrizosa M.	Luis Rafael Prieto S.
Eduardo Castell R.	Pedro Nel Quiroga
Elkin Castrillón O.	Guillermo Ramírez C
Enrique Castrillón T.	Antonio Ramírez V.
Miguel Charry R.	Diego Restrepo H.
Jorge Enrique Cruz B.	Luis Guillermo Restrepo
Ricardo Cruz H.	José Luis Reyes G.
Mauricio Dever	Edgard Rodríguez
Mauricio Domínguez C.	Augusto Ruiz C.
Luis Alfredo Escovar	Julián Ruiz L.
Cesar Augusto Esguerra A.	Pablo Sáenz C.
Hernándo Fajardo de C.	Eduardo Salgado F.
Darío Fariás G.	Pedro J Salvá
Sandra Fariás	Nelson Sánchez
Joaquín Fidalgo B.	Diego Sánchez de G.
Hernán David Florez O.	Luis Cayetano Silva P.
Carmenza Franco L.	Juan Raúl Solarte G.
Plinio Fernando Garzón L.	Fernando Spinel
Orlando Giraldo	Pedro Therán C.
José Gabriel Gómez C.	Fabio Tobón L.
Juan B. Gómez R.	Carlos Alberto Torres G.
Germán González G.	Augusto Trujillo A.
Carlos Hernández P.	Rafael Uribe R.
Néstor Hincapié L.	Francisco de Valdenebro B.
Alvaro Jaramillo	Hernando Vargas C.
Fabio Jaramillo C.	Hugo Vargas A.
Mario León Jaramillo R.	Carlos Vengal P.
Carlos Juliao M.	Alberto Vidal
Sergio Londoño K.	Manuel Roberto Villarraga H.
Gonzalo A. Lozano	Jose Vicente Vinueza V.
Esperanza Maldonado R.	Bernardo White U.
Roberto Maldonado G.	Juan de Jesús Zamora D.

Acerías Paz del Río
Asociación Colombiana de Ingeniería Estructural – ACIES
Asociación de Ingenieros Estructurales de Antioquia
Asocreto
Camacol Antioquia
Camacol Cundinamarca
Camacol Nacional
Camacol Valle
Comisión de Estructuras de la Sociedad Colombiana de Ingenieros
Departamento de Planeación Distrital – Santa Fe de Bogotá
Díaco Ltda.
Dirección Nacional de Prevención y Atención de Desastres
Fedestructuras
Fondo Nacional de Calamidades
ICONTEC
Ingeominas
Instituto Colombiano de Productores de Cemento
Ministerio de Desarrollo Económico
Ministerio de Transporte
Ministerio del Interior
Seccional Colombiana del American Concrete Institute
Sociedad Colombiana de Arquitectos
Sociedad Colombiana de Geotécnica
Sociedad Colombiana de Ingenieros
Sociedad Santandereana de Ingenieros
Superintendencia Bancaria
Universidad de los Andes
Universidad del Cauca
Universidad del Cauca – Ingeniería Civil
Universidad del Quindío
Universidad del Valle
Universidad EAFIT
Universidad Industrial de Santander
Universidad Javeriana – Facultad de Arquitectura
Universidad Javeriana – Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional – Bogotá - Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional – Medellín - Facultad de Minas
Universidad Nacional – Manizales

Sociedad Colombiana de Ingenieros

Presidente	Hernándo Monroy V.
Presidente	Enrique Ramírez R.
Vicepresidente	Jaime Bateman D.
Director Ejecutivo	Santiago Henao P.
Director Ejecutivo	Alfonso Orduz D.

Edición y Diagramación:

Leticia Reyes G.
Claudia Reyes G.
Proyectos y Diseños Ltda.

Congreso de la República

Senador Gabriel Camargo S.
Senador Jairo Clopatofsky
Senador Luis Alfonso Hoyos A.
Senador Ricardo A. Lozada M.
Representante José Aristides Andrade
Representante Roberto Pérez

Funcionarios del Gobierno Nacional

Orlando José Cabrales
Carlos Julio Gaitán
Rodrigo Marín
Horacio Serpa
Carlos Holmes Trujillo

Fabio Giraldo
Juan Carlos Posada
Patricia Torres

Karin I. Kuhfeldt S.

Adolfo Alarcón
Omar D. Cardona
Gregorio Marulanda
Anuar Yaver
Diego Zubieta

Juan Carlos García
Luz Stella González
Juan Manuel Otoyá
Laura Palacio
Helga Rivas

Consuelo Barrera
Pedro Pablo Herrera
Enrique Plata
Nicolás Yepes

COMISION ASESORA PERMANENTE DEL REGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTE

A la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, creada por medio de la Ley 400 de 1997 y adscrita al Ministerio de Desarrollo Económico, asisten los siguientes delegados y representantes:

Preside:

*Dra. Martha Abondano Capella
Viceministra de Desarrollo Urbano*

Representante de la Presidencia de la República:

Ing. Luis Enrique García Reyes

Representante del Ministerio de Desarrollo Económico

Ing. Guillermo González González

Representante del Ministerio de Transporte

Ing. Jose Ricardo Villadiego Bockelmann

Delegado del Representante Legal del INGEOMINAS:

Ing. Edgard Eduardo Rodríguez Granados

**Presidente de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS -
(Secretario de la Comisión):**

Ing. Omar Darío Cardona Arboleda

Delegado del Presidente de la Sociedad Colombiana de Ingenieros - SCI:

Ing. Augusto Espinosa Silva

Delegado del Presidente de la Sociedad Colombiana de Arquitectos - SCA:

Arq. Rodrigo Rubio Vollert

Presidente de la Asociación Colombiana de Ingeniería Estructural - ACIES:

Ing. Guillermo Alonzo Villate

**Representante de las Organizaciones Gremiales
relacionadas con la industria de la construcción:**

Por elegir

Presidente de la Cámara Colombiana de la Construcción - CAMACOL:

Dr. Hernando José Gómez Restrepo

Delegado del Comité Consultivo Nacional, según la Ley 361 de 1997:

Por nombrar

Enero de 1999

