

NEC

NORMA ECUATORIANA
DE LA CONSTRUCCIÓN

VIVIENDAS DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5 m



Econ. Diego Aulestia Valencia
Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda

Econ. Luis Felipe Guevara Urquiza
Subsecretario de Hábitat y Asentamientos Humanos

Arq. Rubén Darío Paredes Cortez
Subsecretario de Vivienda

Arq. Jose Antonio Toral Valdivieso
Director de Hábitat y Asentamientos Humanos

Arq. Jose Antonio Martín Erquicia
Coordinador de proyecto

Textos:

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)
Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)

Producción Editorial:

Dirección de Comunicación Social, MIDUVI

Diciembre 2014

ISBN:0000000000

■ Prólogo

Al Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, ente rector de las políticas de hábitat y vivienda a nivel nacional, le corresponde formular la normativa que propicie el desarrollo ordenado y seguro de los Asentamientos Humanos, la densificación de las ciudades y el acceso a la vivienda digna.



Bajo ese marco, y considerando además que nuestro país está localizado en una zona calificada de alto riesgo sísmico, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda llevó a cabo un proceso de actualización de la Normativa Técnica referente a la Seguridad Estructural de las Edificaciones (Código Ecuatoriano de la Construcción de 2001). Esta labor fue realizada en conjunto con la Cámara de la Industria de la Construcción, entidad que coordinó el desarrollo de varios documentos normativos a través de comités de expertos de entidades públicas, del sector privado y representantes de instituciones académicas. Se realizaron talleres de trabajo con los profesionales del sector y se aplicaron las mejores prácticas internacionales en el ámbito de la edificación.

El objetivo fue determinar nuevas normas de construcción de acuerdo a los avances tecnológicos a fin de mejorar los mecanismos de control en los procesos constructivos, definir principios mínimos de diseño y montaje en obra, velar por el cumplimiento de los principios básicos de habitabilidad, y fijar responsabilidades, obligaciones y derechos de los actores involucrados en los procesos de edificación.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción pretende dar respuesta a la demanda de la sociedad en cuanto a la mejora de la calidad y la seguridad de las edificaciones, persiguiendo a su vez, proteger al ciudadano y fomentar un desarrollo urbano sostenible

A large, stylized handwritten signature in black ink, written over a horizontal line.

Econ. Diego Aulestia Valencia
Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda

■ TABLA DE DATOS

NOMBRE DEL DOCUMENTO HABILITANTE	FECHA
Actualización mediante Acuerdo Ministerial Nro. 0047	15 de diciembre de 2014
MIDUVI, Registro Oficial, Año II, Nro. 413	10 de enero de 2015

■ LISTADO DE PERSONAS Y ENTIDADES PARTICIPANTES

INSTITUCIÓN	NOMBRE
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda	Ing. José Vicente Chiluisa Ochoa
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda	Arq. Francesca Blanc
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda	Ab. Jonathan Santiago Gómez Pumagualle
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda	Arq. Jose David Saura Gonzalez
Cámara de la Industria de la Construcción	Ing. Hermel Flores Maldonado
Cámara de la Industria de la Construcción	Ing. Ginno Manciatì Jaramillo
Colegio de Ingenieros Mecánicos de Pichincha	Ing. Carlos Baldeón Valencia
Escuela Politécnica Nacional	Ing. Sigifredo Décimo Díaz Mendoza
Escuela Politécnica Nacional	Ing. Patricio Honorato Placencia Andrade
Escuela Politécnica Nacional	Arq. Félix Policarpo Vaca Moncayo
Escuela Politécnica Nacional	Ing. Hugo Alfonso Yépes Arosteguí
Universidad San Francisco de Quito	Ing. Telmo Andrés Sánchez Graunauer
Universidad San Francisco de Quito	Dr. Fabricio Oswaldo Yépez Moya
Pontificia Universidad Católica del Ecuador	Ing. Oswaldo Marcelo Guerra Avendaño
Pontificia Universidad Católica del Ecuador	Ing. Guillermo Ricardo Realpe Rivadeneira
Universidad Central del Ecuador	Msc. Ing. Hernán Estupiñan Maldonado
American Concrete Institute	Ing. Juan Carlos Garcés P.
FRACTALES Cia. Ltda.	Dr. Vinicio Andrés Suárez Chacón
GEOESTUDIOS S.A.	Dr. Xavier Fernando Vera Graunauer
Cambridge Consultores de Desarrollo S.A.	Ing. José Andrés Vallejo Bermeo
Cambridge Consultores de Desarrollo S.A.	Ing. Michael Joseph Maks Davis
Cambridge Consultores de Desarrollo S.A.	Ing. Mathieu Lamour
Cambridge Consultores de Desarrollo S.A.	Dr. Mauro Pompeyo Niño Lázaro
Cambridge Consultores de Desarrollo S.A.	Dr. Miguel Angel Jaimes Téllez
Consultor Particular	Dr. Pedro Pablo Rojas Cruz
Consultor Particular	Ing. Jaime Enrique García Alvear
Consultor Particular	Ing. Fabián Enrique Espinosa Sarzosa
Consultor Particular	Ing. Jorge Luis Palacios Riofrío
Consultor Particular	Ing. Jorge Enrique Orbe Velalcázar
Consultor Particular	Msc. Ing. Alex Francisco Albuja Espinosa

NEC

NORMA ECUATORIANA
DE LA CONSTRUCCIÓN

VIVIENDAS DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5 m

CONTENIDO

Índice de tablas	7
Índice de figuras	8
1. Generalidades	10
1.1. Definiciones	10
1.2. Marco normativo.....	17
1.2.1. Normas ecuatorianas de la construcción.....	17
1.2.2. Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE-VIVIENDA.....	17
1.3. Simbología.....	18
1.3.1. Unidades	18
1.3.2. Simbología	18
2. Alcances y requisitos generales	22
2.1. Objetivos y alcances	22
2.2. Importancia de la construcción sismo resistente	22
2.3. Requisitos de diseño	22
2.4. Cargas y combinaciones de cargas	23
3. Acciones sísmicas, sistemas y configuraciones sismoresistentes.....	24
3.1. Acciones sísmicas.....	24
3.1.1. Acciones sísmicas de diseño.....	24
3.1.2. Zonificación sísmica y factor de zona Z.....	25
3.1.3. Determinación del cortante basal	26
3.1.4. Sistemas estructurales y coeficiente R de reducción de respuesta estructural	26
3.1.5. Diseño sísmico: marco general.....	27
3.2. Requisitos de resistencia sísmica del sistema estructural.....	28
3.3. Configuración estructural	28
3.3.1. Continuidad vertical.....	28
3.3.2. Regularidad en planta.....	29
3.3.3. Regularidad en elevación	29
3.4. Simetría	30
3.5. Disposición de muros portantes	30
3.6. Juntas constructivas	32
3.7. Peso de los elementos de construcción.....	34
3.8. Adiciones y modificaciones	34
4. Cimentaciones	35
4.1. Requisitos generales.....	35
4.2. Estudio geotécnico	35
4.2.1. Exploración mínima.....	35

4.2.3.	Estudio geotécnico.....	36
4.3.	Requisitos mínimos para cimentación de muros portantes	36
4.4.	Requisitos mínimos para zapatas aisladas.....	38
5.	Pórticos resistentes a momento	39
5.1.	Pórticos de hormigón armado	39
5.2.	Pórticos de hormigón armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM	39
5.3.	Proceso constructivo y calidad de los encofrados	41
5.4.	Acero formado en frío.....	41
6.	Muros portantes sismo resistentes	42
6.1.	Definición.....	42
6.2.	Muros portantes de mampostería no reforzada	43
6.3.	Muros portantes de mampostería reforzada	44
6.3.1.	Cuantías de acero de refuerzo horizontal y vertical	44
6.3.2.	Tamaño, colocación y separación del refuerzo	45
6.4.	Muros portantes de mampostería confinada.....	49
6.5.	Muros portantes de hormigón armado	51
6.5.1.	Descripción	51
6.5.2.	Requisitos mínimos.....	51
6.5.3.	Cuantía del refuerzo de acero en muros portantes de hormigón	51
6.5.4.	Factor de reducción por los efectos de excentricidad y esbeltez	52
6.6.	Otros tipos de muros portantes de hormigón o mortero armado	53
6.6.1.	Alcance	53
6.6.2.	Para alma de poliestireno	53
6.6.3.	Para alma de mampostería.....	54
6.6.4.	Sistemas de losas	55
6.6.5.	Enchape con malla electro soldada y mortero en estructuras existentes	55
6.6.6.	Enchape con malla electro soldada y mortero en estructuras nuevas	57
6.7.	Muros portantes de tierra	58
6.7.1.	Muro Portante de adobe	59
6.7.2.	Muro Portante de tapial.....	59
6.7.3.	Muro portante de bahareque o quincha.....	60
6.8.	Muros portantes livianos de acero (steel framing)	61
7.	Diseño estructural de mampostería confinada	63
7.1.	Unidades de mampostería permitidas	63
7.2.	Valores mínimos para la resistencia de las unidades, f'_{cu}	64
7.3.	Dimensiones mínimas del muro para elementos no confinados	64
7.4.	Requisitos generales mínimos para los elementos de confinamiento	65
7.4.1.	Materiales.....	66
7.4.2.	Longitud de desarrollo	66

7.4.3.	Colocación del refuerzo	66
7.4.4.	Columnas de confinamiento	66
7.4.5.	Vigas de confinamiento.....	72
7.5.	Método simplificado de análisis sísmico para mampostería confinada	74
7.5.1.	Alcance	74
7.5.2.	Descripción	74
7.5.3.	Requisitos mínimos para la aplicación del método simplificado.....	74
7.5.4.	Procedimiento para la aplicación del método simplificado de análisis sísmico.....	76
7.6.	Diseño detallado de análisis sísmico de mampostería confinada	78
7.6.1.	Alcance	78
7.6.2.	Valores de \emptyset	78
7.6.3.	Hipótesis de diseño.....	78
7.6.4.	Diseño para carga axial de compresión	78
7.6.5.	Diseño del muro en la dirección perpendicular a su plano	79
7.6.6.	Diseño a cortante del muro en la dirección paralela a su plano.....	82
7.6.7.	Verificación por aplastamiento del alma del muro	83
7.6.8.	Verificación a cortante en los elementos de confinamiento del muro	84
7.6.9.	Diseño del acero longitudinal de la viga de confinamiento.....	85
7.7.	Disposiciones constructivas	86
7.7.1.	Tuberías y Ductos	86
7.7.2.	Trabado de mampuestos	86
7.7.3.	Colocación del hormigón en los elementos de confinamiento	86
7.7.4.	Protección y curado de los muros.....	87
7.7.5.	Planos y especificaciones.....	87
7.8.	Inspección y control de obras de mampostería confinada.....	88
7.8.1.	Control de Obra.....	88
7.8.2.	Programa de ensayos	88
7.8.3.	Mano de Obra Calificada	89
7.8.4.	Inspección de obra.....	89
8.	Diseño de muros portantes y losas de hormigón y mortero armado.....	90
8.1.	Alcance.....	90
8.2.	Hipótesis preliminares	90
8.3.	Límite de aplicabilidad.....	90
8.4.	Sistemas constructivos típicos	91
8.5.	Diseño de elementos estructurales	93
8.5.1.	Muros portantes	93
8.5.2.	Cimentaciones	93
8.5.3.	Diseño por corte de muros.....	93
8.5.4.	Diseño por flexo-compresión de muros	93
8.5.5.	Análisis de flexión en losas.....	94

8.6.	Proceso constructivo y de instalación para el sistema de alma de poliestireno	95
8.6.1.	Cimentación	95
8.6.2.	Definición de ejes e instalación de anclajes	97
8.6.3.	Corte y montaje de paneles prefabricados de poliestireno	97
8.6.4.	Aplome de muros y apuntalamiento de muros y losas	98
8.6.5.	Instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y especiales	101
8.6.6.	Diseño, elaboración y proyección de mortero u hormigón, en muros con alma de poliestireno y en cara inferior de losa con alma de poliestireno, primera capa	102
8.6.7.	Diseño, elaboración y vertido de hormigón en losa con alma de poliestireno, capa de compresión	103
8.6.8.	Diseño, elaboración y proyección de mortero en losa con alma de poliestireno, segunda capa inferior	103
8.7.	Detalles constructivos	105
9.	Diseño y construcción con muros portantes livianos de acero	111
9.1.	Requisitos	111
9.2.	Límite de aplicabilidad	111
9.3.	Diseño de los miembros	113
9.3.1.	diseño	113
9.3.2.	Condiciones de los miembros estructurales	113
9.4.	Instalación	113
9.4.1.	Entramado en línea	113
9.4.2.	Muros no estructurales	113
9.4.3.	Tolerancias de instalación	114
10.	Viviendas existentes reforzadas con mallas de alambre electro-soldadas ancladas a la mampostería y revestidas con mortero enchapado	116
10.1.	Enchapado de elementos de concreto y de mampostería	116
10.2.	Adición de elementos confinantes de concreto reforzado	116
10.3.	Adición ó retiro de muros	116
10.4.	Reforzamiento	116
10.5.	Traslapes	118
10.5.1.	Barras sujetas a tensión	118
10.5.2.	Mallas de alambre soldado	118
11.	Referencias	119
12.	Apéndice 1: Sistema muros confinados - planos tipo	121
13.	Apéndice 2: excepciones para vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 4.0 m con cubierta liviana	136
13.1.	Cimentación vivienda 1 planta	136
13.2.	Cimentación vivienda 2 plantas	137
13.3.	Columnas	138
13.4.	Vigas de amarre de cubierta	139
14.	Apéndice: esquema conceptual de análisis de la NEC-SE-VIVIENDA	140

Índice de tablas

Tabla 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada	25
Tabla 2: Coeficiente de Respuesta Sísmica	26
Tabla 3: Sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas	27
Tabla 4: Dimensiones y refuerzos mínimos de la cimentación corrida	36
Tabla 4: Requisitos mínimos en función del número de pisos de la vivienda con pórticos de hormigón y losas	40
Tabla 5: Índice de Densidad de Muros (d%) en cada dirección de la planta	43
Tabla 7: Resistencia mínima de las unidades para muros de mampostería confinada	64
Tabla 7: Separación máxima de estribos en elementos de confinamiento.....	71
Tabla 8: Límites de Aplicabilidad del Steel Framing	112

Índice de figuras

Figura 1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.....	25
Figura 2: Continuidad en elevación para edificaciones.....	29
Figura 3: Planeamiento regular en edificaciones	29
Figura 4: Relación de aspecto, Largo/ancho en edificaciones	30
Figura 5: Localización de aberturas	30
Figura 6: Disposición de muros portantes.....	31
Figura 7: Disposición de aberturas en un muro	31
Figura 8: Ubicación esquemática de las juntas sísmicas en unidades habitacionales multifamiliares	33
Figura 9: Ubicación esquemática de las juntas sísmicas en unidades habitacionales multifamiliares	33
Figura 10: Tipos de cimentación en muros portantes	37
Figura 11: Sistema estructural que requiere de análisis de torsión	39
Figura 12: Geometría del gancho Longitud de doblado en estribos de 8mm.....	41
Figura 13: Distribución de las cargas laterales en edificaciones	42
Figura 14: Planta típica de muros reforzados, ubicación del refuerzo vertical	46
Figura 15: Distribución de refuerzo Vertical y Horizontal. Detalles de encuentro de muros, ubicación de estribos y conectores	47
Figura 16: Distribución de refuerzo Vertical y Horizontal. Detalles de encuentro de muros, ubicación de estribos y conectores	48
Figura 17: Detalle del reforzamiento vertical, detalle de reforzamiento en aberturas	48
Figura 18: Detalle de Mampostería Confinada tipo 1)	49
Figura 19: Detalle del Panel de Mampostería Confinada sujeto a acción combinada de carga axial y lateral	50
Figura 20: Restricción a la deformación lateral	53
Figura 21: Acero de anclaje (Chicotes)	55
Figura 22: Distribución de paredes en planta	58
Figura 23: Elementos de una vivienda de adobe y tapial; precauciones a tomarse para seguridad antisísmica de una edificación de tierra	58
Figura 24: Tapialera típica.....	59
Figura 25: Bahareque, detalles constructivos	60
Figura 26: Elementos típicos de una vivienda de Bahareque.....	61
Figura 27: Principales Elementos de Mampostería Confinada	63
Figura 28: Distribución de muros mampostería confinada en dos direcciones	64
Figura 29: Requerimiento estructuras simples. Proporciones geométricas.....	65
Figura 30: Requisitos fundamentales en viviendas de mampostería confinada.....	65

Figura 31: Planta típica con la posición de las columnas de confinamiento (Brzev, 2008)	66
Figura 32: Construcción de la viga de confinamiento (Brzev, 2008)	67
Figura 33: Construcción de la viga de confinamiento	68
Figura 34: Detalle de Columnas de confinamiento, reducción del espaciamiento de estribos en los extremos de las columnas.....	68
Figura 35: Detallamiento para columnas de confinamiento	70
Figura 36: Detallamiento para vigas de confinamiento (riostros).....	71
Figura 37: Disposición de muros perimetrales.....	75
Figura 38: Requisito de excentricidad torsional para considerar una distribución simétrica de los muros en una dirección	76
Figura 39: Sistema con Malla electro-soldada y pasadores galvanizados y alma de poliestireno, la superficie recubierta con hormigón ó mortero.....	91
Figura 40: Sistema con Malla soldada con núcleo de poliestireno revestido con tol expandido ó malla hexagonal para adherencia y recubierto con hormigón ó mortero.....	92
Figura 41: Sistema con Malla soldada con alma hueca revestido con tol expandido ó malla hexagonal para adherencia y recubierta con hormigón ó mortero	92
Figura 42: Sistema de mampostería revestida con malla electro-soldada y recubierta con hormigón ó mortero	92
Figura 43: Sistema Ferrocemento, alma de malla electro-soldada revestida con malla hexagonal para adherencia y recubierta con hormigón ó mortero, según ACI 549	93
Figura 44: Losa alivianada con nervios en dos direcciones	94
Figura 45: Losa maciza de hormigón	95
Figura 46: Losas alivianadas con bloques de poliestireno	95
Figura 47: Losa alivianada con nervios en una dirección (requiere consideraciones particulares en el cálculo y diseño estructural)	95
Figura 48: Esquema típico de anclaje	96
Figura 49: Definición de ejes.....	97
Figura 50: Proceso de Instalación.....	98
Figura 51: Apuntalamiento típico de muros	99
Figura 52: Instalación de panel de losa sobre muro	100
Figura 53: Instalación de panel de losa lateral al muro.....	100
Figura 54: Apuntalamiento en losas.....	101
Figura 55: Detalles de alineación de los miembros estructurales de los muros portantes del (Steel Framing) Sistema Estructura Livianas, SEL	114
Figura 56: Enchapado de muros con malla electro-soldada, detalles constructivos.....	117
Figura 57: esquema conceptual de análisis de la NEC-SE-VIVIENDA	140

1. Generalidades

1.1. Definiciones

Adobe

Unidad ó elemento sólido de tierra disecada con forma de prisma regular, normalmente reforzado por fibras vegetales ó sintéticas de acuerdo a norma vigente, la tierra deberá cumplir con la granulometría apropiada según norma de construcción con adobe en la sección 10.5.7 de esta norma.

Acero de refuerzo

El refuerzo que se emplee en vigas, columnas, vigas y columnas confinantes, elementos colocados en el interior del muro y/o en el exterior del mismo, estará constituido por barras corrugadas según [NTE INEN 2167](#), por malla de acero según [NTE INEN 2209](#), por alambres corrugados laminados en frío según [NTE INEN 1511](#) ó por armaduras electro-soldadas por resistencia eléctrica de alambre de acero según [NTE INEN 2209](#). Se admitirá el uso de barras lisas únicamente en estribos, en mallas de alambre soldado ó en conectores.

Se podrán utilizar otros tipos de acero siempre y cuando se demuestre a satisfacción su eficiencia como refuerzo estructural. El módulo de elasticidad del acero ordinario, se supone como 2×10^5 MPa (2×10^6 kg/cm²). Para diseño se considerará el esfuerzo de fluencia mínimo, f_y , establecido por el fabricante.

El f_y será medido en mega pascales (MPa) ó su equivalente en kg/cm².

Armadura electro-soldada

Refuerzo de acero para vigas y columnas, fabricadas y destinadas para satisfacer la construcción de viviendas diseñadas como sistema estructural de mampostería confinada, cuyo refuerzo longitudinal principal es corrugado y el transversal (estribos) puede ser liso ó corrugado y electro-soldado. La sección de la armadura electro-soldada se conforma para que la armadura principal quede confinada por los estribos que a su vez delimitan la sección del elemento. Esta armadura tiene la forma de mallas, escalerillas, Armadura electro soldada para Vigas y Columnas de confinamiento según [NTE INEN 2209](#) y [NTE INEN 1511](#).

Bahareque ó Quincha

Sistema pared portante compuesto por un bastidor de madera ó caña, recubierto por tierra, según norma de construcción especificada en la sección 10.5.8 de esta norma.

Bloque

Unidad ó pieza de mampostería, de hormigón ó arcilla cocida caracterizada por huecos que forman celdas verticales en las que puede ser colocado el refuerzo. En aquellas celdas en las que exista refuerzo debe utilizarse hormigón de relleno ó mortero de relleno (grout).

Bloqueador

Consiste en perfiles C, perfiles U ó cintas de acero agregados a miembros estructurales, así como paneles de revestimiento agregados a dichos perfiles para transferir fuerzas de corte entre las partes, debido al viento, sismo ó cualquier otra fuerza horizontal

Bloque de hormigón

Elemento de mampostería que a pesar de no cumplir con la especificación [INEN 640](#), se usa regularmente para edificaciones de interés social y de bajo costo, cuya resistencia bruta no debe ser menor que $f'_m = 3 \text{ MPa}$ (30 kg/cm^2).

Caña ó Caña Guadua

Gramínea gigante que pertenece a la familia del bambú, tiene hasta 30 m de alto y es de tallo hueco con nudillos

Carrizo

Especie vegetal de la familia de las gramíneas, que tienen un tallo hueco con nudillos de aproximadamente 3m de largo.

Cercha

Son las armaduras del techo reticuladas de perfiles de acero.

Cimentación

Conjunto de elementos estructurales destinados a transmitir las cargas de una estructura al suelo ó roca de apoyo.

Cimentación superficial

Aquella en la cual la relación profundidad/ancho (D_f/B) es menor ó igual que 5, donde D_f es la profundidad de la cimentación y B el ancho ó diámetro de la misma.

Cinta

Fleje de acero plano, delgado y de ancho limitado que se emplea típicamente como arriostramiento y como elemento de bloqueo que transfiere cargas por tracción.

Columna de confinamiento

Elemento estructural vertical reforzado con barras, armaduras electro-soldadas, alambres corrugados ó lisos (estribos) de acero, cuya función es contribuir al confinamiento lateral de los muros de la mampostería confinada.

Conexión

Combinación de juntas y elementos estructurales usados para transmitir fuerzas entre dos ó más miembros.

Constructor responsable

Es la persona natural (ingeniero civil ó arquitecto) ó jurídica (que nombra a un ingeniero civil ó arquitecto responsable de la obra) que se hace responsable de la observancia y cumplimiento de esta norma, de un reglamento u ordenanza, relacionadas con la ejecución del proyecto de construcción.

Cuantía de refuerzo

Relación entre el área transversal del acero de refuerzo y el área bruta de la sección considerada.

Cuantía mínima de acero de refuerzo en paneles

Es la relación entre las áreas transversales de acero y mortero, que tiene un panel prefabricado recubierto con 3 cm de mortero por lado y que está establecida por el [capítulo 7](#) del [ACI 318](#).

Diafragma rígido

Elemento estructural (tal como las losas de entrepiso ó de techo) que, debido a su elevada rigidez en su plano tiene la capacidad de transmitir las fuerzas inerciales a los elementos de resistencia sísmica, en proporción a la rigidez de dichos elementos y siempre y cuando la conexión entre el diafragma y dichos elementos garantice la transmisión de fuerzas. Este tipo de diafragma se desplaza como un elemento rígido, cuyas deflexiones están controladas por la rigidez de los elementos de resistencia sísmica.

Diafragma flexible

Elemento estructural como cubiertas livianas ó entrepisos de madera, que transmiten las fuerzas inerciales a los elementos de resistencia sísmica en proporción al área tributaria de dichos elementos.

Escalerilla Electro-soldada

Armadura de refuerzo, formada por dos a más alambres de acero longitudinales unidos entre sí con elementos de acero transversales y electro soldados a las barras longitudinales. La separación entre alambres transversales que forman la escalerilla debe ser menor ó igual que 40 cm, elaborada según [NTE INEN 2209](#) y [NTE INEN 1511](#).

Junta de mortero

Junta de material ligante, debe ser de espesor constante y formar una línea continua horizontal y discontinua vertical, excepto cuando se utiliza el mampuesto en pila.

Junta sísmica

Junta que permite una independencia entre cuerpos estructurales, de forma que el comportamiento estructural de uno de ellos se produce de manera independiente de los otros.

Ladrillo

Unidad ó pieza de mampostería sólida de arcilla cocida con forma de prisma rectangular.

Ladrillo artesanal

Elemento de mampostería que a pesar de no cumplir con la especificación [INEN 294](#), se usa regularmente para edificaciones de interés social y de bajo costo, cuya resistencia bruta no debe ser menor que $f'_m = 2 \text{ MPa}$ (20 kg/cm^2).

Línea de muro arriostrado

Consiste en un muro que está diseñado para resistir la fuerza del corte del sismo ó del viento y está formado por paneles arriostrados.

Losa de entrepiso ó de cubierta

Elemento estructural horizontal ó aproximadamente horizontal, maciza ó con nervaduras, que trabaja en una ó dos direcciones, de espesor pequeño en relación con sus otras dos dimensiones.

Losa de entepiso y/o cubierta de Mortero armado u Hormigón armado

Es el panel prefabricado conformado por una capa superior a compresión de hormigón vertido y una capa inferior de mortero proyectado, que tiene la capacidad de soportar cargas perpendiculares y paralelas a su plano y esfuerzos de flexión fuera de su plano, se considera un elemento no deformable en su plano.

Malla de Continuidad Galvanizada

Malla electro-soldada que garantiza la continuidad de dos ó más elementos perpendiculares a su plano y/o coplanares. Esta malla transmite adecuadamente los esfuerzos manteniendo la continuidad del acero de la malla. Se la utiliza en unión entre muros y unión losa-muro.

Malla Electro-soldada Galvanizada

Es el refuerzo de acero galvanizado básico, que corresponde a la cuantía mínima de acero, según el [capítulo 7](#) del [ACI 318](#), conformando el tramado de la malla electro-soldada, según [ASTM 185](#).

Malla Galvanizada de refuerzo para mortero en Boquetes

Es aquella malla que refuerza las uniones de dinteles y antepechos con muros y distribuye la concentración de esfuerzos para evitar el agrietamiento en esquinas.

Montante

Perfil componente del entramado estructural de muros, generalmente en posición vertical y que se conecta en sus extremos con perfiles solera.

Mortero de pega

Mezcla plástica de materiales cementantes, agregados finos (arena) y agua utilizado para unir las piezas de mampostería.

Mortero Proyectado

Mortero que por la conformación de su granulometría, permite una proyección mediante mecanismos neumáticos, diseñado de acuerdo a [ACI 506](#).

Multilaminado Fenólico

Placas formadas por láminas delgadas de madera adheridas entre sí por cola fenólica, también llamado terciado que se emplean para revestimientos exteriores de muros y para entrepisos.

Muro de mampostería

Elemento de colocación manual, de características pétreas y estabilidad dimensional que, unido con mortero configura la pared de mampostería.

Muro de mampostería confinada

Muro reforzado con vigas y columnas de confinamiento de hormigón que cumplen con los requisitos geométricos definidos en este capítulo y reforzadas con barras, armadura electro-soldada ó alambres corrugados ó lisos de acero, incluidos en la definición de Acero de Refuerzo.

Muros arriostrados

Son muros, paredes y tabiques de acero conformados por perfiles del *Steel Framing* que poseen revestimientos estructurales y/o diagonales de cintas de acero que le confieren capacidad de

resistir fuerzas de corte en el plano del muro causadas por las fuerzas del viento, sismo u otras causas.

Muro de mampostería reforzada

Muro construido a base de unidades huecas de hormigón ó arcilla, reforzadas con barras, escalerillas electro-soldadas ó alambres corrugados ó lisos de acero, incluidos en la definición de acero de refuerzo, los cuales van colocados en los huecos ó celdas de las unidades de mampostería ó en las juntas.

Muro no estructural

Elemento dispuesto para separar espacios, que soporta cargas únicamente debido a su propio peso.

Muro portante

Muro diseñado y construido de tal forma que a lo largo de toda su longitud y espesor pueda transmitir cargas horizontales y verticales al nivel inferior o a la cimentación. Elemento estructural cuya longitud es mucho mayor con relación a su espesor y que soporta cargas laterales en su plano, adicionales a las cargas gravitacionales. Estos muros componen la estructura de la vivienda y deberán tener continuidad vertical. Se entiende por muros portantes a: muros de mampostería no confinada, de mampostería confinada, de mampostería reforzada, muros de hormigón armado y muros livianos de acero.

Muro portante de hormigón armado

Muro portante de hormigón con refuerzo de barras de acero ó mallas electro-soldadas, frecuentemente empleado en sistemas estructurales monolíticos y rígidos tipo caja.

Muro portante de mortero armado u hormigón armado

Es aquel muro que además de soportar su peso propio, soporta cargas que transmite la losa y resiste cargas paralelas y perpendiculares a su plano, se conforma por la proyección del mortero u hormigón sobre el panel prefabricado, obteniéndose un comportamiento monolítico de todos sus componentes.

Nivel Freático

Nivel (en un acuífero libre) en el que se encuentra el agua subterránea. En este nivel la presión de agua del acuífero es igual a la presión atmosférica.

Paneles

Son secciones de paredes ó muros formados por entramados de montantes y soleras, cubiertas en ambas caras por placas estructurales de revestimiento.

Panel prefabricado de poliestireno

Es un elemento fabricado en una planta mediante procesos industriales. Está compuesto por un núcleo de poliestireno expandido (EPS) y dos mallas de acero galvanizado electro-soldadas y conectadas entre sí por conectores de acero igualmente galvanizados y electro-soldados. La unión coplanar de varios paneles prefabricados de poliestireno formará un muro.

Poliestireno Expandido

Espuma rígida suministrada en forma de planchas livianas, de dimensiones volumétricas estables.

Se fabrican en diferentes densidades, según aplicación; es compatible con el medio ambiente, que le proporciona una alta capacidad de aislamiento térmico y acústico, (98% de aire y 2% de material sólido). El poliestireno utilizado es ignífugo de Clase F según norma ASTM E 119 ó DIN 4102.

Estructuralmente, el poliestireno expandido en el interior del panel es incompresible.

Resistencia a la compresión del hormigón (f'_c)

Resistencia a la compresión ó a los 28 días (MPa ó kg/cm²).

Resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m)

Resistencia nominal de la mampostería a la compresión medida sobre el área transversal neta del prisma (MPa ó kg/cm²).

Revestimiento estructural

Cubiertas que se emplean instalándolas sobre los miembros estructurales, ya sea en posición vertical u horizontal, para distribuir cargas, actuar como arriostramientos y reforzar el conjunto estructural.

Riostra de acero

Perfil estructural de acero complementario de entramados metálicos, generalmente en posición diagonal respecto a los montantes y/o vigas que tienen por objetivo rigidizar los planos del entramado.

Solera de acero

Perfil de acero, componente del entramado estructural de muros, generalmente en posición horizontal y que se conecta con los extremos de los montantes.

Suelos expansivos

Suelos que al ser humedecidos sufren tal expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

Tierra de cultivo

Suelo sometido a labores de labranza para propósitos agrícolas.

Viga de confinamiento (riostra)

Elemento estructural horizontal reforzado con barras, armadura electro-soldada, alambres corrugados ó lisos (estribos) de acero, cuya función es contribuir al confinamiento superior e inferior de los muros de la mampostería confinada.

Vigueta

Elemento estructural que forma parte de una losa nervada en una dirección, la cual trabaja principalmente por flexión.

Viviendas

Unidades ó grupos de unidades habitacionales que conforman un solo cuerpo estructural, sean independientes ó separadas entre sí mediante juntas sísmicas de las otras unidades habitacionales.

Yeso cartón

Placas de yeso revestidas de delgadas capas de cartón que se emplean para revestimientos interiores de tabiques y muros.

Tapial

Sistema constructivo tipo pared portante consistente en adobones de tierra apisonada con el procedimiento establecido en la sección 10.5.7 de esta norma.

Tapialera

Encofrado en el que se apisona la tierra para construir los adobones de tapial.

1.2. Marco normativo

1.2.1. Normas ecuatorianas de la construcción

- [NEC-SE-CG](#): Cargas (no sísmicas)
- [NEC-SE-DS](#): Peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente
- [NEC-SE-RE](#): Riesgo sísmico, Evaluación, Rehabilitación de estructuras
- [NEC-SE-GM](#): Geotecnia y Diseño de Cimentaciones
- [NEC-SE-HM](#): Estructuras de Hormigón Armado
- [NEC-SE-AC](#): Estructuras de Acero
- [NEC-SE-MP](#): Estructuras de Mampostería Estructural
- [NEC-SE-MD](#): Estructuras de Madera
- [NEC-SE-VIVIENDA](#): Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m

1.2.2. Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE-VIVIENDA

Los códigos y especificaciones referenciados en este capítulo se listan a continuación:

- [ACI 318](#): Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario
- [ACI 506R-90](#): Guía de Hormigón Lanzado "Guide to Shotcrete".
- [AISI-2004b](#): General Provisions - Standard for Cold-Formed Steel Framing
- [AISI S200-07](#): North American Standard for Cold Formed Steel Framing - General Provisions
- [ASTM C109/C109M-99](#): Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars.
- [ASTM C87-83 \(1995\)](#): Standard Test Method for Effect of Organic Impurities in Fine Aggregate on Strength of Mortar
- [NSR-10](#): Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (2010)
- [Norma E.080](#) : Norma de diseño sismoresistente de adobe (para construcción con adobe, con tapial y con quincha)
- [NTC 2004](#): NORMA TECNICA COMPLEMENTARIA (2004). Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal de México. Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería.

Las normas referentes a materiales de construcción se encuentran señaladas en las [NEC-SE-HM](#), [NEC-SE-AC](#), [NEC-SE-MP](#), [NEC-SE-MD](#).

1.3. Simbología

1.3.1. Unidades

Se emplearán las unidades del sistema internacional (S.I.) de acuerdo con la [Norma ISO 1000](#).

Para el cálculo se utilizarán las siguientes unidades:

- Aceleraciones: m^2/s
- Alturas, longitudes: m
- Áreas: m^2
- Fuerzas y cargas: kN o kN/m^2
- Masas: kg
- Momentos: KN.m
- Periodos: s
- Peso específico: kg/m^3
- Presión: Pa o N/m^2
- Resistencias: kPa
- Velocidad: m/s

1.3.2. Simbología

Símbolo	Definición
A_{ci}	Área de la sección de la columna de confinamiento i (mm^2)
A_{ct}	Área total de las columnas de confinamiento del muro (mm^2)
A_e	Área efectiva de la sección de mampostería
A_m	Áreas transversales de los muros
A_{md}	Área de la sección de mampostería (mm^2)
A_{mv}	Área efectiva para determinar esfuerzos cortantes (mm^2)
A_p	Área total en planta de la vivienda
A_s	Área de refuerzo longitudinal no preesforzado a tracción (mm^2)
A_{sh}	Área de acero de refuerzo horizontal que se colocará a una separación horizontal S_h

Símbolo	Definición
A_{st}	Área total de acero de refuerzo en la sección de muro, o área total del acero de refuerzo longitudinal del elemento de confinamiento (mm^2)
A_{sv}	Área de acero de refuerzo vertical que se colocará a una separación vertical S_v
A_T	Área total del muro
A_w	Sumatoria de las secciones transversales de los muros confinados en la dirección de análisis
b	Ancho efectivo del muro
C	Coeficiente de respuesta sísmica obtenido
d	Índice de densidad de muros (Área de muros resistente / Área total de la edificación), en %
d_b	Diámetro de la barra más gruesa del traslape
e'	Excentricidad calculada para la carga vertical más una excentricidad accidental
e_s	Excentricidad torsional
f_a	Esfuerzo ocasionado por la carga axial mínima probable en el entrepiso, igual a la carga total dividida entre las áreas de los muros
f'_c	Resistencia especificada a la compresión del concreto (MPa)
f'_{cu}	Resistencia especificada a la compresión de la unidad de mampostería medida sobre área neta (MPa)
f'_m	resistencia especificada a la compresión de la mampostería (MPa)
f_y	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa)
F_{AE}	Factor de modulación de A_T
F_E	Factor de reducción efectos de excentricidad y esbeltez
F_R	Factor de reducción de resistencia
f_y	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo (MPa)
H	Altura libre del muro
h_c	Dimensión de la altura de la viga en el plano del muro
h_p	Altura del piso localizado por encima del elemento bajo estudio, medida centro a centro entre vigas de confinamiento (mm)
I_{ct}	Momento de inercia de las columnas de confinamiento del muro, con respecto a su centroide (mm^4)
K	Factor de altura efectiva del muro

Símbolo	Definición
L	Longitud del muro
L_d	Longitud de desarrollo
l_c	Distancia horizontal entre columnas de confinamiento, medida centro a centro, para el paño de muro confinado bajo estudio (mm)
l_w	Longitud horizontal del muro (mm), o longitud horizontal total del muro, medida centro a centro entre columnas de confinamiento de borde
L_p	Longitud de perforación
M	Momento actuante que ocurre simultáneamente con V (N.mm)
M_n	Resistencia nominal a flexión (N.mm)
M_u	Momento mayorado solicitado de diseño del muro (N.mm)
P_{nc}	Resistencia nominal a compresión axial (N)
P_{nd}	Resistencia nominal a compresión de la mampostería sola (N)
P_{nt}	Resistencia nominal a tracción axial (N)
P_u	Carga axial (N)
P_{uc}	Fuerzas axiales máximas solicitadas de compresión (N)
P_{ud}	Fuerza axial que actúa sobre la biela diagonal del muro (N)
P_{ut}	Fuerzas axiales máximas solicitadas de tracción (N)
R	Factor de reducción de resistencia sísmica
R_e	Coefficiente utilizado para tener en cuenta los efectos de esbeltez en elementos a compresión
S	Separación de los estribos (mm)
SENESCYT	Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación
S_e	Desviación normal estimada de los resultados de las tres muestras de mampostería
S_h	Separación horizontal
S_v	Separación vertical
T	Espesor del muro
V	Fuerza cortante actuante que ocurre simultáneamente con M
V_n	Fuerza cortante resistente nominal del muro (N)

Símbolo	Definición
V_{nc}	Fuerza cortante resistente nominal para una sección de concreto reforzado (N)
V_u	Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño del muro (N)
V_{uc}	Fuerza cortante mayorada solicitada de diseño que actúa sobre las columnas de confinamiento cerca a la intersección con la viga de confinamiento (N)
v_m	Resistencia a cortante de la mampostería
v_m^*	Resistencia de diseño a compresión diagonal de la mampostería
V_{mR}	Resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por la mampostería (N)
V_{MR}	Resistencia lateral de la estructura
V_R	Fuerza cortante resistente.
V_{base}	Cortante basal sísmico (demandada por el sismo de diseño)
V_{sR}	Resistencia nominal para fuerza cortante contribuida por el refuerzo de cortante (N)
x_i	Distancia de la columna de confinamiento i al borde del muro (mm)
\bar{x}	Distancia al borde del muro del centroide de las áreas de todas las columnas de confinamiento del muro (mm)
\bar{X}	Valor promedio de los resultados de las tres muestras de mampostería
W	Peso sísmico efectivo de la estructura, igual a la carga muerta total de la estructura más un 25% de la carga viva de piso
Z	Factor de zona que depende de la posición geográfica del proyecto y su correspondiente zona sísmica
\emptyset	Factor de reducción de resistencia
ρ_h	Cuantía de acero de refuerzo horizontal
ρ_v	Cuantía de acero de refuerzo vertical

2. Alcances y requisitos generales

2.1. Objetivos y alcances

Este capítulo tiene por objeto establecer los requisitos mínimos para el análisis, diseño y construcción de viviendas sismo resistentes de hasta 2 pisos con luces de hasta 5.0 m, inclusive conjuntos de viviendas adosadas que conforman un cuerpo estructural con dimensión máxima en planta de 30 m.

Se entenderá por vivienda, para alcance de este capítulo de las NEC, a aquellas edificaciones con luces (distancia libre entre apoyos verticales ó elementos de confinamiento):

- que no excedan 5.0 m y que no superen 2 niveles en altura en ninguna de sus fachadas,
- ó 6 metros en altura desde el suelo en cubierta plana y hasta 8 metros a la cumbre en caso de cubierta inclinada, hasta el nivel más alto de su cubierta y cuyo uso sea exclusivamente residencial.

La altura de entresijos no debe exceder 3 m. Para edificaciones que estén fuera del alcance de este capítulo refiérase a los correspondientes de esta norma para su diseño y construcción.

Además, se indica la importancia de los criterios a tomar en consideración para un buen planeamiento estructural y así reducir la pérdida de vidas humanas y materiales, reducir el daño y el costo económico en futuros eventos naturales.

Estos requisitos son de índole general y están dirigidos a todos los profesionales de la ingeniería y la arquitectura que trabajan en el diseño, construcción y supervisión de viviendas, sean ó no especialistas en diseño estructural, con procedimientos simplificados de análisis, diseño y construcción de viviendas resistentes a cargas sísmicas que permitan un funcionamiento adecuado de la estructura ante cargas laterales y verticales en las diferentes zonas de amenaza sísmica del Ecuador.

2.2. Importancia de la construcción sismo resistente

Ecuador se encuentra en una zona de actividad sísmica alta, es por ello que establecer requisitos mínimos para el análisis, diseño y construcción de viviendas sismo-resistentes, permitirá que las edificaciones tengan un comportamiento adecuado para resistir la acción de fuerzas causadas por sismos, protegiendo la vida y los bienes de las personas que las ocupan.

Tanto el sistema estructural como la altura de diseño de las viviendas que se definen en este capítulo se especifican en la [Tabla 3](#).

2.3. Requisitos de diseño

Toda vivienda deberá ser diseñada en base a la selección de un sistema sismo resistente apropiado:

- Si el sistema es de pórtico de hormigón armado resistente a momentos, se diseña de acuerdo a la [sección 5](#).
- Si el sistema está basado en muros portantes se diseña de acuerdo a la [sección 6](#).
- Si el sistema es un pórtico de acero, se diseña de acuerdo a la [sección 5.2](#).

- Si el sistema es diferente a los descritos deberá diseñarse con un método racional que garantice seguridad de vida de los ocupantes frente a la ocurrencia del sismo de diseño.

Los proyectos de vivienda, requieren la ejecución de estudios de arquitectura, ingeniería y geotecnia, con al menos los siguientes productos:

- Planos arquitectónicos, estructurales, sanitarios y eléctricos, estudio de suelos, presupuestos y especificaciones técnicas.
- Memoria técnica que incluya: descripción completa del sistema constructivo, proceso constructivo, materiales empleados y sus propiedades, descripción de los procesos de control y aseguramiento de calidad necesarios para garantizar las condiciones de diseño.

En los planos arquitectónicos y estructurales debe constar nombre del proyecto, fecha del diseño, nombre del profesional responsable, con título registrado en la SENESCYT, nombre y versión de la norma utilizada en el diseño, cargas vivas adoptadas, resistencia y especificaciones de los materiales a utilizarse y aclarar que el proyecto es exclusivamente de vivienda.

Si el sistema constructivo permite realizar modificaciones y/o ampliaciones futuras tanto en planta como en elevación, deben especificarse los análisis y métodos para realizar dichas modificaciones, así como el impacto que estas modificaciones puedan producir en la seguridad de la vivienda. Si el sistema permite ampliaciones en altura, el diseño y los análisis de validación del sistema estructural deberán incluir estas ampliaciones.

Para sistemas constructivos diferentes a los descritos en este capítulo, cuyo diseño no pueda ser respaldado por normativa nacional ó internacional ó cuando se trate de un sistema único ó patentado, éstos deberán ser aprobados por el Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción y contar con un informe técnico sobre el desempeño del sistema constructivo y el cumplimiento de las disposiciones de la NEC, emitido por el Centro de Investigación de la Vivienda (CIV) de la Escuela Politécnica Nacional u otro centro acreditado por el Comité Ejecutivo NEC.

Para los sistemas tratados en este capítulo de la norma, los requisitos que se indican son considerados como mínimos y solo se los puede modificar siempre y cuando exista una demostración teórica ó experimental y aprobado por los organismos anteriormente citados.

2.4. Cargas y combinaciones de cargas

Las cargas y combinaciones de carga a aplicarse, serán determinadas según lo estipulado en la [NEC-SE-CG](#).

La estabilidad lateral de las viviendas comprendidas en este capítulo, deberá ser revisada ante las acciones sísmicas definidas en la [sección 10.3](#). No será necesario revisar la acción de otras cargas accidentales, excepto los efectos locales de viento en las cubiertas flexibles.

- Cargas generales (cargas vivas, muertas, cargas por viento...): [NEC-SE-CG](#)
- Cargas sísmicas: véase la [sección 3](#) y la [NEC-SE-DS](#)

3. Acciones sísmicas, sistemas y configuraciones sismoresistentes

El buen comportamiento sísmico de una edificación de uno y dos pisos depende, en gran parte, de que en su planeamiento estructural se sigan algunos criterios generales apropiados. Los más relevantes se tratan a continuación.

3.1. Acciones sísmicas

Este capítulo considera a los sistemas estructurales definidos en la [Tabla 3](#) para la aplicación en el diseño y construcción de viviendas sismo resistentes. Cualquier otro sistema estructural que no conste en este listado requerirá de la aprobación del Comité Ejecutivo NEC.

3.1.1. Acciones sísmicas de diseño

Los sistemas constructivos utilizados para la construcción de vivienda, son redundantes pero carecen de ductilidad. Por tal razón, el diseño sismo-resistente está basado en fuerzas y consiste en verificar que la resistencia lateral de la estructura, V_{MR} , es mayor ó igual a la demandada por el sismo de diseño, V_{base} . El análisis de las derivas de piso no es mandatorio.

$$V_{base} \leq V_{MR}$$

Dónde:

V_{base} Demandada por el sismo de diseño

V_{MR} Resistencia lateral de la estructura

3.1.2. Zonificación sísmica y factor de zona Z

Se encontrarán informaciones al respecto en la sección [3.1.1](#) de la [NEC-SE-DS](#).

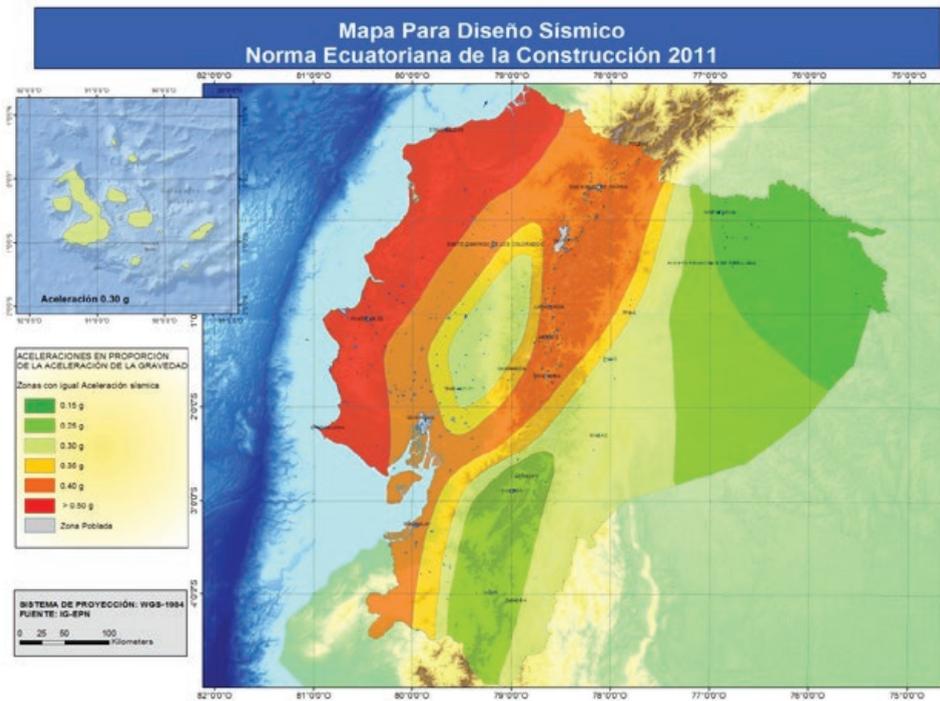


Figura 1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z

El mapa de zonificación sísmica para diseño proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (periodo de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0.50 g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Tabla 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como de amenaza sísmica alta, con excepción del:

- Nororiente que presenta una amenaza sísmica intermedia,
- Litoral ecuatoriano que presenta una amenaza sísmica muy alta.

3.1.3. Determinación del cortante basal

El cortante basal sísmico se debe determinar mediante la siguiente expresión:

$$V_{base} = Z C W / R$$

Dónde:

- Z** Factor de zona que depende de la posición geográfica del proyecto y su correspondiente zona sísmica definida en la sección [3.1.1](#) de la [NEC-SE-DS](#).
- C** Coeficiente de respuesta sísmica obtenido según [Tabla 2](#)
- W** Peso sísmico efectivo de la estructura, igual a la carga muerta total de la estructura más un 25% de la carga viva de piso (véase la [NEC-SE-CG](#)). En el caso de estructuras de bodegas ó de almacenaje, W se calcula como la carga muerta más un 50% de la carga viva de piso.
- R** Factor de reducción de resistencia sísmica; se debe adoptar de los valores establecidos en la [Tabla 3](#), según el sistema estructural adoptado.

Zona geográfica	C
Costa y Galápagos	2.4
Sierra y Oriente	3

Tabla 2: Coeficiente de Respuesta Sísmica

3.1.4. Sistemas estructurales y coeficiente R de reducción de respuesta estructural

Los coeficientes de reducción **R** son expuestos, según los sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas, en la siguiente tabla:

Sistema Estructural	Materiales	Coeficiente R	Limitación en altura (número de pisos)
Pórticos resistentes a Momento	Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM , reforzado con acero laminado en caliente.	3	2(b)
	Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM , con armadura electro-soldada de alta resistencia.	2.5	2
	Acero Doblado en Frío	1.5	2 (b)

Sistema Estructural	Materiales	Coefficiente R	Limitación en altura (número de pisos)
Muros Portantes	Mampostería No Reforzada y no confinada (c)	1	1
	Mampostería enchapada con malla de acero (a)	1.5	2(b)
	Adobe y Tapial reforzado	1.5	2
	Bahareque	1.5	2
	Mampostería Reforzada	3	2(b)
	Mampostería Confinada	3	2(b)
	Muro de hormigón reforzado	3	2(b)
	Muros livianos de acero	1.5	2
	Muro de mortero armado u hormigón armado con alma de poliestireno(a)	1.5	2(b)

Tabla 3: Sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas

Se destaca que:

- (a) El espesor mínimo del mortero deberá ser 3 cm por cada lado de enchape.
- (b) Cuando estos sistemas tengan más de 2 pisos y luces mayores a 3.50m, el diseño estará regido por las [NEC-SE-DS](#), [NEC-SE-HM](#), [NEC-SE-AC](#), [NEC-SE-MP](#).
- (c) La mampostería no reforzada y no confinada está limitada a una planta con cubierta liviana y no será construida en zona de mediana ó alta sismicidad

3.1.5. Diseño sísmico: marco general

Se obtendrán informaciones completas sobre el diseño sísmico en los siguientes capítulos de las NEC:

- Construcción nueva: [NEC-SE-DS](#)
- Rehabilitación: [NEC-SE-RE](#)

3.2. Requisitos de resistencia sísmica del sistema estructural

Los sistemas estructurales resistentes a cargas sísmicas estipulados en este capítulo, deben garantizar en las viviendas un comportamiento adecuado, tanto individual como en conjunto, que provea estabilidad y resistencia ante la acción de cargas gravitacionales, sísmicas y viento ó lluvia de ser el caso (véase la [NEC-SE-CG](#)).

Para el cumplimiento de este criterio el sistema estructural a aplicarse debe cumplir con las siguientes características:

- a) Los pórticos resistentes a momentos y muros portantes deben estar dispuestos de tal manera que provean suficiente resistencia ante los efectos sísmicos en las dos direcciones principales en planta. En el caso de muros portantes solo se debe tomar en cuenta la rigidez longitudinal de cada muro. Los muros portantes sirven para resistir las fuerzas laterales paralelas a su propio plano, desde el nivel donde se generan hasta la cimentación, las cargas verticales debidas a la cubierta y a los entrepisos si los hay y su propio peso.
- b) En estructuras de más de dos pisos, deberá existir un sistema de muros portantes que obligue al trabajo conjunto de los pórticos y muros mediante uniones que transmitan la fuerza lateral. Los elementos de amarre para la acción de diafragma se deben ubicar dentro de la cubierta y en los entrepisos.
- c) Un sistema de cimentación que transmita al suelo las cargas derivadas de la función estructural de cada pórtico y muro portante. El sistema de cimentación debe tener una rigidez apropiada, de manera que se prevengan asentamientos diferenciales.
- d) Asegurar que las conexiones entre la cimentación, vigas, columnas, muros portantes, entrepiso y cubierta transmitan en forma efectiva las cargas desde la cubierta hasta la cimentación.

3.3. Configuración estructural

Tanto la efectividad de las uniones en los diafragmas como el trabajo en conjunto de los sistemas estructurales, dependen de la continuidad vertical y de la regularidad de la estructura, tanto en planta como en altura; por esta razón se debe tener en cuenta lo siguiente:

3.3.1. Continuidad vertical

Para considerar que los pórticos y muros son resistentes a momento, éstos deben estar anclados a la cimentación. Cada pórtico y muro portante debe ser continuo entre la cimentación y el muro inmediatamente superior, sea el entrepiso ó la cubierta.

En casas de dos pisos, los pórticos y muros portantes que continúen a través del entrepiso deben, a su vez, ser continuos hasta la cubierta para poder considerarse estructurales en el segundo nivel, siempre y cuando para el caso de los muros no se reduzca su longitud en más de la mitad de la longitud que posee en el primer nivel. Columnas y muros del segundo piso que no tengan continuidad hasta la cimentación no podrán considerarse como elementos estructurales resistentes a fuerzas horizontales. Si los muros anclados a la cimentación continúan a través del entrepiso y llegan hasta la cubierta, donde su longitud mayor está en el segundo piso, se considerará como elemento estructural en el segundo piso, sólo la longitud que tiene el muro en el primer piso. Finalmente, para que un muro individual sea considerado como muro portante, se debe cumplir que la relación entre la altura y su longitud no puede ser mayor que 4.

La [Figura 2](#) muestra ejemplos sobre la continuidad en elevación.

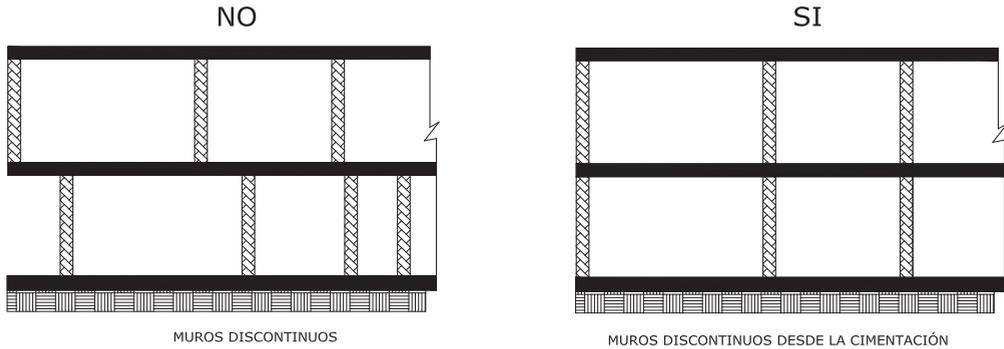


Figura 2: Continuidad en elevación para edificaciones

3.3.2. Regularidad en planta

La forma del sistema de piso en planta debe ser tan regular y simétrica como sea posible, prefiriéndose formas cuadrangulares ó rectangulares, siempre que la relación largo/ancho no supere el valor de 4 y que ninguna dimensión exceda de 30 m. Caso contrario deberán utilizarse juntas constructivas, de acuerdo a lo estipulado en la sección [3.6](#).

Las aberturas de piso no deben exceder el 50% del área total del piso y ninguna de ellas debe superar el 25% del área total de piso. La posición de los muros estructurales resistentes a sismo, deben estar balanceados en las 2 direcciones y espaciados en paralelos.

La [Figura 3](#) muestra ejemplos de regularidad en planta.

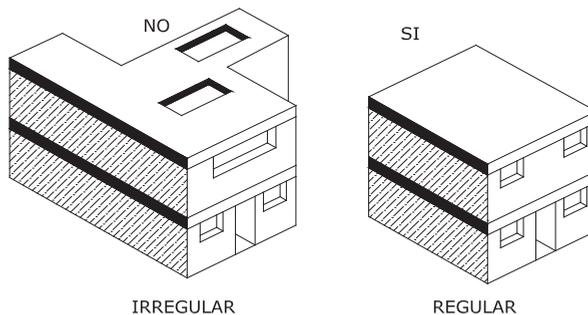


Figura 3: Planeamiento regular en edificaciones

3.3.3. Regularidad en elevación

Deben evitarse las irregularidades geométricas en alzado. Cuando la estructura tenga forma irregular en elevación, podrá descomponerse en formas regulares aisladas, cumpliendo con la especificación para juntas sísmicas dada en la sección [3.6](#).

Las siguientes figuras muestran ejemplos de regularidad en elevación.

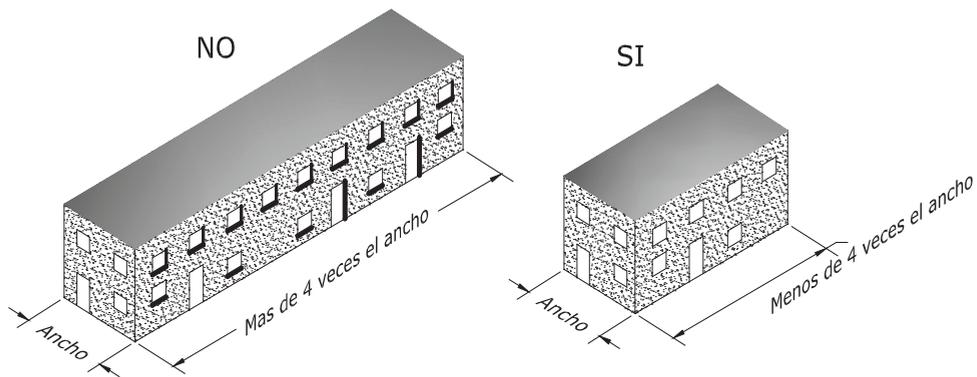
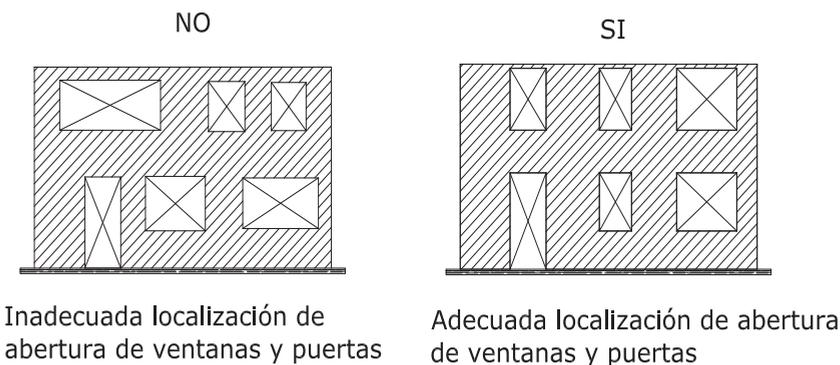


Figura 4: Relación de aspecto, Largo/ancho en edificaciones



Inadecuada localización de aberturas de ventanas y puertas

Adecuada localización de aberturas de ventanas y puertas

Figura 5: Localización de aberturas

3.4. Simetría

Con el fin de evitar torsiones de toda la edificación, ésta debe tener una planta lo más simétrica posible. La edificación y los módulos que la conforman, deben ser simétricos con respecto a sus ejes, por lo que, es conveniente que la localización de puertas y ventanas sea lo más simétrica posible.

Cuando la planta asimétrica sea inevitable, la edificación debe dividirse en módulos independientes por medio de juntas, de tal manera que los módulos individuales sean simétricos. Deben evitarse módulos largos y angostos en planta, con longitudes mayores a tres veces su ancho.

3.5. Disposición de muros portantes

En las viviendas cuyo diseño esté basado en muros portantes, debido a que los muros individualmente resisten principalmente las cargas laterales paralelas a su plano, es conveniente la colocación en planta de muros en dos direcciones ortogonales ó aproximadamente ortogonales. La longitud de los muros en las dos direcciones debe ser aproximadamente igual.

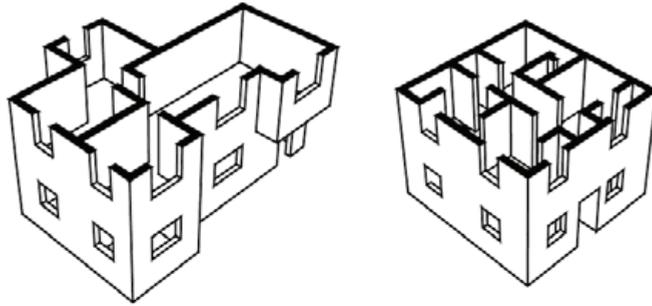


Figura 6: Disposición de muros portantes

En sistemas con muros portantes de hormigón armado, con ó sin alma de poliestireno ó mampostería (véase la sección 6.5), se pueden admitir aberturas cumpliendo con los siguientes requerimientos:

- El área total de las aberturas dispuestas en los muros para la colocación de puertas y ventanas no debe sobrepasar el 35% del área total del muro.
- La distancia mínima entre dos aberturas y entre una abertura y el extremo del muro debe ser al menos de 50 cm y en todo caso debe ser mayor que la mitad de la dimensión menor de la abertura.

La **Figura 7** presenta esquemáticamente la disposición de las aberturas en un muro, donde t es el espesor del muro.

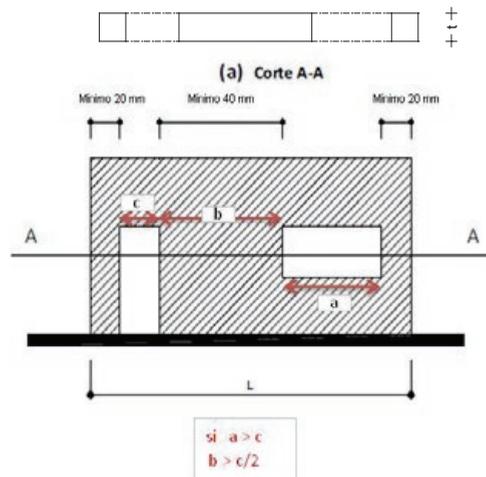


Figura 7: Disposición de aberturas en un muro

Área Total, $A_T = L t$	
Área de Pared > 65% A_T	Área de Aberturas < 35% A_T

Dónde:

A_T	Área del muro
L	longitud del muro
t	Espesor del muro

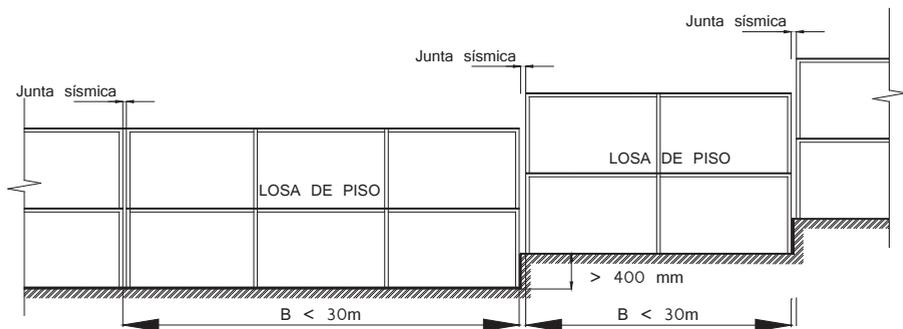
3.6. Juntas constructivas

Se requieren juntas constructivas en los siguientes casos:

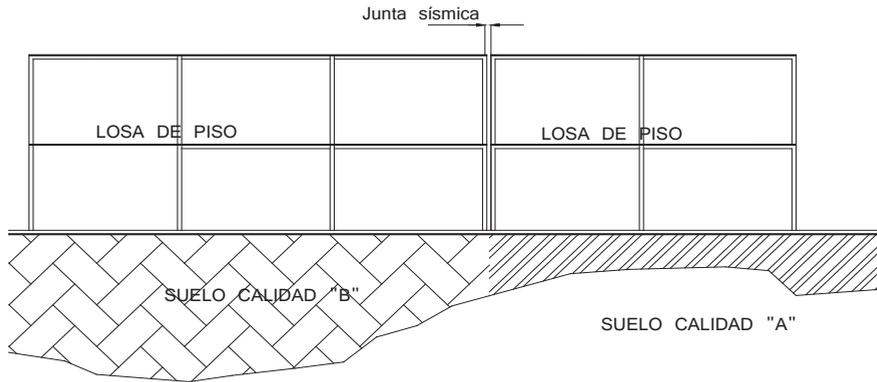
- Cuando en planta, la relación de la longitud con respecto al ancho, excede 4:1.
- Cuando el terreno tiene pendientes superiores al 30%, la junta debe colocarse de manera que separe cada una de las viviendas sin que hayan muros medianeros entre dos viviendas contiguas.
- Viviendas construidas independientemente.

El espesor mínimo de la junta debe ser 2.5 cm.

Las edificaciones separadas por juntas constructivas pueden compartir su cimentación, sin embargo, deben separarse desde el nivel del sobre-cimiento de manera que las estructuras actúen independientemente.



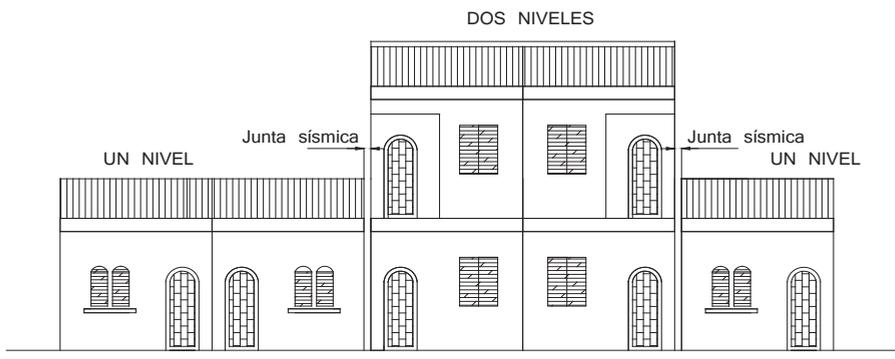
ELEVACIÓN
(a)



ELEVACIÓN (b)

Figura 8: Ubicación esquemática de las juntas sísmicas en unidades habitacionales multifamiliares

- (a) dimensión mayor excede los 30 m y desnivel superior a 400mm,
- (b) cambios significativos en la calidad del suelo,
- (c) diferencia de niveles entre edificaciones contiguas



ELEVACIÓN (c)

Figura 9: Ubicación esquemática de las juntas sísmicas en unidades habitacionales multifamiliares

- (a) dimensión mayor excede los 30 m y desnivel superior a 400 mm,
- (b) cambios significativos en la calidad del suelo,
- (c) diferencia de niveles entre edificaciones contiguas

En el caso de unidades habitacionales compuestas de varias viviendas, se requiere de juntas constructivas cuando se presente cualquiera de los casos listados a continuación:

- Cuando la dimensión mayor de la unidad estructural exceda de 30 m.