

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 sismo resistente se refiere, principalmente lo realizado por Instituciones tales como el UBC, la SEAOC (Filosofía de estados limite), 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-1:2000**

INDICE

Contenido	Página
Capítulo 1	
Criterio y Directrices Básicas	
1.1 Alcances y objetivos	1
1.2 Propósitos y limitaciones	1
1.3 Clasificación de obra	2
1.3.1 Obras críticas	2
1.3.2 Obras esenciales	3
1.3.3 Obras importantes	3
1.3.4 Obras ordinarias	4
1.3.5 Obras utilitarias	4
1.3.6 Clasificación múltiples	5
1.4 Nivel de protección	5
1.4.1 Nivel de protección	5
1.4.2 Demandas estructurales y peligrosidad del sitio	6
1.4.3 Directrices para obra nueva	6
1.4.4 Directrices para obra existente	7
Capítulo 2	
Administración	
2.1 Uso de las normas	9
2.2 Actualización de las normas	9
2.3 Diseño y construcción	9
2.3.1 Del diseñador estructural	9
2.3.2 Del constructor	10
2.4 Cooperación técnica	10
2.4.1 Instrumentación sísmica	10
2.4.2 Operador de los instrumentos	10

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

CAPITULO 1

CRITERIO Y DIRECTRICES BASICAS

1.1 Alcances y objetivos

Estas normas son requisitos mínimos para el diseño de obra nueva, para remodelación y/o reparación de obra existente y para la evaluación de la vulnerabilidad y potencial readecuación de obra existente.

Los objetivos de las normas recomendadas son:

- (a) Proteger la vida y la integridad física de las personas que usan u ocupan obras y edificaciones o pueden verse afectadas por ellas;
- (b) Proveer un mínimo de calidad estructural que preserve la integridad de la obra sujeta a solicitaciones de cargas permanentes y cargas frecuentes;
- (c) Proveer protección contra daño directo e indirecto causado por agentes naturales adversos.

Las solicitaciones de cargas permanentes y cargas frecuentes consideradas son cargas muertas y vivas, y presiones o empujes varios.

Los agentes naturales adversos considerados son sismo, inestabilidad del terreno, fenómenos volcánicos, viento (meteorológicos) y ambientales. Se incluyen los efectos sobre la estructura en sí de las obras y sobre los sitios donde éstas están emplazadas.

1.2 Propósitos y limitaciones

Los diseñadores, constructores y supervisores adquieren la obligación de que sus obras cumplan con estas normas cuando lo requiera la Autoridad Competente o las condiciones contractuales de diseño y construcción.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

Para cumplir con los objetivos 1.1 (a) y (b), es el propósito de estas normas que las obras resistan las sollicitaciones permanentes y/o frecuentes de manera que no sufran deterioro a causa de ellas.

Las edificaciones y obras que se construyan o readecúen siguiendo estas normas podrán sufrir daño en mayor o menor grado según el nivel de protección requerido; sin embargo, deberán tener una probabilidad nominalmente nula de colapsar parcial o totalmente como consecuencia de sobrellevar los tipos de sollicitaciones considerados aquí.

1.3 Clasificación de obra

Para los propósitos de estas normas, toda obra nueva o existente se clasifica en una de cinco categorías atendiendo el impacto socioeconómico que implique la falla o cesación de funciones de la obra. El propietario podrá requerir al diseñador que clasifique su obra en una categoría más alta que la especificada en estas normas.

Para efectos de clasificación se considerarán las obras y edificaciones como sistemas o complejos funcionales independientemente del número de unidades estructurales que constituyan la obra. Se clasificará la obra atendiendo a su conjunto. Sin embargo, los componentes del conjunto podrán subclasificarse en categorías diferentes de acuerdo a con sección 1.3.6.

1.3.1 Obras críticas

Obras críticas para el país son aquéllas que son indispensables para el desenvolvimiento socioeconómico de grandes sectores de la población. También son aquellas que de fallar o colapsar pondrían en peligro directa o indirectamente a gran número de personas. Son ejemplo de obras críticas los componentes principales de grandes centrales energéticas, presas de gran tamaño, grandes puentes, y otras obras similares.

Las obras críticas deben ser declaradas como tales por la Autoridad Competente. De lo contrario, las obras se clasificarán conforme a los numerales siguientes.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

1.3.2 *Obras esenciales*

Son aquellas que deben permanecer operantes durante y después de un desastre o evento adverso. Pertenecen a esta categoría las obras estatales o privadas especificadas a continuación:

- (a) Hospitales con instalaciones de emergencia, de cuidado intensivo y/o quirófanos. Instalaciones de defensa civil, de bomberos, de policía y de comunicaciones asociadas con la atención de desastres.
- (b) Plantas de energía e instalaciones conexas, instalaciones de captación y tratamiento de agua, instalaciones de importancia estratégica, centrales de telecomunicación, líneas troncales de transmisión eléctrica, líneas de abastecimiento de agua a ciudades y villas, puentes sobre carreteras de primer orden, aquellas obras que las autoridades estatales o municipales específicamente declaren como tales.
- (c) Las autoridades que tengan bajo su jurisdicción obras del párrafo 1.3.2 (b) pueden declararlas como obras del inciso 1.3.3, previo dictamen de que otras obras similares clasificadas como obras esenciales abastecen al mismo sector de población. Las obras del párrafo 1.3.2 (a) no pueden reducirse de categoría.

1.3.3 *Obras importantes*

Son aquéllas que albergan o pueden afectar a gran número de personas; aquéllas donde los ocupantes estén restringidos a desplazarse, aquéllas donde se prestan servicios importantes (pero no esenciales después de un desastre) a gran número de personas o entidades, obras que albergan valores culturales reconocidos o equipo de alto costo. Pertenecen a esta categoría, entre otras, las obras que se enumeran a continuación:

- (a) Las obras y edificaciones del estado que no son esenciales;
- (b) Todos los edificios educativos y guarderías públicos y privados; todos los hospitales; sanatorios; centros y puestos de salud públicos y privados que no clasifiquen como esenciales; garajes de vehículos de emergencia no incluidos en 1.3.2; prisiones; museos y similares.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

- (c) Todos los edificios de 5 pisos o más; todos los edificios de más de 3,000 metros cuadrados de área interior (excluyendo estacionamientos).
- (d) Teatros, cines, templos, auditorios, mercados, restaurantes y similares que alojen más de 300 personas simultáneamente.
- (e) Obras de infraestructura que no sean esenciales incluyendo subestaciones eléctricas; líneas de alto voltaje; circuitos principales de agua; drenajes colectores; puentes de carretera; centrales de telecomunicaciones.
- (f) Obras en las que hay fabricación y/o almacenamiento de materiales tóxicos, explosivos o inflamables.
- (g) Todas las obras que hayan bajado a esta clasificación amparadas por el párrafo 1.3.2 (c).

Ni los propietarios privados ni las instituciones estatales pueden declarar que una "obra importante" se reduzca a una categoría inferior.

1.3.4 *Obras ordinarias*

Son aquellas obras que no responden a las definiciones de los incisos 1.3.1 al 1.3.3, ni al 1.3.5.

Son ejemplos de obras ordinarias la construcción menor considerada en la Norma NR- 4. También vivienda, comercios, edificios industriales y agrícolas que por su volumen, tamaño, importancia o características no tengan que asignarse a otra clasificación.

1.3.5 *Obras utilitarias*

Aquellas obras que albergan personas de manera incidental, y que no tienen instalaciones de estar, de trabajo o habitables; obras auxiliares de infraestructura. Pertenecen a esta categoría obras como las enumeradas a continuación:

- (a) Instalaciones agrícolas o industriales -de ocupación incidental- y bodegas excepto por el párrafo 1.3.3 (f).

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

- (b) Obras auxiliares de redes de infraestructura de ocupación incidental que de fallar no interrumpen el funcionamiento del sistema.

En caso de duda la obra se clasificará como ordinaria (inciso 1.3.4).

1.3.6 Clasificaciones múltiples

Normalmente las unidades estructurales que componen un complejo o sistema se clasificarán de acuerdo con la clasificación del sistema. Sin embargo, atendiendo a su función específica dentro del conjunto, la clasificación del componente podrá reducirse. Véase el párrafo 1.4.1 (d).

Las unidades estructurales destinadas a funciones múltiples se clasificarán en la categoría más alta requerida por su función más crítica.

1.4 Nivel de protección y aplicación de las normas

Las obras nuevas y existentes en la república de Guatemala deben cumplir con las directrices de esta sección.

1.4.1 Nivel de protección

El nivel de protección es una medida del grado de protección suministrado al público y a los usuarios de las obras nuevas o existentes contra los riesgos derivados de las solicitaciones de carga y de amenazas naturales. El nivel de protección requerido se especifica en la Norma NR-2, y depende del grado de amenaza natural en el sitio y de la clasificación de la obra.

- (a) Para los propósitos de estas normas se establecen cinco niveles de protección: A, B, C, D y E. El nivel E es el que da la más alta protección. Cualquier requisito, método de análisis o sistema constructivo adecuado para un nivel superior de protección puede utilizarse en un nivel más bajo. Para cada amenaza cubierta en la Norma NR-2 se establecerá el nivel de protección respectivo.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

- (b) En obras que constituyen sistemas o complejos cuyos componentes son subsistemas, edificaciones o bien otras obras individuales, la obra física de cada componente tendrá, en general, el nivel de protección requerido para el sistema. Sin embargo, con base en un análisis del sistema debidamente argumentado, el nivel de protección de componentes que resulten no ser cruciales podrá reducirse. Por otra parte, deberá evaluarse qué componentes necesitan un nivel de protección más alto que el requerido para el sistema como un todo.
- (c) Los accesos deberán tener un nivel de protección congruente con el de las edificaciones o componentes servidos.
- (d) Las obras deben proyectarse estructuralmente de manera que no afecten a predios vecinos o próximos. Esto incluye, pero no se limita a adecuada separación del lindero, protección contra posibles escombros, tanto de la estructura como del terreno.

1.4.2 Demandas estructurales y peligrosidad del sitio

Las demandas estructurales para obras nuevas y existentes y las condiciones de peligrosidad en los sitios se establecerán de acuerdo con los requisitos descritos en la Norma NR-2.

1.4.3 Directrices para obra nueva

Una vez establecido el nivel de protección necesario y las demandas estructurales correspondientes, la obra nueva será diseñada y construida de acuerdo con los requisitos aplicables de la Norma NR-3, excepto cuando se puedan aplicar las disposiciones especiales de la Norma NR-4. Las obras de infraestructura y otras obras especiales serán diseñadas y construidas conforme a las disposiciones especiales de la Norma NR-5. Concurrentemente, según el sistema constructivo, se aplicará los requisitos de la Norma NR -7.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

1.4.4 *Directrices para obra existente*

La obra existente se define en la sección de notación y definiciones que antecede al capítulo 1 de esta Norma. En este inciso se consideran varios casos de aplicación a obras existentes:

- (a) Análisis de vulnerabilidad y, de ser necesario, posterior readecuación. El cumplimiento de este aspecto es voluntario, excepto cuando exista requerimiento específico de autoridad competente.
- (b) Cambio de uso de la obra y/o remodelación significativa.
- (c) Inspección y, de ser necesario, reparación y/o readecuación de obra existente dañada por alguno de los agentes considerados en estas normas.
- (d) Disposiciones especiales para obras de valor histórico.
- (e) Situaciones de colindancia entre obras existentes vecinas al entrar en vigor estas normas.

Los casos anteriores y otros estarán normados en la Norma NR-6.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

CAPITULO 2

ADMINISTRACION

2.1 Uso de las normas

Las normas de diseño y construcción denominadas NR-1 a NR-9 son recomendadas por AGIES. Los organismos del estado y las municipalidades podrán validarlas y requerirlas si lo estiman apropiado. Los entes privados podrán utilizarlas sin previa consulta para sus contrataciones. La designación será Norma Recomendada AGIES NR"___", seguida del número asignado a la norma por AGIES.

2.2 Actualización de las normas

La revisión, actualización y completación de estas normas será periódicamente efectuada por AGIES. Se solicita a los organismos estatales y municipales que las sancionarán, que incorporen suficiente flexibilidad en los acuerdos para permitir la revisión de las normas.

2.3 Diseño y construcción

2.3.1 *Del diseñador estructural*

Se recomienda que los entes que hagan uso de estas normas mantengan un archivo de certificados suscritos por los diseñadores estructurales, donde se indique, en una breve memoria de diseño, las cargas y el Nivel de Protección con que se diseño estructuralmente la edificación conforme a las normas NR-2 y NR-3, además de un juego de planos estructurales del proyecto.

Un archivo similar se mantendría para los casos donde apliquen las normas NR-4, NR-5 ó NR-6.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-1: 2000**

2.3.2 *Del constructor*

Se recomienda que los entes que hagan uso de estas normas mantengan un archivo de certificados suscritos por los constructores relativo al cumplimiento de estas normas en lo que a construcción compete y un juego de planos de "obra terminada", tal como se construyó.

Un archivo similar se llevaría para los casos donde apliquen las normas NR-4, NR-5 ó NR-6.

2.4 *Cooperación técnica*

2.4.1 *Instrumentación Sísmica*

Se recomienda que se provea instrumentación sísmica en todas las edificaciones de 10 o más pisos y en todos los complejos de edificación de más de 10000 metros cuadrados de área construida que requieran un Nivel de Protección C2 o superior (Norma NR-2). En tal caso, el propietario adquirirá un acelerógrafo de tres componentes (aparato sismográfico para medir los movimientos fuertes del suelo durante un sismo intenso) y proveerá la plataforma de montaje y la protección de la misma, en el sitio de la obra que el proyectista y el operador acuerden mutuamente. De común acuerdo con el operador del equipo, éste podrá sustituirse por otro equipo de investigación sismorresistente de costo equivalente.

2.4.2 *Operador de los instrumentos*

El Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) o una universidad del país, a elección del propietario, operarían el equipo. Los costos de operación correrían por cuenta del operador. Los registros originales quedarían bajo la custodia del operador y serán de consulta pública.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2:2000**

INDICE

Contenido	Página
Capítulo 1	
Criterio y Directrices	
1.1 Alcances	1
1.2 Directrices generales	1
Capítulo 2	
Estados limite	
2.1 Alcances y criterios.....	3
2.2 Estado limite de servicio.....	3
2.3 Estado limite de cedencia	4
Capítulo 3	
Aspectos sísmicos	
3.1 Alcances	7
3.2 Sismicidad y nivel de protección	7
3.2.1 Índice de sismicidad	7
3.2.2 Nivel de protección sísmica	8
3.2.3 Sismos para diseño estructural	8
3.3 Sismo básico	8
3.3.1 Definición	9
3.3.2 Espectro de diseño para el sismo básico	9
3.3.3 Perfiles del suelo	10
3.3.3.1 Perfil de suelo S1	10
3.3.3.2 Perfil de suelo S2	10
3.3.3.3 Perfil de suelo S3	10
3.4 Sismo de servicio	11
3.4.1 Definición	11
3.4.2 Espectro para el sismo de servicio (sismo frecuente)	11
3.5 Sismo extremo	15
3.5.1 Definición	15

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2:2000**

INDICE

Contenido	Página
Capítulo 4	
Aspectos Volcánicos	
(Pendiente de desarrollar)	
Capítulo 5	
Viento y otros efectos meteorológicos	
(Pendiente de desarrollar)	
Capítulo 6	
Condición del Terreno	
6.1 Criterio básico	17
6.1.2 Redes de infraestructura	17
6.1.3 Identificación de zonas de amenaza	17
6.2 Lineamientos para microzonificación municipal	18
6.3 Criterios de microzonificación	18
6.3.1 Zonas de precaución con Índice de sismicidad $I_0 = 5$	18
6.3.2 Flancos de barrancos	18
6.3.3 Terrenos inclinados	19
6.3.4 Franjas de terreno fisuradas o falladas	19
6.3.5 Arenales y suelos granulares saturados	19
6.3.6 Litorales, riberas y playas	20
6.4 Estudios y dictámenes geotécnicos	20
6.4.1 Preparación de informes	20
6.4.2 Clasificación de dictámenes geotécnicos	21
Capítulo 7	
Condiciones Ambientales	
(Pendiente de desarrollar)	
Capítulo 8	
Cargas y Combinaciones de cargas	
8.1 Requisitos Generales	23
8.1.1 Alcances	23

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2:2000**

INDICE

Contenido	Página
8.1.2 Aplicación	23
8.1.2 Cargas muertas	23
8.2.1 Definición	23
8.2.2 Memoria de diseño	24
8.2.3 Peso de los materiales	24
8.2.4 Tabiques y particiones	24
8.2.5 Cerramientos y vidrieras	24
8.2.6 Equipos fijos	24
8.2.7 Equipos pesados	25
8.3 Cargas vivas	25
8.3.1 Definición	25
8.3.2 Cargas concentradas	25
8.3.3 Cargas vivas especificadas	26
8.3.4 Reducción de carga viva	30
8.4 Empuje de fluidos y de suelos	31
8.4.1 Empuje de fluidos	31
8.4.2 Empuje de suelos	31
8.4.3 Suelos saturados	31
8.4.4 Otros empujes	31
8.5 Combinaciones de carga	32
8.5.1 Método de diseño	32
8.5.2 Combinaciones de carga para diseño por el método de esfuerzos de servicio	32
8.5.3 Combinación de carga para sismo de servicio	33
8.5.4 Combinaciones de carga para diseño por el método de resistencia a la cedencia	33
8.5.5 Combinaciones de carga para diseño sismorresistente	34
8.5.6 Combinaciones de carga para cimentaciones	35
8.5.7 Combinaciones de carga para el diseño de estructuras de mampostería reforzada	37

INDICE

Contenido	Página
Capítulo 9	
Limitaciones de deformación	
9.1 Requisitos generales	39
9.1.1 Alcances	39
9.1.2 Aplicación	39
9.2 Deformaciones de servicio	39
9.2.1 Descripciones	39
9.2.2 Cálculo	40
9.2.3 Límites de deformación	40
9.3 Deformaciones laterales elásticas	41
9.3.1 Descripción	41
9.3.2 Cálculo	41
9.3.3 Límites de deformación lateral elástica	41
9.4 Deformaciones sísmicas debido al sismo básico	42
9.4.1 Descripciones y propósito del cálculo	42
9.4.2 Cálculo	42
9.4.3 Límites de deformación sísmica	42
9.4.5 Desplazamientos laterales post-elásticos	44
9.4.6 Deformaciones en cimentaciones	44
9.4.7 Compatibilidad con otros criterios	45
9.4.8 Construcción junto a linderos	45
9.4.9 Especificaciones complementarias para deformaciones	45

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

CAPITULO 1

CRITERIO Y DIRECTRICES

1.1 Alcances

La Norma Recomendada NR-2 define los estados límite que deben de cumplir las estructuras, las solicitaciones de carga mínimas de diseño, los criterios de aceptabilidad del terreno y los niveles mínimos de protección que se debe emplear en el diseño estructural de edificaciones. Las solicitaciones y otras condiciones que obligadamente forman parte del diseño estructural incluyen, pero no están limitados a: inestabilidad del terreno, cargas de gravedad, empujes de diversa naturaleza, sismos, actividad volcánica, viento y otros efectos meteorológicos y ambientales.

La norma NR-2 también incluye los lineamientos básicos para efectuar estudios geológicos y geotécnicos de los sitios de proyecto.

1.2 Directrices generales

Para las obras y edificaciones y para los terrenos donde éstas están localizadas o donde se proyecta localizarlas, el diseñador establecerá con base en los capítulos 2, 3, 4 y 5 lo siguiente:

- (a) Las cargas y fuerzas específicas para cada uno de los dos estados límite;
- (b) Los niveles de protección necesarios;
- (c) Las limitaciones, restricciones y recomendaciones que se deriven de cada tipo de peligro natural;
- (d) Los parámetros numéricos que se requieran para evaluar los terrenos, y para analizar y diseñar estructuralmente las edificaciones

Seguidamente el diseñador procederá a investigar y calificar el terreno del sitio de construcción conforme a las disposiciones del capítulo 6.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

Finalmente el diseñador establecerá las combinaciones de carga conforme al capítulo 8. También establecerá las limitaciones de deformación y deflexiones estructurales conforme al capítulo 9.

CAPITULO 2
ESTADOS LIMITE

2.1 Alcances y criterios

En estas normas se identifican explícitamente dos estados límite que las edificaciones deben satisfacer: el estado límite de servicio y el estado límite de cedencia.

El criterio que se especifica para el estado límite de servicio es evitar que la estructura sobrepase los límites de deformación y deflexión que afectan la apariencia y la funcionalidad de la misma.

El criterio que se especifica para el estado límite de cedencia es relativo a la resistencia y estabilidad de toda o de una parte de la estructura. Este límite se alcanza cuando una estructura o una parte de la misma ya no es capaz de soportar las cargas o fuerzas específicas que actúan sobre ella. Esta falla puede deberse a un suministro insuficiente de resistencia, ductilidad o estabilidad, o a una combinación de ellas.

2.2 Estado límite de servicio

Para este estado límite, las deformaciones de la estructura no deben causar daño, ni pérdida de funcionalidad a la estructura o a sus partes.

Si se supone en el análisis un comportamiento elástico lineal del material, se deben considerar los efectos resultantes de las deformaciones de la estructura por la imposición de las cargas.

Para aquellas estructuras cuya ocupación sea una actividad rítmica de grupo, por ejemplo danza, conciertos, ejercicios de salto o gimnasia, y posean una frecuencia fundamental de vibración menor que 8 Hz, se deberá investigar los efectos de una posible resonancia mediante métodos de análisis dinámico, con la finalidad de garantizar la funcionalidad de la misma.

2.3 Estado límite de cedencia

Para este estado límite se debe garantizar que las deformaciones en cualquier elemento de la estructura calculadas de acuerdo con los principios establecidos de la elasticidad o plasticidad, no excedan a la capacidad de deformación del elemento. Para alcanzar este cometido se investigará la capacidad de curvatura o la capacidad de rotación en la articulación plástica en las regiones de fluencia debidas a flexión; o bien, la elongación plástica en las regiones de fluencia.

Los requisitos del párrafo anterior no se aplicarán cuando la resistencia de los elementos provenga de las propiedades de los materiales, y se calcule con base en alguno de los métodos siguientes:

- (a) Análisis elástico, o
- (b) Análisis elástico con redistribución de momentos flexionantes; el excedente de dicha redistribución debe satisfacer los límites especificados de las propiedades de los materiales, o
- (c) Análisis plástico.

Excepto cuando se haga un diseño por capacidad, la resistencia estructural se basará en la resistencia nominal calculada de acuerdo con las propiedades de los materiales empleados. Los parámetros necesarios para evaluar la resistencia nominal de estructuras de retención de tierra (muros de contención) deberán provenir de investigación "in situ" o de estudios de datos confiables.

Para la combinación de las cargas factoradas que no incluyan sismo, el diseño de la estructura y sus partes deberán prevenir la inestabilidad debida a momento de volteo, a deslizamiento o a levantamiento. Para tal fin, se debe cumplir con lo siguiente:

- (a) Investigar en la estructura que tipo de inestabilidad potencial puede ocurrir; luego suponer un mecanismo que represente dicha inestabilidad potencial;
- (b) Las fuerzas y cargas aplicadas a la estructura deberán cumplir con las combinaciones de carga especificadas en el capítulo 8 de esta norma;
- (c) Las cargas y fuerzas que actúan en la estructura se subdividirán en dos categorías: las que tiendan a causar inestabilidad y aquellas que tiendan a resistir la inestabilidad;

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

- (d) Determinar separadamente las acciones estabilizantes y desestabilizantes (momentos alrededor del centro de rotación en caso de volteo, fuerzas paralelas en el plano de deslizamiento, y fuerzas paralelas a la dirección del levantamiento;
- (e) Factorar las acciones que tiendan a causar inestabilidad de acuerdo con el capítulo 8 de esta norma;
- (f) Multiplicar por un factor de reducción de 0.9 las acciones que tiendan a resistir la inestabilidad;
- (g) La suma de las acciones que resisten la inestabilidad (ya reducidas por el factor de 0.9) no deberá ser menor que la suma de las acciones que tienden a causar la inestabilidad.

CAPITULO 3

ASPECTOS SISMICOS

3.1 Alcances

Los requisitos de este capítulo establecen el nivel de protección sísmica que se requiere según las condiciones sísmicas de cada localidad y según la clasificación de cada obra. En este capítulo también se establecen los parámetros que posteriormente sirven para el análisis y diseño de las estructuras y para evaluar la aceptabilidad del sitio de proyecto desde el punto de vista sismorresistente.

3.2 Sísmicidad y nivel de protección

3.2.1 *Índice de sísmicidad*

El índice de sísmicidad (I_0) es una medida relativa de la severidad esperada del sismo en una localidad. Incide sobre el nivel de protección sísmica que se hace necesario para diseñar la obra o edificación.

Para efecto de estas normas, el territorio de Guatemala se divide en macrozonas caracterizadas por su índice de sísmicidad que varía de $I_0 = 2$ a $I_0 = 4$. La distribución geográfica del índice de sísmicidad se especifica en la figura 3.1 que es un mapa base de macrozonificación sísmica de la república.

Adicionalmente, estas normas requieren la aplicación de un índice de sísmicidad $I_0 = 5$ a nivel de microzona para tomar en cuenta condiciones localizadas. El índice $I_0 = 5$ indica que se debe tomar precauciones especiales en vista de efectos sísmicos potencialmente severos. Las zonas con índice de sísmicidad $I_0 = 5$ están definidas en las disposiciones del capítulo 6 de esta norma.

NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000

3.2.2 Nivel de protección sísmica

El nivel de protección sísmica, necesario para cumplir las directrices del inciso 1.4 de la norma NR-1, se establecerá de acuerdo con el cuadro 3.1 en función del índice de sismicidad I_0 y la clasificación de obra.

Puede acatarse cualquier requerimiento que corresponda a un nivel de protección más alto que el nivel mínimo especificado en el cuadro 3.1.

INDICE DE SISMICIDAD I_0	CLASIFICACION DE OBRA				
	Crítica	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
5	E	E	D	C2	C1
4	E	D	C2	C1	B
3	D	C2	C1	B	B
2	C2	C1	B	B	A

Nota: ver clasificación de obra en inciso 1.3, norma NR-1, e Índice de sismicidad en inciso 3.2.1, norma NR-2

Cuadro 3.1 - Nivel de protección sísmica

3.2.3 Sismos para diseño estructural

Para efecto de estas normas, es específica los sismos para diseño estructural por medio de espectros de respuesta sísmica simplificados, llamados "espectros de diseño". Los sismos de diseño se denominan aquí "básico", "frecuente" y "extremo".

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

3.3 Sismo básico

3.3.1 Definición

El "sismo básico" para el estado límite de cedencia se define como un sismo que tiene un 90 por ciento de probabilidad de no ser excedido en un período de 50 años.

3.3.2 Espectro de diseño para el sismo básico

El espectro de diseño para el estado límite de cedencia se construirá con la ecuación 3.1:

$$S_a(T) = A_0 D(T) \dots\dots\dots (Ec. 3.1)$$

Cuyos términos se definen a continuación:

$S_a(T)$: Representa la respuesta sísmica máxima de un oscilador elástico de un grado de libertad. Esta función está expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

A_0 : Es una medida de la aceleración máxima efectiva del terreno correspondiente al sismo básico de diseño. El valor de éste parámetro es específica en la figura 3.1, y en el cuadro 3.2. A menos que se indique explícitamente, el valor del parámetro A_0 para microzonas con índice de sismicidad $I_0 = 5$ no necesita ser mayor que el valor para $I_0 = 4$.

T : Es el periodo de vibración del oscilador y representa al periodo fundamental de vibración de la estructura o al periodo de alguno de sus modos de vibración, según el método requerido para el análisis.

$D(T)$: Representa la amplificación dinámica de la respuesta máxima del oscilador elástico de un grado de libertad. Es función del parámetro T , esta función depende del tipo de perfil del suelo en el sitio de construcción de acuerdo con el inciso 3.3.3. Las funciones $D(T)$ consideradas en estas normas se especifican en las figuras 3.2, 3.3 y 3.4; y en los cuadros 3.3 y 3.4.

3.3.3 *Perfiles del suelo*

Para establecer el espectro del sismo de diseño, en estas normas se definen tres perfiles de suelo.

3.3.3.1 *Perfil de suelo S1*

Este perfil satisface cualquiera de las siguientes condiciones:

- (a) Roca de cualquier clase; tal material puede caracterizarse por velocidades de onda de corte mayores que 800 metros por segundo;
- (b) Suelo rígido cuyo basamento rocoso está a menos de 50 metros de profundidad y constituido por cenizas volcánicas, arenas y gravas densas o arcillas firmes.

3.3.3.2 *Perfil de suelo S2*

Este perfil satisface cualquiera de las siguientes condiciones:

- (a) Suelo firme, cuyo basamento rocoso está a más de 50 metros de profundidad y cuyos depósitos son cenizas volcánicas, suelos granulares densos, limos densos o arcillas firmes;
- (b) En general, suelos firmes y estables cuyos perfiles no clasifican como S1 ni como S3.

3.3.3.3 *Perfil de suelo S3*

Este perfil satisface cualquiera de las condiciones siguientes:

- (a) Depósitos de más de 10 metros de espesor de cenizas, arenas o limos desde sueltos hasta de densidad media;
- (b) Depósitos entre 10 y 20 metros de espesor de arcillas blandas o semiblandas con o sin estratos arenosos intermedios;

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

- (c) En general, perfiles de suelo donde la velocidad de onda de corte del depósito es menor que 200 metros por segundo.
- (d) En caso de duda se tomará el resultado más crítico de suponer perfil S2 y S3.

3.4 Sismo de servicio

3.4.1 Definición

El sismo de servicio, llamado en estas normas sismo frecuente, se define como un sismo que tiene una alta probabilidad de ocurrencia durante la vida útil de la estructura.

3.4.2 Espectro para el sismo de servicio (sismo frecuente)

El espectro correspondiente al sismo de servicio -sismo frecuente- se estimará de acuerdo con la ecuación 3.2:

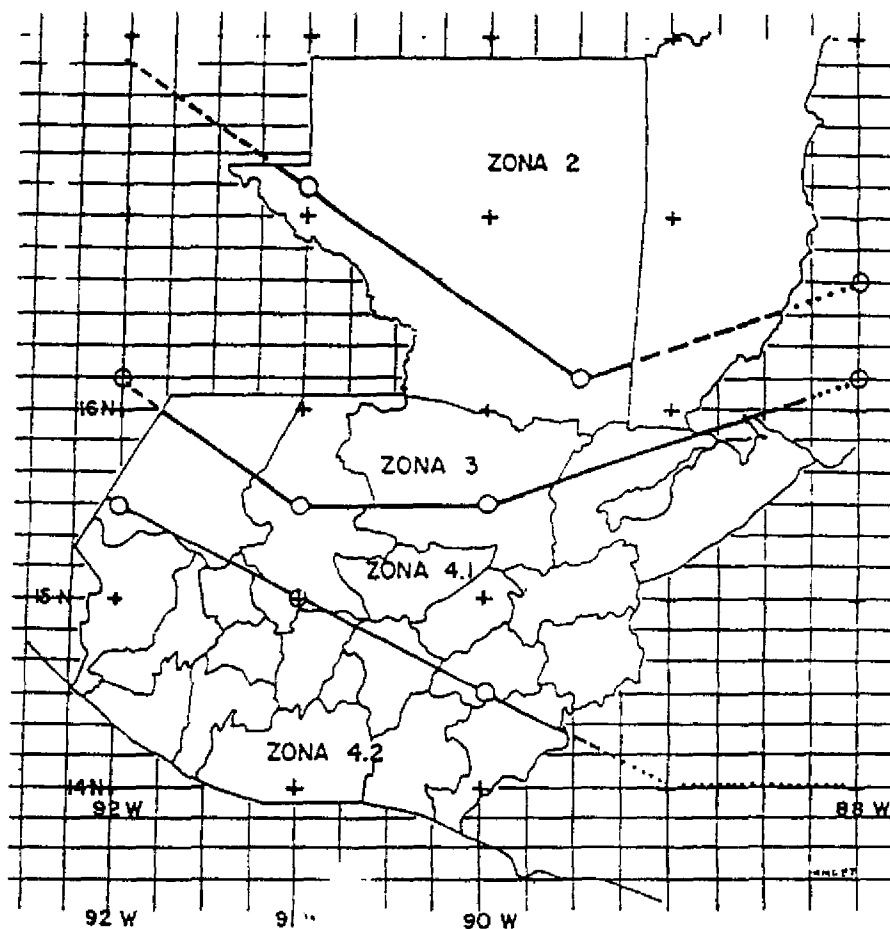
$$S_f(T) = A_f D(T) \dots\dots\dots(\text{Ec. 3.2})$$

Donde:

D(T): Es la misma función de amplificación dinámica definida en 3.3.2.

A_f: Es una medida de la aceleración máxima del suelo producida por el sismo frecuente o de servicio. El valor de éste parámetro se especifica en el cuadro 3.2.

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**



La retícula de este mapa coincide con el mapa 1:50,000 de la República de Guatemala

Figura 3.1 - Mapa de macrozonificación sísmica de Guatemala

ZONA	I_0	A_0	A_f	Observaciones
2	2	0.15 g	0.015 g	Cuando sea necesario interpolarse sobre líneas norte-sur
3	3	0.15 a 0.40 g	0.015 a 0.15 g	
4.1	4	0.40 g	0.15 a 0.20 g	
4.2	4	0.40 g	0.20 g	

Cuadro 3.2 - Aceleraciones máximas efectivas para el sismo básico y para el sismo frecuente

NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000

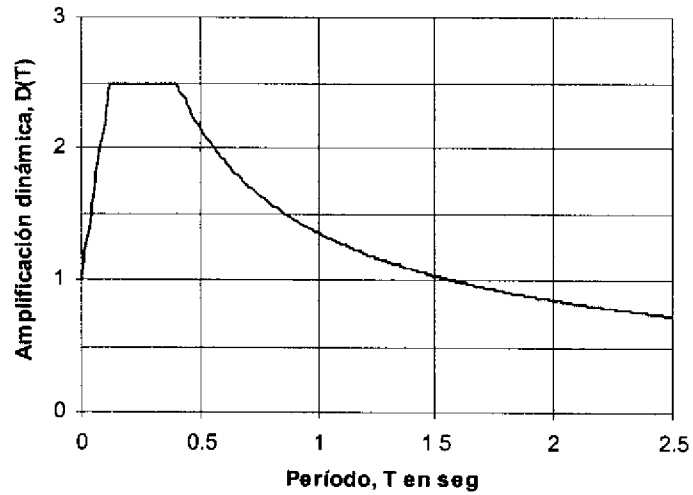


Figura 3.2 - Función de amplificación dinámica para perfil del suelo S1, con 5% de amortiguamiento crítico

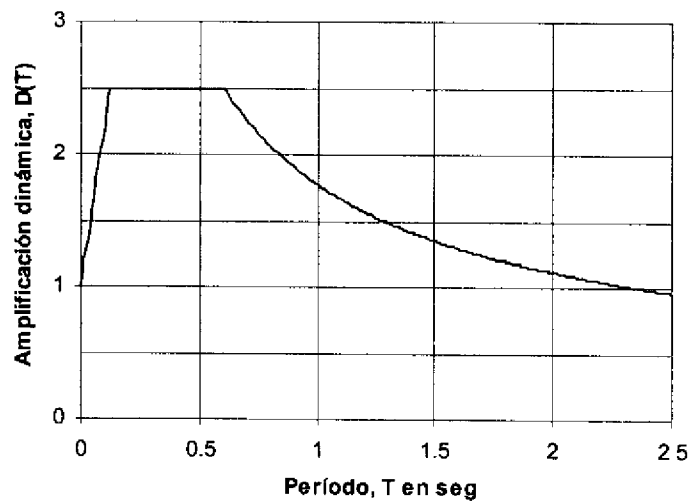


Figura 3.3 - Función de amplificación dinámica para perfil del suelo S2, con 5% de amortiguamiento crítico

**NORMAS ESTRUCTURALES DE DISEÑO RECOMENDADAS PARA LA
REPUBLICA DE GUATEMALA
AGIES NR-2: 2000**

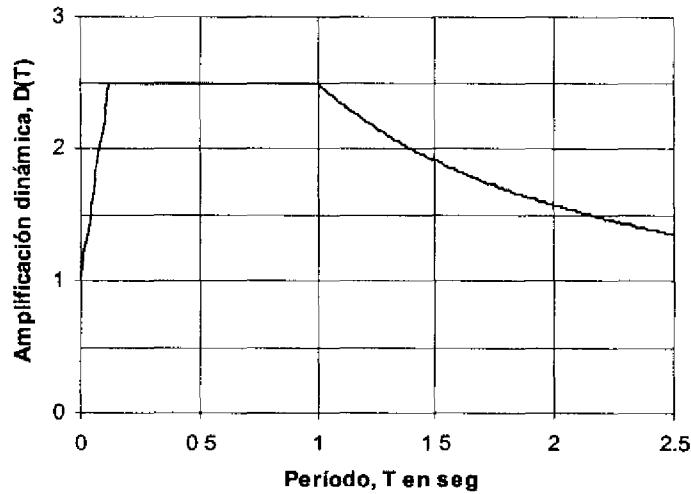


Figura 3.3 - Función de amplificación dinámica para perfil del suelo S3, con 5% de amortiguamiento crítico

Función de amplificación dinámica	
Cuando $T < T_A$	$D(T) = 1.0 + 1.5 T / T_A$
Cuando $0 < T < T_B$	$D(T) = 2.5$
Cuando $T \geq T_B$	$D(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.67}$

Cuadro 3.3 - Funciones de amplificación dinámica

	Perfil del suelo		
	S1	S2	S3
T_A	0.12	0.12	0.12
T_B	0.40	0.60	1.0

Cuadro 3.4 - Valor de los periodos T_A y T_B para distintos perfiles del suelo

3.5 Sismo extremo

3.5.1 *Definición*

Se define como "sismo extremo" al que tiene la máxima intensidad que puede ocurrir en el sitio. Para los casos en que se requiera un estimado de "sismo extremo" para fines de diseño estructural, se recurrirá a solicitar un dictamen específico de un experto en la materia. Como una guía general, el espectro de este sismo puede estimarse de acuerdo con la ecuación 3.3.

$$S_u(T) = 1.3 A_0 D(T) k_u(T) \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots (Ec. 3.3)$$

Donde:

A_0 y $D(T)$: se especifican en el inciso 3.3.2;

$k_u(T)$: factor de modificación que recalibra la función $D(T)$ para tomar en cuenta el amortiguamiento post-elástico que ocurriría durante las severas excursiones al intervalo post-elástico de la estructura producidas por el evento extremo.

Este sismo se podrá usar cuando estas normas lo requieran (por ejemplo para Nivel de Protección E), o cuando el diseñador estime conveniente hacer un análisis más completo. Así mismo, el diseñador podrá hacer uso de estudios más detallados sobre el patrón de sismicidad de una zona y con base en éstos, siempre que se justifique plenamente, modificar o substituir el criterio de esta sección. En todo caso el diseño no deberá dar por resultado una sismorresistencia menor que la que se obtendría de aplicar la sección 3.3.