

Reglamento INPRES-CIRSOC 103
Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda
Secretaría de Planificación Territorial y
Coordinación de Obra Pública



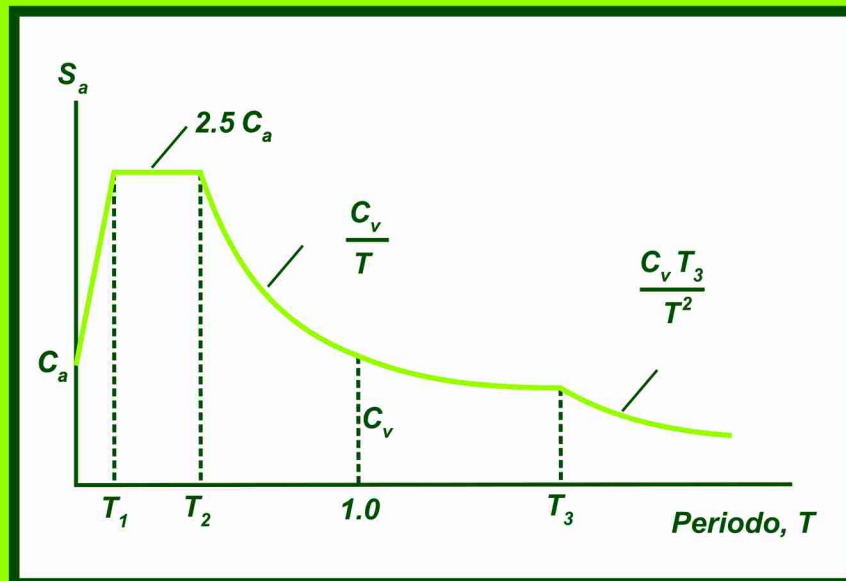
INTI

Instituto Nacional de
Tecnología Industrial



CIRSOC

Centro de Investigación de los
Reglamentos Nacionales de
Seguridad para las Obras Cíviles



***REGLAMENTO ARGENTINO
PARA CONSTRUCCIONES
SISMORRESISTENTES***

Parte I
***CONSTRUCCIONES EN
GENERAL***

Julio 2018

***REGLAMENTO ARGENTINO
PARA CONSTRUCCIONES
SISMORRESISTENTES***

***PARTE I
CONSTRUCCIONES
EN GENERAL***

EDICIÓN JULIO 2018

INPRES

Rogert Balet N° 47 Norte
(5400) San Juan
Tel.: (54 264) 4239016 – 4239010 – PBX
FAX: (54 264) 4234463
e-mail: giuliano@inpres.gov.ar

Internet: www.inpres.gov.ar

DIRECTOR NACIONAL:
ING. ALEJANDRO P. GIULIANO

SUBDIRECTOR NACIONAL:
ING. MARIO BUFALIZA

INTI CIRSOC

Av. Cabildo 65 – Subsuelo Ala Savio
(C1426AAA) Buenos Aires
Telefax: (54 11) 4779-5271 / 4779-5273
e-mail: cirsoc@inti.gov.ar
cirsoc@fm.gob.ar

Internet: www.inti.gov.ar/cirsoc

DIRECTOR TÉCNICO:
ING. MARTA S. PARMIGIANI

© 2018

Editado por INTI
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL
Av. Leandro N. Alem 1067 – 7° piso – Buenos Aires. Tel. 4515-5000/5001

Queda hecho el depósito que fija la ley 11.723. Todos los derechos reservados.
Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización escrita del editor. Impreso
en la Argentina.
Printed in Argentina.



ORGANISMOS PROMOTORES

Secretaría de Planificación Territorial y Coordinación de Obra Pública de la Nación
Secretaría de Vivienda de la Nación
Instituto Nacional de Tecnología Industrial
Instituto Nacional de Prevención Sísmica
Ministerio de Hacienda, Finanzas y Obras Públicas de la Provincia del Neuquén
Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
Dirección Nacional de Vialidad
Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires
Consejo Vial Federal
Cámara Argentina de la Construcción
Consejo Profesional de Ingeniería Civil
Asociación de Fabricantes de Cemento Pórtland
Instituto Argentino de Normalización y Certificación
Techint
Acindar

MIEMBROS ADHERENTES

Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón
Asociación Argentina de Hormigón Estructural
Asociación Argentina de Hormigón Elaborado
Asociación Argentina del Bloque de Hormigón
Asociación de Ingenieros Estructurales
Cámara Industrial de Cerámica Roja
Centro Argentino de Ingenieros
Instituto Argentino de Siderurgia
Transportadora Gas del Sur
Quasdam Ingeniería
Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica
Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires
Cámara Argentina del Aluminio y Metales Afines
Cámara Argentina de Empresas de Fundaciones de Ingeniería Civil

Esta Parte I, “Construcciones en General”, del Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes INPRES-CIRSOC 103, surge de un esfuerzo conjunto entre las siguientes instituciones y sus respectivos representantes:

Instituto Nacional de Prevención Sísmica

Ing. Alejandro Giuliano

Universidad Nacional de Cuyo – Facultad de Ingeniería

Dr. Ing. Francisco Javier Crisafulli

Ing. José Giunta

Ms. Sc. Ing. Carlos Ricardo Llopiz

Ing. Agustín Benito Reboredo

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Mendoza

Ing. Eduardo Balasch

Ing. Carlos Daniel Frau

Ing. Daniel García Gei

Dr. Ing. Noemí Graciela Maldonado

Ing. Luis Matons

Ing. Eduardo Daniel Quiroga

Consejo Profesional de Ingenieros y Geólogos de Mendoza

Ing. Raúl Héctor Delle Donne

Ing. Roberto R. Nesossi

Centro de Ingenieros de Mendoza

Ing. Juan Camps

Ing. Norberto González

Ing. Elías Japaz

Ing. Raúl Giménez Mathus

La comisión redactora estuvo compuesta por los siguientes profesionales:

Ing. Eduardo Balasch

Ing. Juan Camps

Dr. Ing. Francisco Javier Crisafulli

Ing. Carlos Daniel Frau

Ing. Daniel García Gei

Ing. Alejandro Giuliano

Ing. José Giunta

Ms. Sc. Ing. Carlos Ricardo Llopiz

Dr. Ing. Noemí Graciela Maldonado

Ing. Eduardo Daniel Quiroga

Ing. Agustín Benito Reboredo

Agradecimiento especial:

Se agradece la valiosa colaboración del Ing. Daniel Alejandro Yañez perteneciente a INTI/CIRSOC por la revisión y edición del presente documento.

PRÓLOGO

Esta Parte I “Construcciones en General” complementa a la Parte II “Construcciones de Hormigón Armado”, a la Parte III “Construcciones de Mampostería” y a la Parte IV “Construcciones de Acero” del Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes, INPRES-CIRSOC 103.

Si bien la zonificación sísmica del país se mantiene, se incluyen nuevos espectros de diseño que contemplan seis perfiles de sitio. Los espectros de diseño de pseudoaceleraciones incluyen no solo la zona controlada por la aceleración y por la velocidad, sino también la zona controlada por el desplazamiento. De esta manera es posible obtener espectros de desplazamientos congruentes para la utilización alternativa de un diseño por desplazamientos.

Se incluyen los métodos de análisis estructural tradicional. El tratamiento de los efectos torsionales pretende reflejar más cabalmente el comportamiento de la construcción en el campo inelástico. Las irregularidades en planta y en elevación se tratan con más detalle que en el Reglamento anterior, con el propósito de enfatizar la importancia de la configuración del edificio en la performance sísmica.

Finalmente, se trata el problema de las construcciones existentes.

Tenemos la convicción de que las mejoras introducidas en esta nueva Parte I del Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes, INPRES-CIRSOC 103, propenden a la seguridad de las construcciones, y se presentan de una forma clara, por lo cual se espera que sean bien recibidas por los profesionales encargados del diseño sísmico.

Inga. Marta S. PARMIGIANI

*Directora Técnica
INTI-CIRSOC*

Ing. Alejandro P. GIULIANO

*Director Nacional
INPRES*

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS, ALCANCES Y ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

1.1. OBJETIVOS	1
1.2. ALCANCES	1
1.3. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS	1
1.3.1. Consejo del Reglamento nacional y local	1
1.3.2. Definición de las funciones y responsabilidades profesionales	2
1.3.3. Responsables de la aplicación del Reglamento	2
1.3.3.1. Responsabilidad de los profesionales	2
1.3.3.2. Responsabilidad del propietario o usuario de la obra	2
1.3.3.3. Control de la aplicación del Reglamento	2
1.3.4. Documentación técnica de la obra	2
1.3.4.1. Contenido de la documentación técnica	2
1.3.4.2. Instancias de la documentación técnica	4
1.3.4.3. Forma de la documentación técnica	4
1.4. INSTRUMENTAL Y MEDICIONES	4
1.4.1. Exigencia de instrumental	4
1.4.1.1. Instrumental a instalar	5
1.4.1.2. Tipo y ubicación	5
1.4.1.3. Archivo de la información y mantenimiento del instrumental	5
1.4.1.4. Responsabilidad del propietario de la obra	5
1.4.2. Mediciones	5
1.5. GLOSARIO	6

CAPÍTULO 2. ACCIÓN SÍSMICA: ZONIFICACIÓN Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

2.0. SIMBOLOGÍA	13
2.1. INTRODUCCIÓN	13
2.2. ZONIFICACIÓN SÍSMICA	14
2.3. CLASIFICACIÓN DEL SITIO DE EMPLAZAMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN	14
2.3.1. Influencia del suelo	14
2.3.2. Suelos que requieren evaluación específica del sitio (S_F)	14
2.3.3. Clasificación de sitios con suelos estratificados	16
2.4. CLASIFICACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES SEGÚN SU DESTINO Y FUNCIONES	17

2.4.1. Grupo A _o	$\gamma_r=1,5$	17
2.4.2. Grupo A	$\gamma_r=1,3$	17
2.4.3. Grupo B	$\gamma_r=1,0$	18
2.4.4. Grupo C	$\gamma_r=0,8$	18
2.5. APLICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS SISMORRESISTENTES		18
2.5.1. Construcciones en Zonas 1, 2, 3 y 4		18
2.5.2. Construcciones en Zona 0		18
2.6. REGULARIDAD ESTRUCTURAL		19
2.6.1. Regularidad en planta		19
2.6.2. Regularidad en altura		20
2.6.3. Exigencias adicionales a las construcciones irregulares		20
2.7. MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA		21
2.7.1. Verificación simplificada		21
2.7.2. Método estático		21
2.7.3. Métodos dinámico		21
ANEXO A – Art. 2.2. ZONIFICACIÓN SÍSMICA		22
ANEXO B – Art. 2.3.2. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LICUACIÓN DE SUELOS		27
B.0. SIMBOLOGÍA		27
B.1. SUELOS CUYA LICUACIÓN ES IMPROBABLE		27
B.2. SUELOS CUYA LICUACIÓN ES PROBABLE		28
B.3. SUELOS FUERA DE LAS CONDICIONES ESTABLECIDAS EN B.1 Y B.2		28
CAPÍTULO 3. ESPECTROS, ACCIONES Y COMBINACIONES DE DISEÑO		
3.0. SIMBOLOGÍA		29
3.1. INTRODUCCIÓN		30
3.2. COMPONENTES HORIZONTALES DE LA ACCIÓN SÍSMICA		30
3.3. COMPONENTE VERTICAL DE LA ACCIÓN SÍSMICA		30
3.4. NIVEL DE REFERENCIA		30
3.4.1. Nivel de referencia en edificios comunes		30
3.4.2. Nivel de referencia en construcciones con subsuelos		30
3.5. ESPECTROS DE DISEÑO		31
3.5.1. Espectros de diseño para acciones horizontales para Estado Límite Último (ELU)		31
3.5.1.1. Influencia de la zona sísmica y del sitio		31
3.5.1.2. Influencia del amortiguamiento		31
3.5.2. Acciones sísmicas verticales para Estado Límite Último (ELU)		31

3.6. ACCIONES GRAVITATORIAS A CONSIDERAR PARA EVALUAR LA ACCIÓN SÍSMICA HORIZONTAL	32
3.6.1. Edificios comunes	34
3.6.2. Discretización de masas en las construcciones en general	34
3.7. COMBINACIÓN DE ACCIONES	34
3.7.1. Estados Límites Últimos	34
3.7.2. Movimientos diferenciales de apoyos	35
3.7.3. Verificación de otros estados de cargas	35
3.7.4. Simultaneidad de viento y sismo	35

CAPÍTULO 4. VERIFICACIÓN SIMPLIFICADA DE LA SEGURIDAD SÍSMICA

4.0. SIMBOLOGÍA	37
4.1. LÍMITES DE APLICACIÓN	37
4.1.1. Condiciones geométricas	37
4.1.2. Tipo de construcción y estructuras	38
4.2. VERIFICACIÓN SIMPLIFICADA	38
4.2.1. Coeficiente sísmico de diseño	38
4.2.2. Resultante de las fuerzas horizontales equivalentes o esfuerzo de corte en la base de la construcción	38
4.2.3. Verificación de la seguridad estructural	39
4.3. DEFORMACIONES	39

CAPÍTULO 5. FACTORES DE COMPORTAMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN

5.0. SIMBOLOGÍA	41
5.1. FACTOR DE REDUCCIÓN	41
5.1.1. Factor de reducción R para estructuras compuestas por elementos distintos	41
5.1.2. Construcciones cuyo destino requiere comportamiento elástico	42
5.2. FACTOR DE AMPLIFICACIÓN DE DEFORMACIONES	44
5.3. FACTOR DE SOBRRRESISTENCIA	45

CAPÍTULO 6. MÉTODO ESTÁTICO

6.0. SIMBOLOGÍA	47
6.1. ACCIONES SÍSMICAS	49
6.2. ACCIONES HORIZONTALES	49
6.2.1. Esfuerzo de corte en la base	49
6.2.2. Coeficiente sísmico de diseño	49

6.2.3. Período fundamental de vibración de la estructura	49
6.2.3.1. Período fundamental aproximado (procedimiento general)	50
6.2.3.2. Período fundamental aproximado (edificios regulares con muros o tabiques)	50
6.2.4. Distribución de acciones sísmicas	51
6.2.4.1. Distribución en altura	51
6.2.4.2. Torsión accidental	52
6.3. ACCIONES SÍSMICAS VERTICALES EN COMPONENTES	52
6.4. DEFORMACIONES	53
6.4.1. Determinación de la distorsión horizontal de piso	53
6.4.2. Control de deformaciones	53
6.5. PARTES DE LA CONSTRUCCIÓN Y COMPONENTES NO ESTRUCTURALES	54
6.6. INFLUENCIA DE ROTACIONES DE MASAS ALREDEDOR DE EJES HORIZONTALES	54
6.6.1. Casos de consideración obligatoria	54
6.6.2. Evaluación estática de la influencia rotacional	54
6.7. LIMITACIONES DE APLICACIÓN DEL MÉTODO ESTÁTICO	54

CAPÍTULO 7. MÉTODOS DINÁMICOS

7.0. SIMBOLOGÍA	55
7.1. GENERALIDADES	55
7.1.1. Aplicación de la excitación sísmica	55
7.1.2. Modelo vibratorio de análisis	56
7.1.3. Determinación de la respuesta	56
7.2. PROCEDIMIENTO MODAL ESPECTRAL	56
7.2.1. Determinación de los modos naturales de vibración	57
7.2.2. Determinación de la respuesta	57
7.2.3. Modos a considerar	57
7.2.4. Superposición modal	57
7.2.5. Solicitaciones mínimas	57
7.2.6. Torsión Accidental	57
7.2.7. Deformaciones	57
7.3. PROCEDIMIENTO DE RESPUESTA LINEAL EN EL TIEMPO	58
7.3.1. Acelerogramas a utilizar	58
7.3.2. Solicitaciones	58
7.3.3. Torsión Accidental	59
7.3.4. Deformaciones	59

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

8.0. SIMBOLOGÍA	61
8.1. MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL	62
8.1.1. Análisis elástico lineal	62
8.1.2. Otros métodos	62
8.2. MODELACIÓN ESTRUCTURAL	62
8.2.1. Deformabilidad de los diafragmas	62
8.2.1.1. Diafragma rígido	62
8.2.1.2. Diafragma totalmente flexible	63
8.2.2. Deformabilidad del suelo	63
8.3. PARTICULARIDADES ESTRUCTURALES	63
8.3.1. Influencia de las irregularidades estructurales	63
8.3.1.1. Irregularidades extremas en planta o en altura	63
8.3.1.2. Discontinuidad de componentes en elementos sismorresistentes verticales	64
8.3.1.3. Discontinuidad fuera del plano de elementos sismorresistentes	64
8.3.1.4. Piso débil	64
8.3.2. Sistemas o componentes estructurales no considerados parte de la estructura sismorresistente	65
8.3.3. Componentes o sistemas considerados no estructurales	65
8.3.4. Influencia de rellenos en pórticos	65
8.3.4.1. Pórticos con relleno sin interferencias	65
8.3.4.2. Pórticos con rellenos con interferencias	65
8.3.5. Entrepisos sin vigas	65
8.4. DEFORMACIONES	66
8.4.1. Control de la regularidad estructural	66
8.4.2. Control de la distorsión horizontal de piso en las construcciones edilicias	66
8.4.3. Comprobación de las condiciones de regularidad en altura	66
8.4.4. Efecto P- Delta (Efecto de 2° orden)	66
8.4.4.1. Consideración del efecto P-Delta	66
8.4.4.2. Evaluación de los efectos P-Delta	66
8.4.5. Efectos de martilleo, separaciones y juntas sísmicas	67
8.4.5.1. Separación entre construcciones nuevas y existentes	67
8.4.5.2. Separación de una construcción en bloques	67
8.4.5.3. Dimensionamiento de separaciones y juntas sísmicas	67

CAPITULO 9. PARTICULARIDADES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

9.0. SIMBOLOGÍA	69
9.1. DIAFRAGMAS	69
9.1.1. Solicitaciones en el diafragma debidas a la acción sísmica	69
9.1.2. Verificación de conexiones y colectores	69
9.2. FUNDACIONES	70
9.2.1. Capacidad del suelo de fundación	70
9.2.2. Fundaciones profundas	70
9.2.3. Fundaciones superficiales en suelos potencialmente licuables	71
9.2.4. Arriostramiento de fundaciones	71
9.2.4.1. Dimensionamiento de los arriostramientos	71
9.2.4.2. Prescendencia de los arriostramientos	72
9.2.4.3. Losas de fundación o de arriostramiento	72
9.3. SEPARACIONES Y JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN	72

CAPITULO 10. PARTES DE LA CONSTRUCCIÓN Y COMPONENTES NO ESTRUCTURALES

10.0. SIMBOLOGÍA	73
10.1. ALCANCE	73
10.2. EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA SOBRE PARTES DE LA CONSTRUCCIÓN	74
10.2.1. Factor de importancia	74
10.2.2. Factor de amplificación dinámica	74
10.2.3. Factor de modificación de respuesta	75
10.2.4. Factor de magnificación en altura	76
10.3. SOPORTES, VÍNCULOS Y FIJACIONES	76
10.4. DEFORMACIONES	77
10.5. ANÁLISIS POR MÉTODOS DINÁMICOS	77

CAPITULO 11. CONSTRUCCIONES EXISTENTES

11.0. SIMBOLOGÍA	79
11.1. ALCANCES	79
11.2. DEFINICIONES	79
11.3. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES	80
11.4. CLASIFICACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES	80

11.4.1. Importancia de la obra actual	80
11.4.2. Calidad sismorresistente de la obra primitiva	80
11.4.3. Capacidad sismorresistente de la obra primitiva	81
11.5. EXCEPCIONES PERMITIDAS	82
11.5.1. En cuanto a capacidad sismorresistente	82
11.5.2. Exigencias constructivas	82
11.5.2.1. Construcciones de hormigón armado	82
11.5.2.2. Construcciones de mampostería	82
11.5.2.3. Construcciones metálicas	82
11.6. EXIGENCIAS Y COMPROBACIONES	83
11.6.1 Construcciones clasificadas C1	83
11.6.1.1. Seguridad S1	83
11.6.1.2. Seguridad S2	83
11.6.1.3. Seguridad S3	83
11.6.1.4. Seguridad S4	83
11.6.2. Construcciones clasificadas C2	83
11.6.2.1. Seguridad S1 o S2	83
11.6.2.2. Seguridad S3	84
11.6.2.3. Seguridad S4	84
11.6.3. Construcciones clasificadas C3	84
11.6.3.1. Seguridad S1	84
11.6.3.2. Seguridad S2 o S3	84
11.6.3.3. Seguridad S4	84
11.6.4. Construcciones clasificadas C4	85
11.6.4.1. Seguridad S1	85
11.6.4.2. Seguridad S2	85
11.6.4.3. Seguridad S3	85
11.6.4.4. Seguridad S4	85
11.7. PARTES DE LA CONSTRUCCIÓN	85
REFERENCIAS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	Peligrosidad sísmica	14
Tabla 2.2.	Clasificación del sitio – Influencia del suelo	16
Tabla 2.3.	Condiciones de regularidad en planta	19
Tabla 2.4.	Condiciones de regularidad en altura	20
Tabla 2.5.	Condiciones para la aplicación del método estático	21
Tabla 2.6.	Factores para evaluar el riesgo de licuación	27
Tabla 3.1	Valores de a_s , C_a y C_v para las distintas zonas sísmicas y tipos espectrales	32
Tabla 3.2	Valor del período T_3	32
Tabla 3.3	Factor de simultaneidad para sobrecargas de uso y accidentales	33
Tabla 4.1.	Coeficiente sísmico normalizado C_n en función de la zona sísmica	38
Tabla 5.1.	Factores de comportamiento	42
Tabla 6.1.	Coeficiente para el límite superior del periodo de cálculo	50
Tabla 6.2.	Valores de C_r y x para la determinación del periodo fundamental aproximado	51
Tabla 6.3.	Excentricidad Accidental	52
Tabla 6.4.	Valores límite de la distorsión horizontal de piso θ_{sk}	53
Tabla 9.1.	Factor f_d para cálculo de desplazamientos relativos	72
Tabla 10.1.	Factor de riesgo y modificación de respuesta para componentes arquitectónicos	75
Tabla 10.2.	Factor de riesgo y modificación de respuesta para componentes mecánicos y eléctricos	76
Tabla 10.3.	Distorsión máxima permitida	77
Tabla 11.1.	Intensidad Mercalli modificada para calificar construcciones existentes	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Zonificación sísmica de la República Argentina	15
--------------------	--	----

CAPÍTULO 1. OBJETIVOS, ALCANCES Y ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

1.1. OBJETIVOS

Este Reglamento establece los requisitos básicos a cumplir en el diseño, cálculo, ejecución, reparación y refuerzo de las construcciones y de sus partes componentes con el objeto de considerar en ellas el efecto sísmico.

Las acciones sísmicas de diseño, procedimientos de análisis estructural, requisitos de resistencia, rigidez y estabilidad, disposiciones constructivas y previsiones generales se establecen con el propósito principal de evitar colapso total o parcial de la construcción y pérdidas de vida. No se establece como objetivo limitar los daños ni mantener las funciones de las construcciones luego de la ocurrencia de un terremoto.

1.2. ALCANCES

Este Reglamento se aplica a todas las construcciones nuevas que se ejecuten dentro del territorio de la República Argentina. Además se aplica a la rehabilitación de las construcciones existentes y a la reparación de construcciones que resultaran dañadas por la acción de los sismos.

El presente Reglamento servirá de lineamiento fundamental en los aspectos pertinentes para aquellas construcciones u obras de extraordinaria importancia que por su naturaleza requieran estudios especiales.

Estos requerimientos se complementan con las prescripciones contenidas en los Reglamentos **INPRES-CIRSOC 103 - PARTE II, PARTE III y PARTE IV**, correspondientes a construcciones de hormigón armado, mampostería y acero; y las correspondientes a los Reglamentos Argentinos **CIRSOC 201, 301, 401, 501, 601 y 701**; cuyos principios y requerimientos deberán aplicarse con carácter general, excepto aquellos que resulten específicamente modificados por las prescripciones contenidas en esta **PARTE I**.

1.3. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

1.3.1. Consejo del Reglamento nacional y local

Se crea a nivel nacional el Consejo Nacional del Reglamento **INPRES-CIRSOC 103**, el que será designado por el **INPRES** con un mínimo de **8 (ocho)** miembros.

A nivel local, cada jurisdicción establecerá la estructura más adecuada a su organización para coordinar acciones y requerimientos ante el Consejo del Reglamento Nacional.

1.3.2. Definición de las funciones y responsabilidades profesionales

Rigen las disposiciones del Código de Edificación de la jurisdicción de la obra.

En las obras excluidas de los alcances del Código de Edificación se aplicarán sus disposiciones por analogía o las definirá la Autoridad de Aplicación correspondiente.

1.3.3. Responsables de la aplicación del Reglamento

1.3.3.1. Responsabilidad de los profesionales

Los profesionales a cargo de las distintas áreas de especialización (como por ejemplo instalaciones, equipamiento, ornamentación, etc.) en una obra son responsables de la aplicación de las disposiciones de este Reglamento en sus respectivas áreas. En ausencia de responsable específico para un área determinada la responsabilidad recae en quien tiene a cargo la coordinación del proyecto o de la obra respectivamente.

1.3.3.2. Responsabilidad del propietario o usuario de la obra

Cuando no se requiera o no se produzca la intervención de profesionales en una obra el propietario o usuario es responsable por la aplicación de este Reglamento. El propietario es además responsable de la conservación de la aptitud sismorresistente de la obra, que acepta y avala formalmente en los documentos de proyecto. Esta responsabilidad debe entenderse ya sea en sentido activo (por la introducción de modificaciones en la obra o su equipamiento) como pasivo (mantenimiento de la aptitud sismorresistente de la obra durante su vida útil). La Autoridad de Aplicación notificará esta responsabilidad al propietario en el momento de la habilitación de la obra.

1.3.3.3. Control de la aplicación del Reglamento

La Autoridad de Aplicación es responsable del control de la aplicación de este Reglamento en todo lo que afecte a la seguridad. El Propietario puede designar otras instancias de control complementarias, con ámbitos de intervención más amplios (p.e. Auditorías Técnicas) cuya intervención no exime la responsabilidad de la Autoridad de Aplicación. En ejercicio de estas responsabilidades visarán y conservarán la documentación técnica de la obra e inspeccionarán la construcción, según corresponda.

1.3.4. Documentación técnica de la obra

1.3.4.1. Contenido de la documentación técnica

En relación con este Reglamento la documentación técnica comprenderá como mínimo los siguientes elementos:

a) Memoria de la estructura que incluye:

a1) Memoria descriptiva de las acciones sobre la construcción, de la tecnología y de los materiales a emplear, de los diversos sistemas resistentes incluida su relación con componentes o sistemas considerados no estructurales.

a2) Memoria descriptiva de los procedimientos de análisis, en la que se detallarán las hipótesis básicas del análisis estructural, los procedimientos de análisis empleados, la justificación de su validez y las referencias o antecedentes que los avalan. La Autoridad de Aplicación y las Auditorías Técnicas están obligadas a respetar los derechos de propiedad intelectual y no deberán requerir información relativa a los procedimientos cuya divulgación esté restringida por tal motivo, sino los principios generales y la justificación de la validez de los resultados.

a3) Memoria de cálculo, con el desarrollo del análisis, dimensionamiento y verificaciones en detalle suficiente para ser seguidos totalmente en su secuencia lógica. Es obligatorio incluir las normas empleadas, el análisis de acciones, solicitaciones y deformaciones, los materiales empleados para todos los componentes de la construcción, sus uniones o vínculos y la lista de planos.

b) Planos y planillas

En los planos y planillas se deberá incluir la información relativa a la materialización de la construcción y como mínimo los materiales a emplear, la ubicación y las dimensiones de todos los elementos de la construcción, sus uniones y vínculos.

b1) Planos. Comprenderán las plantas, cortes y esquemas necesarios con la ubicación y dimensiones de los componentes de la construcción, así como los detalles constructivos típicos y las especificaciones indispensables sobre los materiales y procedimientos constructivos a emplear. Las escalas serán las establecidas en las normas correspondientes.

b2) Planillas. Con la lista de componentes, sus secciones resistentes, los datos necesarios para su materialización y su correlación con la memoria de cálculo. La presentación de planillas es facultativa si la información necesaria está contenida en los planos.

c) Libros de comunicación

Las comunicaciones entre los distintos responsables durante la construcción se formalizarán en documentos que según la importancia y naturaleza de la obra podrán ser uno o varios. En ellos se incluirán las modificaciones al proyecto, las inspecciones, los protocolos de los ensayos y los controles de calidad.

1.3.4.2. Instancias de la documentación técnica

Para los fines del cumplimiento de este Reglamento será exigible:

- a) Documentación técnica de proyecto, cuyo fin es la gestión y formalización de la autorización de la obra. Un ejemplar completo con las constancias de la aprobación por parte de la Autoridad de Aplicación deberá encontrarse permanentemente en obra.
- b) Documentación técnica final de obra, cuyo fin es el registro formal del estado de la obra tal cual fue construida. Como mínimo un ejemplar completo (memorias, planos, planillas, libros de comunicación) visado por los responsables, debe quedar en poder de la Autoridad de Aplicación y otro en poder del Propietario.

1.3.4.3. Forma de la documentación técnica

La forma de presentación de la documentación técnica es libre, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- a) Claridad, orden y prolijidad para satisfacer su cometido.
- b) Cumplimiento de los formatos establecidos por la Autoridad de Aplicación. En subsidio se aplicarán las normas **IRAM** de dibujo técnico. La memoria y las planillas podrán integrarse en láminas con el formato de los planos o presentarse por separado en hojas de formato **A3** o **A4** identificadas individualmente y encuadradas.
- c) Todos los elementos de la documentación técnica deberán ser identificados con el nombre de la obra y la numeración que permita correlacionarlos y ordenarlos. Los planos llevarán la carátula exigida por la Autoridad de Aplicación, o, en subsidio un rótulo formato **IRAM** con expresa constancia de los profesionales actuantes, del propietario y del carácter de la documentación (Proyecto o Final de obra).
- d) La técnica de reproducción es libre, siempre que asegure claridad y perdurabilidad. Para la documentación “conforme a obra” podrán adoptarse técnicas no gráficas (fichas o microfichas fotográficas, archivo electrónico o magnético, etc.) a juicio del destinatario de la misma.

1.4. INSTRUMENTAL Y MEDICIONES

1.4.1. Exigencia de instrumental

En las **zonas sísmicas 3 y 4** deberán instalarse acelerógrafos para fuertes movimientos en los siguientes casos:

- a) Construcciones edilicias o industriales de más de **3000m²** de superficie cubierta o más de **25m** de altura,
- b) Obras de infraestructura que requieran la aplicación de este Reglamento.

Cuando se trate de construcciones tipo **A₀** deberá instalarse acelerógrafo para el registro de sismos intensos en todas las zonas sísmicas del país.

1.4.1.1. Instrumental a instalar

Se instalará instrumental por un valor mínimo equivalente al **0,2%** del valor de obra. Para las obras de infraestructura este porcentaje se aplicará a la parte de la obra comprendida por el presente Reglamento.

1.4.1.2. Tipo y ubicación

El tipo y la ubicación del instrumental lo determinará la Autoridad de Aplicación, con asesoramiento del Consejo Nacional del Reglamento.

1.4.1.3. Archivo de la información y mantenimiento del instrumental

El Instituto Nacional de Prevención Sísmica será el responsable del archivo de la información.

La información estará disponible libremente para cualquier interesado con los cargos que establezca el **INPRES** en cada caso.

El instrumental integrará la Red Nacional del **INPRES**, quien será responsable de su mantenimiento, salvo que se convenga lo contrario con la jurisdicción local.

1.4.1.4. Responsabilidad del propietario de la obra

La Autoridad de Aplicación notificará al Propietario de la obra su responsabilidad de proteger el instrumental instalado y mantener en buenas condiciones físicas su emplazamiento. La notificación se realizará en el momento de otorgar la habilitación de la obra.

1.4.2. Mediciones

Cuando la Autoridad de Aplicación realice determinaciones experimentales de los parámetros dinámicos en una construcción deberá dar participación amplia a los profesionales responsables y notificarles los resultados, que deberán ser archivados con la documentación conforme a obra.

Si la determinación se realiza en los siguientes casos:

- a) Construcciones analizadas por métodos dinámicos.
- b) Construcciones en las que se constatan daños estructurales.

El profesional responsable (del proyecto o reparación, respectivamente) deberá evaluar las diferencias entre los parámetros estimados en el proyecto y las determinaciones experimentales, analizar su significado para la seguridad de la construcción y producir un informe para consideración de la Autoridad de Aplicación.

1.5. GLOSARIO

A los fines de la aplicación de este Reglamento se define:

Autoridad de Aplicación:

Organismo público de ámbito Nacional, Provincial o Municipal responsable por la seguridad pública en relación con la obra.

Capacidad (Resistente):

Solicitud o combinación de solicitaciones que es capaz de soportar una sección, componente, elemento o sistema en condición última o de mecanismo plástico (colapso).

Coefficiente Sísmico:

Factor que permite calcular la fuerza estática equivalente de la acción sísmica.

Componente:

Parte individualizable de una construcción, ej.: viga, columna, tabique, diagonal, losa, etc.

Conjunto Rígido:

Conjunto de partes o componentes vinculados de tal modo que sus deformaciones relativas son despreciables para la evaluación de acciones sobre el mismo o las del conjunto sobre la construcción.

Construcción:

Resultado de un proceso constructivo habitualmente realizado para satisfacer necesidades de un comitente privado o público, generalmente asociado a obras civiles.

Diafragma:

Sistema estructural horizontal o casi horizontal relativamente delgado y rígido en su plano capaz de transmitir las fuerzas en su plano a otros elementos estructurales. Puede ser usado para soportar solicitaciones verticales.

Diseño:

En este Reglamento se ha usado la palabra “**Diseño**” como sinónimo de “**Proyecto**”. El diseño incluye el planteo estructural, el dimensionamiento y el detallado de las secciones, de los componentes estructurales, de los elementos estructurales y del sistema completo.

Diseñador:

Profesional idóneo y habilitado legalmente, encargado del diseño sismorresistente de estructuras.

Diseño por Capacidad:

Método de diseño para estructuras sometidas a la acción sísmica. En el diseño de estructuras por capacidad, los componentes y los elementos estructurales que resistirán las solicitaciones debidas a las acciones gravitatorias y las originadas por la acción sísmica son cuidadosamente seleccionados y apropiadamente diseñados y detallados para ser capaces de disipar energía por deformaciones inelásticas en zonas pre-establecidas. Todos los otros elementos no pensados para disipar energía deben poseer suficiente resistencia para asegurar su comportamiento elástico mientras las fuentes de disipación de energía desarrollan toda su capacidad. En consecuencia el diseño por capacidad establece la capacidad de los componentes elásticos a partir de la capacidad de los componentes que plastifican.

Ductilidad:

Capacidad de absorción de energía hasta la rotura de un componente, elemento o sistema. Habitualmente asociada a deformaciones importantes en rango plástico. Opuesta a fragilidad.

Ductilidad Global:

Habilidad que tiene un sistema para mantener su capacidad resistente sin sensibles degradaciones y disipar energía cuando está sometida a ciclos de desplazamientos inelásticos durante un terremoto.

Ductilidad Local:

Capacidad que tiene una sección o componente para deformarse inelásticamente y disipar energía, sin degradación significativa de la resistencia. En el caso de terremotos se vincula a la formación de ciclos de histéresis estables.

Edificios Comunes:

Son construcciones formadas por uno o varios niveles independientes de la fundación en los que hay diafragmas rígidos. Los niveles definen ámbitos habitables.

Equipamiento:

Conjunto de sistemas, muebles y equipos que, sin formar parte de la construcción como obra, están en ella y son necesarios para su funcionamiento.

Elemento:

Uno o más componentes asociados en un conjunto que sufre la misma deformación horizontal durante el terremoto, ej.: Pórticos, Muros, Tabiques acoplados, Triangulaciones, etc. Habitualmente se trata de conjuntos contenidos en un plano.

Estructuras con Ductilidad Completa:

Son aquéllas en las que se busca desarrollar al máximo su capacidad de disipación de energía. En consecuencia se diseñan y detallan siguiendo los principios del Diseño por Capacidad para resistir el mínimo nivel de acción sísmica permitido por este Reglamento.

Estructuras con Ductilidad Limitada:

Son aquéllas que se supone tienen una menor demanda de deformación inelástica, o una menor capacidad de deformación inelástica respecto a estructuras con ductilidad completa. Las estructuras con ductilidad limitada deberán diseñarse siguiendo los principios del Diseño por Capacidad, con acciones sísmicas estáticas de diseño mayores que las correspondientes a estructuras con ductilidad completa. Habitualmente implican detallados más simples que los de las estructuras con ductilidad completa.

Estructuras de Comportamiento Elástico:

Son aquéllas cuya respuesta frente a la acción sísmica se supone permanecerá esencialmente elástica. En estas estructuras, aunque diseñadas para que tengan una respuesta elástica, deberá identificarse el mecanismo plástico y en función de éste, podrán diseñarse y detallarse según el Reglamento **CIRSOC 201** o siguiendo los principios del Diseño por Capacidad establecidos en este Reglamento para estructuras con ductilidad completa o limitada según corresponda.

Estructura:

Conjunto espacial de elementos capaces de soportar las acciones impuestas sobre la construcción y transferirlas a los vínculos, asegurando equilibrio y estabilidad. Todo elemento o componente capaz de restringir las deformaciones de toda o parte de la construcción forma parte de la estructura.

Factores de Reducción de Resistencia (ϕ):

Son factores que tienen en cuenta:

- 1) La probabilidad de que la resistencia de un elemento sea menor que la especificada, debido a variaciones en la resistencia de los materiales y en las dimensiones.
- 2) Aproximaciones en las ecuaciones de diseño.
- 3) Tipo de mecanismo de resistencia y las consecuencias del modo de falla.
- 4) Grado de ductilidad y confiabilidad requerida del elemento cargado.
- 5) Importancia del elemento en la estructura.

Normalmente están asociados al comportamiento de los materiales y se encuentran en los Reglamentos correspondientes o en las **Partes II, III y IV** de este Reglamento.

Instalaciones:

En general se refiere a los sistemas hidráulicos, sanitarios, termomecánicos y eléctricos que permiten el funcionamiento de la construcción.

Mecanismo Plástico (Mecanismo de Colapso):

Configuración final de la estructura en la que un pequeño aumento de las acciones produce un aumento grande o incontrolado de las deformaciones globales o locales y en consecuencia el equilibrio deja de ser posible. Debe ser un mecanismo estructural estáticamente admisible y cinemáticamente posible que el diseñador debe elegir para aplicar los principios del Diseño por Capacidad.

Modo de Vibración:

Cada una de las configuraciones sencillas que la construcción adopta o puede adoptar al vibrar libremente.

Muro:

Sistema resistente vertical, generalmente plano, que soporta principalmente acciones (verticales u horizontales) en su plano. Habitualmente se refiere a construcciones de mampostería o de hormigón simple.

Obra:

Resultado total o parcial del proceso constructivo, el conjunto de elementos físicos que lo componen y las tareas necesarias para materializarlo. En sentido restringido: CONSTRUCCIÓN o EDIFICIO.

Panel:

Elemento en forma de placa (dos dimensiones predominan respecto de la tercera) general-

mente destinado a formar parte de un conjunto mayor. Parte de un muro definida por los encadenados.

Período Propio o Fundamental:

Período del modo de vibración de mayor período de una construcción.

Prefabricado (Premoldeado):

En general sistema o componente cuya construcción se realiza fuera de su emplazamiento definitivo y se monta como una unidad en su emplazamiento. En sentido restringido se refiere a elementos de hormigón armado o mampostería en esas condiciones.

Pórtico:

Elemento resistente formado por varios componentes cuya deformación predominante se debe a la flexión.

Pórticos Sismorresistentes:

Tipo estructural constituido por componentes vinculados entre sí, formando en su conjunto una estructura capaz de resistir no sólo las cargas gravitatorias sino también las fuerzas horizontales originadas por la acción sísmica. La deformación dominante, en especial para la acción sísmica, es la flexión.

Pórtico – Tabique:

Tipo estructural resistente a cargas gravitatorias y fuerzas horizontales provenientes de la acción sísmica, compuesto por la combinación de pórticos y tabiques, habitualmente contenidos en un plano.

Redundancia Estructural:

Existencia de sistemas alternativos o múltiples de resistencia, que posibilitan la supervivencia de la estructura cuando falla algunos de los sistemas.

Resistencia Requerida o Última (R_u):

Demanda de resistencia que surge de la aplicación de las combinaciones de estados de sollicitaciones o de las demandas de resistencia originadas por el desarrollo de las rótulas plásticas, siguiendo los principios del diseño por capacidad.

Resistencia Nominal (R_n):

Resistencia teórica en una sección de un componente calculada utilizando las dimensiones reales provistas, y las resistencias especificadas de los materiales, con los procedimientos que se indican en los Reglamentos.

Resistencia de Diseño (R_d):

Resistencia confiable mínima a ser provista a las secciones estructurales. Se calcula como el producto de la resistencia nominal del elemento por el factor de reducción de resistencia.

$$R_d = \phi R_n \geq R_u$$

Rótula Plástica:

Zona de una pieza dúctil en la que, por haberse alcanzado la sollicitación límite, se producen rotaciones grandes ante aumentos pequeños de la sollicitación sin que se produzca el desmembramiento o destrucción física o la pérdida de capacidad resistente de la pieza.

Sistema Resistente:

Totalidad de los elementos vinculados de tal forma que puedan contribuir a soportar acciones sobre el conjunto de la construcción.

Sobrerresistencia:

Las zonas plásticas de una estructura desarrollan resistencias superiores a los valores nominales durante el proceso de plastificación. Los factores de sobrerresistencia tienen en cuenta principalmente las variaciones entre la tensión de fluencia especificada y la tensión de fluencia real, el endurecimiento por deformación del acero, el aumento de resistencia por el confinamiento del hormigón y fenómenos similares en otros materiales.

Tabique:

Muro o placa de hormigón armado, vertical o casi vertical, cuya misión principal es soportar acciones en su plano (horizontales y verticales).

Tabiques Sismorresistentes:

Tabique destinado a soportar acciones sísmicas. Los tabiques sismorresistentes adecuadamente diseñados pueden absorber en su plano las fuerzas horizontales generadas por la acción sísmica.

Tabiques Acoplados:

Cuando dos o más tabiques o columnas están conectados por vigas con suficiente rigidez y resistencia que restringen los giros relativos. La disipación de energía se realiza principalmente en las vigas de acoplamiento.

Triangulación:

Elemento resistente en el que los esfuerzos predominantes son axiales y a ellos se debe principalmente la deformación del conjunto.

Zona Rótula Plástica:

Zonas previamente seleccionadas de los componentes estructurales, adecuadamente diseñadas y detalladas para que puedan desarrollar deformaciones inelásticas y disipar energía sin degradación importante de resistencia. Las deformaciones dominantes son de flexión.

Zona Plástica:

Zonas seleccionadas en los componentes estructurales, adecuadamente diseñadas y detalladas para que puedan desarrollar deformaciones inelásticas y disipar energía sin degradación importante de resistencia. Las deformaciones dominantes son axiles o de corte, a diferencia de las rótulas.

Zona de suelo Activa:

Es la masa de suelo afectada significativamente por las acciones que le impone la construcción.

CAPÍTULO 2. ACCIÓN SÍSMICA: ZONIFICACIÓN Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

2.0. SIMBOLOGÍA

- N_i número de golpes del ensayo de penetración normalizado para el estrato i .
- N_m número medio de golpes del ensayo de penetración normalizado.
- S_{ui} resistencia al corte no drenada para el estrato i , en kPa.
- S_{um} resistencia media al corte no drenada, en kPa.
- T período fundamental de vibración de la construcción, en segundos.
- T_2 período correspondiente al fin del tramo de aceleración constante del espectro de diseño, en segundos.
- V_{si} velocidad de la onda de corte para el estrato i , en m/s.
- V_{sm} velocidad media de la onda de corte, en m/s.
- t_i espesor del estrato de suelo i , en m.
- Δ_{bk} diferencia entre desplazamientos horizontales correspondiente a cabeza y pie del nivel k , medidos en un borde de la construcción en la dirección analizada.
- Δ_{mk} promedio de la diferencia entre desplazamientos horizontales correspondiente a cabeza y pie del nivel k , medidos en bordes opuestos de la construcción en la dirección analizada.
- Δ_{mk+1} promedio de la diferencia entre desplazamientos horizontales correspondiente a cabeza y pie del nivel $k+1$, medidos en bordes opuestos de la construcción en la dirección analizada.
- γ_r factor de riesgo.

2.1. INTRODUCCIÓN

La acción sísmica se evaluará considerando la base de la construcción sometida a un movimiento representativo del terremoto de diseño.

El terremoto de diseño se define en función de la peligrosidad sísmica, de las condiciones del sitio y de la importancia de la construcción.

Se admiten para el análisis los métodos detallados en 2.7. El empleo de otros métodos requerirá la aprobación especial de la Autoridad de Aplicación.

2.2. ZONIFICACIÓN SÍSMICA

El territorio nacional se divide en cinco zonas sísmicas de acuerdo con la peligrosidad sísmica existente en cada región. La Tabla 2.1 indica el nivel de peligrosidad asignado a cada zona y el mapa de la Figura 2.1 indica la zonificación.

En el **Anexo A** se detalla la zonificación asignada a cada circunscripción del territorio argentino. En la página web **www.inpres.gov.ar** ingresando con las coordenadas geográficas del sitio (latitud y longitud) se encuentra la zona sísmica correspondiente.

Tabla 2.1. Peligrosidad sísmica

Zona sísmica	Peligrosidad
0	Muy reducida
1	Reducida
2	Moderada
3	Elevada
4	Muy elevada

2.3. CLASIFICACIÓN DEL SITIO DE EMPLAZAMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN

2.3.1. Influencia del suelo

Para la determinación de las acciones sísmicas de diseño, el sitio del emplazamiento se clasifica en seis categorías según las características de los suelos comprendidos en una profundidad de **30m** desde la superficie de terreno natural.

La clasificación se basa en la velocidad media de la onda de corte V_{sm} . A los efectos de la clasificación del sitio es suficiente la evidencia geológica, la información existente de estudios preliminares o de los realizados con motivo de la construcción en estudio. Es aceptable utilizar la correlación entre la velocidad de la onda de corte y el ensayo de penetración normalizado (**SPT**) o la resistencia al corte no drenada. La Tabla 2.2 presenta la clasificación de los sitios.

2.3.2. Suelos que requieren evaluación específica del sitio (S_F)

- a) Suelos vulnerables o propensos a falla, pérdida de la capacidad portante o colapso bajo acciones sísmicas.
- b) Suelos potencialmente licuables de acuerdo a lo establecido en el **ANEXO B**.
- c) Arcillas altamente sensitivas, suelos colapsables débilmente cementados.
- d) Turbas o arcillas altamente orgánicas de **más de 3m** de espesor.

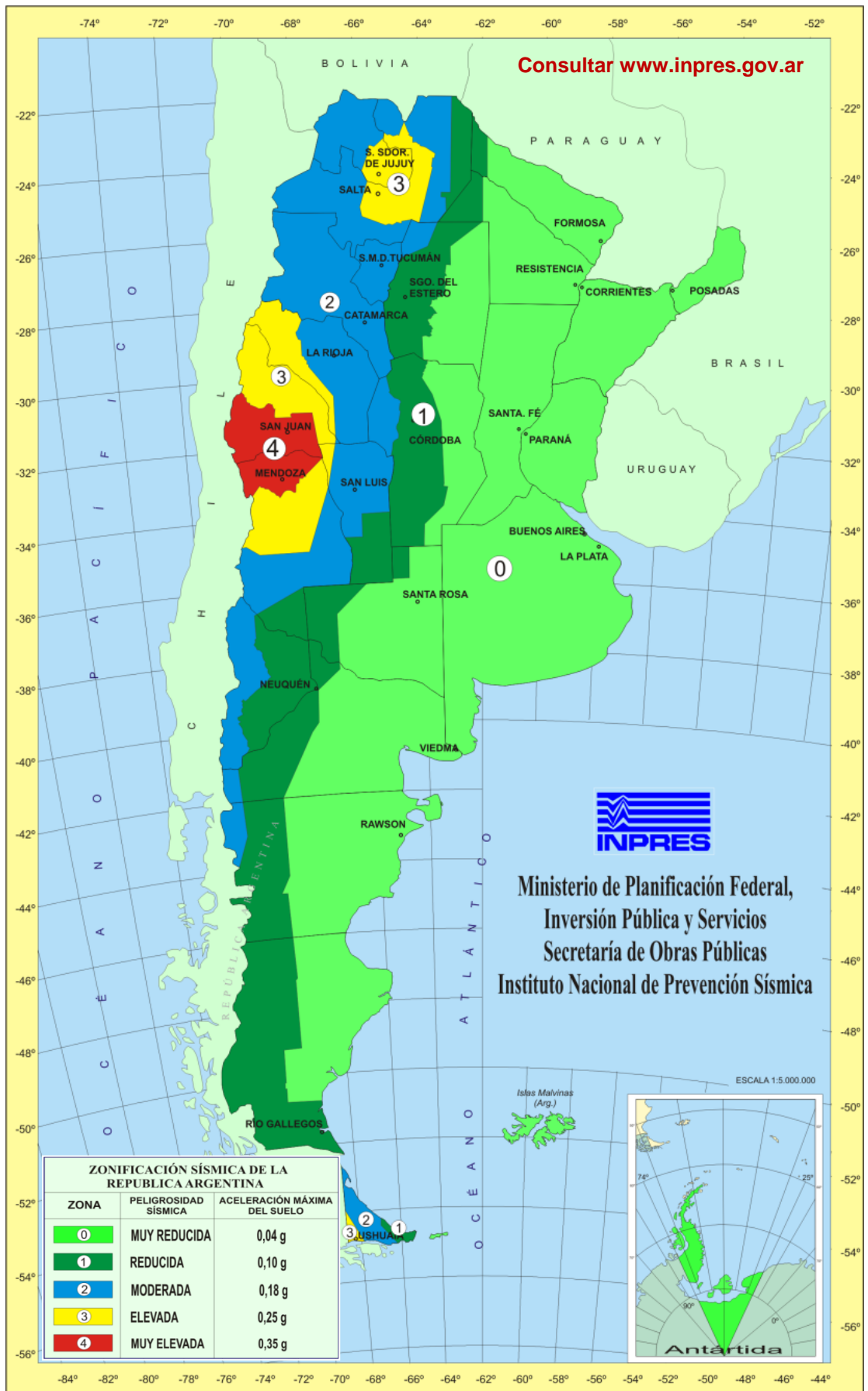


Figura 2.1. Zonificación sísmica de la República Argentina.

- e) Arcillas de muy alta plasticidad con espesores mayores a **8m** e Índice Plástico **mayor a 75**
- f) Arcillas de media o baja rigidez de espesores **mayores a 15m**.
- g) Suelos expuestos a inestabilidad de taludes, laderas o terraplenes.

Tabla 2.2. Clasificación del sitio – Influencia del suelo

Tipo espectral	Sitio	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUELOS	PROPIEDADES DE SUELO PROMEDIO		
			Velocidad media de la onda de corte, V_{sm} (m/s)	Nº de golpes medio del ensayo de penetración normalizado N_m	Resistencia media al corte no drenado S_{um} (kPa)
Tipo 1	SA	Formación de roca dura, con presencia superficial y escasa meteorización.	>1500	-	-
	SB	Formación de roca dura con pequeña capa de suelo denso y/o roca meteorizada <3m	760 a 1500	-	-
	SC	Formación de roca blanda o meteorizada que No cumple con SA y SB. Gravas y/o arenas muy densas. Suelo cohesivo pre-consolidado, muy duro. Gravas y/o arenas de densidad media.	360 a 760	>50	>100
Tipo 2	SD	Suelo cohesivo consistente, de baja plasticidad. Gravass y/o arenas de baja densidad.	180 a 360	15 a 50	50 a 100
Tipo 3	SE	Suelo cohesivo blando de baja plasticidad.	<180	<15	< 50
	SF	Suelos dinámicamente inestables. Requieren estudios especiales.			

2.3.3. Clasificación de sitios con suelos estratificados

En suelos estratificados para la clasificación del sitio se podrá utilizar la velocidad media de la onda de corte V_{sm} , el número de golpes del ensayo de penetración normalizado o la resistencia media al corte no drenada de acuerdo a las siguientes expresiones.

$$V_{sm} = \frac{30}{\left[\sum \left(\frac{t_i}{V_{si}} \right) \right]} \quad [2.1]$$

$$N_m = \frac{30}{\left[\sum \left(\frac{t_i}{N_i} \right) \right]} \quad [2.2]$$

$$S_{um} = \frac{30}{\left[\sum \left(\frac{t_i}{S_{ui}} \right) \right]} \quad [2.3]$$

2.4. CLASIFICACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES SEGÚN SU DESTINO Y FUNCIONES

A los fines del diseño sismorresistente, las construcciones se agrupan de acuerdo con sus funciones y con la trascendencia que puedan tener eventuales daños o colapsos de las mismas en caso de ocurrencia de sismos. Para ello se define un factor de riesgo para valorar las acciones sísmicas.

2.4.1. Grupo A₀ $\gamma_r = 1,5$

Construcciones, instalaciones y equipamientos que cumplen funciones esenciales o bien el colapso total o parcial podría producir efectos catastróficos sobre importantes sectores de la población. Son construcciones cuyas estructuras, instalaciones, equipamientos y accesibilidad deben mantenerse en funcionamiento luego de ocurrido un terremoto destructivo. Ejemplo de este grupo son: sectores y componentes radiactivos de instalaciones con potencias superiores a 20 MW; depósitos de gases o líquidos inflamables o tóxicos, áreas esenciales de aeropuertos, hospitales, centros policiales y de bomberos, centrales de comunicación y radioemisoras de alcance regional, centrales de energía de emergencia, construcciones para servicios sanitarios básicos (agua potable).

2.4.2. Grupo A $\gamma_r = 1,3$

Construcciones o instalaciones cuyo colapso tiene gran repercusión debido a la ocupación o el uso. Construcciones cuyo contenido es de gran valor o de gran importancia pública. Construcciones de uso público de más de $300m^2$ y que permitan la presencia de más de **100** personas. Ejemplos de este grupo son: edificios de servicios médicos, estaciones de radio y de televisión, centrales telefónicas, oficinas de correos, edificios gubernamentales de dependencias nacionales, provinciales o municipales, escuelas, colegios, universidades, cines, teatros, estadios, templos, terminales de transporte de pasajeros, grandes comercios y grandes industrias, museos, bibliotecas, centrales de energía, plantas de bombeo.

Construcciones de importancia pública no incluidas en el grupo **A_o**, obras de infraestructura en general que afecten a áreas pobladas por más de **10000** habitantes. Construcciones cuyo colapso pueda afectar a construcciones incluidas en el grupo **A_o**. Depósitos de combustibles hasta **100m³**.

2.4.3. Grupo B $\gamma_r = 1,0$

Construcciones destinadas a vivienda unifamiliar o multifamiliar; hoteles, comercios e industrias no incluidos en el grupo **A**. Construcciones cuya falla puede afectar a una del grupo **A**. Obras de infraestructura primaria no incluidas en el grupo **A**.

2.4.4. Grupo C $\gamma_r = 0,8$

Construcciones o instalaciones aisladas con ocupación inferior a **10** personas que no estén incluidas en los grupos anteriores y que no afecten a construcciones incluidas en los grupos anteriores: depósitos y casillas aislados, establos; silos y tanques apoyados en el suelo, siempre que no se encuentren comprendidos dentro de las categorías anteriores por su contenido o ubicación; etc.

2.5. APLICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS SISMORRESISTENTES

2.5.1. Construcciones en Zonas 1, 2, 3 y 4

Para construcciones emplazadas en **zonas sísmicas 1, 2, 3 y 4** se aplicarán íntegramente los requerimientos que establece el presente Reglamento.

2.5.2. Construcciones en Zona 0

a) Para las construcciones del grupo **A_o** será de aplicación todo lo establecido en el presente Reglamento.

b) Las construcciones de hasta **3 pisos** o **12m** de altura están eximidas de la aplicación del presente Reglamento.

c) Las construcciones de altura total superior a los **12m**, diseñadas para los efectos del viento están eximidas de la aplicación del presente Reglamento si se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:

c₁) Han sido verificadas bajo los efectos del viento en las dos direcciones principales

c₂) La resultante en cada dirección de las fuerzas del viento es igual o mayor que el **1,5%** del peso total de la construcción

c₃) El punto de aplicación de la fuerza resultante de la acción del viento se encuentra aproximadamente coincidente o por encima del centro de gravedad de la construcción.

Cuando no se cumplan los requisitos de c_1 , c_2 y c_3 se deberá verificar la estructura bajo la acción de fuerzas horizontales aplicadas en los centros de gravedad de intensidad igual al **1,5%** de los pesos respectivos y cumplir los requisitos sobre arriostramiento de fundaciones establecidos en el Capítulo 9.

2.6. REGULARIDAD ESTRUCTURAL

A los fines de seleccionar los procedimientos para la evaluación de la acción sísmica se debe valorar el grado de irregularidad de la estructura tanto en planta (Tabla 2.3.) como en altura (Tabla 2.4.). En la verificación de las condiciones de regularidad se considerarán efectos torsionales mediante una excentricidad adicional del **5%** de la longitud de la planta perpendicular a la dirección de estudio.

2.6.1. Regularidad en planta

La regularidad en planta se evaluará a través de la Tabla 2.3 que tiene en cuenta la regularidad torsional, la trayectoria de las acciones horizontales hasta las fundaciones y la perpendicularidad de los elementos resistentes.

Tabla 2.3. Condiciones de regularidad en planta

CONDICIONES		Ver Sección
1a	Son estructuras torsionalmente regulares o con irregularidad torsional baja cuando en todos los niveles o masas se cumple: $\Delta_{bk} / \Delta_{mk} \leq 1,2$	
1b	Son estructuras con irregularidad torsional media cuando en algún nivel o masa se cumple: $1,2 < \Delta_{bk} / \Delta_{mk} \leq 1,4$	
1c	Son estructuras con irregularidad torsional extrema cuando en algún nivel o masa se cumple: $\Delta_{bk} / \Delta_{mk} \geq 1,4$	2.6.3- a)
2a	Son estructuras regulares cuando los elementos resistentes para acción sísmica son continuos en altura y el esfuerzo se mantiene en un único plano vertical	
2b	Son estructuras irregulares todos los casos no incluidos en 2a	2.6.3- b)
3a	Son estructuras regulares los sistemas formados por elementos perpendiculares o con doble simetría	3.2
3b	Son estructuras irregulares todos los casos no incluidos en 3a	3.2.
4a	Son estructuras regulares de esquinas entrantes cuando la proyección de la planta se extiende más allá de la esquina entrante una longitud menor al 15% de las dimensiones de la planta en las direcciones de análisis	
4b	Son estructuras irregulares de esquinas entrantes todas aquéllas no incluidas en 4a	2.6.3. e)

2.6.2. Regularidad en altura

La regularidad en altura se evaluará a través de la Tabla 2.4 que tiene en cuenta la distribución de la rigidez, las masas y la resistencia.

Tabla 2.4. Condiciones de regularidad en altura

CONDICIONES		Ver Sección
1a	Son estructuras regulares o con irregularidad baja en rigidez cuando en todos los niveles o masas se cumple: $\Delta_{mk} \leq 1,4\Delta_{mk+1}$	
1b	Son estructuras con irregularidad de rigidez media cuando en algún nivel se cumple: $1,4\Delta_{mk+1} < \Delta_{mk} \leq 1,7\Delta_{mk+1}$	
1c	Son estructuras con irregularidad de rigidez extrema cuando en algún nivel se cumple: $1,7\Delta_{mk+1} \leq \Delta_{mk}$	2.6.3- a)
2	Son estructuras con regularidad de masas cuando las masas de cada nivel varían menos de 30% respecto de los niveles adyacentes (1)	2.7.2.
3	Son estructuras con regularidad geométrica cuando en todos los niveles la dimensión horizontal del sistema resistente varía menos del 30% respecto de los niveles adyacentes	
4a	Son estructuras regulares cuando los elementos verticales son continuos en altura o los retranqueos en su plano son inferiores a la longitud del elemento. Las dimensiones de los componentes son constantes o crecientes hacia abajo	
4b	Son estructuras irregulares todos los casos no incluidos en 4a	2.6.3- b) 2.6.3- c)
5a	Son estructuras regulares en resistencia cuando en todos los niveles la resistencia lateral es superior al 80% de la resistencia del nivel inmediato superior	2.6.3.d)
5b	Son estructuras irregulares todos los casos no incluidos en 5a (piso débil)	2.6.3.a) 2.6.3.d)

(1) Se excluyen los techos livianos (peso propio inferior a **1,5 kN/m²**) o cuerpos salientes incluidos en el Capítulo 10.

2.6.3. Exigencias adicionales a las construcciones irregulares

a) Se debe rediseñar la estructura para reducir la irregularidad en las construcciones y zonas indicadas en 8.3.1.1.

b) Los componentes que soportan elementos discontinuos deben diseñarse para las solicitaciones que resultan de agotar la capacidad de los elementos interrumpidos (ver 8.3.1.2.)

c) Se debe verificar la transferencia de esfuerzos entre el elemento interrumpido y él o los elementos que reciben los esfuerzos (ver 8.3.1.3.)

d) La resistencia del piso se evalúa según 8.3.1.4

e) Se deben verificar la rigidez y la resistencia de los diafragmas

2.7. MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA

La elección del procedimiento y el nivel mínimo de análisis a utilizar se realizarán teniendo en cuenta el destino de la construcción, la altura y el grado de regularidad.

2.7.1. Verificación simplificada

Los procedimientos aproximados para la determinación de las acciones sísmicas y de análisis estructural que se establecen en el Capítulo 4, son aplicables a los edificios comunes pertenecientes a los **grupos B y C** cuya estructura sismorresistente se compone exclusivamente de muros.

2.7.2. Método estático

El método estático consiste en la representación de la acción sísmica mediante un sistema de fuerzas estáticas equivalentes proporcionales a las cargas gravitatorias y a una forma supuesta del primer modo de vibración. Se admite para todas las construcciones hasta **3 niveles** o de altura menor que **9m**. Se admite también para construcciones que cumplan las condiciones indicadas en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Condiciones para la aplicación del método estático

Zona sísmica	Altura máxima de la Construcción (m)			Regularidad en planta Tabla 2.3 – Línea			Regularidad en altura Tabla 2.4 – Línea		
	A ₀	A	B	A ₀	A	B	A ₀	A	B
3 y 4	12	30	45	1 _a , 3 _a 4 _a	1 _b , 4 _a	1 _b	1 _a , 2, 3, 5 _a	1 _b , 2, 3, 5 _a	1 _b , 2, 3, 5 _a
0*, 1 y 2	16	45	60	1 _b	1 _b	1 _b	1 _a , 2, 3	1 _b , 2, 3	1 _b , 2, 3

(*) Construcciones de la **zona 0** para las que es exigible la aplicación completa del reglamento.

La altura de la construcción se mide desde el nivel más alto del terreno circundante hasta la última masa. Las masas se definen conforme a 3.6.1 y 3.6.2.

2.7.3. Métodos dinámicos

Las construcciones que no cumplen las condiciones enunciadas en la sección anterior deben ser analizadas por los métodos dinámicos del Capítulo 7. Se admite el empleo de estos métodos en cualquier caso.

El empleo de métodos dinámicos es también obligatorio cuando el período fundamental de vibración **T** es mayor que el triple del valor de **T₂** (ver 3.5.1.1) correspondiente a la zona sísmica y al tipo espectral del sitio.

ANEXO A – Art. 2.2. ZONIFICACIÓN SÍSMICA

ZONIFICACIÓN SÍSMICA ASIGNADA A CADA CIRCUNSCRIPCIÓN DEL TERRITORIO ARGENTINO.

ZONA 0

PROVINCIA DE BUENOS AIRES

En su totalidad

PROVINCIA DE CÓRDOBA

- 2 Río Seco
- 4 parte de Tulumba
- 10 parte de Río Primero
- 11 San Justo
- 16 parte de Río Segundo
- 19 parte de Tercero Arriba
- 20 parte de Gral. San Martín
- 21 Unión
- 22 Marcos Juárez
- 25 parte de Presidente Roque Sáenz Peña
- 26 parte de Gral. Roca

PROVINCIA DE CORRIENTES

En su totalidad

PROVINCIA DEL CHACO

- 1 parte de Almirante Brown
- 2 parte de Gral. Güemes
- 3 Maipú
- 4 Libertador Gral. San Martín
- 5 Chacabuco
- 6 9 de Julio
- 7 Gral. Belgrano
- 8 Independencia
- 9 Comandante Fernández
- 10 Quitilipi
- 11 25 de Mayo
- 12 Presidente de la Plaza
- 13 Sargento Cabral
- 14 Gral. Donovan
- 15 1º de Mayo
- 16 Bermejo
- 17 12 de Octubre
- 18 O'Higgins
- 19 San Lorenzo
- 20 Fray Justo Santa María de Oro
- 21 Mayor Luis J. Fontana
- 22 Tapenagá
- 23 Libertad
- 24 San Fernando

PROVINCIA DE CHUBUT

- 2 Gastre
- 3 Telsen
- 4 Biedma
- 8 Paso de los Indios
- 9 Mártires
- 10 Gaiman
- 11 Rawson
- 12 Florentino Ameghino
- 14 Sarmiento
- 15 Escalante

PROVINCIA DE ENTRE RÍOS

En su totalidad

PROVINCIA DE FORMOSA

- 3 Bermejo
- 4 Patiño
- 5 Pilagás
- 6 Pilcomayo
- 7 Pirané
- 8 Formosa
- 9 Laishi

PROVINCIA DE LA PAMPA

- 2 Realicó
- 3 Chapaleufú
- 4 Trenel
- 5 Maracó
- 6 Conhelo
- 7 Quemú-Quemú
- 9 parte de Chalileo
- 10 Loventué
- 11 Toay
- 12 Capital
- 13 Catrilo
- 15 Limay Mahuida
- 16 Ultracán
- 17 Atreucó
- 18 Guatraché
- 19 Curacó
- 20 Lihue Calel
- 21 Hucal
- 22 Caleu-Caleu

PROVINCIA DE MISIONES

En su totalidad

PROVINCIA DE RÍO NEGRO

- 1 parte de Gral. Roca
- 2 parte de El Cuy
- 3 Avellaneda
- 4 Pichi Mahuida
- 5 Conesa
- 7 parte de 25 de Mayo
- 8 9 de Julio
- 9 Valcheta
- 10 San Antonio
- 11 Adolfo Alsina

PROVINCIA DE SANTA CRUZ

- 2 Deseado
- 4 Magallanes
- 6 Corpen Aike

PROVINCIA DE SANTA FÉ

En su totalidad

PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO

- 2 parte de Copo
- 3 parte de Alberdi
- 8 Moreno
- 14 Sarmiento
- 15 Matará
- 19 Salavina
- 20 Avellaneda
- 21 Gral. Taboada
- 22 parte de Ojo de Agua
- 23 Quebracho
- 24 Mitre
- 25 Aguirre
- 26 Belgrano
- 27 Rivadavia

ZONA 1**PROVINCIA DE CÓRDOBA**

- 1 Sobremonte
- 3 Ischilín
- 4 parte de Tulumba
- 7 Punilla
- 8 Totoral
- 9 Colón
- 10 parte de Río Primero
- 14 Capital
- 15 Santa María
- 16 parte de Río Segundo
- 18 Calamuchita
- 19 parte de Tercero Arriba
- 20 parte de Gral. San Martín
- 23 Río Cuarto
- 24 Juárez Celman
- 25 parte de Presidente Roque Sáenz Peña
- 26 parte Gral. Roca

PROVINCIA DEL CHACO

- 1 parte de Almirante Brown
- 2 parte de Gral. Güemes

PROVINCIA DEL CHUBUT

- 1 parte de Cushamen
- 5 parte de Futaleufú
- 6 Languiño
- 7 Tehuelches
- 13 Río Senguer

PROVINCIA DE FORMOSA

- 1 Ramón Lista
- 2 Matacos

PROVINCIA DE LA PAMPA

- 1 Rancul
- 8 Chical Co
- 9 parte de Chalileo
- 14 Puelén

PROVINCIA DE MENDOZA

- 18 parte de Malargüe

PROVINCIA DE NEUQUÉN

- 3 Pehuenches
- 6 Añelo
- 8 Zapala
- 9 Confluencia
- 11 Catán Lil
- 12 Picú Leufú
- 14 Collón Curá

PROVINCIA DE RÍO NEGRO

- 1 parte de Gral. Roca
- 2 parte de El Cuy
- 6 parte de Pilcaniyeu
- 7 parte de 25 de Mayo
- 13 parte de Ñorquinco

PROVINCIA DE SALTA

- 5 parte de Rivadavia

PROVINCIA DE SAN LUIS

- 8 parte de Gral. Pedernera
- 9 Gobernador Dupuy

PROVINCIA DE SANTA CRUZ

- 1 Lago Buenos Aires
- 3 Río Chico
- 5 Lago Argentino
- 7 Güer Aike

**PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO,
ANTÁRTIDA E ISLAS DEL ATLÁNTICO
SUR**

- 1 parte de Río Grande
- 2 parte de Ushuaia

**PROVINCIA DE SANTIAGO DEL
ESTERO**

- 1 parte de Pellegrini
- 2 parte de Copo
- 3 parte de Alberdi
- 4 Jiménez
- 5 Río Hondo
- 6 Banda
- 7 Figueroa
- 9 Guasayán
- 10 Capital
- 11 Robles
- 12 Silípica
- 13 San Martín
- 16 Choya
- 17 Loreto
- 18 Atamisqui
- 22 Parte de Ojo de Agua

ZONA 2**PROVINCIA DE CATAMARCA**

En su totalidad

PROVINCIA DE CÓRDOBA

- 5 Cruz del Eje
- 6 Minas
- 12 Pocho
- 13 San Alberto
- 17 San Javier

PROVINCIA DE LA RIOJA

- 3 Famatina
- 4 San Blas de los Sauces
- 5 Castro Barros
- 6 Arauco
- 8 Chilecito
- 9 Sanagasta
- 10 Capital
- 11 parte de Independencia
- 12 Gral. Ángel V. Peñaloza
- 13 Gobernador Gordillo
- 14 parte de Gral. Juan Facundo Quiroga
- 15 Gral. Belgrano
- 16 Gral. Ocampo
- 17 parte de Rosario Vera Peñaloza
- 18 Gral. San Martín

PROVINCIA DEL CHUBUT

- 1 parte de Cushamen
- 5 parte de Futaleufú

PROVINCIA DE JUJUY

- 1 Santa Catarina
- 2 Yaví
- 3 Rinconada
- 4 Cochinoca
- 5 Susques
- 6 Humahuaca
- 7 parte de Tumbuya

PROVINCIA DE MENDOZA

- 13 parte de La Paz
- 16 parte de San Rafael
- 17 Gral Alvear
- 18 parte de Malargüe

PROVINCIA DEL NEUQUÉN

- 1 Minas
- 2 Chos Malal
- 4 Ñorquín
- 5 Loncopué
- 7 Picunches
- 10 Aluminé
- 13 Huiliches
- 15 Lácar
- 16 Los Lagos

PROVINCIA DE TUCUMÁN

En su totalidad

PROVINCIA DE RÍO NEGRO

- 6 parte de Pilcaniyeu
- 12 Bariloche
- 13 parte de Ñorquinco

PROVINCIA DE SALTA

- 1 Santa Victoria
- 2 Iruya
- 3 parte de Orán
- 4 Gral. José de San Martín
- 5 parte de Rivadavia
- 6 Los Andes
- 7 La Poma
- 8 parte de Rosario de Lerma
- 11 parte de Anta
- 12 Cachi
- 16 Molinos
- 17 San Carlos
- 18 parte de La Viña
- 19 parte de Guachipas
- 21 Cafayate
- 22 Candelaria
- 23 Rosario de la Frontera

PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO

- 1 parte de Pellegrini
- 2 parte de Copo

PROVINCIA DE SAN LUIS

- 1 parte de Ayacucho
- 2 Junín
- 3 parte de Belgrano
- 4 Coronel Pringles
- 5 Libertador Gral. San Martín
- 6 Chacabuco
- 7 La Capital
- 8 parte de Gral. Pedernera

PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO, ANTÁRTIDA E ISLAS DEL ATLÁNTICO SUR

- 1 parte de Río Grande
- 2 parte de Ushuaia

ZONA 3**PROVINCIA DE JUJUY**

- 7 parte de Tumbaya
- 8 Tilcara
- 9 Valle Grande
- 10 Capital
- 11 Ledesma
- 12 San Antonio
- 13 El Carmen
- 14 San Pedro
- 15 Santa Bárbara

PROVINCIA DE LA RIOJA

- 1 Gral. Sarmiento
- 2 Gral. Lamadrid
- 7 Gral. Lavalle
- 11 parte de Independencia
- 14 parte de Gral. Juan Facundo Quiroga
- 17 parte de Rosario Vera Peñaloza

PROVINCIA DE SAN LUIS

- 1 parte de Ayacucho
- 3 parte de Belgrano

PROVINCIA DE MENDOZA

- 2 parte de Lavalle
- 10 Tupungato
- 11 Rivadavia
- 12 Santa Rosa
- 13 parte de La Paz
- 14 Tunuyán
- 15 San Carlos
- 16 parte de San Rafael

PROVINCIA DE SALTA

- 3 parte de Orán
- 8 parte de Rosario de Lerma
- 9 La Caldera
- 10 Gral. Güemes
- 11 parte de Anta
- 13 Chicoana
- 14 Cerrillos
- 15 La Capital
- 18 parte de La Viña
- 19 parte de Guachipas
- 20 Metán

PROVINCIA DE SAN JUAN

- 1 Iglesia
- 2 Jáchal
- 14 parte de Caucete
- 3 Valle Fértil

**PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO,
ANTÁRTIDA E ISLAS DEL ATLÁNTICO
SUR**

- 1 parte de Río Grande
- 2 parte de Ushuaia

ZONA 4**PROVINCIA DE MENDOZA**

- 1 Las Heras
- 2 parte de Lavalle
- 3 Capital
- 4 Godoy Cruz
- 5 Luján de Cuyo
- 6 Guaymallén
- 7 Maipú
- 8 San Martín
- 9 Junín

PROVINCIA DE SAN JUAN

- 4 Calingasta
- 5 Ullún
- 6 Albardón
- 7 Angaco
- 8 Zonda
- 9 Rivadavia
- 10 Chimbas
- 11 Capital
- 12 Santa Lucía
- 13 San Martín
- 14 parte de Caucete
- 15 Pocito
- 16 Rawson
- 17 9 de Julio
- 18 Sarmiento
- 19 25 de Mayo

ANEXO B – Art. 2.3.2. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LICUACIÓN DE SUELOS

B.0. SIMBOLOGÍA

- N número de golpes del ensayo de penetración normalizado.
- C_a parámetro característico del espectro de diseño.
- f_{vs} tensión tangencial inducida.
- f_{vsL} tensión tangencial cíclica límite.
- r_d factor de reducción de tensiones del suelo.
- z profundidad del nivel analizado desde la superficie libre, en metros.
- z_s profundidad desde el nivel de terreno al techo del manto o lente de arena o limo saturado, en metros.
- γ peso unitario del suelo.

B.1. SUELOS CUYA LICUACIÓN ES IMPROBABLE

Se podrá despreciar el riesgo de licuación si se cumple alguna de las siguientes condiciones:

- No existen mantos o lentes de arena o limos saturados a una profundidad menor que **30m**.
- El diámetro medio D_{50} de los granos está fuera del rango **3,5mm – 0,01mm**.
- El número de golpes del ensayo de penetración normalizado cumple:

$$N > B_1 + B_2 \cdot z_s \quad [B.1]$$

B_1 y B_2 constantes de la Tabla 2.6

Tabla 2.6. Factores para evaluar el riesgo de licuación

ZONA SÍSMICA	A_1	A_2	B_1	B_2
4	10	1	20	1,6
3	9	0,95	18,5	1,5
2	6	0,60	12	1,2
1	3,5	0,35	7	0,7

B.2. SUELOS CUYA LICUACIÓN ES PROBABLE

La licuación es probable si se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:

- Existen mantos o lentes de arena o limos saturados o con alta probabilidad de saturación a una profundidad menor de **30m**.
- El diámetro medio D_{50} de los granos está dentro del rango **0.07mm – 1.20mm**.
- El número de golpes del ensayo de penetración normalizado cumple:

$$N \leq A_1 + A_2 \cdot z_s \quad [B.2]$$

A_1 y A_2 constantes de la Tabla 2.6

En estos suelos sólo se permitirán construcciones si se adoptan medidas específicas para controlar las consecuencias de la licuación de acuerdo al Capítulo 9.

B.3. SUELOS FUERA DE LAS CONDICIONES ESTABLECIDAS EN B.1. Y B.2.

En los casos que no se cumplen las condiciones establecidas en B.1 y B.2 se deberá determinar el potencial de licuación como se indica a continuación.

a) Se debe determinar la tensión tangencial cíclica límite f_{vSL} para las condiciones del sitio. Esta tensión se obtendrá preferentemente mediante ensayos de campo o ensayos directos de laboratorio. En su defecto podrán utilizarse correlaciones con otros procedimientos de investigación como por ejemplo ensayos de penetración.

b) Se determinará la tensión tangencial inducida como:

$$f_{VS} = 0,65 \cdot \gamma \cdot z \cdot r_d \cdot C_a \quad [B.3]$$

$$r_d = 1 - 0,01 z \quad [B.4]$$

Se considerará que el suelo no es potencialmente licuable si:

$f_{vSL}/f_{VS} \geq 1,4$ para f_{vSL} determinada mediante ensayos de laboratorio;

$f_{vSL}/f_{VS} \geq 1,6$ para f_{vSL} determinada por correlación con otros parámetros.

A los fines de la determinación del potencial de licuación se admitirán otros procedimientos debidamente fundamentados a satisfacción de la Autoridad de Aplicación.

EXCEPCIÓN: La determinación del potencial de licuación no es exigible cuando las construcciones queden comprendidas en los límites que establece el Art. 9.2.3, o bien se diseñen fundaciones profundas apoyadas en estratos ubicados debajo de la zona potencialmente licuable y se considere el efecto de la masa intermedia licuable.

CAPÍTULO 3. ESPECTROS, ACCIONES Y COMBINACIONES DE DISEÑO

3.0. SIMBOLOGÍA

C_a, C_v parámetros característicos del espectro de diseño.

D_i acción permanente, compuesta por el peso de todos los componentes estructurales o no, equipos e instalaciones fijados permanentemente a la construcción en el nivel i .

E efecto total de la acción sísmica.

E_H efecto horizontal de la acción sísmica.

E_v efecto vertical de la acción sísmica.

L_i sobrecarga móvil correspondiente al nivel i .

N_a coeficiente de proximidad a fallas para la zona del espectro sensible a la aceleración.

N_v coeficiente de proximidad a fallas para la zona del espectro sensible a la velocidad.

S_A, S_B, S_C, S_D, S_E sitios tipo A, B, C, D y E según la Tabla 2.2.

S_a ordenada espectral para Estado Límite Último en unidades g.

S_i acción de nieve según Reglamento **CIRSOC 104** correspondiente al nivel i .

T periodo de vibración genérico; período fundamental de la construcción.

T_1, T_2, T_3 periodos característicos del espectro de diseño, en segundos.

W_i carga gravitatoria asociada a la acción sísmica.

a_s aceleración máxima efectiva del sitio tipo B correspondiente a cada zona sísmica.

f_a factor de amplificación por amortiguamiento distinto al 5%.

f_1 factor de participación de la sobrecarga de ocupación o de uso según Tabla 3.3.

f_2 factor de participación de la sobrecarga de nieve según Tabla 3.3.

γ_r factor de riesgo.

Ω_0 factor de sobrerresistencia.

ξ razón de amortiguamiento estructural (% del amortiguamiento crítico).

3.1. INTRODUCCIÓN

Los espectros de diseño se definen en la sección 3.5. Para la aplicación del método de integración paso a paso la excitación sísmica de diseño se definirá mediante acelerogramas que cumplan los requisitos especificados en el Capítulo 7.

La influencia de la proximidad a fuentes sismogénicas (fallas) se considerará con los coeficientes N_a y N_v que modifican los espectros de diseño, incluidos en la sección 3.5.1.

Las masas que deben considerarse se evalúan según la sección 3.6. Las combinaciones de estados básicos de carga que incluyen la acción sísmica se presentan en este Reglamento en la sección 3.7.

3.2. COMPONENTES HORIZONTALES DE LA ACCIÓN SÍSMICA

Para construcciones con sistemas sismorresistentes ubicados en dos direcciones perpendiculares, se puede considerar que las fuerzas especificadas actúan independientemente a lo largo de cada una de dichas direcciones horizontales. Cuando no se cumpla la condición anterior será suficiente aplicar la acción sísmica en dos direcciones perpendiculares y una tercera a 45° con las anteriores.

3.3. COMPONENTE VERTICAL DE LA ACCIÓN SÍSMICA

La componente vertical de la acción sísmica se superpondrá interactuando con las acciones sísmicas horizontales y acciones gravitatorias de acuerdo a lo establecido en 3.7.1.

3.4. NIVEL DE REFERENCIA

Es el nivel a partir del cual los movimientos son significativos. Salvo que se realice un estudio racional de la interacción suelo estructura a satisfacción de la Autoridad de Aplicación, se aplicarán los apartados siguientes.

3.4.1. Nivel de referencia en edificios comunes

Es el nivel de arriostamiento de las fundaciones. Si las fundaciones tuvieran niveles distintos es el nivel de arriostamiento de las fundaciones que transmiten al suelo el **80%** de las cargas gravitatorias de la construcción.

3.4.2. Nivel de referencia en construcciones con subsuelos

Si la construcción tiene subsuelos rodeados por muros de hormigón colados contra el suelo, o bien cuando el relleno entre los muros y el terreno se compacte adecuadamente, se admitirá que el nivel de referencia es aquel por debajo del cual el conjunto de la

construcción y el suelo pueden desarrollar una reacción horizontal equivalente a la acción sísmica total. Esta condición puede ser diferente en cada dirección.

3.5. ESPECTROS DE DISEÑO

3.5.1. Espectros de diseño para acciones horizontales para Estado Límite Último (ELU)

Los espectros de diseño elástico se establecen para cada zona sísmica en función de la clasificación del sitio. Las ordenadas S_a del espectro elástico de aceleración para acciones horizontales de diseño E_H para una razón de amortiguamiento del 5% se definen por las siguientes expresiones:

$$S_a = C_a \cdot \gamma_r \cdot B_p \quad \text{para } T \leq T_1 \quad [3.1]$$

$$S_a = 2,5 C_a \quad \text{para } T_1 < T \leq T_2 \quad [3.2]$$

$$S_a = C_v / T \quad \text{para } T_2 < T \leq T_3 \quad [3.3]$$

$$S_a = C_v \cdot T / T_3 \quad \text{para } T > T_3 \quad [3.4]$$

3.5.1.1. Influencia de la zona sísmica y del sitio

La zonificación sísmica está definida por su aceleración efectiva a_s en sitio tipo B. Los parámetros que definen los espectros son los coeficientes C_a y C_v que se presentan en la Tabla 3.1.

3.5.1.2. Influencia del amortiguamiento

Para casos específicos con razones de amortiguamientos menores al 5%, se aplican las expresiones siguientes:

$$S_a = C_a (1 + (2,5f_a - 1)T/T_1) \quad \text{para } T \leq T_1 \quad [3.5]$$

$$S_a = 2,5f_a C_a \quad \text{para } T_1 < T \leq T_2 \quad [3.6]$$

$$S_a = f_a C_v / T \quad \text{para } T_2 < T \leq T_3 \quad [3.7]$$

$$S_a = f_a C_v T_3 / T^2 \quad \text{para } T > T_3 \quad [3.8]$$

$$f_a = [7 / (2 + \xi)]^{0,5} \quad [3.9]$$

3.5.2. Acciones sísmicas verticales para Estado Límite Último (ELU)

Las acciones sísmicas verticales E_v se obtendrán a partir de la pseudo-aceleración elástica vertical de acuerdo a la expresión 3.10.

$$E_v = \frac{C_a}{2} \gamma_r D \quad [3.10]$$

Tabla 3.1 Valores de a_s , C_a y C_v para las distintas zonas sísmicas y tipos espectrales

Tipo Espectral (Sitio)	Zona Sísmica							
	4		3		2		1	
	$a_s = 0,3t$		$a_s = 0,2t$		$a_s = 0,1t$		$a_s = 0,0t$	
	C_a	C_v	C_a	C_v	C_a	C_v	C_a	C_v
1 (S _A , S _B , S _C)	$0,37N_a$	$0,51N_v$	$0,29N_a$	$0,39N_v$	0,18	0,25	0,09	0,13
2 (S _D)	$0,40N_a$	$0,59N_v$	$0,32N_a$	$0,47N_v$	0,22	0,32	0,12	0,18
3 (S _E)	$0,36N_a$	$0,90N_v$	$0,35N_a$	$0,74N_v$	0,30	0,50	0,19	0,26

En todos los casos:

$$N_a = 1 \quad [3.11]$$

$$N_v = 1,2 \quad [3.12]$$

$$T_2 = 0,25 \quad [3.13]$$

$$T_1 = 0,2T_2 \quad [3.14]$$

T_3 dado por la Tabla 3.2 según la zona sísmica

Tabla 3.2 Valor del período T_3

Zona sísmica	T_3 (s)
4	13
3	8
2	5
1	3

3.6. ACCIONES GRAVITATORIAS A CONSIDERAR PARA EVALUAR LA ACCIÓN SÍSMICA HORIZONTAL

Las acciones gravitatorias a considerar para la determinación de las acciones sísmicas horizontales se componen de las cargas permanentes y de una fracción de las acciones variables o de servicio. Estas acciones gravitatorias se tendrán en cuenta tanto para la determinación de las características dinámicas de la construcción como para la evaluación de las deformaciones y sollicitaciones originadas por la excitación sísmica.

En general las cargas gravitatorias están distribuidas pero a los fines de la aplicación de este Reglamento se pueden considerar concentradas en puntos apropiados que dependen de las características de la construcción.

La acción gravitatoria asociada a la acción sísmica actuante en un punto i cualquiera se determina mediante:

$$W_i = D_i + \sum f_1 L_i + f_2 S_i \quad [3.15]$$

Los factores de simultaneidad f_1 y f_2 se especifican en la Tabla 3.3. Si la construcción analizada no está incluida en la Tabla 3.3 el proyectista deberá proponerlo considerando la probabilidad de simultaneidad con el terremoto de diseño.

Tabla 3.3 Factor de simultaneidad para sobrecargas de uso y accidentales

Carga de ocupación o de uso (L)	f_1
La sobrecarga de servicio sólo actúa excepcionalmente, por ejemplo en techos o azoteas accesibles sólo con fines de mantenimiento.	0
La probabilidad de ocurrencia de la sobrecarga es reducida, por ejemplo locales donde no es frecuente la aglomeración de personas o cosas: edificios para vivienda, hoteles, oficinas, etc.	0,25
La probabilidad de ocurrencia de la sobrecarga es intermedia, por ejemplo locales en los que es frecuente la aglomeración de personas o cosas: edificios públicos, grandes tiendas, templos, cines, teatros, escuelas, hoteles, etc.	0,50
La probabilidad de ocurrencia de la sobrecarga total es elevada, por ejemplo: depósitos, edificios para archivos, etc.	0,75
Normalmente está presente la totalidad de la sobrecarga de servicio, por ejemplo: tanques, silos, depósitos destinados a estar llenos la mayor parte del tiempo, etc.	1,00
Verificación local de partes de la construcción, salvo que la sobrecarga sea equilibrante	1,00
Cocheras	(*)
Otros casos	0,20
Acción de la nieve (S) sólo en las zonas que especifica CIRSOC 104.	f_2
Cubiertas horizontales o que no permitan la evacuación de la nieve	0,70
Otros casos	0,20

(*) Se hará un análisis de carga con el 100% de las cocheras ocupadas y el peso real de los vehículos.

3.6.1. Edificios comunes

En los edificios comunes se puede considerar que las masas están concentradas al nivel de los diafragmas horizontales rígidos (entrepisos y techo), en el centro de gravedad correspondiente. Para el primer diafragma o entrepiso sólo será necesario considerar las masas ubicadas por encima del medio nivel inicial. El peso total de los elementos salientes del último nivel de un edificio (altillos, buhardillas, tanques, chimeneas, antenas, etc.) se podrá considerar aplicado en el último nivel si su incidencia es hasta el **25%** del peso total del nivel. En este caso debe aplicarse a los elementos salientes el Capítulo 10 referido a, Partes de la construcción. Cuando no se cumpla la condición anterior deberán considerarse niveles o masas adicionales.

3.6.2. Discretización de masas en las construcciones en general

Se podrá suponer que un grupo de cargas gravitatorias está concentrado en el centro de gravedad del conjunto siempre que los corrimientos relativos sean despreciables para el intercambio de energía. Esta condición se considera cumplida si el corrimiento relativo entre los puntos de aplicación de las cargas es inferior al **10%** del corrimiento del centro de gravedad del conjunto para acciones en la dirección en estudio, en cada masa y proporcionales al peso de cada masa.

3.7. COMBINACIÓN DE ACCIONES

3.7.1. Estados Límites Últimos

Las combinaciones de acciones que incluyan el efecto sísmico se definirán por las siguientes expresiones en las cuales la suma se refiere a la suma de efectos.

$$1,20 D \pm 1,00 E + f_1 L + f_2 S \quad [3.16]$$

$$0,9 D \pm 1,00 E \quad [3.17]$$

$$E = E_H + E_V \quad [3.18]$$

Para el caso de estructura de acero, en componentes sensibles a los efectos de la sobrerresistencia estructural o cuando específicamente se lo requiera, se considerarán las siguientes combinaciones especiales de estados de carga:

$$1,20 D \pm \Omega_0 E_H + 0,5 L + 0,2 S \quad [3.19]$$

$$0,9 D \pm \Omega_0 E_H \quad [3.20]$$

3.7.2. Movimientos diferenciales de apoyos

En los casos previstos por 9.2.4.2. se deben considerar los efectos de movimientos diferenciales de apoyo provenientes de la acción sísmica.

3.7.3. Verificación de otros estados de cargas

La construcción debe ser verificada para los estados de carga que no incluyen la acción sísmica, de acuerdo con las exigencias de los respectivos reglamentos sobre materiales.

3.7.4. Simultaneidad de viento y sismo

No se requiere considerar la simultaneidad de viento y sismo.

CAPÍTULO 4. VERIFICACIÓN SIMPLIFICADA DE LA SEGURIDAD SÍSMICA

4.0. SIMBOLOGÍA

C	coeficiente sísmico de diseño.
C_n	coeficiente sísmico normalizado.
V_o	esfuerzo de corte en la base de la construcción paralelo a la dirección analizada.
W	carga gravitatoria total de la construcción sobre el nivel de base.
W_i	carga gravitatoria supuesta concentrada en el nivel <i>i</i> .
Y_k	distancia mínima entre cualquier parte de la construcción y el plano medio del espacio de separación.
γ_r	factor de riesgo.

4.1. LÍMITES DE APLICACIÓN

Las estructuras de las construcciones comprendidas en este Capítulo deberán satisfacer los requerimientos de los Capítulos 1 a 3, 8, 9 y 10 de este Reglamento que no sean expresamente modificados por el presente Capítulo 4.

4.1.1. Condiciones geométricas

Los procedimientos aproximados para la determinación de las acciones sísmicas y de análisis estructural que se establecen en este Capítulo 4, son aplicables a los edificios comunes que cumplan simultáneamente las condiciones siguientes:

- a) La relación de la altura a la dimensión mínima del rectángulo que circunscribe la planta es menor o igual que **2**.
- b) La relación entre el lado mayor y el lado menor del rectángulo que circunscribe la planta es menor o igual que **2**.
- c) En alguna dirección existen al menos **2** muros exteriores resistentes a fuerzas horizontales paralelos o casi paralelos que están conectados a las losas o diafragmas un mínimo de **0,5** de la longitud de la planta en la dirección de esos muros.
- d) En la dirección estudiada existe al menos un muro resistente a fuerzas horizontales que está unido a las losas o diafragmas en al menos **0,8** de la longitud de la planta en esa dirección o dos muros conectados un mínimo de **0,5** de dicha longitud.

e) Los muros mencionados en c) y d) son continuos en toda la altura de la construcción y su longitud mínima es igual a **1,5** veces la altura.

f) La construcción tiene hasta **dos** pisos y hasta **7m** de altura máxima.

g) La distancia entre el centro de gravedad de las secciones horizontales de los muros resistentes y el centro de gravedad de las masas de cada nivel es igual a la **mitad** de la distancia entre los muros aludidos en c).

4.1.2. Tipo de construcción y estructuras

Los procedimientos simplificados se aplican a construcciones formadas por planos verticales sismorresistentes compuestas por tabiques de hormigón (armado o simple) colado en sitio o de mampostería según la **Parte III** de este Reglamento. Estos muros deben estar conectados por al menos un diafragma rígido, según se especifica en el Capítulo 9.

Si el nivel superior de la construcción no está conectado por un diafragma rígido entonces todos los componentes de ese nivel deben ser considerados partes de construcción y verificados como tales. En ese caso, si el peso conjunto de los componentes supera el **25%** del peso total de la construcción el procedimiento simplificado es inaplicable.

4.2. VERIFICACIÓN SIMPLIFICADA

4.2.1. Coeficiente sísmico de diseño

El coeficiente sísmico de diseño para sitios **clases A, B, C y D** de forma simplificada se determina por la siguiente expresión:

$$C = C_n \cdot \gamma_r \quad [4.1]$$

Tabla 4.1. Coeficiente sísmico normalizado C_n en función de la zona sísmica

Zona Sísmica	C_n
1	0,23
2	0,38
3	0,44
4	0,50

4.2.2. Resultante de las fuerzas horizontales equivalentes o esfuerzo de corte en la base de la construcción

La resultante de las fuerzas horizontales equivalentes a la acción sísmica operante según la dirección de análisis considerada se determinará mediante la siguiente expresión:

$$V_o = C \cdot W \quad [4.2]$$

$$W = \sum_{i=1}^n W_i \quad [4.3]$$

4.2.3. Verificación de la seguridad estructural

Es suficiente evaluar la capacidad a corte de los muros comprendidos en las especificaciones de 4.1.1. para cada dirección y compararla con el esfuerzo de corte en la construcción, V_o . Si la capacidad a corte es **mayor o igual** que el esfuerzo de corte de diseño la construcción se considera segura. Se debe verificar la seguridad de las conexiones entre los muros y las losas o diafragmas.

4.3. DEFORMACIONES

No es necesario estudiar las deformaciones de las construcciones comprendidas dentro de la verificación simplificada.

Cuando se aplique este procedimiento simplificado la construcción deberá estar separada de las construcciones vecinas para permitir el libre movimiento, cumpliendo los requerimientos constructivos indicados en el Capítulo 9. La distancia mínima entre cualquier parte de la construcción y el plano medio del espacio de separación deberá ser:

$$Y_k \geq 2,5cm \quad [4.4]$$

CAPÍTULO 5: FACTORES DE COMPORTAMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN

5.0. SIMBOLOGÍA

A	grado de acoplamiento de tabiques.
A_r	relación de aspecto en tabiques.
C_d	factor de amplificación de deformaciones.
L_w	longitud del tabique o muro.
L_T	distancia entre ejes de tabiques acoplados.
M_w^0	momento de vuelco total en la base del sistema de tabiques acoplados.
R	factor de reducción global.
T_w	esfuerzo axial en cada uno de los tabiques acoplados debidos a la acción sísmica.
h_w	altura total del tabique o muro.
z	factor de aspecto en tabiques.
Ω_0	factor de sobrerresistencia.

5.1. FACTOR DE REDUCCIÓN

El factor de reducción R toma en cuenta el comportamiento en estado último de la construcción en su conjunto para la determinación de las acciones sísmicas de diseño. El valor de R podrá diferir para cada una de las direcciones de análisis de la construcción. La Tabla 5.1 establece los factores de reducción para el tipo estructural correspondiente a los elementos sismorresistentes. La utilización de los factores de reducción que se indican en las secciones siguientes supone que para cada material se aplican las disposiciones y detalles constructivos indicados en las **Partes II, III y IV** de este Reglamento.

5.1.1. Factor de reducción R para estructuras compuestas por elementos distintos

Para los casos en que en la dirección en estudio se presenten distintos tipos estructurales, al determinar el factor de reducción se empleará, alternativamente:

- El mínimo valor de R correspondiente a todos los tipos estructurales de la dirección analizada.
- El promedio ponderado de los valores de todos los tipos estructurales. Como factor de ponderación se utilizará el esfuerzo de corte directo de cada elemento.

c) En estructuras formadas por pórticos y tabiques de hormigón armado se podrá aplicar el criterio establecido en la **Parte II** de este Reglamento.

5.1.2. Construcciones cuyo destino requiere comportamiento elástico

El propietario o el proyectista pueden optar por un diseño con comportamiento elástico, en cuyo caso se adoptará un factor de reducción:

$$R = 1,5 \quad [5.1]$$

Tabla 5.1. Factores de comportamiento

<i>Mater.</i>	<i>Nº</i>	<i>Tipo Estructural</i>	<i>R</i>	<i>C_d</i>	<i>Ω_o</i>
Estructuras de hormigón armado	1	Tabiques aislados y acoplados (a)	$R = (3A+5)/z$ $5/z \leq R \leq 7$	<i>R</i>	2,5
	2	Pórticos con ductilidad completa (b), (c)	7	5,5	3
	3	Sistema dual Pórtico-Tabique	6	5	2,5
	4	Estructuras con diagonales concéntricas (d)	4	4	2,5
	5	Estructuras rigidizadas con diagonales excéntricas	6	4	2,5
	6	Columnas en voladizo	2,5	2,5	1,5
	7	Estructura con ductilidad limitada (b)	3,5	3,5	2,5
Estructuras de mampostería	Ladrillos Cerámicos Macizos				
	8	Encadenada simple	3	2,3	2,5
	9	Encadenada armada	3,5	2,5	2,5
	10	Reforzada con armadura distribuida	4	3	2,5
	11	Sin encadenados	1,5	2	2
	Bloques Huecos Portantes Cerámicos				
	12	Encadenada simple	2	2,3	2,5
	13	Encadenada armada	2,5	2,5	2,5
	14	Reforzada con armadura distribuida	3	3	2,5
	Bloques Huecos Portantes de Hormigón				
	15	Encadenada simple	2,5	2,3	2,5
	16	Encadenada armada	3	2,5	2,5
	17	Reforzada con armadura distribuida	3,5	3	2,5

Tabla 5.1. (continuación) Factores de comportamiento

<i>Mater.</i>	<i>Nº</i>	<i>Tipo Estructural</i>	<i>R</i>	<i>C_d</i>	<i>Ω_o</i>
Estructuras de acero	Pórticos No Arriostrados				
	18	Especiales	7	5,5	3
	19	Intermedios	4,5	4	3
	20	Convencionales	3	3	3
	21	Con vigas reticuladas	6	5,5	3
	Pórticos Arriostrados				
	22	Especiales arriostrados concéntricamente	5	5,5	2
	23	Convencionales arriostrados concéntricamente	3	3	2
	24	Arriostrados excéntricamente	7	4	2
	Sistemas Duales. Pórticos No Arriostrados Especiales capaces de resistir al menos el 25% del corte basal, combinados con:				
	25	Pórticos especiales arriostrados concéntricamente	6	5,5	2,5
	26	Pórticos convencionales arriostrados concéntricamente	4	4	2,5
	27	Pórticos arriostrados excéntricamente	7	4	2,5
	Sistemas Duales. Pórticos No Arriostrados Intermedios capaces de resistir al menos el 25% del corte basal, combinados con:				
	28	Pórticos especiales arriostrados concéntricamente	5	5	2,5
	29	Pórticos convencionales arriostrados concéntricamente	3,5	3	2,5
30	Columnas en voladizo	2,5	2,5	1,5	
Estructuras de madera	31	Paneles	4	3	3
	32	Pórticos	3	3	2,5
	33	Estructuras con tornapuntas	3	3	2,5
	34	Columnas en voladizo	2,5	2,5	2,5
	Estructuras con uniones Viga-Columna No Resistentes a Momentos (e)				
	35	Pórticos con diagonales excéntricas	5	4	2,5
36	Pórticos con diagonales concéntricas	4	5	2,5	

Notas aclaratorias a Tabla 5.1.:

(a) Grado de acoplamiento $A = T_w L_T / M_w^o$ [5.2]

$$1,0 \leq z = 2,50 - 0,50A_r \leq 2,0 \quad [5.3]$$

$$A_r = h_w / L_w \quad [5.4]$$

(b) Los detalles constructivos serán según se especifica en la **Parte II** de este reglamento.

(c) Los sistemas con pórticos de hormigón armado con todos o algunos de sus vanos rellenos con mampostería u otros elementos de cierre que impidan el normal trabajo de flexión de las vigas y columnas deben ser verificados de acuerdo a 8.3.4.

(d) Los pórticos de hormigón armado rigidizados con diagonales de acero y hormigón armado deben cumplir las siguientes condiciones:

Las rigidizaciones se materializan en todos los niveles; se admiten rigidizaciones en “**V**”, “**V** invertida”, diagonales simples y cruzadas. Dentro de cada elemento las diagonales deben tener orientaciones simétricas.

Las rótulas plásticas o zonas de disipación de energía no deben afectar a los nudos viga-columna. En los casos de rigidizaciones en “**V**” las vigas deben ser diseñadas para las acciones derivadas de la plastificación o pandeo de las diagonales.

En edificios de más de dos niveles o en construcciones de los grupos **A_o** y **A** las diagonales deben tener una capacidad a compresión de al menos el **50%** de su capacidad a tracción.

(e) Los nudos se diseñan considerando la sobrerresistencia de las piezas unidas o bien las columnas y vigas son continuas como es el caso de arcos laminados.

5.2. FACTOR DE AMPLIFICACIÓN DE DEFORMACIONES

El factor de amplificación de deformaciones **C_d** es la relación entre las deformaciones últimas y las deformaciones elásticas correspondientes a la acción sísmica reducida.

Para la determinación de las deformaciones últimas de acuerdo a 6.4., 7.2.7. o 7.3.4., según corresponda, se utilizará el factor de amplificación de deformaciones **C_d** indicado en la Tabla 5.1. Este factor se aplicará a cada una de las direcciones de estudio de la estructura según los tipos estructurales que correspondan. Para los casos de estructuras compuestas por distintos tipos estructurales se aplicarán los criterios establecidos en 5.1.1. En todos los

casos (a, b y c) el factor de amplificación de deformaciones C_d elegido deberá ser congruente con el factor de reducción R adoptado.

5.3. FACTOR DE SOBRRRESISTENCIA

El factor de sobrerresistencia Ω_0 es la relación entre la resistencia de diseño de los componentes estructurales y la resistencia última efectiva. Cuando sea específicamente requerido por este reglamento se utilizará el factor de sobrerresistencia Ω_0 que se indica en la Tabla 5.1.

CAPÍTULO 6. MÉTODO ESTÁTICO

6.0. SIMBOLOGÍA

A_B	superficie de la planta.
A_{wi}	sección transversal del tabique i .
C	coeficiente sísmico de diseño.
C_a	parámetro característico del espectro de diseño.
C_d	coeficiente de amplificación de deformaciones.
C_u	coeficiente para límite superior del periodo calculado.
C_r	coeficiente para la determinación del periodo fundamental aproximado.
C_w	coeficiente para la determinación del periodo fundamental aproximado.
F_i	fuerza sísmica en la masa rotacional i .
F_k	fuerza sísmica en la masa o nivel k .
F_n	fuerza sísmica en la masa o nivel n .
F_v	fuerza sísmica vertical hacia abajo.
F_{vup}	fuerza sísmica vertical hacia arriba.
H	altura total de la construcción desde el nivel de referencia, en metros.
I_{mi}	momento de inercia de la masa i alrededor del eje horizontal de rotación.
L_{wi}	largo del tabique i .
M_{ci}	momento de la cupla de eje horizontal aplicada en el centro de gravedad de la masa i .
$M_{ta k}$	momento torsor accidental en el nivel k .
N_v	factor por cercanía de fallas sismogénicas.
R	factor de reducción global.
S_a	ordenada espectral para el Estado Límite Último.
T	período fundamental de la construcción.
T_2	período característico del espectro.
T_a	período fundamental aproximado.
V_o	esfuerzo de corte en la base de la construcción.
W	carga gravitatoria total de la construcción sobre el nivel de referencia.

- W_i carga gravitatoria supuesta concentrada en la masa o nivel i .
- W_k carga gravitatoria supuesta concentrada en la masa o nivel k .
- W_n carga gravitatoria supuesta concentrada en la masa o nivel n .
- a_s aceleración efectiva del suelo correspondiente a cada zona sísmica.
- d_e desplazamiento para las acciones sísmicas de diseño (acciones elásticas reducidas por el factor de reducción R).
- d_u desplazamiento último de la construcción.
- d_{ubk} desplazamiento horizontal último del nivel k , medido en el borde más desfavorable de la construcción.
- d_{ubk-1} desplazamiento horizontal último del nivel $k-1$, medido en el borde más desfavorable de la construcción.
- e_{ak} excentricidad accidental del nivel k .
- g aceleración de la gravedad.
- h_i altura de la masa o nivel i medida desde el nivel de referencia.
- h_k altura de la masa o nivel k medida desde el nivel de referencia.
- h_n altura de la masa o nivel n medida desde el nivel de referencia.
- h_{sk} altura del nivel o piso k .
- h_{wi} altura del tabique i .
- n número de pisos o masas; número de tabiques de la construcción que aportan resistencia a fuerzas laterales en la dirección de estudio.
- r_i radio de giro de la masa i con relación al eje horizontal que pasa por el centro de gravedad de la masa y es perpendicular a la dirección analizada.
- x coeficiente para calcular el período fundamental aproximado.
- Δ_{sk} diferencia entre desplazamientos horizontales correspondiente a cabeza y pie del nivel k , medidos en el borde más desfavorable de la construcción.
- δ_{si} desplazamiento absoluto de la masa i .
- γ_r factor de riesgo.
- θ_i rotación de la masa i .
- θ_{sk} distorsión horizontal de piso del nivel k .

6.1. ACCIONES SÍSMICAS

La acción sísmica se considera equivalente a la acción de un sistema de fuerzas, paralelo a la dirección analizada y aplicada en los centros de las masas que conforman el modelo estructural. La resultante de ese sistema y la distribución de fuerzas se determinan según lo establecido en este capítulo.

6.2. ACCIONES HORIZONTALES

6.2.1. Esfuerzo de corte en la base

$$V_o = C \cdot W \quad [6.1]$$

$$W = \sum_{i=1}^n W_i \quad [6.2]$$

6.2.2. Coeficiente sísmico de diseño

Se determina por las expresiones:

$$C = 2,5 C_a \gamma_r / R \quad \text{para } T \leq T_2 \quad [6.3]$$

$$C = S_a \gamma_r / R \quad \text{para } T \geq T_2 \quad [6.4]$$

$$C \geq 0,8 a_s N_v / R \quad \text{para zonas sísmicas 3 y 4} \quad [6.5]$$

$$C \geq 0,11 C_a \gamma_r \quad \text{para zonas sísmicas 0, 1 y 2} \quad [6.6]$$

6.2.3. Período fundamental de vibración de la estructura

El periodo a considerar para la determinación del coeficiente sísmico es el período traslacional en la dirección considerada.

Este periodo se determinará considerando las propiedades de la estructura en la dirección que se examina y aplicando los procedimientos de la dinámica estructural o alternativamente de acuerdo con 6.2.3.1 y 6.2.3.2 para el caso de edificios regulares o con irregularidad media.

La modelación para el análisis reflejará en forma adecuada la distribución de masas y rigideces. Se supondrá que la estructura funciona en el campo elástico lineal.

Las características del suelo de fundación a utilizar serán compatibles con los niveles de deformación asociados al terremoto de diseño y tendrán en consideración el estado tensional inducido por las acciones gravitatorias simultáneas.

Las características de los distintos materiales serán las establecidas por los Reglamentos

correspondientes para acciones de corta duración. En construcciones de hormigón o de mampostería se adoptarán las características de las secciones fisuradas, de acuerdo con las **Partes II y III** de este Reglamento.

Independientemente del valor calculado, el período a utilizar en el análisis estructural no excederá:

$$T \leq C_u T_a \quad [6.7]$$

dónde C_u se establece en la Tabla 6.1. y T_a se determinará según los artículos 6.2.3.1 y 6.2.3.2.

Tabla 6.1. Coeficiente para el límite superior del periodo de cálculo

a_s	C_u
$\geq 0,35$	1,40
0,25	1,45
0,15	1,60
$\leq 0,08$	1,70
Pueden interpolarse valores intermedios	

6.2.3.1. Período fundamental aproximado (procedimiento general)

El período fundamental aproximado T_a , en segundos, será determinado según la siguiente expresión:

$$T_a = C_r (H)^x \quad [6.8]$$

Los valores de C_r y x se obtienen de la Tabla 6.2.

6.2.3.2. Período fundamental aproximado (edificios regulares con muros o tabiques)

Para mampostería y tabiques de hormigón armado en construcciones regulares o con irregularidad baja o media:

$$T_a = \frac{0.0062}{\sqrt{C_w}} H \quad [6.9]$$

dónde:

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^n \left(\frac{H}{h_{wi}} \right)^2 \left[\frac{A_{wi}}{1 + 0,83 \left(\frac{h_{wi}}{L_{wi}} \right)^2} \right] \quad [6.10]$$

Tabla 6.2. Valores de C_r y x para la determinación del periodo fundamental aproximado

<i>Tipo Estructural</i>	C_r	x
Sistemas tipo pórtico de acero que resisten el 100% del corte basal requerido sin incorporación de componentes que restrinjan deformaciones (p. ej. mampostería, diagonales).	0,0724	0,80
Sistemas tipo pórtico de hormigón armado que resisten el 100% del corte basal sin incorporación de componentes que restrinjan deformaciones (p. ej. mampostería, diagonales).	0,0466	0,90
Sistemas tipo pórticos de acero con diagonales excéntricas o diagonales de pandeo restringido.	0,0731	0,75
Otros sistemas estructurales	0,0488	0,75

6.2.4. Distribución de acciones sísmicas

Las fuerzas sísmicas se distribuirán entre los elementos resistentes de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 8.

6.2.4.1. Distribución en altura

La fuerza sísmica horizontal F_k aplicada en el baricentro de la carga gravitatoria W_k ubicada en el nivel k , se determinará mediante la siguiente expresión:

$$F_k = \frac{W_k h_k V_o}{\sum_{i=1}^n W_i h_i} \quad [6.11]$$

Cuando el período fundamental T , sin el límite dado por la expresión [6.7], resulte mayor que $2T_2$, la distribución en altura se realizará mediante las siguientes expresiones:

para masas intermedias:

$$F_k = \frac{0,9 W_k h_k V_o}{\sum_{i=1}^n W_i h_i} \quad [6.12]$$

para la última masa:

$$F_n = \frac{0,9 W_n h_n V_o}{\sum_{i=1}^n W_i h_i} + 0,1 V_o \quad [6.13]$$

6.2.4.2. Torsión accidental

A la torsión inherente se le deberá adicionar un momento torsor accidental $M_{ta k}$ que se determinará en cada nivel con la siguiente expresión:

$$M_{ta k} = F_k e_{ak} \quad [6.14]$$

Tabla 6.3. Excentricidad Accidental

<i>Irregularidad Torsional (Ver Tabla 2.3.)</i>	<i>Excentricidad Accidental e_{ak}</i>
Estructura torsionalmente regular o con irregularidad torsional baja	0 (cero)
Estructura con irregularidad torsional media	+/- 5% de la longitud de la planta en el nivel k , perpendicular a la dirección de aplicación de las fuerzas.
Estructura con irregularidad torsional extrema	+/- 10% de la longitud de la planta en el nivel k perpendicular a la dirección de aplicación de las fuerzas. Ver 8.3.1.1.

6.3. ACCIONES SÍSMICAS VERTICALES EN COMPONENTES

Adicionalmente a las acciones sísmicas verticales establecidas en 3.5.2, se considerarán acciones sísmicas verticales en componentes sensibles a vibraciones verticales tales como:

- a) Voladizos, balcones y aleros,
- b) Vigas de hormigón pretensado con luces superiores a **10m** y esbelteces geométricas (L/h) superiores a **20**. Losas de hormigón pretensado con luz superior a **8m** y esbeltez geométrica superior a **30**. Estructuras que apean columnas o similares.
- c) Estructuras sensibles a acciones verticales, estructuras con salientes o similares no incluidas en **a)** o en **b)** con período de vibración vertical comprendido entre **0,2** y **1,2 seg**.

Las fuerzas hacia abajo, se evaluarán según la expresión 6.15 y no se superpondrán con E_v .

$$F_v = C_a \gamma_r W_i \quad [6.15]$$

Además se diseñarán para resistir una fuerza vertical hacia arriba no inferior a:

$$F_{vup} = - C_a W_i \quad [6.16]$$

6.4. DEFORMACIONES

Las deformaciones (θ_{sk}) se determinan a partir de los desplazamientos últimos de la construcción (d_u), obtenidos de los desplazamientos para las acciones sísmicas de diseño (d_e), multiplicados por el factor de amplificación de deformaciones C_d y divididos por el factor de riesgo (γ_r). Los desplazamientos de diseño (d_e) provienen del análisis estructural con los espectros elásticos reducidos por el factor de reducción R determinado según el capítulo 5.

$$d_u = C_d d_e / \gamma_r \quad [6.17]$$

6.4.1. Determinación de la distorsión horizontal de piso

La distorsión horizontal de piso θ_{sk} provocada por la excitación sísmica se define como:

$$\theta_{sk} = (d_{ubk} - d_{ubk-1}) / h_{sk} = \Delta_{sk} / h_{sk} \quad [6.18]$$

La distorsión se evaluará considerando el desplazamiento del borde más desfavorable de la construcción. Para el cálculo de las deformaciones se permitirá utilizar el periodo de la construcción sin considerar el límite que impone la expresión [6.7].

6.4.2. Control de deformaciones

La distorsión horizontal de piso máxima calculada según 6.4.1. no excederá los valores límites indicados en la Tabla 6.4 de acuerdo al grupo de construcción a que pertenece la estructura y de las condiciones siguientes:

Condición D: existen elementos no estructurales que pueden ser dañados por las deformaciones impuestas por la estructura.

Condición ND: cuando los elementos no estructurales están vinculados a la estructura de forma que no sufran daños por las deformaciones de ésta.

Tabla 6.4. Valores límite de la distorsión horizontal de piso θ_{sk}

Condición	Grupo de la construcción	
	A _o o A	B
D	0,01	0,015
ND	0,015	0,025

La verificación de la distorsión horizontal de piso no será exigible en estructuras del grupo **C**.

6.5. PARTES DE LA CONSTRUCCIÓN Y COMPONENTES NO ESTRUCTURALES

El análisis de estabilidad, resistencia, anclajes y conexiones de los componentes considerados como partes de la construcción o no estructurales se efectuará de acuerdo con lo indicado en el Capítulo 10.

6.6. INFLUENCIA DE ROTACIONES DE MASAS ALREDEDOR DE EJES HORIZONTALES

Cuando las masas tengan inercia rotacional significativa y se produzcan en ellas rotaciones alrededor de ejes horizontales como consecuencia de las deformaciones de la estructura, se debe considerar la influencia de los grados de libertad rotacionales. Es el caso de estructuras “*tipo péndulo invertido*”, en las que la masa está concentrada en el extremo de un soporte y puede tener dimensiones considerables. Por ejemplo: tanques hongo, torres antena con equipos pesados en la cima, tanques sobre un soporte único.

6.6.1. Casos de consideración obligatoria

Es obligatorio considerar dicha influencia si, aplicando las fuerzas estáticas definidas en 6.1, se cumple que:

$$\sum_{i=1}^n I_{m_i} \theta_i^2 > 0,1 \sum_{i=1}^n W_i \delta_{si}^2 / g \quad [6.19]$$

6.6.2. Evaluación estática de la influencia rotacional

Si el sistema tiene hasta dos masas se puede realizar un análisis estático. Para tomar en cuenta la influencia de la rotación se aplicará una cupla de eje horizontal en cada masa con el mismo sentido que el giro de la masa, determinada por la siguiente expresión:

$$M_{ci} = 1,5 F_i r_i^2 \theta_i / \delta_{si} \quad [6.20]$$

En todo otro caso se debe realizar un análisis dinámico, en cuyo modelo se incluirán los grados de libertad rotacionales que correspondan.

6.7. LIMITACIONES DE APLICACIÓN DEL MÉTODO ESTÁTICO

La aplicación del método estático se limita en función de la altura de la construcción y las condiciones de regularidad en planta y altura de acuerdo a lo especificado en 2.7.2.

CAPÍTULO 7. MÉTODOS DINÁMICOS

7.0. SIMBOLOGÍA

- C_a parámetro característico del espectro de diseño.
- C_d factor de amplificación de deformaciones.
- C_m ordenada espectral reducida para el modo m .
- R factor de reducción.
- S_{am} ordenada espectral correspondiente al período del modo m .
- T período fundamental de la construcción.
- V_{od} corte basal obtenido del análisis dinámico.
- V_{odi} corte basal obtenido del análisis dinámico para el acelerograma i .
- V_{oe} corte basal obtenido del método estático.
- $a_{máx}$ aceleración máxima del acelerograma.
- d_e desplazamiento elástico de la construcción.
- d_{em} desplazamiento elástico de la construcción para el modo m .
- d_u desplazamiento último de la construcción.
- d_{um} desplazamiento último de la construcción para el modo m .
- d_{ubk} desplazamiento horizontal último del nivel k , medido en el borde más desfavorable de la construcción.
- d_{ubk-1} desplazamiento horizontal último del nivel $k-1$, medido en el borde más desfavorable de la construcción.
- h_{sk} altura del nivel o piso k .
- Δ_{sk} diferencia entre desplazamientos horizontales correspondiente a cabeza y pie del nivel k , medidos en el borde más desfavorable de la construcción.
- γ_r factor de riesgo.
- θ_{sk} distorsión horizontal de piso del nivel k .

7.1. GENERALIDADES

Este reglamento considera los siguientes procedimientos para análisis dinámico: modal espectral, de respuesta lineal en el tiempo.

7.1.1. Aplicación de la excitación sísmica

La excitación sísmica se supondrá actuando en los apoyos del modelo vibratorio, según las direcciones indicadas en el Capítulo 3.

Adicionalmente deberá considerarse la acción sísmica vertical en componentes de acuerdo a lo establecido en 6.3 y 3.5.2.

7.1.2. Modelo vibratorio de análisis

Para propósito de análisis se admite considerar estructura con base fija. Alternativamente se permite considerar deformabilidad del suelo de fundación.

Deberá incluir un número de grados de libertad dinámicos acorde con las características de la estructura para representar convenientemente los modos naturales más significativos de la respuesta dinámica. Las masas asociadas a los grados de libertad se determinarán según lo establecido en el Capítulo 3.

El modelo estructural deberá considerar el carácter espacial de la estructura. En estructuras con diafragmas rígidos incluirá dos grados de libertad traslacionales y un grado de libertad rotacional por diafragma. Las estructuras sin diafragmas rígidos deberán modelarse con grados de libertad adicionales para representar la influencia de los movimientos relativos entre las masas.

Las masas en estructuras de edificios se podrán discretizar en los niveles de losas de entrepiso y techo y, cuando se considere la interacción suelo estructura, a nivel de platea o manto de fundación.

Los grados de libertad dinámicos asociados con rotaciones alrededor de ejes horizontales deberán ser especialmente tenidos en cuenta en las estructuras que requieran la consideración del acoplamiento dinámico entre desplazamientos verticales y horizontales para su evaluación. Se empleará la condición establecida en la Sección 6.6 para determinar esa necesidad.

El modelo analítico debe incluir todos los elementos que puedan restringir la deformación de la construcción, sean reglamentariamente considerados estructurales o no (ver 8.3.).

7.1.3. Determinación de la respuesta

Para la determinación de la respuesta puede aplicarse cualquier procedimiento, siempre que esté fundado en los principios de la dinámica estructural. El proyectista debe justificar la aplicabilidad del método, la validez del modelo y la validez de los resultados.

7.2. PROCEDIMIENTO MODAL ESPECTRAL

El procedimiento modal espectral consiste en el análisis de un modelo matemático lineal de la estructura para determinar las aceleraciones, fuerzas y desplazamientos máximos resultantes de la respuesta dinámica al movimiento del suelo representado por el espectro de diseño. Cuando la estructura presente doble simetría e irregularidad torsional baja (renglón 1_a, Tabla 2.3) se admite analizar cada dirección por separado con modelos planos.

7.2.1. Determinación de los modos naturales de vibración

Para la determinación de los modos naturales de vibración, se admitirá que los materiales se comportan en forma lineal elástica. Para la rigidez de elementos de hormigón y mampostería se considerarán las secciones fisuradas de acuerdo con lo establecido en las **Partes II y III** de este Reglamento.

7.2.2. Determinación de la respuesta

La ordenada espectral para cada modo se determinará mediante:

$$C_m = S_{am} \gamma_r / R \quad [7.1]$$

7.2.3. Modos a considerar

Se incluirán todos los modos significativos. Esta condición es satisfecha si los modos considerados representan la contribución de al menos el **90%** de la masa total de la construcción para cada una de las direcciones analizadas.

7.2.4. Superposición modal

Para obtener el efecto total en una dirección de análisis, se utilizará el procedimiento de superposición cuadrática completa (**CQC**). Si los períodos de los modos a superponer están separados más del **10%** del valor sucesivo se puede aplicar la superposición cuadrática simple (**SSRS**: raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los efectos modales).

7.2.5. Solicitaciones mínimas

Cuando el corte basal obtenido mediante el análisis modal espectral sea inferior al **85%** del corte basal obtenido por el método estático (según 6.2.), las solicitaciones de diseño obtenidas por el método modal espectral se modificarán por el factor:

$$0,85 V_{oe} / V_{od} \quad [7.2]$$

7.2.6. Torsión Accidental

Para cada dirección de análisis, los efectos torsionales se tendrán en cuenta mediante el desplazamiento de las masas una distancia igual a la excentricidad accidental definida en el artículo 6.2.4.2.

7.2.7. Deformaciones

Las deformaciones (θ_{sk}) se determinan a partir de los desplazamientos últimos de la construcción (d_u), obtenidos como superposición de los desplazamientos últimos de cada modo (d_{um}) según el artículo 7.2.4.

Los desplazamientos últimos de la construcción en el modo m (d_{um}) se obtendrán de los desplazamientos elásticos de dicho modo (d_{em}), multiplicados por el factor de amplificación de deformaciones C_d y divididos por el factor de riesgo (γ_r). Los desplazamientos elásticos en el modo m (d_{em}) provienen del análisis estructural con los espectros elásticos reducidos por el factor de reducción R , según indica la expresión [7.1].

$$d_{um} = C_d d_{em} / \gamma_r \quad [7.3]$$

La distorsión horizontal de piso θ_{sk} provocada por la excitación sísmica se define como:

$$\theta_{sk} = (d_{ubk} - d_{ubk-1}) / h_{sk} = \Delta_{sk} / h_{sk} \quad [7.4]$$

La distorsión se evaluará considerando el desplazamiento del borde más desfavorable de la construcción.

La distorsión horizontal de piso máxima calculada no excederá los valores límites indicados en 6.4.2.

7.3. PROCEDIMIENTO DE RESPUESTA LINEAL EN EL TIEMPO

El procedimiento de respuesta lineal en el tiempo consiste en el análisis de un modelo matemático lineal de la estructura para determinar su respuesta en el tiempo, a través de la integración numérica como respuesta, a la excitación de acelerogramas compatibles con los espectros de diseño de cada sitio.

7.3.1. Acelerogramas a utilizar

Las características de cada acelerograma a emplear serán tales que se satisfagan las siguientes condiciones:

a) La aceleración máxima será: $a_{m\acute{a}x} \geq \gamma_r C_a$ [7.5]

b) Para los periodos comprendidos entre $0,2 T$ y $1,5 T$, la media de las ordenadas de los espectros de respuestas para los acelerogramas analizados no será inferior que la ordenada correspondiente al espectro de diseño establecido en el Capítulo 3 amplificadas por γ_r .

Se aplicará un mínimo de tres acelerogramas. Cuando no se dispongan de registros de terremotos, podrán utilizarse acelerogramas obtenidos por simulación numérica que cumplan las

mismas condiciones que los registros reales. Cuando la construcción se ubique en zonas próximas a fallas se deberán incluir acelerogramas con pulsos largos e intensos de aceleración.

7.3.2. Solicitaciones

Las solicitaciones requeridas surgirán de promediar las correspondientes a las obtenidas por la aplicación de cada acelerograma reducidas por R .

Cuando el corte basal obtenido mediante el análisis de respuesta en el tiempo V_{odi} de cada acelerograma sea inferior al **85%** del corte basal obtenido por el método estático (según 6.2.), las solicitaciones para cada acelerograma se obtendrán modificando el correspondiente parámetro de respuesta por el factor:

$$0,85 V_{oe} / V_{odi} \quad [7.6]$$

7.3.3. Torsión Accidental

Para cada dirección de análisis, los efectos torsionales se tendrán en cuenta mediante el desplazamiento de las masas una distancia igual a la excentricidad accidental definida en el artículo 6.2.4.2.

7.3.4. Deformaciones

Los desplazamientos elásticos (d_e) surgirán de promediar los correspondientes a los obtenidos por la aplicación de cada acelerograma reducidos por R .

Para el control de deformaciones (θ_{sk}) se utilizarán los desplazamientos últimos de la construcción (d_u). Estos se obtienen a partir de los desplazamientos elásticos (d_e), multiplicados por el factor de amplificación de deformaciones (C_d) y reducidos por el factor de riesgo (γ_r).

$$d_u = C_d d_e / (R \cdot \gamma_r) \quad [7.7]$$

La distorsión horizontal de piso θ_{sk} provocada por la excitación sísmica se define como:

$$\theta_{sk} = (d_{ubk} - d_{ubk-1}) / h_{sk} = \Delta_{sk} / h_{sk} \quad [7.8]$$

La distorsión se evaluará considerando el desplazamiento del borde más desfavorable de la construcción.

La distorsión horizontal de piso máxima calculada no excederá los valores límites indicados en 6.4.2.

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

8.0. SIMBOLOGÍA

C_d	factor de amplificación de deformaciones.
CE	coeficiente de estabilidad.
E_s	módulo de deformación dinámica del suelo.
P_k	carga gravitatoria total operante sobre el nivel k , incluido éste.
R	factor de reducción.
S_e	solicitaciones para acción en estado elástico.
S_u	solicitaciones últimas reducidas obtenidas según este Reglamento.
V_k	esfuerzo de corte en el nivel k .
V_n	resistencia lateral de piso.
V_{ni}	resistencia nominal a corte del elemento i .
W_i	carga gravitatoria operante en el nivel i .
Y_k	distancia de la construcción al eje medianero o al eje de la junta sísmica en el nivel k .
Y_{ke}	distancia del eje de junta sísmica a la construcción existente en el nivel k .
d_{ebk}	máximo desplazamiento horizontal elástico de borde del nivel k de la construcción.
d_{ubk}	desplazamiento horizontal último del nivel k , medido en el borde más desfavorable de la construcción.
h_k	altura del nivel o piso k medida desde el nivel de referencia.
h_{sk}	altura del nivel o piso k , comprendida entre los niveles k y $k-1$.
n	número de niveles o masas.
β	relación entre el corte de diseño y la capacidad a corte en los elementos ubicados entre el nivel k y el nivel $k-1$.
Δ_{sk}	diferencia entre desplazamientos horizontales correspondiente a cabeza y pie del nivel k , medidos en el borde más desfavorable de la construcción.
γ_r	factor de riesgo.
ψ	coeficiente de amplificación por efecto P-D.

8.1. MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL

La estructura debe ser considerada, en general, como un conjunto espacial sometido a las acciones determinadas según los distintos métodos mencionados en la sección 2.7. Se admitirá el empleo de modelos bidimensionales si la estructura presenta doble simetría e irregularidad torsional baja (renglón 1_a, Tabla 2.3).

8.1.1. Análisis elástico lineal

Se debe considerar la rigidez de la sección fisurada en el caso de materiales no homogéneos (hormigón armado o mampostería), según lo establecido en las **Partes II y III** de este Reglamento. Se admite una redistribución del corte de hasta un **30%** entre los elementos del sistema estructural, manteniendo el equilibrio.

8.1.2. Otros métodos

Se aceptan otros métodos para el análisis estructural. En ese caso el proyectista debe presentar una justificación de los procedimientos y de la interpretación de los resultados a satisfacción de la Autoridad de Aplicación.

8.2. MODELACIÓN ESTRUCTURAL

8.2.1. Deformabilidad de los diafragmas

Se debe considerar la deformabilidad de los diafragmas, excepto en los casos establecidos en 8.2.1.1. o en 8.2.1.2. para los que se admite la simplificación de no considerar la influencia de la deformabilidad de los diafragmas. La condición de los diafragmas y el modo de evaluar su deformabilidad deben constar específicamente en la memoria de la estructura. En cualquier caso se deben cumplir también las condiciones constructivas establecidas en las **partes II, III y IV** de este Reglamento.

8.2.1.1. Diafragma rígido

Se aceptará considerar al diafragma como idealmente rígido si cumple simultáneamente:

- a) El diafragma tiene forma de polígono convexo que puede inscribirse en un rectángulo de relación de lados máxima **1:3**.
- b) Presenta entrantes (formas **L, T, H, E**, etc.) con dimensiones inferiores al **25%** de la longitud del lado paralelo del rectángulo que circunscribe la planta. En construcciones de hasta **3** niveles el límite se extiende al **30%**.
- c) Los huecos o perforaciones (patios, escaleras, ascensores, etc.) con las siguientes condiciones:

- El área máxima de la suma de los huecos es **1/10** del área de la planta.
- La dimensión sumada de todos los huecos máxima en una dirección es **1/3** de la dimensión paralela de la planta en esa dirección.
- Cualquier hueco está separado de los bordes de la planta o de otros huecos como mínimo **1/4** de la dimensión de la planta en esa dirección.
- Dos o más huecos separados entre sí menos de **1/6** de la dimensión paralela de la planta o **1/2** de la dimensión del hueco menor serán considerados una única perforación a los fines de esta sección. Para la aplicación de esta disposición los huecos de forma irregular se podrán considerar rectángulos de dimensiones proporcionales a la relación de dimensiones paralelas del hueco equivalente.

8.2.1.2. Diafragma totalmente flexible

El diafragma puede considerarse totalmente flexible si la máxima deflexión horizontal propia excede el doble del promedio de los desplazamientos relativos (del nivel) de los dos elementos verticales que menos se desplazan. Las deformaciones se calcularán para las fuerzas sísmicas correspondientes. En ese caso, cada uno de los elementos verticales se diseñarán para las acciones correspondientes a su área de influencia y no se considerarán torsiones.

8.2.2. Deformabilidad del suelo

Para construcciones de los grupos **A_o**, **A** se deberá considerar la influencia de la deformabilidad del suelo y de las fundaciones en el modelo de análisis. El proyectista puede considerar esta influencia en cualquier otro caso. Para estimar la influencia de la deformabilidad del suelo se deben tomar valores del módulo de deformación del mismo para acciones instantáneas correspondientes a condiciones dinámicas, **E_s**. En las fundaciones profundas se debe tomar en cuenta la interacción horizontal del suelo. Los métodos a utilizar para evaluar la deformabilidad del suelo deben fundarse en principios aceptados de la mecánica de suelos y deben ser fundamentados por el proyectista.

Las solicitaciones a considerar, cuando el análisis incluye la deformabilidad del suelo deben ser iguales o mayores que el **85%** de las solicitaciones obtenidas considerando la base fija.

8.3. PARTICULARIDADES ESTRUCTURALES

8.3.1. Influencia de las irregularidades estructurales

8.3.1.1. Irregularidades extremas en planta o en altura

Las estructuras con irregularidad torsional extrema (línea **1_c** de la Tabla 2.3) y/o con irregularidad de rigidez extrema (línea **1_c** de la Tabla 2.4), deben ser rediseñadas de manera

que presenten irregularidad torsional y de rigidez media o baja en los casos que se indican a continuación:

En las **zonas 3 y 4** para los destinos **A_o, A y B**,

En las **zonas 0, 1 y 2** para el destino **A_o**.

8.3.1.2. Discontinuidad de componentes en elementos sismorresistentes verticales

Los componentes que soportan otros elementos discontinuos deben diseñarse para las solicitaciones que resultan de agotar la capacidad de los elementos interrumpidos.

Se deben aplicar los principios del diseño por capacidad para determinar dichas solicitaciones de acuerdo con las **partes II, III y IV** de este Reglamento. Cuando sea necesario se utilizará el factor de sobrerresistencia Ω_0 de la Tabla 5.1.

Se admite también el estudio del mecanismo de plastificación local que incluya la transferencia de todos los esfuerzos resistidos por el elemento interrumpido.

8.3.1.3. Discontinuidad fuera del plano de elementos sismorresistentes

Todos los componentes estructurales involucrados en la transferencia de esfuerzos provocados por la discontinuidad, incluido el diafragma, deben verificarse para la combinación más desfavorable de las solicitaciones propias y de las derivadas de la transferencia de esfuerzos.

Adicionalmente se debe verificar que la relación demanda-capacidad del nivel en que aparece la discontinuidad es como mínimo el **90%** de dicha relación en el nivel inmediato superior.

8.3.1.4. Piso débil

Los componentes que producen la discontinuidad de rigidez o resistencia deben ser diseñados en condición elástica. Por lo tanto las solicitaciones reducidas obtenidas a partir de los Capítulos 6 y 7, deberán ser corregidas según:

$$S_e = \frac{S_u R}{1,5} \quad [8.1]$$

Excepción: La condición anterior no se aplica a estructuras de hasta **2** pisos si la resistencia lateral del nivel inferior es al menos **65%** de la resistencia lateral del nivel superior.

Para justificar la clasificación de la regularidad de resistencia en altura (Tabla 2.4, línea **5_a**), la resistencia lateral es la suma de las resistencias de todos los componentes verticales del piso.

$$V_n = \sum V_{n_i} \quad [8.2]$$

El proyectista debe presentar un estudio del mecanismo de plastificación para evaluar la resistencia lateral. Alternativamente se admite la determinación de V_{ni} según los procedimientos indicados en las **partes II, III o IV** de este Reglamento.

8.3.2. Sistemas o componentes estructurales no considerados parte de la estructura sismorresistente

Los componentes o sistemas cuya participación en la resistencia para acciones sísmicas fuera considerada despreciable u omitida por cualquier motivo pero que forman parte de sistemas resistentes para otras acciones, deben ser verificados para las sollicitaciones inducidas por la deformación de la estructura. En particular se debe verificar que el componente en cuestión es capaz de soportar la deformación última impuesta sin perder estabilidad y manteniendo su capacidad para el propósito al que está destinado.

8.3.3. Componentes o sistemas considerados no estructurales

Se deben comprobar las posibles influencias desfavorables de la interacción entre componentes o elementos considerados no estructurales y los elementos o componentes estructurales, durante la deformación de la construcción por las acciones sísmicas.

8.3.4. Influencia de rellenos en pórticos

8.3.4.1. Pórticos con relleno sin interferencias

Sólo se podrán prescindir de la influencia de los rellenos de mampostería cuando estén diseñados de modo que permitan la libre deformación del pórtico sin interferencias. Los rellenos, sus vínculos y en particular su estabilidad lateral se deberán verificar conforme al Capítulo 10.

8.3.4.2. Pórticos con rellenos con interferencias

Cuando los rellenos interfieran con la estructura principal, el conjunto estructural deberá analizarse con y sin la presencia de los rellenos y será diseñada para la envolvente de ambas situaciones. En las zonas próximas a los nudos de las piezas concurrentes se debe comprobar la capacidad a corte para soportar los esfuerzos que provoque la acción del relleno.

8.3.5. Entrepisos sin vigas

Sólo se admiten como diafragmas. No se permiten como parte del sistema sismorresistente principal.

8.4. DEFORMACIONES

8.4.1. Control de la regularidad estructural

En cada dirección en estudio se determinarán los desplazamientos horizontales en los bordes más alejados y su promedio en cada nivel para verificar las condiciones de regularidad en planta según 2.6.1, aplicando la excentricidad accidental requerida.

8.4.2. Control de la distorsión horizontal de piso en las construcciones edilicias

Se ajustará a lo indicado para cada método o procedimiento: método estático (Cap. 6), procedimiento modal espectral o de respuesta lineal en el tiempo (Cap.7).

8.4.3. Comprobación de las condiciones de regularidad en altura

Las distorsiones de los pisos sucesivos se emplearán para verificar las condiciones de regularidad en altura supuestas según 2.6.2.

8.4.4. Efecto P- Delta (Efecto de 2° orden)

Corresponden a las solicitaciones y deformaciones adicionales provocadas por las cargas gravitatorias sobre la estructura deformada por las acciones sísmicas.

8.4.4.1. Consideración del efecto P-Delta

Los efectos P-Delta deberán tomarse en cuenta en las deformaciones y solicitaciones en los componentes cuando en algún nivel el coeficiente de estabilidad **CE** verifique la siguiente condición:

$$CE = \frac{P_k \Delta_{sk} \gamma_r}{V_k h_{sk} C_d} \geq 0,10 \quad [8.3]$$

Con
$$P_k = \sum_{i=k}^n W_i \quad [8.4]$$

Cuando el valor del coeficiente de estabilidad **CE** supera el valor máximo dado por la expresión 8.5, la estructura es potencialmente inestable y debe ser rediseñada.

$$CE_{MÁX} = \frac{0,5}{\beta C_d} < 0,25 \quad [8.5]$$

Donde β es la relación entre el corte de diseño y la capacidad a corte en los elementos ubicados entre el nivel **k** y el nivel **k-1**. En forma conservadora se admite tomar $\beta = 1,0$.

8.4.4.2. Evaluación de los efectos P-Delta

Cuando el coeficiente de estabilidad **CE** sea mayor que **0.10** pero menor o igual que **CE_{MÁX}** el factor incremental relativo a los efectos **P-D** sobre los desplazamientos y solicitaciones en los componentes deberá ser determinado por medio de un análisis racional.

En forma alternativa se admite la forma simplificada de considerar los efectos P-Delta mediante la amplificación las deformaciones y los esfuerzos por el coeficiente de amplificación siguiente:

$$\Psi = \frac{1,0}{(1,0 - CE)} \quad [8.6]$$

8.4.5. Efectos de martilleo, separaciones y juntas sísmicas

Para controlar los efectos de impacto entre construcciones adyacentes o entre cuerpos estructuralmente independientes de una misma construcción, se deberán proyectar y construir separaciones y juntas sísmicas de ancho suficiente.

8.4.5.1. Separación entre construcciones nuevas y existentes

Toda nueva construcción deberá proyectarse y construirse separada de las construcciones existentes.

Excepción: Se permitirá la continuidad de las construcciones adyacentes cuando se cumpla simultáneamente:

- a) El conjunto estudiado como una única estructura espacial satisface todos los requerimientos del Reglamento.
- b) La vinculación entre ambas construcciones tiene la capacidad necesaria para soportar las acciones resultantes de la unión.
- c) Los niveles de los diafragmas horizontales difieren hasta el **30%** del canto del componente vertical más débil en la dirección de la unión.
- d) Los períodos propios de las construcciones adyacentes (supuestas independientes) difieren hasta el **15%**.

8.4.5.2. Separación de una construcción en bloques

Las construcciones irregulares en planta o elevación se proyectarán como cuerpos regulares por medio de separaciones sísmicas que deben cumplir lo indicado en 8.4.5.3, salvo que se compruebe satisfactoriamente la posibilidad de funcionamiento conjunto y se apliquen los procedimientos correspondientes de acuerdo a 2.7. No es necesario prolongar las juntas o separaciones por debajo del nivel de suelo (fundaciones) si éstas tienen por objeto la separación dinámica de las construcciones.

8.4.5.3. Dimensionamiento de separaciones y juntas sísmicas

La distancia Y_k de la construcción al eje medianero o al eje de la junta sísmica en cada nivel deberá cumplir simultáneamente las condiciones siguientes:

$$\text{a) } Y_k \geq 1,05d_{ubk} \quad [8.7]$$

$$\text{b) } Y_k \geq 2,5\text{cm} \quad [8.8]$$

En el caso de construcciones existentes, se define como eje de la junta sísmica a una línea que dista de dicha construcción:

$$\text{c) } Y_{ke} \geq 2,5\text{cm} \quad [8.9]$$

$$\text{d) } Y_{ke} \geq 1,05d_{ubke} \quad [8.10]$$

El subíndice “e” indica “**existente**”. En sustitución de la evaluación de los desplazamientos de la construcción existente se aceptará:

$$\text{e) } Y_{ke} \geq 0,025h_k \quad [8.11]$$

El desplazamiento d_{ubk} es el máximo desplazamiento horizontal último de borde del nivel k de la construcción, reducido por γ_r .

$$d_{ubk} = C_d d_{ebk} / \gamma_r \quad [8.12]$$

CAPÍTULO 9. PARTICULARIDADES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

9.0. SIMBOLOGÍA

- A_B área en planta de una base de fundación.
- C coeficiente sísmico de diseño de Tabla 4.1 o apartado 6.2.2. según corresponda.
- H altura de la construcción.
- H_u fuerza horizontal aplicada en la base o zapata analizada.
- $L_{mín}$ dimensión mínima de la planta.
- L_F distancia entre puntos de apoyo considerados.
- N^* carga vertical actuante en la fundación menos cargada de dos que se conectan.
- N_u carga axial en el arriostramiento de fundaciones.
- S_u sollicitación requerida para cada estado límite a verificar.
- S_n capacidad nominal de la fundación (Sollicitación última del suelo).
- c cohesión del suelo de fundación.
- ΔL desplazamiento relativo entre fundaciones no vinculadas.
- f_d factor dado por la Tabla 9.1.
- ϕ factor de reducción de resistencia.
- ϕ^* ángulo de fricción suelo fundación.

9.1. DIAFRAGMAS

Los diafragmas que conforman las estructuras de cubiertas y entrepisos pueden ser materializados con cualquier tipo estructural o constructivo.

9.1.1. Sollicitaciones en el diafragma debidas a la acción sísmica

El diafragma deberá ser diseñado y dimensionado para resistir sollicitaciones en su plano. Con las fuerzas actuantes sobre el diafragma se evaluarán las sollicitaciones en su plano aplicando los métodos de análisis correspondientes al tipo estructural del diafragma. Las sollicitaciones de origen sísmico se combinarán con las debidas a otras acciones que corresponda considerar simultáneamente.

9.1.2. Verificación de conexiones y colectores

Las conexiones entre los diafragmas y los elementos verticales, así como las conexiones entre los diafragmas y las masas concentradas que pudieran aplicar acciones sísmicas al diafragma deben ser diseñadas para garantizar tanto la trasmisión de los esfuerzos resultantes de sus propias acciones como la distribución de las acciones sísmicas.

Si se utilizaran colectores para transferir las acciones entre los elementos resistentes y el diafragma o entre partes del mismo diafragma se deberá presentar un análisis racional de las acciones y solicitaciones en ellos, diseñándolos por capacidad.

9.2. FUNDACIONES

El proyecto de fundaciones deberá realizarse de acuerdo con principios establecidos de la Mecánica de Suelos, basados en la capacidad de carga (carga última) de las mismas o en el control de deformaciones.

Los reglamentos específicos o la Autoridad de Aplicación correspondientes establecerán la extensión y el alcance de los estudios de suelo a realizar para el proyecto de fundaciones en cada jurisdicción. Para construcciones eximidas de estudios geotécnicos la Autoridad de Aplicación definirá los parámetros para el diseño de las fundaciones.

9.2.1. Capacidad del suelo de fundación

La evaluación de la capacidad del suelo tomará en cuenta la cercanía a los límites del predio y la superposición de efectos con otras fundaciones.

Se admite adoptar una distribución uniforme de presiones en estado último, cuya resultante debe pasar por el punto de aplicación de la acción. Para cada combinación de cargas se debe cumplir:

$$S_u \leq \phi S_n \quad [9.1]$$

Para combinaciones de acciones que no incluyen sismo $\phi = 0,4$ [9.2]

Para combinaciones de acciones que incluyen sismo $\phi = 0,7$ [9.3]

Si las solicitaciones en las fundaciones se determinan a partir de las condiciones de diseño por capacidad en la superestructura, se puede adoptar $\phi = 1$ en las combinaciones que incluyan sismo. El límite superior de las solicitaciones son las correspondientes al comportamiento elástico del sistema estructural.

9.2.2. Fundaciones profundas

El proyectista determinará las solicitaciones mediante un análisis racional que considere la interacción del suelo con la estructura de fundación y la superestructura. Si los componentes del sistema de fundación atravesaran un estrato licuable el análisis de la interacción suelo estructura deberá considerar esa condición.

Pilotes o cilindros en tracción deberán verificarse considerando el comportamiento del suelo que rodea al pilote bajo excitación sísmica.

9.2.3. Fundaciones superficiales en suelos potencialmente licuables

Se admiten fundaciones superficiales en suelos potencialmente licuables sólo en construcciones de los grupos de destino **A**, **B** y **C** si el sistema de fundación se diseña para controlar los efectos de la licuación. Se considerarán controlados los efectos de la licuación en las construcciones de los grupos **A**, **B** o **C** si se cumplen simultáneamente las condiciones siguientes:

- a) La estructura está constituida por muros portantes,
- b) La altura es inferior a **7m** y hasta dos pisos,
- c) La presión media transmitida al suelo es menor que **0,06 MPa**,
- d) La relación H/L_{min} es inferior a **0,7**.

9.2.4. Arriostramiento de fundaciones

Las fundaciones estructuralmente aisladas (bases, pilotes, cilindros) deben vincularse mediante un sistema de arriostramiento que limite los desplazamientos relativos entre los puntos de apoyo de la superestructura, en ambas direcciones de análisis.

Los arriostramientos deben ubicarse al nivel de los cabezales de las fundaciones profundas o entre el coronamiento y el plano de fundación de las bases y zapatas.

9.2.4.1. Dimensionamiento de los arriostramientos

En las **zonas sísmicas 1, 2, 3 y 4**, los arriostramientos deberán ser dimensionados para las sollicitaciones derivadas de la transferencia de esfuerzos entre la superestructura, la fundación y el terreno.

Los esfuerzos axiales para dimensionar el sistema de arriostramiento se determinarán mediante un análisis racional. En caso contrario se deben considerar esfuerzos axiales de tracción o compresión capaces de equilibrar una acción horizontal aplicada sobre la base igual al mayor valor entre:

$$H_u = \pm C N^* \quad [9.4]$$

$$H_u = \pm (tg \phi^* N^* + cA_B) \quad [9.5]$$

Se deben considerar otras sollicitaciones provenientes de la deformación de la superestructura y del suelo, como por ejemplo flexiones debidas a la rotación de los elementos. No es necesario considerar el pandeo en riostras embebidas en el terreno o losa de piso.

En la **zona sísmica 0** se dimensionarán arriostramientos con los esfuerzos siguientes:

a) Para fundaciones superficiales $N_u = 0,07N^*$ [9.6]

b) Para fundaciones profundas $N_u = 0,10N^*$ [9.7]

9.2.4.2. Prescendencia de los arriostramientos

Se podrán omitir los arriostramientos si se determina mediante un análisis racional a satisfacción de la Autoridad de Aplicación que se han tomado en cuenta los efectos de desplazamientos relativos en la evaluación de la acción sísmica y en el análisis de la estructura.

Es suficiente considerar un desplazamiento relativo entre las fundaciones no vinculadas dado por:

$$\Delta L = L_F / f_d \quad [9.8]$$

Tabla 9.1. Factor f_d para cálculo de desplazamientos relativos

Zona sísmica	Tipo Espectral 1	Tipo Espectral 2	Tipo Espectral 3
4	1000	750	650
3	1100	850	750
2	1200	950	850
1	1300	1050	950

9.2.4.3. Losas de fundación o de arriostramiento

Las losas de fundación (plateas) o las losas construidas como arriostramiento deberán soportar las acciones establecidas en 9.2.4.1. y serán analizadas siguiendo los lineamientos establecidos para los diafragmas.

9.3. SEPARACIONES Y JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

Los espacios de separaciones y juntas deben quedar completamente libres de obstáculos, escombros, etc., para permitir los desplazamientos relativos de las construcciones adyacentes, en cualquier dirección. Esta condición debe mantenerse a través del tiempo.

Cuando se empleen cubrejuntas, deberán diseñarse y construirse de manera que permitan los movimientos relativos sin alterar la función específica de la separación o junta.

Las instalaciones y equipamientos deben diseñarse y construirse de modo que permitan el movimiento pretendido en las separaciones entre cuerpos constructivos.

No es necesario prolongar las juntas o separaciones por debajo del nivel de suelo si éstas tienen por objeto la separación dinámica de las construcciones.

CAPÍTULO 10. PARTES DE LA CONSTRUCCIÓN Y COMPONENTES NO ESTRUCTURALES

10.0. SIMBOLOGÍA

- C_a parámetro característico del espectro de diseño.
- C_{pk} coeficiente sísmico de diseño para la parte o componente.
- F_p fuerza sísmica de la parte de la construcción.
- I_p factor de importancia del componente no estructural.
- L_p distancia del centro de masa del componente al vínculo de fijación.
- R_p factor de modificación de respuesta de la parte o componente no estructural.
- W_p peso de la parte o componente que se estudia.
- H altura total de la construcción sobre el nivel de referencia.
- d_{ep} deformaciones elásticas en la parte o componente debidas a F_p .
- d_{up} deformaciones últimas en la parte o componente debidas a F_p .
- a_p factor de amplificación dinámica.
- f_{hk} factor de magnificación en altura.
- z altura donde se ubica la parte o componente medida desde el nivel de referencia.
- θ_{up} distorsión última de la parte o componente no estructural.
- $\theta_{pmáx}$ distorsión máxima de la parte o componente no estructural.

10.1. ALCANCE

Este capítulo establece los criterios mínimos de diseño para componentes que estén fijados a la estructura principal de forma permanente, sean o no estructurales. Se aplica a todo elemento vinculado cuyo peso es hasta el **25%** del peso sísmico efectivo del nivel al que está unido en la estructura principal.

Cuando el peso del componente es mayor al **25%** del peso sísmico efectivo del nivel al que está unido en la estructura principal se deberá analizar la construcción en conjunto con masas o pesos independientes para los componentes o subconjuntos.

Las partes, componentes o elementos, deben ser vinculados directa o indirectamente a la estructura principal. Los componentes, sus soportes y fijaciones deben ser diseñados y dimensionados para soportar las acciones establecidas en este capítulo.

La aplicación de estas disposiciones a componentes o elementos tales como equipos eléctricos o mecánicos es responsabilidad de los especialistas encargados de su diseño o provisión o, en su defecto, del propietario.

Las disposiciones de este capítulo no son aplicables a construcciones del Grupo **C**.

10.2. EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA SOBRE PARTES DE LA CONSTRUCCIÓN

Todo componente o parte debe diseñarse para resistir una fuerza horizontal F_p definida por la expresión 10.1.

$$F_p = C_{pk} W_p \quad [10.1]$$

$$C_{pk} = I_p \frac{C_a a_p f_{hk}}{R_p} \quad [10.2]$$

Con $0,75 C_a I_p \leq C_{pk} \leq 4,00 C_a I_p$ [10.3]

Cada parte o componente debe ser analizado en todas las direcciones horizontales en que es posible el movimiento relativo respecto de la masa o construcción principal a la que está fijado. Para componentes con posibilidad de vibración en dirección vertical se aplicarán los artículos 3.5.2. y 6.3.

10.2.1. Factor de importancia

El componente es de “**Importancia Alta**” con factor de importancia $I_p=1,5$ cuando:

- Se requiere la integridad del componente para la seguridad de vida de los ocupantes de la construcción luego de un terremoto; por ejemplo: dispositivos del sistema contra incendio, escaleras de emergencia.
- Los componentes llevan o contienen sustancias tóxicas, explosivas o altamente peligrosas.
- El componente forma parte de una construcción del grupo **A_o**.

En todos los otros casos el componente es de “**Importancia Normal**” con factor de importancia $I_p=1,0$.

10.2.2. Factor de amplificación dinámica

El factor de amplificación dinámica a_p tiene en cuenta la relación de frecuencias entre el o los modos de vibración de la estructura principal y el modo de vibración del componente. Su valor se obtendrá de la Tabla 10.1 y 10.2.

10.2.3. Factor de modificación de respuesta

El factor de modificación de respuesta R_p se obtendrá de las Tablas 10.1 y 10.2. Para los componentes o partes que puedan afectar a otros de mayor riesgo se utilizará el menor factor correspondiente a los elementos afectados. Para casos no contemplados en las Tablas 10.1 y 10.2 el proyectista podrá asignar el factor por analogía a casos similares o bien adoptar un factor de reducción en función del tipo estructural que sustenta el componente con un valor igual al **50%** de los valores fijados en la Tabla 5.1, pero nunca mayor a **3**. En los casos que se requiera comportamiento elástico se podrá utilizar el valor de $R_p=1$.

Tabla 10.1. Factor de riesgo y modificación de respuesta para componentes arquitectónicos

	Sistemas o componentes arquitectónicos	a_p	R_p
1	Muros exteriores de mampostería en general	1,0	1,5
2	Muros interiores de mampostería en general	1,0	2,0
3	Paredes de paneles de yeso o paneles frágiles con peso menor a 0,4 kN/m²	1,0	2,5
4	Paredes de paneles dúctiles con peso menor a 0,4 kN/m²	1,0	3,0
5	Señalizaciones y cartelera	2,5	$\leq 3,0$ ⁽¹⁾
6	Cielorrasos suspendidos de materiales frágiles	1,0	2,0
7	Cielorrasos suspendidos de materiales dúctiles	1,0	2,5
8	Ventanas, carpinterías, muros cortina	1,5	1,5
9	Cuerpo emergente de azotea o cubierta, chimeneas, torres de enfriamiento, tanques de agua, parapetos, etc. a) Próximos al perímetro de la construcción b) Otros casos	2,5	$\leq 3,0$ ⁽¹⁾
		2,0	$\leq 3,0$ ⁽¹⁾
10	Elementos o componentes colgantes a) En el exterior b) En el interior de locales	1,5	$\leq 3,0$ ⁽¹⁾
		1,0	$\leq 3,0$ ⁽¹⁾
11	Escaleras de emergencia que no forman parte de la estructura principal	1,0	$\leq 3,0$ ⁽¹⁾
12	Accesorios y adornos	2,5	2,5
13	Rampas de accesos y pasarelas	1,0	1,5
14	Cabinas y casillas con altura superior a 1,80 m , incluido sus contenidos	1,0	2,5
15	Bibliotecas o estanterías para objetos con peso específico mayor a 10 kN/m³ en el interior de locales	1,0	2,5

⁽¹⁾ Se definirá como el **50%** del valor correspondiente al tipo estructural de la parte o componente según la tabla 5.1 con el límite superior indicado en esta tabla.

Tabla 10.2. Factor de riesgo y modificación de respuesta para componentes mecánicos y eléctricos

	Sistemas o Componentes Mecánicos y Eléctricos	a_p	R_p
1	Equipos de acondicionamiento de aire, ventiladores y otros equipos construidos con chapas de acero conformado	2,5	6,0
2	Calderas, hornos, tanques enfriadores, calentadores de agua	1,0	2,5
3	Motores, bombas, turbinas, compresores	1,0	2,5
4	Equipos de laboratorio	1,0	2,5
5	Recipientes para gases, líquidos o materiales sueltos apoyados sobre el piso	1,0	2,5
6	Recipientes para gases, líquidos o materiales sueltos apoyados sobre soportes	2,5	2,5
7	Ascensores y montacargas	1,0	2,5
8	Equipos de comunicación, informáticos, instrumentos de medición y sistemas de control	1,0	2,5
9	Equipos y sistemas de potencia eléctrica: subestaciones, tableros, etc.	1,0	2,5
10	Torres y antenas de transmisión construidas de materiales dúctiles	2,5	3,0
11	Artefactos de iluminación	1,0	1,5
12	Ductos y tuberías construidas de materiales frágiles como vidrio, plástico no dúctil, fundición de acero	2,5	3,0
13	Ductos, tuberías y sus fijaciones construidas de materiales dúctiles	2,5	6,0

10.2.4. Factor de magnificación en altura

El factor de magnificación en altura f_{hk} para cada nivel k se determinará mediante la siguiente expresión.

$$f_{hk} = 1 + 2 \frac{Z}{H} \quad [10.4]$$

10.3. SOPORTES, VÍNCULOS Y FIJACIONES

Los soportes, vínculos y fijaciones de la parte o componente deben resistir las solicitaciones que origine la fuerza F_p definida en 10.2. Las fuerzas por fricción debidas a las acciones gravitatorias no se tomarán en cuenta para el diseño y verificación de soportes, vínculos y fijaciones. Los vínculos y las uniones se dimensionarán de acuerdo con las **Partes II, III y IV** de este Reglamento.

10.4. DEFORMACIONES

Se deben verificar los efectos de las deformaciones de las partes o componentes y de sus soportes y vínculos, en particular por los posibles golpes o daños del componente o de elementos adyacentes debidos a la deformación. Las deformaciones últimas se determinarán mediante la siguiente expresión:

$$d_{up} = 1,2 d_{ep} R_p \quad [10.5]$$

Las distorsiones últimas θ_{up} , calculadas como la deformación última d_{up} dividida por la distancia del vínculo al centro de masa de la parte en estudio L_p , no podrán exceder los valores de la Tabla 10.3.

$$\theta_{up} = d_{up}/L_p \leq \theta_{pm\acute{a}x} \quad [10.6]$$

Tabla 10.3. Distorsión máxima permitida

Grupo destino	Distorsión máxima $\theta_{pm\acute{a}x}$
A_o	1,0 %
A	1,5 %
B	2,0 %

10.5. ANÁLISIS POR MÉTODOS DINÁMICOS

Las partes o componentes y sus vínculos a la construcción pueden ser analizados por métodos dinámicos del capítulo 7, para ello se utilizarán los espectros de diseño del capítulo 3. El factor de importancia y el factor de modificación de respuesta deben responder a lo establecido en este capítulo.

CAPÍTULO 11. CONSTRUCCIONES EXISTENTES

11.0. SIMBOLOGÍA

- V_n **capacidad** nominal a corte en la base de la construcción para la distribución de fuerzas horizontales previstas en este Reglamento.
- V_u **demanda** de corte en la base de la construcción para la distribución de fuerzas horizontales previstas en este Reglamento.
- r índice de seguridad de la construcción, en %.

11.1. ALCANCES

El presente Capítulo se aplica exclusivamente a las construcciones existentes cuando en ellas se realicen ampliaciones, reformas, consolidaciones o toda otra obra que modifique la seguridad estructural de la construcción. Las construcciones de valor histórico según la Autoridad de Aplicación requerirán la consideración de ese aspecto en el diseño y construcción de la obra.

11.2. DEFINICIONES

Para la aplicación de este capítulo se define:

Obra primitiva: La totalidad de la construcción existente antes de la reforma o consolidación, en el estado en que se encuentra.

Obra subsistente: La totalidad de las partes de la obra primitiva que se dejan subsistentes.

Obra actual: El conjunto de reparaciones, reformas, ampliaciones, consolidaciones o toda otra obra que se realice como sustitución o adición a la obra primitiva.

Obra nueva: El conjunto de la obra subsistente y la obra actual.

Seguridad de Reglamento: La requerida por la aplicación de este Reglamento.

Seguridad de Proyecto: La que corresponde por aplicación del Reglamento vigente al momento de la construcción o a la tecnología propia de la época si el Reglamento no tenía exigencias sismorresistentes.

Programa de sustitución: Programa de reemplazo o reparación completa de partes o la totalidad de la obra subsistente.

11.3. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

En el proyecto y construcción de reparaciones o modificaciones de obras existentes se deben seguir tres principios fundamentales:

- a) Se admiten excepciones a las exigencias de las otras partes de este Reglamento para la obra subsistente con las limitaciones que resultan de este capítulo. La tolerancia de estas excepciones disminuye con la importancia de la obra actual y con el riesgo de la obra subsistente.
- b) La obra nueva debe tener como mínimo la misma seguridad que la obra primitiva y todo elemento reparado debe alcanzar como mínimo la seguridad original.
- c) Se debe estudiar la reducción de riesgos para las partes de la construcción, en particular aquellas que pueden caer al exterior.

11.4. CLASIFICACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES

A los fines de la aplicación de este capítulo las obras se clasifican según las secciones siguientes

11.4.1. Importancia de la obra actual

I3: Obras de poca importancia

Cuando la carga gravitatoria o el valor económico medido por el costo de la construcción son menores que el **10%** de los correspondientes a la obra subsistente y siempre que no se afecten los sistemas sismorresistentes.

I2: Obras de mediana importancia

Cuando la carga gravitatoria o el valor económico medido por el costo de la construcción son menores que el **50%** de los correspondientes a la obra subsistente y siempre que las modificaciones de rigidez y de resistencia de los sistemas sismorresistentes no superen el **10%** de los valores originales.

I1: Obras importantes

Todas aquellas excluidas de los casos anteriores.

11.4.2. Calidad sismorresistente de la obra primitiva

C1: Obras de buena calidad

Las que han sido proyectadas y construidas conforme a las exigencias de este Reglamento y no muestran señales de comportamiento estructural anómalo como fisuras, asentamientos, desplazamientos, deformaciones anormales, etc.

C2: Obras de calidad intermedia

Las que han sido proyectadas y construidas conforme a los reglamentos vigentes al momento de su construcción, tienen sistemas resistentes completos para acciones horizontales (incluidos los efectos de torsión, si correspondiera) y no muestran defectos como fisuras o desplazamientos que evidencien un comportamiento estructural anómalo. También se incluyen en esta categoría las obras que soportaron con defectos leves las intensidades sísmicas establecidas en la Tabla 11.1.

C3: Obras de baja calidad

Las que proyectadas conforme a las exigencias de este Reglamento presentan averías significativas, su ejecución es defectuosa o bien en su construcción no se materializaron las hipótesis de funcionamiento estructural supuesto.

C4: Obras de mala calidad

Las que no fueron proyectadas conforme a esta norma y presentan signos de funcionamiento estructural anómalo, cuya ejecución es defectuosa o bien no tienen un sistema sismorresistente completo. Construcciones que no se ajustaron a los reglamentos vigentes al momento de su ejecución o sin previsiones sismorresistentes.

Tabla 11.1. Intensidad Mercalli modificada para calificar construcciones existentes

Zona sísmica	IMM (intensidad Mercalli modificada)
1	IV
2	V
3	VI
4	VII

11.4.3. Capacidad sismorresistente de la obra primitiva

Se evaluará la acción sísmica por aplicación de los métodos establecidos en los Capítulos 2 a 10 de este Reglamento (demanda). Se evaluará la capacidad de la construcción aplicando los procedimientos correspondientes a cada uno de los materiales (**Partes II, III, IV y V** de este Reglamento). Se evaluará el indicador:

$$r = 100 V_n / V_u \quad [11.1]$$

Las construcciones se clasifican:

$$\underline{\mathbf{S1: Seguridad suficiente}} \quad r \geq 100 \quad [11.2]$$

$$\underline{\mathbf{S2: Seguridad baja}} \quad 100 > r \geq 80 \quad [11.3]$$

$$\underline{\mathbf{S3: Seguridad límite}} \quad 80 > r \geq 60 \quad [11.4]$$

$$\underline{\mathbf{S4: Seguridad insuficiente}} \quad r < 60 \quad [11.5]$$

11.5. EXCEPCIONES PERMITIDAS

La Autoridad de Aplicación podrá admitir excepciones a las exigencias de este Reglamento solamente para la obra subsistente.

11.5.1. En cuanto a capacidad sismorresistente

Las reducciones indicadas en 11.6 para cada categoría.

11.5.2. Exigencias constructivas

Las excepciones deben ser propuestas y fundamentadas por el proyectista a la aprobación de la Autoridad de Aplicación.

11.5.2.1. Construcciones de hormigón armado

- a) Falta de armaduras de confinamiento siempre que la deformación límite esté restringida a **4‰** para el máximo desplazamiento esperado de la estructura.
- b) Cuantía inferior a la mínima siempre que la capacidad esté determinada por la resistencia del hormigón solamente.
- c) Armaduras de diámetro inferior al mínimo si las barras no tienen signos de corrosión y si las diferencias de posición afectan en menos de **10%** la capacidad resistente de la pieza.
- d) Armaduras secundarias (confinamiento o estribos) inferiores a los requeridos siempre que se tome en cuenta su influencia en el posible pandeo de barras principales.

11.5.2.2. Construcciones de mampostería

- a) Falta de encadenados en cerramientos de mampostería no portante si verifican las exigencias de partes de la construcción (capítulo 10) con tensiones suficientemente bajas o si su caída no implica riesgos personales.
- b) Falta de encadenados en la intersección de muros portantes, siempre que los muros tengan encadenados en los bordes libres.
- c) Encadenados con separaciones mayores que las establecidas en la **Parte III**.
- d) Considerar portantes muros a los que falta encadenado en un borde o que están encadenados al centro del muro y tienen ambos bordes sin encadenar, siempre que la demanda de corte sea inferior al **10%** de la carga vertical simultánea.

11.5.2.3. Construcciones metálicas

No se admiten excepciones.

11.6. EXIGENCIAS Y COMPROBACIONES

La aplicación de las excepciones a las exigencias de este Reglamento que se mencionan en la sección anterior es facultativa en el sentido que el proyectista puede acercarse tanto como quiera al cumplimiento completo de este Reglamento.

11.6.1. Construcciones clasificadas C1

Se admiten todas las excepciones indicadas en 11.5.

11.6.1.1. Seguridad S1

Grupos **I1**, **I2** o **I3**: La obra nueva debe tener **100%** de la seguridad de este Reglamento.

11.6.1.2. Seguridad S2

a) Grupos **I1** o **I2**

Restitución de la seguridad de este Reglamento o bien reparación de daños y ampliaciones independientes con el **100%** de la seguridad de este Reglamento.

b) Grupo **I3**

Restitución de la seguridad de este Reglamento o bien ampliaciones independientes con el **100%** de la seguridad de este Reglamento.

11.6.1.3. Seguridad S3

a) Grupos **I1** o **I2**: Reparación de daños y restitución de la seguridad de este Reglamento.

b) Grupo **I3**: Como a) o bien reparación de daños y ampliaciones independientes.

11.6.1.4. Seguridad S4

Reparación de daños y restitución de la seguridad de este Reglamento en todos los casos.

11.6.2. Construcciones clasificadas C2

Se admiten todas las excepciones indicadas en 11.5.

11.6.2.1. Seguridad S1 o S2

a) Grupo **I1**: La obra nueva debe alcanzar **100%** de la seguridad de este Reglamento, considerando la contribución de la obra subsistente.

b) Grupo **I2**: Como a) o bien ampliaciones independientes.

c) Grupo **I3**: Si la excentricidad aumenta como b), en caso contrario la obra actual debe tener el **100%** de la seguridad de este Reglamento.

11.6.2.2. Seguridad S3

- a) Grupo **I1**: La obra nueva debe alcanzar **100%** de la seguridad de este Reglamento, considerando la contribución de la obra subsistente.
- b) Grupo **I2**: Reparación de daños y refuerzo hasta alcanzar la seguridad de proyecto y como mínimo el **80%** de la seguridad de este Reglamento.
- c) Grupo **I3**: como b) o bien ampliaciones independientes.

11.6.2.3. Seguridad S4

- a) Grupo **I1**: La obra nueva debe alcanzar **100%** de la seguridad de este Reglamento, considerando la contribución de la obra subsistente.
- b) Grupo **I2**: como a) o bien como c).
- c) Grupo **I3**: Ampliaciones independientes con una inversión mínima del **25%** del monto de la obra en refuerzo de la obra subsistente pero no menor que el necesario para alcanzar el **60%** de la seguridad de este Reglamento.

11.6.3. Construcciones clasificadas C3

Se admiten todas las excepciones indicadas en 11.5.2, excepto 11.5.2.2.d). Como mínimo el **25%** de la inversión se destinará al refuerzo de la obra subsistente.

11.6.3.1. Seguridad S1

- a) Grupo **I1**: reparación de daños y restitución de la seguridad de proyecto.
- b) Grupo **I2**: como a) o bien como c).
- c) Grupo **I3**: reparación de daños y ampliaciones independientes.

11.6.3.2. Seguridad S2 o S3

- a) Grupo **I1** o **I2**: reparación de daños y restitución de la seguridad de este Reglamento.
- b) Grupo **I3**: Reparación de daños y ampliaciones independientes.

11.6.3.3. Seguridad S4

- a) Grupo **I1**: como 11.6.3.2.a).
- b) Grupo **I2**: como a) o bien como c).
- c) Grupo **I3**: reparación de daños y refuerzo hasta alcanzar el **60%** de la seguridad de este Reglamento o bien como a).

11.6.4. Construcciones clasificadas C4

Se admiten las excepciones indicadas en 11.5.2, excepto 11.5.2.2.d). Como mínimo el **40%** de la inversión se destinará al refuerzo de la obra subsistente.

11.6.4.1. Seguridad S1

a) Grupo **I1**: reparación de daños y ajuste completo a este Reglamento o bien ampliaciones independientes y programa de sustitución.

b) Grupos **I2** o **I3**: reparación de daños y ampliaciones independientes o bien como a).

11.6.4.2. Seguridad S2

a) Grupos **I1** o **I2**: reparación de daños y ajuste completo a este Reglamento considerando solamente la contribución de los elementos subsistentes ilesos o reparados.

b) Grupo **I3**: reparación de daños y ampliaciones independientes o bien como a).

11.6.4.3. Seguridad S3

a) Grupo **I1**: reparación de daños y refuerzo hasta el **100%** de la seguridad de este Reglamento considerando la contribución de elementos subsistentes ilesos y programa de sustitución o bien ajuste completo a este Reglamento.

b) Grupo **I2**: reparación de daños y refuerzo hasta el **80%** de la seguridad de este Reglamento considerando la contribución de elementos subsistentes ilesos y programa de sustitución o bien ajuste completo a este Reglamento.

c) Grupo **I3**: Reparación de daños, programa de sustitución y ampliaciones independientes o bien ajuste completo a este Reglamento.

11.6.4.4. Seguridad S4

a) Grupos **I1** o **I2**: reparación de daños, refuerzo hasta alcanzar **80%** de la seguridad de reglamento y programa de sustitución o bien ajuste completo a este Reglamento.

b) Grupo **I3**: Sólo ampliaciones independientes, reparación de daños, refuerzo hasta alcanzar **60%** de la seguridad de este Reglamento y programa de sustitución o bien ajuste completo a este Reglamento.

11.7. PARTES DE LA CONSTRUCCIÓN

La evaluación de acciones sobre las partes de la construcción se hará según el Capítulo 10. Las partes de la construcción subsistentes que pudieran caer al exterior o sobre medios exigidos de salida deben alcanzar como mínimo el grado de seguridad **S2**. En caso contrario

serán reforzadas o retiradas. El resto de los casos deben alcanzar como mínimo el grado de seguridad **S3**, en caso contrario serán reforzadas o retiradas. Las partes de la construcción de la obra actual deben diseñarse con grado de seguridad **S1** en todos los casos.

REFERENCIAS:

- 1) NEHRP RECOMMENDED PROVISIONS FOR SEISMIC REGULATIONS FOR NEW BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES (FEMA 450), Part 1: Provisions, 2003 Edition.
- 2) NEHRP RECOMMENDED PROVISIONS FOR SEISMIC REGULATIONS FOR NEW BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES (FEMA 450), Part 2: Commentary, 2003 Edition.
- 3) MINIMUM DESIGN LOADS FOR BUILDINGS AND OTHER STRUCTURES ASCE/SEI 7-10.



INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA

INTI

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL



CIRSOC

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS
REGLAMENTOS NACIONALES DE
SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES