

PRESENTACIÓN

En el año 1,996 la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica -AGIES- publica la primera edición de las Normas Estructurales de Diseño y Construcción Recomendadas para la República de Guatemala. La misma incluyó las normas NR 1 "Bases Generales de Diseño y Construcción", NR 2 "Demandas Estructurales, Condiciones del Sitio y Niveles de Protección", NR 3 "Diseño Estructural de Edificaciones". NR 7-1 "Concreto Reforzado" y NR 7-3 "Mampostería Reforzada" quedando algunas normas de las originalmente concebidas pendientes de realización y publicación.

Ya casi agotada esta edición, se decidió que una segunda edición ya no valdría la pena sacar, dado el avance del conocimiento que había habido, por lo que mejor se trabajaría en una actualización y su posterior publicación. Es así como a finales del año 1,999 se le encomendó al Ing. Rolando Torres que trabajara en la actualización. Dicha actualización tuvo una discusión interna dentro de la Asociación en Junio de 2,001 y a la fecha se decidió hacer la actual edición preliminar para darla a conocer a las distintas instancias y empezar a recibir los comentarios, observaciones y sugerencias respectivas. Durante dicho proceso, surge también la propuesta por parte de la Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia de dar el apoyo para completar algunas de las normas que estaban pendientes, principalmente las Normas NR 4 "Requisitos Especiales para Vivienda y otras Construcciones Menores", la Norma NR 5 "Requisitos para la Construcción de Obras de Infraestructura y Obras Especiales, la Norma NR 6 "Disminución de Riesgos y Rehabilitación y la Norma" NR 7-5 "Sistemas Constructivos: Acero Estructural"

Se procedió a organizar grupos de trabajo con profesionales dentro de la Asociación que fueran expertos en las normas a desarrollar y es así como se llega a la publicación de estas ediciones preliminares. Con esta contribución inicial se pretende que el país cuente con un medio para tratar de disminuir la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones que se desarrollen en el futuro y también contar con herramientas que permitan la evaluación de las ya existentes, dado el carácter sísmico de nuestro territorio.

La filosofía de las normas están enfocadas como en la mayoría de las normas que existen a nivel mundial hacia la protección de la vida y la integridad física de las personas que usan y ocupan las obras y edificaciones, así como la de proporcionar un grado mínimo de calidad que preserve la integridad de la obra sujeta a solicitaciones de carga permanentes y frecuentes. Finalmente la de proporcionar protección contra daño directo o indirecto causado por agentes naturales adversos.

En el desarrollo de la nueva actualización y algunas de las normas que estaban pendientes de editar, se tomó como base para su creación, mucha de la normativa realizada en países que llevan la vanguardia en lo que a diseño sísmo resistente se refiere, principalmente lo realizado por Instituciones tales como el UBC, la SEAOC (Filosofía de estados límite), el ATC, el ACI, IBC, LRFD de AISC y las Especificaciones Neozelandesas (Diseño Sísmico para Estructuras de Concreto Reforzado) , tratando en lo posible de hacer adaptaciones a las prácticas de construcción y materiales guatemaltecos, así como también en lo que respecta a estudios de investigación que se han realizado a nivel local, con respecto a la naturaleza de nuestra sismicidad. En este sentido hace falta mucho por hacer y en la medida que vayamos contando con más datos a nivel local el grado de afinamiento irá mejorando.

El camino a seguir se inicia en este momento cuando se presentan las normas para su estudio, debate y discusión de tal manera que la misma refleje la opinión de los usuarios, que son los destinatarios, buscando de esta manera el consenso necesario para su aceptación y difusión en todos los ámbitos relacionados con la industria de la construcción, desde los sectores privado, público y académico. Como un respaldo a los documentos generados, se planea realizar manuales de aplicación y comentarios que servirán de base para el desarrollo de cursos con la valiosa

colaboración del Colegio de Ingenieros y otras Instituciones en donde se capacite a los profesionales usuarios de las normas. Esta capacitación deberá incluir principalmente catedráticos universitarios de la Ingeniería y la Arquitectura, de las distintas universidades, de tal manera que una vez capacitados sean multiplicadores del conocimiento y así se promueva un proceso de formación y actualización y se empiece a promover el uso de estas normas y de las actualizaciones que reciban las mismas en las nuevas generaciones de profesionales en nuestro medio.

Finalmente la búsqueda de la seguridad a través del uso de las normas debe ser el propósito del ingeniero, de las instituciones gubernamentales y municipales y de la misma sociedad.

Ing. Omar G. Flores Beltetón
Presidente de AGIES.

Cualquier comentario al respecto de las normas diríjalo a la sede de la Asociación:

Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica
AGIES
O Calle 15-46 Zona 15
Edificio de los Colegios Profesionales, 4to Nivel
Guatemala, Ciudad
01015 GUATEMALA
Teléfono (502) 3693693 Fax (502) 3693705
e-mail:agies@hotmail.com

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-3:2000**

INDICE

| Contenido | Página |
|--|---------------|
| Capítulo 1 | |
| Requisitos de Diseño Estructural | |
| 1.1 Bases para diseño estructural | 1 |
| 1.1.1 Alcances | 1 |
| 1.1.2 Estructuración y ejes estructurales | 1 |
| 1.1.3 Metodología de diseño | 2 |
| 1.2 Requisitos generales de sismoresistencia | 4 |
| 1.2.1 Sistemas estructural | 4 |
| 1.2.2 Estados límite | 4 |
| 1.2.3 Ductibilidad y tipos de sistemas estructurales | 4 |
| 1.3 Parámetros de sismoresistencia | 5 |
| 1.3.1 Factor de reducción de respuestas sísmicas para el estado límite de cedencia | 5 |
| 1.3.1.1 Factor genérico de reducción de respuesta sísmica | 5 |
| 1.3.1.2 Factor de calidad sismorresistente | 5 |
| 1.3.2 Reporte de parámetros | 7 |
| 1.4 Métodos de análisis por sismo | 8 |
| 1.4.1 Alcances | 8 |
| 1.4.2 Limitaciones en el uso del método de la carga estática equivalente | 8 |
| 1.4.3 Uso de análisis dinámicos | 8 |
| 1.5 Sistemas estructural | 9 |
| 1.5.1 Sistemas estructurales básicos | 9 |
| 1.5.1.1 Sistema de cajón (E1) | 9 |
| 1.5.1.2 Sistema de marcos (E2) | 9 |
| 1.5.1.2.1 Sistema de marcos ordinarios (E2-1) | 9 |
| 1.5.1.2.2 Sistema de marcos especiales (E2-2) | 9 |
| 1.5.1.3 Sistema combinado de muros y marcos (E3) | 10 |
| 1.5.1.4 Sistema dual de muros y marcos (E4) | 10 |
| 1.5.1.5 Péndulo invertido | 10 |
| 1.5.2 Sistemas estructurales alternos | 11 |
| 1.5.3 Otros sistemas estructurales | 11 |
| 1.5.4 Combinación de sistemas estructurales | 11 |
| 1.5.5 Sistemas estructurales para el nivel de protección | 11 |
| 1.5.6 Sistemas estructurales para el nivel de protección C | 12 |

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-3:2000**

INDICE

| Contenido | Página |
|--|---------------|
| 1.5.7 Nivel de protección D o superior | 13 |
| 1.6 Configuración de la edificación | 13 |
| 1.6.1 Redundancia estructural | 13 |
| 1.6.1.1 Número de tramos (q1) | 14 |
| 1.6.1.2 Número de ejes estructurales (q2) | 14 |
| 1.6.1.3 Presencia de muros o riostras (q3) | 15 |
| 1.6.2 Configuración en planta | 15 |
| 1.6.2.1 Regularidad en planta (q4) | 16 |
| 1.6.2.2 Excentricidad en planta (q5) | 16 |
| 1.6.3 Configuración vertical | 16 |
| 1.6.3.1 Regularidad vertical (q6) | 18 |
| 1.7 Control de deformaciones, derivadas y daños | 18 |
| 1.7.1 Limitación de deflexiones por cargas de servicio | 18 |
| 1.7.2 Limitación de derivas por viento | 18 |
| 1.7.3 Limitación de derivas sísmicas para el estado límite de servicio | 18 |
| 1.7.4 Limitación de derivas sísmicas para el estado límite de cedencia | 19 |
| 1.7.5 Limitaciones adicionales a las derivas sísmicas | 19 |
| 1.7.6 Colisiones entre cuerpos estructurales | 19 |
| 1.7.7 Separación entre elementos no estructurales | 19 |
| 1.7.8 Juntas estructurales en circulaciones y salidas | 20 |
| 1.8 Procedimientos de análisis | 20 |
| 1.8.1 Nivel de protección A | 20 |
| 1.8.2 Nivel de protección B | 20 |
| 1.8.3 Nivel de protección C y D | 20 |
| 1.9 Requisitos de diseño y detalles | 21 |
| 1.9.1 Nivel de protección A | 21 |
| 1.9.2 Nivel de protección B | 21 |
| 1.9.3 Nivel de protección C | 21 |
| 1.9.4 Nivel de protección D y superior | 22 |
| 1.10 Efectos de cargas en componentes estructurales | 22 |
| 1.10.1 Combinación de cargas | 22 |
| 1.10.2 Sistemas no redundantes | 22 |

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-3:2000**

INDICE

| Contenido | Página |
|--|---------------|
| 1.10.3 Conexiones y continuidad | 23 |
| 1.10.4 Anclajes de sistemas no estructurales | 23 |
| 1.10.6 Elementos colectores | 23 |
| 1.10.7 Diafragmas horizontales | 24 |
| 1.10.8 Fachadas y paredes no estructurales | 24 |
| 1.10.9 Estructuras de péndulo invertido | 24 |
| 1.10.10 Movimientos sísmicos verticales para edificios en las categorías C y D | 25 |
| Capítulo 2 | |
| Método de la carga estática equivalente | |
| 2.1 Cortante basal estática equivalente | 27 |
| 2.1.1 Expresión básica para el estado límite de servicio | 27 |
| 2.1.2 Expresión básica para el estado límite de cedencia | 27 |
| 2.1.3 Peso W_s | 28 |
| 2.1.4 Coeficiente sísmico para el estado límite de servicio (C_{ss}) | 28 |
| 2.1.6 Período de vibración..... | 29 |
| 2.1.6.1 Cálculo del período de vibración mediante fórmula analítica | 29 |
| 2.1.6.2 Período empírico T_e | 30 |
| 2.2 Distribución vertical de las fuerzas sísmicas | 31 |
| 2.3 Distribución horizontal de las fuerzas sísmicas | 32 |
| 2.3.1 Excentricidad accidental | 32 |
| 2.3.2 Amplificación dinámica | 32 |
| 2.3.3 Punto de aplicación de las fuerzas estáticas equivalentes | 33 |
| 2.3.4 Dirección de las fuerzas estáticas equivalentes | 33 |
| 2.4 Volteo | 33 |
| 2.5 Cálculo de desplazamientos laterales provocados por sismo | 34 |
| 2.5.1 Criterio básico | 34 |
| 2.5.2 Reducción de desplazamientos laterales | 34 |
| 2.5.3 Desplazamientos laterales para el estado límite de servicio | 34 |
| 2.5.4 Desplazamientos laterales para el estado límite de cedencia | 35 |
| 2.6 Cálculo de derivas sísmicas | |
| 2.6.1 Derivas sísmicas para el estado límite de servicio | 35 |
| 2.6.2 Derivas sísmicas para el estado límite de cedencia | 36 |
| 2.7 Efecto P-Delta | 36 |

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-3:2000**

INDICE

| Contenido | Página |
|--|---------------|
| 2.7.1 Incrementos de desplazamientos laterales debidos a efectos P-Delta | 37 |
| 2.8 Método simplificado de análisis para efectos P-Delta | 38 |
| Capítulo 3 | |
| Método de análisis modal espectral | |
| 3.1 Alcances | 39 |
| 3.2 Aplicación | 39 |
| 3.3 Número de modos de vibración participantes | 39 |
| 3.4 Modelo analítico | 39 |
| 3.4.1 Modelos planares | 39 |
| 3.4.2 Modelos no planares | 40 |
| 3.4.3 Modelos multiplanares y tridimensionales | 40 |
| 3.5 Torsión | 40 |
| 3.6 Análisis tridimensional | 41 |
| 3.7 Modos de vibración | 41 |
| 3.8 Períodos de vibración | 42 |
| 3.9 Cortante modal en la base | 42 |
| 3.9.1 Formulación básica | 42 |
| 3.9.1.1 Coeficiente sísmico para el estado límite de servicio | 43 |
| 3.9.1.2 Coeficiente sísmico para el estado límite de cedencia | 43 |
| 3.9.1.3 Factor de participación modal | 43 |
| 3.10 Fuerzas modales | 44 |
| 3.11 Derivas de los pisos | 45 |
| 3.11.1 Derivas modales para el estado límite de servicio | 45 |
| 3.11.2 Derivas modales para el estado límite de cedencia | 45 |
| 3.12 Cálculo de acciones sísmicas para diseño | 46 |
| 3.12.1 Distribución del cortante horizontal y torsión | 46 |
| 3.12.2 Cortes y momentos modales en los marcos | 46 |
| 3.12.3 Resultados finales del análisis modal | 47 |
| 3.12.4 Prevención de resultados distorsionados | 47 |
| 3.13 Efecto P-delta | 48 |

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-3:2000**

INDICE

| Contenido | Página |
|---|---------------|
| Capítulo 4 | |
| Método de análisis dinámico paso a paso | |
| 4.1 Alcances | 49 |
| 4.2 Disposiciones generales | 49 |
| 4.3 Número de acelerogramas necesarios | 49 |
| 4.4 Registros sísmicos escalados..... | 50 |
| 4.5 Verificación de ordenadas espectrales..... | 50 |
| 4.6 Longitud de los registros sísmicos para el estado límite de cedencia | 50 |
| 4.7 Efectos P-Delta | 50 |
| 4.8 Requisitos para diseño y deformación post-elásticas | 51 |
| Capítulo 5 | |
| Evaluación de la interacción suelo-estructura (Pendiente de desarrollo) | |
| Capítulo 6 | |
| Requisitos para cimentación | |
| 6.1 General | 53 |
| 6.1.1 Alcances | 53 |
| 6.1.2 Condición del terreno | 53 |
| 6.1.3 Otros aspectos | 53 |
| 6.2 Capacidad de las cimentaciones y componentes | 53 |
| 6.2.1 materiales estructurales | 54 |
| 6.2.2 Capacidad del suelo | 54 |
| 6.2.2.1 Capacidad de soporte de servicio | 54 |
| 6.2.2.2 Capacidad de soporte incidental | 54 |
| 6.2.2.3 Capacidad sismorresistente | 54 |
| 6.3 Niveles de protección | 55 |
| 6.3.1 Nivel de protección A | 55 |
| 6.3.2 Nivel de protección B | 55 |
| 6.3.2.1 Amarre de cimentaciones | 55 |
| 6.3.2.2 Requisitos para pilotes | 55 |
| 6.3.3 Nivel de protección C..... | 56 |

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-3:2000**

INDICE

| Contenido | Página |
|---|---------------|
| 6.3.3.1 Investigación | 56 |
| 6.3.3.2 Amarre de cimentaciones | 56 |
| 6.3.3.3 Requisitos para pilotes | 56 |
| 6.3.4 Nivel de protección D o E | 57 |
| 6.4 Muros de contención | 57 |
| Capítulo 7 | |
| Componentes arquitectónicos, y sistemas mecánicos y eléctricos | |
| 7.1 Requisitos generales | 59 |
| 7.1.1 Interrelación entre componentes | 59 |
| 7.1.2 Conexiones y fijaciones | 59 |
| 7.2 Requerimientos para elementos arquitectónicos | 60 |
| 7.2.1 Generalidades | 60 |
| 7.2.2 Fuerzas sísmicas | 60 |
| 7.2.3 Fijaciones de tabiques y de aditamentos | 61 |
| 7.2.4 Capacidad de deformación de los componentes | 61 |
| 7.2.5 Flexión normal al plano de los elementos | 62 |
| 7.3 Requerimientos para sistemas hidráulicos, mecánicos y eléctricos | 62 |
| 7.3.1 Generalidades | 62 |
| 7.3.2 Fuerzas sísmicas | 62 |
| Capítulo 8 | |
| Cubiertas especiales | |
| (Pendiente de desarrollar) | |
| Capítulo 9 | |
| Edificaciones tipo cajón | |
| 9.1 Definición | 69 |
| 9.2 Alcance | 69 |
| 9.3 Metodología simplificada de diseño para estructuras tipo cajón de concreto reforzado | 69 |
| 9.4 Metodología simplificada de diseño de estructura tipo cajón de mampostería reforzada | 70 |

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-3:2000**

INDICE

Contenido

Página

Capítulo 10
Naves y otras edificaciones sin diagrama horizontal
(Pendiente de desarrollar)

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-3: 2000**

CAPITULO 1

REQUISITOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

1.1 Bases para diseño estructural

1.1.1 Alcances

Este capítulo cubre en general las edificaciones habitables y ocupables. También cubre los aspectos de estructuración y de selección de los procedimientos de análisis y diseño de edificaciones, especialmente de estructuras reticulares y sus componentes. Los casos especiales como estructuras de placas plegadas, cáscaras y membranas, cubiertas suspendidas con cables, etc., estarán consideradas en el capítulo 8. Las simplificaciones específicas para estructuras llamadas de cajón estarán consideradas en el capítulo 9; adicionalmente, algunas edificaciones menores pueden quedar exentas de lo prescrito en esta norma y sólo quedar sujetas a las disposiciones simplificadas contenidas en la norma NR-4. Las edificaciones sin diafragmas o con paredes altas de gran longitud están consideradas en el capítulo 10.

Otras estructuras que incluyen obras masivas como presas, diques, obras de retención y construcciones especiales como puentes, chimeneas, torres, tuberías y otras estarán cubiertas en la norma NR-5. Finalmente, las disposiciones para edificaciones existentes estarán cubiertas en la norma NR-6.

1.1.2 Estructuración y ejes estructurales

El sistema estructural deberá tener resistencia y rigidez verticales apropiadas para resistir las cargas gravitacionales especificadas en estas normas dentro de límites especificados de deformación.

El sistema estructural deberá ser capaz de proporcionar resistencia y rigidez laterales en todas direcciones para resistir las solicitaciones horizontales especificadas en estas normas dentro de límites especificados de deriva lateral.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-3: 2000**

Cada edificación contendrá subestructuras planas como marcos, armaduras, muros, riostras o combinaciones de éstos, orientadas en al menos dos direcciones horizontales aproximadamente perpendiculares entre sí, formando ángulos entre 75° y 105° . De no ser así, se requerirá la inclusión de otras subestructuras en direcciones horizontales adicionales de manera que no se formen ángulos mayores de 105° . Cada una de éstas direcciones será una dirección de análisis obligada.

A menos que se lleve a cabo un análisis tridimensional, el conjunto de subestructuras en una dirección de análisis dada deberá satisfacer la totalidad de las solicitaciones horizontales especificadas; para una dirección dada, las estructuras participantes serán paralelas o guardarán entre sí ángulos de 15° o menores.

Cada una de las subestructuras que integran la estructura global definirá un eje estructural en la planta de la edificación. Cualquier requerimiento de incluir un eje estructural significa incluir una subestructura en esa posición.

1.1.3 Metodología de diseño

- (a) Solicitaciones: se seleccionarán las cargas vivas y se integrarán las cargas muertas conforme a los lineamientos del capítulo 8 de la norma NR-2. Se determinará el nivel de protección sísmica que la edificación en proyecto requiere de acuerdo con el capítulo 3 de la misma norma NR-2. Luego se determinará el nivel de protección contra viento y el viento de diseño conforme al capítulo 5 de la norma NR-2.
- (b) Sitio: deberá tomarse en cuenta posibles limitaciones en cuanto a condiciones del sitio de acuerdo al capítulo 6 de la norma NR-2.
- (c) Método de análisis y modelo analítico: las características de la estructura y el método de análisis estructural se establecerán conforme a este capítulo. Se planteará un modelo analítico con base en el inciso 1.4 para efectuar el análisis estructural.
- (d) Análisis gravitacional y de viento: se calcularán las fuerzas internas en los elementos de la estructura correspondientes a las cargas gravitacionales. En caso de ser significativas las solicitaciones por viento, se calcularán las correspondientes fuerzas internas en los elementos.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-3: 2000**

- (e) Análisis sísmico: las solicitaciones sísmicas y su distribución a lo alto y ancho de la edificación se calcularán por el Método de la fuerza estática equivalente (capítulo 2), por Análisis modal (capítulo 3), o por Análisis dinámico paso a paso (capítulo 4) si hubiera acelerogramas locales disponibles. En los respectivos capítulos se indica cuándo es electivo u obligatorio utilizar un método u otro. Cuando sea pertinente se recurrirá al Análisis de interacción suelo-estructura (capítulo 5). Las correspondientes fuerzas internas en los elementos de la estructura se calcularán utilizando el modelo analítico lineal elástico descrito en el inciso (c); las derivas post-elásticas para diseño se obtendrán a partir de las derivas nominales que resulten del análisis del modelo elástico. Podrá utilizarse un método diferente de los descritos anteriormente para establecer y distribuir las fuerzas, siempre y cuando se cumpla con lo establecido en el inciso 2.3 de la norma NR-1. Las correspondientes fuerzas internas y deformaciones en los elementos de la edificación se calcularán utilizando un modelo compatible con el procedimiento adoptado.
- (f) Deformaciones laterales elásticas para sismo de servicio: se calcularán las deformaciones laterales que le produce el sismo de servicio (sismo frecuente) a la edificación y se compararán contra sus respectivos límites establecidos en el capítulo 9 de la norma NR-2, con la finalidad de verificar que ningún elemento de la estructura llegue a la fluencia.
- (g) Fuerzas internas y diseño de elementos: para los elementos de la estructura, se combinarán las fuerzas internas resultantes de analizar separadamente cada caso de carga. Las combinaciones se efectuarán conforme al capítulo 8 de la norma NR-2. Según el sistema constructivo de que se trate, se verificará que los esfuerzos internos no excedan los límites especificados en las normas NR-7, NR-8 y NR-9. Se verificará también que los elementos tengan las características que correspondan a los niveles de protección de sismo y viento especificados. Se verificará que ni las deformaciones verticales, ni las derivas laterales producidas por el sismo básico excedan a los límites especificados en el capítulo 9 de la norma NR-2, y a los efectos P- Δ descritos en los capítulos 3 y 4 de esta norma.
- (h) Cimientos: se diseñará la cimentación conforme al capítulo 6 de esta norma.
- (i) Componentes no estructurales: se procederá al diseño de fijaciones de los componentes arquitectónicos, mecánicos y eléctricos y al cálculo de estructuras secundarias del edificio conforme al capítulo 7 de esta norma.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-3: 2000**

1.2 Requisitos generales de sismoresistencia

1.2.1 *Sistema estructural*

Las estructuras se diseñarán de modo que haya una o varias rutas de carga claramente definidas, para transferir las fuerzas inerciales generadas por un sismo desde cualquier punto de la estructura hasta la cimentación.

1.2.2 *Estados límite*

Todas las estructuras se diseñarán para que tengan:

- (a) Resistencia y rigidez adecuadas que satisfagan el estado límite de servicio;
- (b) Resistencia, ductilidad y rigidez que satisfagan el estado límite de cedencia.

1.2.3 *Ductilidad y tipos de sistemas estructurales*

Para satisfacer el estado límite de cedencia requerido en esta norma, las estructuras se diseñarán como:

- (a) Una estructura dúctil, o
- (b) Una estructura de ductilidad limitada ($2 \geq R_o > 1$), o
- (c) Una estructura que responde elásticamente, o
- (d) Una combinación de las anteriores.

1.3 Parámetros de sismoresistencia

1.3.1 Factor de reducción de respuesta sísmica para el estado límite de cedencia

El factor de reducción de respuesta sísmica (R) se utiliza para reducir la respuesta elástica de un sistema de un grado de libertad a una respuesta post-elástica. El valor de R dependerá del sistema estructural que los diseñadores escojan, y se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$R = 1.2 R_0 Q \dots\dots\dots (Ec. 1.1)$$

Donde:

R₀: es el factor genérico de reducción de respuesta descrito en el inciso 1.3.1.1

Q : es un factor específico de calidad sismorresistente descrito en el inciso 1.3.1.2

1.3.1.1 Factor genérico de reducción de respuesta sísmica

El factor genérico de reducción de respuesta sísmica (R₀) depende de las características genéricas del sistema estructural seleccionado por el diseñador de acuerdo a los requisitos del inciso 1.5, y de los materiales constructivos a utilizar (normas NR-7, NR-8 y NR-9). El valor numérico de R₀ se especifica en el cuadro 1.1.

1.3.1.2 Factor de calidad sismorresistente

El factor de calidad sismorresistente (Q) evalúa el comportamiento de la edificación como resultado de las variaciones hechas, por el diseñador, a una determinada configuración estructural. Se especifica para cada proyecto en particular y para cada dirección de análisis. Su valor numérico se integrará para cada dirección de análisis mediante la ecuación 1.2.

$$Q = 1.00 + 0.01 \sum q_i \dots\dots\dots (Ec. 1.2)$$

Si el valor de Q baja a menos de 0.80 en cualquier dirección de análisis deberá modificarse el proyecto de forma que el factor Q alcance a ser por lo menos 0.80. Los índices de calidad q_i se obtienen conforme al inciso 1.6 y con la guía del cuadro 1.2.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-3: 2000**

| SISTEMA ESTRUCTURAL (Véase inciso 1.5) | SISTEMA VERITCAL SISMORRESISTENTE | FACTOR R_o (Véase inciso 1.3.1.1) | |
|--|--|--|-----|
| E1. SISTEMA DE CAJON | Con muros estructurales: | | |
| | De mampostería reforzada | 2.5 | |
| | De concreto reforzado | 3.5 | |
| | De mampostería sin refuerzo | 1.0 | |
| | De mampostería reforzada interiormente | 1.7 | |
| | De madera | 4.0 | |
| | Con marcos arriostrados | 3.0 | |
| E2. SISTEMA DE MARCOS | E2.1 marcos ordinarios | De acero estructural | 3.5 |
| | | De concreto reforzado | 1.7 |
| | E2.2 marcos espaciales | De acero estructural | 5.5 |
| | | De concreto reforzado | 5.0 |
| E3. SISTEMA COMBINADO DE MUROS Y MARCOS | Con muros de mampostería reforzada | 3.5 | |
| | Con muros de concreto reforzado | 4.5 | |
| | Con marcos arriostrados en vez de muros | | |
| | Arriostres ordinarios | 3.5 | |
| | Arriostres excéntricos | 4.0 | |

**Cuadro 1.1 – Factor genérico de reducción de respuesta sísmica (R_o) por
capacidad post-elástica (ductilidad) de la estructura**

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-3: 2000**

| | | |
|------------------------------------|---|---------|
| E4. SISTEMA DUAL DE MUROS Y MARCOS | Con muros de mampostería reforzada | 3.5 |
| | Con muros de concreto reforzado | 5.5 |
| | Con marcos arriostrados en vez de muros | |
| | Arriostres ordinarios | 3.5 |
| | Arriostres excéntricos | 5.0 |
| E5. PENDULO INVERTIDO | De concreto reforzado | |
| | Confinado | 2.0 |
| | Ordinario | no usar |
| | De estructura de acero | |
| | Con detalles ordinarios | 1.0 |
| | Con detalles sísmicos | 2.0 |
| | De estructura de madera | 2.5 |
| E6. OTRO TIPO | Clasificar como E5 o bien consultar exclusiones en los capítulos 8, 9 y 10 de esta norma. | |

Cuadro 1.1 – (Continuación)

1.3.2 Reporte de parámetros

Para cada proyecto el analista incluirá en su memoria de diseño copias del cuadro 1.2, o del cuadro 1.3, reportando los índices de calidad q_i , y de los valores del Factor de calidad (Q) y del Factor genérico de reducción de respuesta sísmica (R_o) empleados en cada dirección de análisis. El cuadro 1.2 de cada proyecto se anexarán a la documentación oficial del proyecto de acuerdo con lo especificado en el capítulo 2 de la norma NR-1.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-3: 2000**

1.4 Métodos de análisis por sismo

1.4.1 Alcances

Los métodos de análisis empleados para evaluar las fuerzas provocadas por los efectos del sismo en las estructuras deberán catalogarse dentro de uno de los tres métodos generales siguientes:

- (a) Método de la carga estática equivalente (capítulo 2, de esta norma),
- (b) Método de análisis modal espectral (capítulo 3, de esta norma), o
- (c) Método de análisis dinámico paso a paso (capítulo 4, de esta norma).

1.4.2 Limitaciones en el uso del método de la carga estática equivalente

Se puede utilizar el método de análisis de la carga estática equivalente si, solamente, uno de los tres criterios siguientes se satisface:

- (a) La altura entre la base y el de cedencia nivel de la estructura no excede a 15 m,
- (b) El periodo fundamental de vibración calculado de acuerdo con 2.1.6.1 o 2.1.6.2 no excede a 0.45 segundos,
- (c) La estructura satisface los requisitos de regularidad horizontal y vertical de acuerdo con la sección 1.6 y tiene un periodo fundamental de vibración menor que 2.0 segundos.

1.4.3 Uso de análisis dinámicos

El método de análisis modal espectral o el método de análisis dinámico paso a paso se deberán usar para estructuras que no cumplan con el inciso 1.4.2. Cuando el requisito de configuración en planta del inciso 1.6.2 no se satisfaga, se deberá realizar un análisis tridimensional de la estructura.