

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Estudio comparativo de normativas de diseño sismo-resistente de
elementos no estructurales**

Jonathan David Jaramillo Narváez

Ingeniería Civil

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
INGENIERO CIVIL

Quito, 13 de mayo de 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Estudio comparativo de normativas de diseño sismo-resistente de
elementos no estructurales**

Jonathan David Jaramillo Narváez

Nombre del profesor, Título académico

Fabrizio Yépez, PhD

Quito, 13 de mayo de 2020

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Jonathan David Jaramillo Narváez

Código: 00115795

Cédula de identidad: 1720194669

Lugar y fecha: Quito, mayo de 2020

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

Ecuador se encuentra ubicado en una de las zonas sísmicas más peligrosas del planeta, conocida como el cinturón de fuego del Pacífico. Por esta razón, los antecedentes sísmicos registrados han llegado a provocar catástrofes estructurales y la pérdida de vidas. El siguiente trabajo persigue una comparación entre normativas de diseño sismo-resistente de elementos no estructurales, a fin de disponer de un insumo para una implementación futura de una norma ecuatoriana enfocada en este tipo de elementos. Para el análisis, se ha utilizado referencias de países con similar peligro sísmico como lo son: Estados Unidos, Colombia, Perú y Chile.

Para concluir con este trabajo, se mostrará los antecedentes causados por los sismos, los métodos que usan los países de estudio, para posteriormente, analizar que secciones de dichas normas pueden aplicarse a los métodos constructivos utilizados en el Ecuador.

Palabras clave: Diseño sismo-resistente, elementos, sistemas, normativa, fuerzas, componente, factores, requisitos, desplazamientos, criterios.

ABSTRACT

Ecuador is located in one of the most dangerous seismic areas on the planet, known as the Pacific Ring of Fire. For this reason, the recorded seismic history has led to structural catastrophes and loss of lives. The following work pursues a comparison among earthquake-resistance design regulations for non-structural elements, in order to have an input for a future implementation of an Ecuadorian standard focused on this kind of elements. For this analysis, many references from countries with the same seismic hazard have been studied, such as the United States, Colombia, Peru, and Chile.

To conclude with this work, the background caused by the earthquakes, and the methods used by the countries will be shown. Afterwards, it will be analyzed which sections of the standards can be applied to the construction methods used in Ecuador.

Key words: anti-seismic design, elements, systems, regulation, forces, component, factors, requirements, displacements, criteria.

TABLA DE CONTENIDO

ANTECEDENTES.....	14
INTRODUCCIÓN	16
DESARROLLO DEL TEMA	18
1. <i>Definiciones</i>	<i>18</i>
1.1. Tipos de sismos producidos en el Ecuador.....	20
1.1.1. Sismos por Subducción.....	20
1.1.1.1. Sismos Interplaca.....	21
1.1.1.2. Sismos de Intraplaca.....	21
1.1.2. Sismos Corticales o Superficiales.....	22
1.1.3. Sismos producidos por falla transformante.....	22
2. <i>Elementos de una edificación</i>	<i>23</i>
2.1. Elementos Estructurales.....	23
2.2. Elementos No Estructurales.....	23
2.2.1. Elementos Arquitectónicos.....	23
2.2.1.1. Paredes exteriores (fachada).....	23
2.2.1.2. Paredes interiores.....	25
2.2.1.3. Cielos Rasos.....	26
2.2.1.4. Enchapes de fachada.....	27
2.2.1.5. Áticos, parapetos y antepechos.....	27
2.2.1.6. Vidrios.....	28
2.2.1.7. Paneles prefabricados de fachada.....	28
2.2.2. Elementos hidráulicos y sanitarios.....	29
2.2.2.1. Bombas hidráulicas.....	29
2.2.2.2. Tuberías de gases y combustibles.....	29
2.2.2.3. Tuberías del sistema contra incendio.....	30
2.2.3. Elementos eléctricos.....	32
2.2.3.1. Eléctricas de emergencia.....	32
2.2.3.2. Sistemas de Comunicación.....	33
2.2.3.3. Luminarias y Sistemas de Iluminación.....	34
2.2.3.4. Paneles de Control y Gabinetes Eléctricos.....	34
2.2.4. Elementos Mecánicos.....	35
2.2.4.1. Maquinaria de ascensores, guías y rieles del ascensor y el contrapeso.....	35
2.2.4.2. Sistemas de protección contra el fuego.....	35
3. <i>Aspectos de sismo resistencia para evaluar en los elementos no estructurales.....</i>	<i>37</i>
3.1. Requisitos generales para el diseño.....	37
3.2. Demandas sísmicas en componentes no estructurales.....	37
3.3. Anclaje de componentes no estructurales.....	37
3.4. Componentes o elementos arquitectónicos.....	38
3.5. Componentes mecánicos y eléctricos.....	38
4. <i>Normativas de diseño sísmico de elementos no estructurales.....</i>	<i>39</i>
4.1. Norma Peruana.....	39
4.1.1. Datos de la norma.....	39
4.1.2. Generalidades.....	39

4.1.3.	Fuerzas de Diseño.....	40
4.1.3.1.	Fuerza Horizontal.....	40
4.1.3.2.	Fuerza Vertical.....	42
4.2.	Norma Colombiana.....	45
4.2.1.	Datos de la norma.....	45
4.2.2.	Generalidades.....	45
4.2.2.1.	Grado de Desempeño de los Elementos no Estructurales.....	45
4.2.2.2.	Responsabilidades.....	47
4.2.3.	Criterio de diseño.....	48
4.2.4.	Fuerzas sísmicas de diseño.....	49
4.2.5.	Acabados y elementos arquitectónicos.....	53
4.2.5.1.	Muros de fachada.....	54
4.2.5.2.	Muros interiores.....	54
4.2.5.3.	Enchapes de fachada.....	54
4.2.5.4.	Antepechos, áticos.....	54
4.2.5.5.	Vidrios.....	54
4.2.5.6.	Paneles prefabricados de fachada.....	55
4.2.5.7.	Cielos rasos.....	55
4.2.5.8.	Columnas cortas o columnas cautivas.....	55
4.2.5.9.	Fuerzas de viento.....	55
4.2.5.10.	Consideraciones.....	56
4.2.6.	Instalaciones hidráulicas, sanitarias, mecánicas y eléctricas.....	56
4.2.6.1.	Fuerzas sísmicas de diseño.....	56
4.2.6.2.	Soportes.....	57
4.2.6.3.	Conexiones con las redes de servicios públicos.....	57
4.2.6.4.	Interruptores automáticos.....	57
4.2.6.5.	Ascensores para edificaciones tipo IV.....	57
4.3.	Norma Chilena.....	58
4.3.1.	Datos de la norma.....	58
4.3.1.1.	Alcance de la norma.....	58
4.3.1.2.	Referencias.....	58
4.3.2.	Requisitos generales para el diseño.....	58
4.3.2.1.	Requisitos para el elementos arquitectónicos, mecánicos y eléctricos, soportes y elementos agregados.....	59
4.3.2.2.	Combinación de cargas.....	59
4.3.2.3.	Requisitos de certificación especial para sistemas sísmicos específicos.....	59
4.3.2.4.	Documentos de referencia.....	59
4.3.2.5.	Daño consecuente.....	60
4.3.2.6.	Flexibilidad.....	60
4.3.2.7.	Alternativa de ensayos.....	60
4.3.2.8.	Documentos de respaldo.....	61
4.3.3.	Demandas sísmicas en componentes no estructurales.....	61
4.3.3.1.	Fuerza sísmica horizontal de diseño.....	61
4.3.3.2.	Fuerza sísmica vertical de diseño.....	67
4.3.3.3.	Desplazamientos sísmicos relativos.....	67
4.3.4.	Anclaje de componentes no estructurales.....	68
4.3.4.1.	Fuerzas de diseño en la unión.....	68
4.3.4.2.	Anclajes de hormigón o albañilería.....	69
4.3.4.3.	Uniones múltiples.....	69
4.3.4.4.	Fijaciones de impacto.....	69

4.3.4.5.	Sistemas de fijación basados en fricción.	70
4.3.5.	Componentes o elementos arquitectónicos.	70
4.3.5.1.	Fuerzas y desplazamientos.	71
4.3.5.2.	Elementos no estructurales de muros de fachadas y sus conexiones.	71
4.3.5.3.	Flexión fuera del plano.	72
4.3.5.4.	Cielos rasos.	72
4.3.5.5.	Pisos elevados registrables.	73
4.3.5.6.	Divisiones interiores.	74
4.3.5.7.	Vidrios.	74
4.3.6.	Componentes mecánicos y eléctricos.	75
4.3.6.1.	Periodo del componente.	76
4.3.6.2.	Apoyo de los componentes.	76
4.3.6.3.	Redes públicas y de servicio.	78
4.3.6.4.	Ductos.	78
4.3.6.5.	Sistemas de cañerías.	79
4.3.6.6.	Boilers y Estanques de Presión.	80
4.3.6.7.	Otros Componentes Mecánicos y Eléctricos.	80
4.4.	Norma Americana.	82
4.4.1.	Datos de la norma.	82
4.4.2.	Aspectos generales.	82
4.4.2.1.	Factor de importancia del componente.	82
4.4.3.	Requisitos generales de diseño.	84
4.4.3.1.	Requisitos especiales de certificación para sistemas sísmicos designados. 84	
4.4.3.2.	Daño consecuente.	85
4.4.3.3.	Flexibilidad.	85
4.4.3.4.	Documentos de construcción.	85
4.4.4.	Demandas sísmicas de componentes no estructurales.	86
4.4.4.1.	Fuerza sísmica de diseño.	86
4.4.4.2.	Desplazamientos sísmicos relativos.	88
4.4.5.	Anclajes de componentes no estructurales.	90
4.4.5.1.	Anclajes en hormigón o mampostería.	90
4.4.5.2.	Condiciones de instalación.	90
4.4.5.3.	Múltiples archivos adjuntos.	91
4.4.6.	Componentes arquitectónicos mecánicos y eléctricos.	91
4.4.6.1.	Fuerzas y desplazamientos.	91
4.4.6.2.	Elementos de pared no estructural exterior y conexiones.	91
4.4.6.3.	Flexión fuera del plano.	92
4.4.6.4.	Cielos rasos.	93
4.4.6.5.	Pisos de acceso especiales.	94
4.4.6.6.	Divisiones interiores.	94
4.4.6.7.	Vidrios.	95
4.4.7.	Componentes mecánicos y eléctricos.	98
4.4.7.1.	Periodo del componente.	98
4.4.7.2.	Apoyo de los componentes.	99
4.4.7.3.	Redes públicas y de servicio.	101
4.4.7.4.	Ductos de climatización.	101
4.4.7.5.	Sistemas de cañerías.	102
4.4.7.6.	Boilers y Estanques de Presión.	103
4.4.7.7.	Otros Componentes Mecánicos y Eléctricos.	103

5.	<i>Comparación de normativas</i>	105
5.1.	Aspectos generales.....	105
5.2.	Requisitos generales para el diseño.	109
5.3.	Demandas sísmicas en componentes no estructurales.	113
5.3.1.	Análisis de los factores que intervienen en la fórmula de fuerza horizontal sísmica.....	115
5.3.2.	Análisis de los factores que intervienen en la fórmula de fuerza vertical sísmica.....	118
5.3.3.	Análisis de las fórmulas para el desplazamiento de las estructuras.	118
5.4.	Anclaje de componentes no estructurales.	120
5.5.	Componentes o elementos arquitectónicos.....	122
5.6.	Componentes mecánicos y eléctricos.	128
	CONCLUSIONES	133
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	135
	ANEXO A:	137
	Manual de diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales en el Ecuador	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla #1. Listado de sismos destructivos ocurridos en Ecuador (Instituto Geofísico del Ecuador, 2016).....	14
Tabla #2. Efectos de un sismo según su escala (Servicio Geológico de los Estados Unidos, 2006).	20
Tabla #3. Tabla de valores de C1 para fuerza sísmica horizontal de elementos no estructurales (E-30, 2018).....	41
Tabla #4. Tabla de valores de S según el tipo de suelo (E-30, 2018).	42
Tabla #5. Tabla de valores de Z según la zona sísmica (E-30, 2018).....	42
Tabla #6. Tabla de valores de U según el tipo de edificación (E-30, 2018).....	43
Tabla #7. Tabla de grado de desempeño mínimo de elementos no estructurales según el tipo de uso de la edificación (NSR-10, 2010).....	46
Tabla #8. Tabla de clasificación de uso según el tipo ocupacional de la estructura (NSR-10, 2010).	47
Tabla #9. Tabla de coeficiente de amplificación dinámica (ap), y tipo de enclajes o amarres requeridos, usados para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía R_p . Para elementos arquitectónicos y acabados (NSR-10, 2010).	51
Tabla #10. Tabla de coeficiente de amplificación dinámica (ap), y tipo de enclajes o amarres requeridos, usados para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía R_p . Para elementos hidráulicos, mecánicos o eléctricos (NSR-10, 2010).....	52
Tabla #11. Tabla de valor de Aa según el nivel de amenaza sísmica (NSR-10, 2010).	52
Tabla #12. Tabla del parámetro del espectro de Pseudo aceleración (NTM001, 2013).....	62
Tabla #13. Tabla del factor de modificación del espectro de Pseudo aceleración (NTM001, 2013).....	62
Tabla #14. Para los valores del factor de amplificación dinámica y el factor de modificación de respuesta para el diseño sísmico de elementos arquitectónicos (NTM001, 2013).....	62
Tabla #15. Para los valores del factor de amplificación dinámica y el factor de modificación de respuesta para el diseño sísmico de componentes mecánicos y eléctricos (NTM001, 2013).....	63
Tabla #16. Tabla del coeficiente de importancia según la categoría de la edificación (NTM001, 2013).....	67
Tabla #17. Tabla de clasificación de diseño sísmico según el tipo de estructura (ASCE/SEI 7, 2016).	83
Tabla #18. Tabla de clasificación de diseño sísmico según el tipo de estructura (ASCE/SEI 7, 2016).	84
Tabla #19. Tabla de permiso de historia Δa (ASCE/SEI 7, 2016).....	89
Tabla #20. Tabla coeficientes de componentes arquitectónicos bajo la norma ASCE/SEI 7-16 / Chapter 13 (ASCE/SEI 7, 2016).	97
Tabla #21. Tabla coeficientes de componentes mecánicos y eléctricos bajo la norma ASCE/SEI 7-16 / Chapter 13 (ASCE/SEI 7, 2016).....	104
Tabla #22. Tabla de comparación entre normas de los requisitos generales para el diseño sísmico de elementos no estructurales (E-30, 2018), (NSR-10, 2010), (NTM001, 2013) y (ASCE/SEI 7, 2016).....	109

Tabla #23. Tabla de comparación entre normas de las demandas sísmicas en componentes no estructurales (E-30, 2018), (NSR-10, 2010), (NTM001, 2013) y (ASCE/SEI 7, 2016).	113
Tabla #24. Tabla de comparación entre normas de los anclajes de componentes no estructurales (E-30, 2018), (NSR-10, 2010), (NTM001, 2013) y (ASCE/SEI 7, 2016).	120
Tabla #25. Tabla de comparación entre normas de los componentes o elementos arquitectónicos (E-30, 2018), (NSR-10, 2010), (NTM001, 2013) y (ASCE/SEI 7, 2016).	122
Tabla #26. Tabla de comparación entre normas de componentes mecánicos y eléctricos (E-30, 2018), (NSR-10, 2010), (NTM001, 2013) y (ASCE/SEI 7, 2016).....	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura #1. Distribución superficial de las placas litosféricas (Newmark, Rosenblueth, & Lepe, 1976).	18
Figura #2. Puntos y partes de un terremoto (Servicio Geológico de los Estados Unido, 2006).	19
Figura #3. Fenómeno de subducción de un sismo de interplaca (Martínez López & Mendoza, 2016).	21
Figura #4. Diagrama de la zona de Wadati-Benioff (Servicio Geológico de los Estados Unido, 2006).	22
Figura #5. Diagrama de falla cortical (Servicio Geológico de los Estados Unido, 2006).	22
Figura #6. Esquema gráfico de un bloque de hormigón (NTE INEN 3066, 2016).	24
Figura #7. Gráfico de ejemplo de paredes exteriores (Rueda Duarte, 2018).	25
Figura #8. Gráfico de ejemplo de paredes interiores (Rueda Duarte, 2018).	26
Figura #9. Gráfico de ejemplo de cielos rasos (Rueda Duarte, 2018).	26
Figura #10. Gráfico de ejemplo de enchapes de fachadas (Rueda Duarte, 2018).	27
Figura #11. Foto de referencia de antepechos de una estructura (Rueda Duarte, 2018).	27
Figura #12. Imagen de un elemento compuesto por vidrio (Rueda Duarte, 2018).	28
Figura #13. Gráfico de ejemplo de paneles prefabricados (Rueda Duarte, 2018).	28
Figura #14. Ejemplo de una bomba hidráulica (Rueda Duarte, 2018).	29
Figura #15. Clasificación de los gases según la norma (NTE INEN 2 260, 2010).	30
Figura #16. Ejemplo de sistema de tuberías de gas o combustible (Rueda Duarte, 2018).	30
Figura #17. Ejemplo de tuberías contra incendio (Rueda Duarte, 2018).	32
Figura #18. Ejemplo de una planta eléctrica de emergencia para edificaciones (Rueda Duarte, 2018).	33
Figura #19. Ejemplo de un sistema de comunicación (Rueda Duarte, 2018).	34
Figura #20. Ejemplo de sistema de luminarias en una edificación (Rueda Duarte, 2018).	34
Figura #21. Ejemplo de un gabinete de panel de control en una edificación (Rueda Duarte, 2018).	35
<i>Figura #22. Ejemplo de un sistema mecánico de una edificación (Ascensor) (Rueda Duarte, 2018).</i>	<i>35</i>
Figura #23. Ejemplo de sistema contra incendios de una edificación (Rueda Duarte, 2018).	36
Figura #24. Esquema de división geográfica según el tipo de zona sísmica del Perú (E-30, 2018).	43
Figura #25. Espectro elástico de diseño de la normativa colombiana (NSR-10, 2010).	50

ANTECEDENTES

El Ecuador ha sido considerado uno de los países con más alto peligro sísmico y, esto se debe a que se encuentra ubicado entre el choque de dos placas tectónicas: la de Nazca y la Sudamericana, produciendo un fenómeno de subducción lo que hace que sea un punto de alto movimiento sísmico. Los antecedentes sísmicos registrados en el Ecuador han provocado que las autoridades busquen nuevas leyes de construcción para prevenir los acontecimientos suscitados en dichos eventos. Entre los sismos registrados más importantes se encuentran los siguientes:

Tabla #1. Listado de sismos destructivos ocurridos en Ecuador (Instituto Geofísico del Ecuador, 2016).

UBICACIÓN	AÑO	MAGNITUD (Mw)
Esmeraldas (Mompiche)	1906	8,8
Manabí (Pedernales)	1942	7,8
Manabí (Pedernales)	1958	7,8
Esmeraldas (San Lorenzo)	1979	8,1
Manabí (Pedernales)	2016	7,8

Como se observa en la tabla 1, han existido varios sismos con magnitudes superiores a 7 Mw y en un ciclo de años sucesivos. Debido al alto impacto sísmico al cual está sometido el Ecuador, es primordial resguardar la seguridad de las edificaciones construidas.

El 16 de abril del año 2016, el Ecuador experimentó un movimiento sísmico severo debido a su magnitud de 7,8 Mw. A pesar de que no fue el más fuerte que haya experimentado el país, fue el que más impactó en el ámbito social, económico y político. Luego de este evento, se

pudo apreciar claramente las varias deficiencias en las edificaciones construidas sobre todo en los sectores aledaños al epicentro; los cuales sufrieron un colapso masivo en la mayoría de sus elementos. En consecuencia, llegó a haber varias imperfecciones tanto en los elementos estructurales y con más frecuencia en los elementos no estructurales, los cuales no han sido analizados de una manera apropiada que asegure un adecuado comportamiento de estos elementos. Estas anomalías hicieron que las regulaciones constructivas del país se vean en la necesidad de implementar medidas rigurosas para controlar este tipo de problemas (Instituto Geofísico del Ecuador, 2016).

En base a los antecedentes mostrados, se están buscando alternativas constructivas para mejorar la respuesta que tienen las edificaciones a un sismo de esa magnitud. En el presente trabajo de investigación, se realizará un estudio comparativo de la normativa de diseño de los elementos no-estructurales y se analizará algunos elementos que pudieran implementarse en el Ecuador (Instituto Geofísico del Ecuador, 2016).

INTRODUCCIÓN

Las edificaciones cuentan con dos elementos principales: los elementos estructurales y los no estructurales. Los elementos estructurales son aquellos que resisten las cargas internas y externas de las edificaciones como la gravedad, sismos, cargas dinámicas, viento entre otras, y a su vez deben soportar fuerzas de tensión, compresión, torsión, cortante y flexión. Los elementos no estructurales son aquellos elementos que no soportan directamente cargas, sin embargo, si contribuyen a la utilidad de las edificaciones, como es el caso de los componentes arquitectónicos, mecánicos y eléctricos (Uribe Escamilla, 2002).

Se debe tomar en cuenta que para realizar el diseño sísmico de una estructura es importante considerar todos los elementos no estructurales que puede poseer la edificación, tales como: techos, paneles, ventanas, puertas, instalaciones eléctricas, mecánicas y sanitarias, etc. Estos deberían estar diseñados para soportar los movimientos que produzca la estructura y de esta manera procurar que no se vean afectados. La excitación producida por estos elementos cuando existe un movimiento sísmico de la estructura tiene mayor excitación que la que es producida en la base de la estructura, por ende, se puede decir que la estabilidad y seguridad de estos elementos en muchos casos puede estar más comprometida que la de la propia estructura (Newmark, Rosenblueth, & Lepe, 1976).

A pesar de la importancia que representan los elementos no estructurales dentro de una edificación, no se los considera al realizar el diseño sísmico, e incluso existen países como Ecuador, en donde sus normas constructivas no incluyen normas de diseño para este tipo de elementos. Por esta razón, a pesar de que las edificaciones puedan estar diseñadas con criterios actualizados en cuanto a diseño sismorresistente y tener un buen comportamiento de la

estructura ante un sismo real, existe una deficiencia bastante grande en el comportamiento dinámico de los elementos no estructurales llegando muchas veces a producir daños irreparables e incluso daños fatales de pérdida de vidas por culpa del volcamiento de estos (Newmark, Rosenblueth, & Lepe, 1976).

Alrededor del mundo existen varios casos de colapso de paredes, ventanas, techos o maquinaria que han provocado la pérdida de vidas incluso mayor que el colapso por la falla de la estructura, por lo que es primordial analizar el comportamiento de este tipo de elementos, para garantizar la seguridad de los ocupantes que se encuentran en la edificación. También se debe tener en cuenta los costos por la reposición de estos elementos, ya que, en muchos casos, estos elementos representan hasta un 60% del costo total en el caso de que tengan una importancia media, pero llegan hasta el 90% del costo de cuando se trata de edificaciones de alta importancia como hospitales, centros comerciales, universidades, etc. (Newmark, Rosenblueth, & Lepe, 1976).

encuentran en movimiento constante a una velocidad constante produciendo terremotos cuando se chocan entre ellas (Newmark, Rosenblueth, & Lepe, 1976).

Los terremotos, que vienen del latín *terraemōtus* que significa movimiento de tierra, es un fenómeno natural que genera un movimiento fuerte de sacudida en la corteza terrestre producido por el choque de las placas tectónicas antes mencionadas. Los puntos donde se focaliza el impacto de este fenómeno se los conoce como: Hipocentro o foco y Epicentro los cuales se verán representados de mejor manera la Figura # 2 (Newmark, Rosenblueth, & Lepe, 1976).

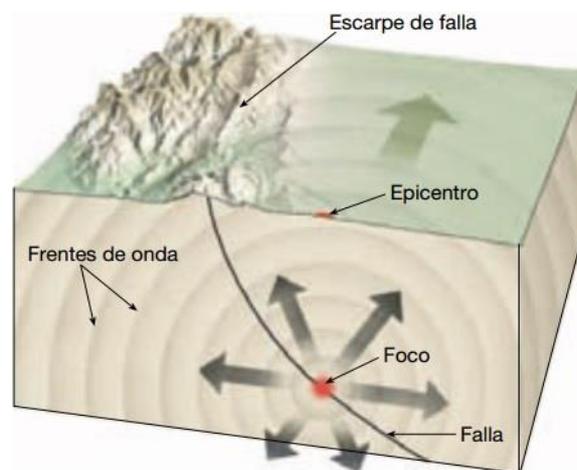


Figura #2. Puntos y partes de un terremoto (Servicio Geológico de los Estados Unido, 2006).

Como se puede observar en la figura # 2, el hipocentro o foco es el lugar en donde se origina el choque, mientras que el epicentro es el punto de la superficie que se encuentra perpendicular en línea recta hacia la corteza terrestre. Dependiendo de la intensidad y distancia de origen, puede generar movimientos fuertes en la corteza terrestre. Para medir la energía que es liberada en un sismo existen diversas escalas, pero la más utilizada es la escala de Richter, la cual usa un método de cálculo logarítmico y está denominada así en honor del sismólogo estadounidense Charles Francis Richter. En la siguiente tabla se detalla una descripción según la magnitud del sismo y los efectos que puede generar (Newmark, Rosenblueth, & Lepe, 1976).

Tabla #2. Efectos de un sismo según su escala (Servicio Geológico de los Estados Unidos, 2006).

Magnitud (M_w =Mayores de 6,9 M_L =De 2,0 a 6,9)	Descripción	Efectos de un sismo	Frecuencia de ocurrencia
Menos de 2,0	Micro	Los microsismos no son perceptibles.	Alrededor de 8000 por día
2,0-2,9	Menor	Generalmente no son perceptibles.	Alrededor de 1000 por día
3,0-3,9		Perceptibles a menudo, pero rara vez provocan daños.	49 000 por año.
4,0-4,9	Ligero	Movimiento de objetos en las habitaciones que genera ruido. Sismo significativo pero con daño poco probable.	6200 por año.
5,0-5,9	Moderado	Puede causar daños mayores en edificaciones débiles o mal construidas. En edificaciones bien diseñadas los daños son leves.	800 por año.
6,0-6,9	Fuerte	Pueden llegar a destruir áreas pobladas, en hasta unos 160 kilómetros a la redonda.	120 por año.
7,0-7,9	Mayor	Puede causar serios daños en extensas zonas.	18 por año.
8,0-8,9	Epico o Cataclismo	Puede causar graves daños en zonas de varios cientos de kilómetros.	1-3 por año.
9,0-9,9		Devastadores en zonas de varios miles de kilómetros.	1-2 en 20 años.
10,0+	Legendario o apocalíptico	Nunca registrado.	En la historia de la humanidad (y desde que se tienen registros históricos de los sismos) nunca ha sucedido un sismo de esta magnitud.

- Causas por las que se produce los sismos

La principal causa que logra producir un sismo es la liberación de energía que se produce por el choque de los bordes de las placas tectónicas, también se producen por la explosión volcánica, colapso de cavernas o deslizamientos bruscos de tierra. Estos últimos tipos de sismos no poseen una gran magnitud por lo que no son considerados para algún diseño sismorresistente (Martínez López & Mendoza, 2016).

1.1. Tipos de sismos producidos en el Ecuador.

Entre los principales tenemos los siguientes:

1.1.1. Sismos por Subducción.

1.1.1.1. Sismos Interplaca.

Este tipo de sismos se derivan de un fenómeno llamado subducción, el cual es producido por el choque de las placas tectónicas que generan una fuerza de compresión entre ellas y las cuales son producidas por el empuje de las dorsales meso-oceánicas donde una placa se introduce debajo de la otra. Este tipo de sismos se generan principalmente en la zona oceánica y sus magnitudes pueden llegar a ser muy elevadas llegando a provocar tsunamis de gran altura. Uno de los principales lugares donde se produce este tipo de fenómeno es a lo largo del cinturón de fuego del pacifico donde se encuentra el Ecuador (Martínez López & Mendoza, 2016).

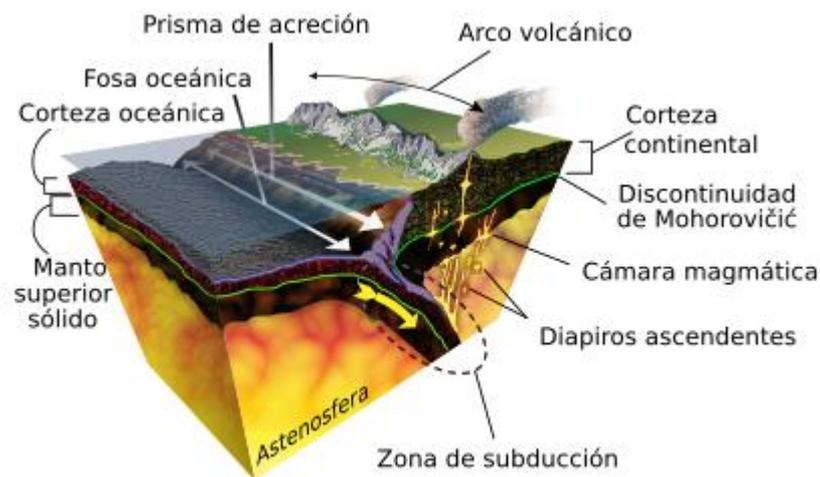


Figura #3. Fenómeno de subducción de un sismo de interplaca (Martínez López & Mendoza, 2016).

1.1.1.2. Sismos de Intraplaca.

Este tipo de sismos son producidos al interior de la placa oceánica la cual se encuentra subductada. La profundidad donde se produce este tipo de sismos va entre 60 km hasta 700 kilómetros hacia el centro de la tierra. Estos tipos de sismos se producen en la zona de Benioff y tienen una peligrosidad alta debido a que se pueden producir a una distancia más cerca de la corteza terrestre, lo cual hace que las vibraciones sean más rápidas que el de interplaca (Newmark, Rosenblueth, & Lepe, 1976).

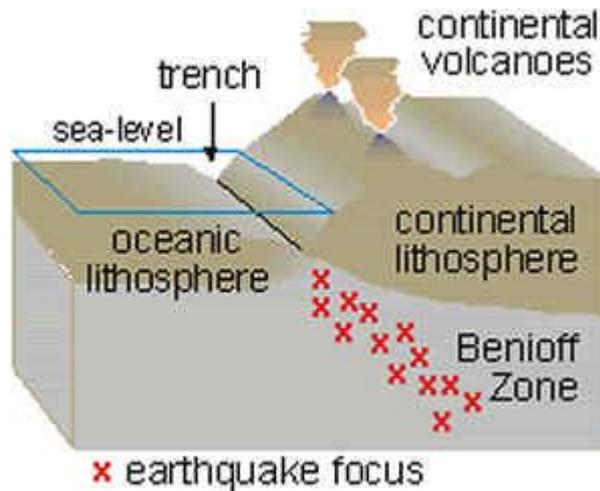


Figura #4. Diagrama de la zona de Wadati-Benioff (Servicio Geológico de los Estados Unido, 2006).

1.1.2. *Sismos Corticales o Superficiales.*

Este tipo de sismos ocurren dentro de la placa continental a una profundidad menor a 60 km y se debe a la convergencia del choque de las placas tectónicas (Newmark, Rosenblueth, & Lepe, 1976).



Figura #5. Diagrama de falla cortical (Servicio Geológico de los Estados Unido, 2006).

1.1.3. *Sismos producidos por falla transformante.*

Este tipo de sismos se debe al choque producido por el desplazamiento lateral de una placa tectónica con la otra, la falla más conocida con este tipo de fenómeno es la falla de San Andrés en California. Debido a que se trata de un choque en un desplazamiento horizontal, la zona de

afectación no es solo la de contacto sino se puede extender más allá dado a los esfuerzos transmitidos a toda la placa (Newmark, Rosenblueth, & Lepe, 1976).

2. Elementos de una edificación

Las edificaciones están compuestas por dos elementos principales que se pueden clasificar en dos tipos:

2.1. Elementos Estructurales.

Son todos los componentes que permiten soportar las fuerzas internas y externas de una construcción, como es el caso de cargas estáticas y dinámicas, las cuales están latente en todas las estructuras. Entre los elementos más comunes tenemos a las columnas, vigas, zapatas, viguetas, etc. (OPS, 2007).

2.2. Elementos No Estructurales.

Los elementos no estructurales son todos los elementos que no forman parte principal de la estructura, no obstante, son indispensables para el funcionamiento de una edificación. Estos elementos se clasifican según lo establecido a continuación (OPS, 2007).

2.2.1. Elementos Arquitectónicos.

Estos elementos son los que forman parte de las divisiones internas y externas de la edificación. Se pueden clasificar en:

2.2.1.1. Paredes exteriores (fachada).

Este tipo de elemento es usado en todas las construcciones, los principales materiales utilizados en este elemento son bloques de hormigón o bloques de ladrillos ya que ellos poseen una estructura sólida lo que brinda una garantía de firmeza y seguridad (OPS, 2007).

En Ecuador, los bloques de hormigón son los más usados para paredes exteriores e interiores y sus variantes dependen del peso de estos. Existen bloques livianos y pesados según los requerimientos del comprador, sus dimensiones son 40 cm de largo y 20 cm de altura, teniendo variante solo el ancho de este. En el país los bloques más comerciales son los de (7 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm) de ancho y varían dependiendo de las exigencias requeridas (NTE INEN 3066, 2016).

El método constructivo de este elemento es la unión de bloques mediante la utilización de mortero, lo cual permite la adherencia entre sus elementos y los hace comportarse de manera uniforme a lo largo de toda la pared. Sus elementos deben estar entrelazados y no sobrepuestos unos encima del otro, en línea recta, al contrario, debe existir un traslape entre ellos para tener una mejor distribución de esfuerzos. Una vez realizado se debe enlucir y estucar, según el requerimiento constructivo, en ocasiones existen enchapes que van sobre este como, por ejemplo: piedras, cerámica porcelanato, etc. (NTE INEN 3066, 2016).

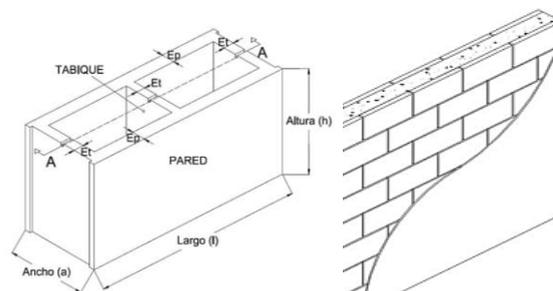


Figura #6. Esquema gráfico de un bloque de hormigón (NTE INEN 3066, 2016).



Figura #7. Gráfico de ejemplo de paredes exteriores (Rueda Duarte, 2018).

2.2.1.2. Paredes interiores.

Las paredes interiores son elementos que sirven de divisores arquitectónicos dentro de la edificación, su principal función es separar espacios según los requerimientos necesarios. En la actualidad, existen dos tipos de sistemas que son muy utilizados en las construcciones, el primero, es la construcción de paredes de bloques de hormigón, al igual que las paredes exteriores, y el nuevo sistema que se está usando en el Ecuador es el de las paredes Steel Framming, las cuales son paredes con una subestructura de acero y forrado con láminas de gypsum o fibrocemento (NTE INEN 3066, 2016).

El método constructivo para el primer sistema es igual al utilizado en las paredes exteriores y usualmente el ancho más común es de 10 cm y 15 cm. Para método Steel Framming, se debe primero realizar una subestructura con especificaciones detalladas, las cuales son fabricadas directamente en la empresa proveedora y en obra solo se ensambla las partes mediante tornillos y la utilización de paneles, ya sea gypsum o fibrocemento, según lo requerido. Una vez levantado el sistema, se procede a coger las fallas y estucar, para finalmente dar un recubrimiento de pintura (NTE INEN 3066, 2016).



Figura #8. Gráfico de ejemplo de paredes interiores (Rueda Duarte, 2018).

2.2.1.3. Cielos Rasos.

Estos elementos son utilizados para el acabado de la parte superior de las edificaciones, como se puede observar en la figura #09. Este sirve para dar un aspecto más estético al interior de un inmueble y ayuda a tapar todas las conexiones que conlleva una edificación, como es el caso de las tuberías sanitarias, elementos eléctricos, cableado entre otros; dando una vista agradable al interior (Rueda Duarte , 2018).

Los materiales más usados son fabricados de yeso y casi en su totalidad se usa el gypsum, el cual es un material compuesto de yeso forrado de cartón que brinda una estabilidad a la placa. Al igual que el sistema Steel Framming, este sistema también necesita una subestructura de acero, que va anclada a la losa o a las vigas y forrada con la placa de gypsum según el diseño que sea requerido, la cual luego debe ser estucada y pintada (Rueda Duarte , 2018).



Figura #9. Gráfico de ejemplo de cielos rasos (Rueda Duarte, 2018).

2.2.1.4. Enchapes de fachada.

Los enchapes de fachadas son elementos que van sobrepuestos a las paredes exteriores, los cuales son colocados mediante una pega que ayuda a adherir la pieza a la pared, entre los materiales más usados están: las piedras, porcelanato, cerámica, etc. (Rueda Duarte , 2018).



Figura #10. Gráfico de ejemplo de enchapes de fachadas (Rueda Duarte, 2018).

2.2.1.5. Áticos, parapetos y antepechos.

Estos elementos son usados comúnmente como seguridad de caída al vacío para terrazas y balcones. Generalmente, son realizados de hormigón armado y su armadura depende del tamaño de este (Rueda Duarte , 2018).



Figura #11. Foto de referencia de antepechos de una estructura (Rueda Duarte, 2018).

2.2.1.6. Vidrios.

Estos elementos son usados en todas las edificaciones, su principal función es permitir el paso de luz al interior de las edificaciones, por lo que son requeridos en todas las construcciones, los estándares para elementos de vidrio los establece la norma ecuatoriana (NEC-HS, 2015).



Figura #12. Imagen de un elemento compuesto por vidrio (Rueda Duarte, 2018).

2.2.1.7. Paneles prefabricados de fachada.

Estos elementos no son muy comunes en el Ecuador, dado que no hay muchas empresas que brinden este servicio. Estos paneles están compuestos de hormigón armado, el método de colocación es mecánico, ya que se instala las piezas, según los diseños preestablecidos. La ventaja de este elemento es que el tiempo de construcción es mucho más rápido (Rueda Duarte, 2018).



Figura #13. Gráfico de ejemplo de paneles prefabricados (Rueda Duarte, 2018).

2.2.2. Elementos hidráulicos y sanitarios.

Son aquellos elementos que permiten la alimentación y circulación adecuada de agua dentro de una construcción, la cual se ayuda por conexiones de tuberías, ductos, codos, bombas y todo elemento mecánico que permita ayudar a fluir el agua a todas las partes deseadas (RTQ, 2015).

2.2.2.1. Bombas hidráulicas.

Es un elemento que transforma la energía mecánica y eléctrica en energía de fluido, su función es suministrar el caudal y la presión necesaria para que el agua fluya según las especificaciones requeridas. Estas son usadas en construcciones de gran altura, permitiendo que el agua circule con el mismo caudal hasta lo más alto de la edificación, también tienen varios usos en hidroeléctricas o piscinas (RTQ, 2015).



Figura #14. Ejemplo de una bomba hidráulica (Rueda Duarte, 2018).

2.2.2.2. Tuberías de gases y combustibles.

Estos elementos son usados para transportar mediante tubería aquellos gases y combustibles que son requeridos dependiendo del tipo de edificación. En Ecuador, la norma que regula el uso y diseño de estos elementos es la norma (NTE INEN 2 260, 2010), la cual establece las especificaciones técnicas y de diseño según sea necesario. Los gases se clasifican en tres tipos que los siguientes:

Familia	Nombre del Gas	Componente Principal	Observación	Densidad	PCS en volumen kWh/m ³	PCS en masa kWh/kg	Índice de Wobbe MJ/m ³ (n)	Límites de inflamabilidad	Odorizante
1ra. Familia	Gas manufacturado	Metano+H ₂ +CO	Tóxico, en desuso	< 1	5, 23	-----	19, 13 a 27, 64	6 a 45	
2da. Familia	Gas Natural	Metano	No tóxico	< 1	12, 2	-----	39, 1 a 54, 7	5 a 15	Tetrahi-Drotiofeno
			Inodoro Incoloro						
3ra. Familia	GLP	Propano	No tóxico	> 1	27, 29	14, 0	72, 9 a 87, 3	2, 4 a 9, 5	Mercaptano
			Inodoro Incoloro						
		Butano	No tóxico	> 1	36, 0	13, 95		1, 8 a 8, 4	Mercaptano
			Inodoro Incoloro						

Figura #15. Clasificación de los gases según la norma (NTE INEN 2 260, 2010).

Según la norma, las instalaciones de gas están clasificadas dependiendo de la forma que sea suministrada. Existen dos tipos de formas, la primera, las tuberías que son suministradas desde una red de distribución (canalizado) y la segunda, son las tuberías suministradas desde: Tanques fijos o estacionarios para GLP y Tanques semiestacionarios para GLP (0,11 a 0,5 m³) (NTE INEN 2 260, 2010).



Figura #16. Ejemplo de sistema de tuberías de gas o combustible (Rueda Duarte, 2018).

2.2.2.3. Tuberías del sistema contra incendio.

Los sistemas contraincendios deben estar en toda edificación, ya sea nueva o antigua y no depende de la altura de esta, según lo establece la regla técnica metropolitana RTQ 1/2015 es necesario contar en cada edificación con algunos mecanismos contra incendios como es el caso de rociadores, sistema de tubería de agua de emergencia, extintores y todo material que brinde una ayuda ante un incendio (RTQ, 2015).

Por otro lado, en edificaciones de gran altura se necesita de rociadores que actúen automáticamente ante la presencia de fuego en la edificación. Según el Acuerdo 01257 del reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios del Ministerio de Inclusión Económica y Social establece algunos criterios que deben considerarse en los siguientes artículos (Registro Oficial Edición Especial 114 2-IV, 2009).

Art. 38.- La instalación de rociadores automáticos estará condicionada y diseñada particularmente para cada caso. Deben colocarse en los sectores considerados de riesgo, previo un análisis técnico de la carga calorífica y la actividad a realizarse en ellos, conformando sectores de incendio debidamente aislados de las restantes zonas del edificio mediante elementos de separación de una resistencia mínima de un RF-120.

Art. 39.- Las tuberías deben cumplir con las normas ASTM, puede ser de: hierro, acero o cobre sin costura. Estas deben resistir una presión de 12 kg/cm² (170 PSI) como máximo, su diámetro será de 2 a 6 pulgadas (red principal) de la misma manera todos los accesorios deben ser normados por ASTM.

Art. 40.- La colocación reglamentaria de estos elementos estará determinada por el uso del local y el tipo de riesgo de incendio, previa aprobación del Cuerpo de Bomberos de cada jurisdicción.

Estas instalaciones de tubería de gas, según la norma RTQ 1/2015, deben tener mantenimiento por lo menos una vez al año. Todas las modificaciones que se realice en el sistema de distribución de gas combustible GLP/GNL que hayan obtenido su idoneidad, deberá ser notificada al CBDMO (RTQ, 2015).

Según la norma de construcción estas tuberías deberán estar pintadas de color rojo, lo cual indica que son tuberías contra incendios. Al contrario de las tuberías de abastecimiento de agua, las cuales son pintadas de color verde.



Figura #17. Ejemplo de tuberías contra incendio (Rueda Duarte, 2018).

2.2.3. Elementos eléctricos.

Son todos los elementos que brindan la energía en las edificaciones. La normativa que regula los requerimientos es la (NEC-SB-IE, 2015)., donde establece todas las especificaciones que debe tener una edificación con respecto a los elementos eléctricos.

2.2.3.1. Eléctricas de emergencia.

Estos elementos son los que brindan energía eléctrica cuando el sistema eléctrico colectivo deja de funcionar, generalmente usan combustible pétreo; de manera que, con ayuda de un sistema mecánico proceda a generar energía. Adicional, existen plantas que se ayudan de la energía acumulada por paneles solares u aparatos eólicos que fueron almacenando energía previamente (NEC-SB-IE, 2015).

Según la normativa ecuatoriana, no tiene ninguna obligación en construcciones que no sean de primer orden; empero, tienen como exigencia irrefutable en edificaciones como hospitales, centros de atención de emergencia u otras construcciones donde la energía eléctrica sea indispensable para salvaguardar vidas (NEC-SB-IE, 2015).



Figura #18. Ejemplo de una planta eléctrica de emergencia para edificaciones (Rueda Duarte, 2018).

2.2.3.2. Sistemas de Comunicación.

En Ecuador, estos sistemas son manejados por compañías privadas, las cuales manejan una red de cableado que proporciona una comunicación entre individuos, como es el caso de red telefónica, red de cableado de tv o internet. Estos elementos antiguamente eran externos a la edificación, pero actualmente la regla técnica metropolitana RTQ 1/2015 establece que cada edificación cuente con conexiones internas para evitar la propagación de mal cableado que pueda producir un incendio (RTQ, 2015), (NEC-SB-TE, 2015).



Figura #19. Ejemplo de un sistema de comunicación (Rueda Duarte, 2018).

2.2.3.3. Luminarias y Sistemas de Iluminación.

Estos elementos son usados según las especificaciones arquitectónicas que estén establecidas para la iluminación de la edificación (NEC-SB-IE, 2015).



Figura #20. Ejemplo de sistema de luminarias en una edificación (Rueda Duarte, 2018).

2.2.3.4. Paneles de Control y Gabinetes Eléctricos.

La normativa NEC-SB-IE establece que todos los elementos eléctricos de cualquier edificación deban ser controlados mediante un panel de control, donde se especifique cada componente, el cual deberá estar instalado en un lugar que no afecte su funcionamiento y evite estar cerca de elementos que puedan perjudicarlo, como es el caso del agua (NEC-SB-IE, 2015).



Figura #21. Ejemplo de un gabinete de panel de control en una edificación (Rueda Duarte, 2018).

2.2.4. Elementos Mecánicos.

2.2.4.1. Maquinaria de ascensores, guías y rieles del ascensor y el contrapeso.

Estos elementos son los más usados en edificaciones. La norma NEC 2015 establece que es necesario instalar un ascensor en una edificación que supere los 4 pisos de altura. Estos elementos generalmente son colocados en las intersecciones de los diafragmas, debido a que necesitan tener un soporte de carga alto (NEC-SE-CG, 2015).

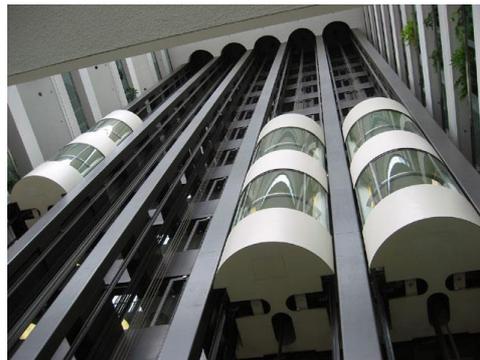


Figura #22. Ejemplo de un sistema mecánico de una edificación (Ascensor) (Rueda Duarte, 2018).

2.2.4.2. Sistemas de protección contra el fuego.

Este sistema lo rige la regla técnica metropolitana RTQ 1/2015, la cual es la encargada de la normativa que debe establecerse para sistemas de protección contra el fuego mediante las siguientes normativas (RTQ, 2015).

- a) Ningún establecimiento podrá sobrepasar su capacidad.
- b) Todo local en donde se encuentren más de 50 personas deberá contar con dos salidas donde la evacuación de las personas sea fluida.
- c) El ancho libre de las puertas de salida de emergencia será mínimo de 0.86 m.
- d) Se deberá contar con iluminación de salida de emergencia para locales que superen los 50m².
- e) En locales que posean un área útil menor a 50 m² deberán contar únicamente con un extintor portátil de 10 libras como medio de extinción.
- f) Para edificaciones mayores a 50m² deberán tener un sistema de tuberías y dispensadores de agua contra incendios con los requerimientos establecidos en la norma RTQ 1/2015 (RTQ, 2015).



Figura #23. Ejemplo de sistema contra incendios de una edificación (Rueda Duarte, 2018).

3. Aspectos de sismo resistencia para evaluar en los elementos no estructurales

Los elementos no estructurales también son sometidos a cargas y fuerzas cuando se produce un sismo. Entre los aspectos que se deben evaluar, según las normativas internacionales para el diseño sismo resistente de los elementos no estructurales, se clasifican en cinco criterios, los cuales son los siguientes:

3.1. Requisitos generales para el diseño.

En este criterio se evalúa los requisitos fundamentales que se deben cumplir para estos elementos según el tipo de país y el peligro sísmico que tenga reflejado en su norma sísmica. Adicionalmente, se especificará los requisitos mínimos en cuanto a la calidad y deformaciones producidas por estos elementos, los cuales estarán diseñados para tener una resistencia sísmica,

3.2. Demandas sísmicas en componentes no estructurales.

Son todos los criterios que corresponden a las cargas que van a soportar los elementos no estructurales al momento de producirse un sismo. Teniendo en cuenta las cargas internas y externas de los mismos y los efectos que puedan producirse en ellos (ASCE/SEI 7, 2016).

3.3. Anclaje de componentes no estructurales.

Se debe evaluar todas las características técnicas que deben cumplir los anclajes de las piezas o elementos que formen parte de la edificación. Este criterio es uno de los más importantes, debido a que en Ecuador la mayor falla de los elementos no estructurales es dado al mal anclaje de estos (ASCE/SEI 7, 2016).

3.4. Componentes o elementos arquitectónicos.

Para este criterio se debe evaluar todos los elementos arquitectónicos que sean colocados en la edificación, como es el caso de paredes, vidrios, techos, entre otros. Se debe tomar en cuenta que estos elementos deberán ser también evaluados con los criterios anteriores para garantizar el buen desempeño ante un sismo (ASCE/SEI 7, 2016).

3.5. Componentes mecánicos y eléctricos.

Se debe evaluar todos los elementos mecánicos que sean colocados en la edificación, teniendo en cuenta que cumpla con los anteriores criterios. Igualmente, se debe verificar los elementos eléctricos que forman parte de la edificación, teniendo en cuenta las normativas requeridas por cada país (ASCE/SEI 7, 2016).

En la actualidad, estos cinco criterios son los que rigen el diseño sismorresistente de los elementos no estructurales y con los cuales se realizará un análisis comparativo entre las normativas de cuatro diferentes países, para finalmente obtener una normativa enfocada a la construcción del Ecuador.

4. Normativas de diseño sísmico de elementos no estructurales

Para el siguiente análisis se va a considerar las normas constructivas de cuatro países que cumplen con condiciones sísmicas y físicas similares al Ecuador, los cuales son: Chile, Estados Unidos, Colombia y Perú.

Utilizando estas normas, se someterá cada una bajo los cinco criterios de aceptabilidad para el diseño sismo resistente de los elementos no estructurales. También se tendrá como referencia a la norma NEC 2015, esta regulariza las normas de construcción en el Ecuador, la cual actualmente no cuenta con un capítulo exclusivo para diseño sismo resistente para este tipo de elementos (NEC-SE-DS, 2015).

4.1. Norma Peruana.

4.1.1. Datos de la norma.

País: Perú

Norma: E-30 / Capítulo VI

Año de publicación: 2018

Nombre de la norma: Norma Técnica de Diseño Sismo Resistente

Nombre del Capítulo: Elementos No Estructurales, Apéndices y Equipos.

4.1.2. Generalidades.

Son elementos no estructurales aquellos elementos que se encuentran conectados a la estructura aportando masa, pero su aporte a la rigidez no es significativo.

Los elementos no estructurales que estén anclados a la estructura principal de la edificación, su deformación será de tal forma que en caso de falla no cause daños.

El diseño sismorresistente de estos elementos estará bajo responsabilidad del profesional que esté a cargo del proyecto y deberán estar diseñados, de manera que tenga una resistencia y rigidez adecuada ante una acción sísmica (E-30, 2018).

Los elementos no estructurales que tienen propiedades resistentes a sismos son los siguientes:

- a) Paneles Prefabricados, Parapetos, cercos, tabiques.
- b) Elementos Arquitectónicos, enchapes y cielos rasos.
- c) Vidrios y muro cortina.
- d) Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- e) Instalaciones eléctricas.
- f) Instalaciones de gas.
- g) Equipos mecánicos.
- h) Mobiliario cuya inestabilidad signifique un riesgo.

4.1.3. Fuerzas de Diseño.

4.1.3.1. Fuerza Horizontal.

Todos los elementos no estructurales, así como sus conexiones deben estar diseñados de tal modo que pueda resistir una fuerza horizontal en cualquier dirección y la cual dependerá del peso del elemento. Se lo determinará con la siguiente ecuación:

$$F = \frac{a_i}{g} C_1 P_e$$

Donde:

F = Fuerza sísmica horizontal

a_i = Aceleración horizontal en el nivel del elemento no estructural

P_e = Peso del elemento no estructural

C_1 = Constante que depende del tipo de elemento

g = gravedad

Tabla #3. Tabla de valores de C_1 para fuerza sísmica horizontal de elementos no estructurales
(E-30, 2018).

TABLA DE VALORES DE C_1	
Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación y cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras	3.0
Muros y tabiques dentro de una edificación	2.0
Tanques sobre azoteas, casas de máquinas, pérgolas, parapetos en la azotea	3.0
Equipos rígidos conectados rígidamente al piso	1.5

Todos los elementos que no posean una carga puntual, la fuerza sísmica será calculada como una carga uniformemente distribuida por unidad de área, en caso de muros a dos niveles la aceleración tomada será un promedio de las dos.

Además, la fuerza sísmica mínima horizontal de elementos no estructurales no deberá ser menor que:

$$F_{min} \geq 0.5 * Z * U * S * P_e$$

Donde:

F_{min} = Fuerza sísmica horizontal mínima

S = Factor depende del tipo de suelo

Z = Factor depende de la zona sísmica

U = Factor depende de la categoría de la edificación

P_e = Peso del elemento no estructural

Para los elementos que se encuentren en la base de la estructura o en sótanos, la fuerza horizontal deberá ser calculada con la ecuación de fuerza mínima mostrada anteriormente.

En caso de que el diseño sea por el método de esfuerzos admisibles, la fuerza resultante deberá ser multiplicada por un factor de 0,8.

4.1.3.2. Fuerza Vertical.

La fuerza vertical de estos elementos será igual a 2/3 de la fuerza sísmica horizontal. Se necesitará realizar un análisis dinámico en caso de que exista equipos que sean soportados por grandes luces (E-30, 2018).

Tabla #4. Tabla de valores de S según el tipo de suelo (E-30, 2018).

SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,80	2,00

Tabla #5. Tabla de valores de Z según la zona sísmica (E-30, 2018).

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10



FIGURA N° 1. ZONAS SÍSMICAS

Figura #24. Esquema de división geográfica según el tipo de zona sísmica del Perú (E-30, 2018).

Tabla #6. Tabla de valores de U según el tipo de edificación (E-30, 2018).

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. 	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable puede decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U es como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

4.2. Norma Colombiana.

4.2.1. Datos de la norma.

País: Colombia

Norma: NSR-10 / Capítulo A.9.

Año de publicación: 2010

Nombre de la norma: Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente

Nombre del Capítulo: Elementos No Estructurales.

4.2.2. Generalidades.

Todos los elementos no estructurales, así como sus anclajes y conexiones deberán seguir las especificaciones planteadas en esta norma, en las cuales los elementos que deben ser diseñados sísmicamente, se considerarán los siguientes (NSR-10, 2010).

- a) Acabados y elementos arquitectónicos y decorativos,
- b) Instalaciones hidráulicas y sanitarias,
- c) Instalaciones eléctricas,
- d) Instalaciones de gas,
- e) Equipos mecánicos, e
- f) Instalaciones especiales.

4.2.2.1. Grado de Desempeño de los Elementos no Estructurales.

El desempeño de un elemento no estructural está determinado por el comportamiento de este ante la ocurrencia de un sismo y su forma de actuar durante y posterior del evento. El desempeño se clasifica según los grados siguientes (NSR-10, 2010).

a) Superior:

El daño producido en los elementos no estructurales es mínimo y no afecta a la edificación ante el sismo de diseño.

b) Bueno:

El daño producido de los elementos no estructurales es totalmente reparable y puede haber una afectación operativa a la edificación posterior al acontecimiento sísmico.

c) Bajo:

Presenta daños graves de los elementos no estructurales que pueden no ser reparados, pero no genera colapsos o desprendimientos de estos ante el periodo que dure el evento sísmico.

El grado de desempeño mínimo que debe cumplir las edificaciones están categorizadas según el uso que estas representan.

Tabla #7. Tabla de grado de desempeño mínimo de elementos no estructurales según el tipo de uso de la edificación (NSR-10, 2010).

Grupo de uso	Grado de desempeño mínimo requerido
I	Superior
II	Bueno
III	Bueno
IV	Bajo

Tabla #8. Tabla de clasificación de uso según el tipo ocupacional de la estructura (NSR-10, 2010).

Grupo de uso	Tipo ocupacional de la estructura	Ejemplos
I	Estructura de ocupación normal	Casas, viviendas de uso normal donde exista menos de 200 personas
II	Estructura de ocupación especial	Edificaciones donde exista más de 200 personas, escuelas, universidades centros comerciales
III	Edificaciones de atención a la comunidad	Estaciones de bomberos, policía, centros de atención de emergencia, etc.
IV	Edificaciones indispensables	Hospitales. Edificios de telecomunicaciones, hidroeléctricas, sistemas de aguas, etc.

4.2.2.2. Responsabilidades.

El diseño sísmico de los elementos no estructurales estará bajo responsabilidad de profesional a cargo; por lo tanto, el hecho de que estos elementos se encuentren figurados en los planos conlleva a que ya se haya considerado las medidas reglamentarias de diseño de estos elementos (NSR-10, 2010).

El supervisor que esté a cargo de la inspección de la construcción de la edificación deberá verificar que estas sigan las normas propuestas por el diseñador, en caso omiso, sobre este caerá la responsabilidad en caso de fallar algún elemento debido a la mala construcción de este (NSR-10, 2010).

El diseñador arquitectónico que esté a cargo de la solicitud de la licencia de construcción de la edificación será responsable de la coordinación entre los diferentes diseños de los elementos no estructurales. Dado a esto, es indispensable tomar todas las medidas necesarias en elementos que se han realizado por profesionales diferentes a él, y estos no afecten el desempeño de los otros elementos diseñados por otros profesionales (NSR-10, 2010).

4.2.3. Criterio de diseño.

Se debe considerar que existen dos tipos de estrategias de diseño sismorresistente, las cuales serán a elección del diseñador. Entre las opciones que se plantea están las siguientes:

- a) Separar los elementos de la estructura.

En este tipo de diseño los elementos estarán a una distancia tal, a fin de que no interfieran con la deformación producida por la estructura ante la presencia de un desplazamiento de ella. Estos elementos estarán sujetos o apoyados en su parte inferior o superior, según sea el caso, y sus conexiones deberán estar de tal forma que sean capaces de resistir fuerzas inerciales producidas por el sismo (NSR-10, 2010).

- b) Implementar elementos que admitan las deformaciones producidas por la estructura

En este tipo de diseño existen algunos elementos no estructurales que están unidos a la estructura, por lo que deben tener la capacidad de resistir deformaciones que la estructura siente ante un movimiento sísmico sin sufrir afectaciones. Se debe tener una colaboración con el diseñador estructural para garantizar que estos dos elementos puedan trabajar conjuntamente sin existir una afectación a la edificación (NSR-10, 2010).

4.2.4. Fuerzas sísmicas de diseño.

Las fuerzas sísmicas horizontales de los elementos no estructurales serán calculadas con la siguiente ecuación:

$$F_p = \frac{a_x a_p}{R_p} g M_p \geq \frac{A_a I}{2} g M_p$$

Donde:

F_p = Fuerza sísmica horizontal sobre el elemento no estructural

M_p = Masa del elemento no estructural

a_x = Aceleración en el punto de soporte del elemento

a_p = Amplificación dinámica del elemento no estructural

R_p = Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico del elemento.

A_a = Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva

I = Coeficiente de importancia

g = gravedad

$$a_x = \frac{C_{vx} V_s}{m_x g} \leq 2 S_a$$

Donde a_x no puede ser menor que $\frac{A_a I}{2}$

m_x = Parte de M que esta colocada en el nivel x

$$V_s = S_a g M$$

Donde:

V_s = Cortante sísmico en la base

S_a = valor del espectro de aceleración para un periodo de vibración dado

M = Masa total de la edificación

$$C_{vx} = \frac{m_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n (m_i h_i^k)}$$

Donde:

h_i o h_x = Altura en metros medida desde la base del nivel x

k = es un una constante relacionado con el periodo fundamental

Para $T \leq 0.5 \text{ seg} \gg k = 1.0$.

Para $0.5 \text{ seg} < T \leq 2.5 \text{ seg} \gg k = 0.75 + 0.5T$

Para $T > 2.5 \text{ seg} \gg k = 2.0$.

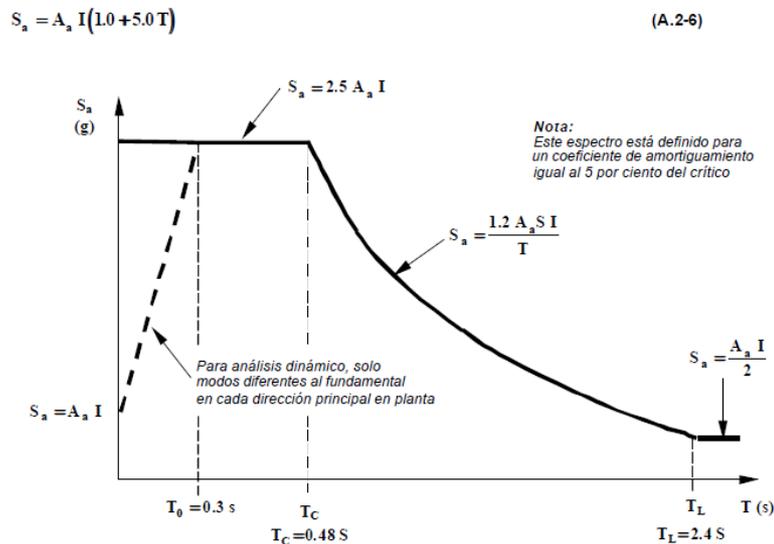


Figura #25. Espectro elástico de diseño de la normativa colombiana (NSR-10, 2010).

Para la amplificación dinámica (a_p), se debe considerar que es diferente para elementos arquitectónicos y elementos sanitarios e hidráulicos, los cuales están representados en las siguientes tablas según el grado de desempeño de la edificación:

Para determinar la capacidad de disipación de energía en el rango inelástico del elemento. R_p , se debe considerar los siguientes valores:

- a) Especiales ($R_p = 6$): Cuando los anclajes son realizados en estructuras de acero estructural (NSR-10, 2010).
- b) Dúctiles ($R_p = 3$): Cuando los anclajes realizados son profundos y son recubiertos con algún material químico o vaciados en el sitio (NSR-10, 2010).
- c) No Dúctiles ($R_p = 1.5$): Cuando los anclajes son realizados por pernos expansivos o son anclajes superficiales o vaciados en sitio. En este tipo de anclaje están las barras de acero que se entrelazan entre la mampostería y la estructura (Chicotes) (NSR-10, 2010).
- d) Húmedos ($R_p = 0.5$): Cuando no existe ningún anclaje y los elementos son pegados con mortero u adhesivos que pegan al elemento directamente al concreto (NSR-10, 2010).

Tabla #9. Tabla de coeficiente de amplificación dinámica (a_p), y tipo de encelajes o amarres requeridos, usados para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía R_p .

Para elementos arquitectónicos y acabados (NSR-10, 2010).

Elemento no estructural	a_p	Tipo de anclajes o amarres para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R_p , mínimo requerido en A.9.4.9		
		Grado de desempeño		
		Superior	Bueno	Bajo
Fachadas				
• paneles prefabricados apoyados arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• en vidrio apoyadas arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• lámina en yeso, con costillas de acero	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas solo abajo	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería no reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas arriba y abajo	1.0	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles ⁽¹⁾
• mampostería no reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas solo abajo	2.5	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles ⁽¹⁾
• mampostería no reforzada, confinada por la estructura	1.0	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles ⁽²⁾
Muros que encierran puntos fijos y ductos de escaleras, ascensores, y otros	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
Muros divisorios y particiones				
• corredores en áreas públicas	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
• muros divisorios de altura total	1.0	No dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
• muros divisorios de altura parcial	2.5	No dúctiles	No dúctiles	Húmedos ⁽¹⁾
Elementos en voladizo vertical				
• áticos, parapetos y chimeneas	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Anclaje de enchapes de fachada	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos
Atillos	1.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Cielos rasos	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido ⁽³⁾
Anaqueles, estanterías y bibliotecas de más de 2.50 m de altura, incluyendo el contenido				
• Diseñadas de acuerdo al Título F	2.5	Especiales	Dúctiles	No requerido ⁽³⁾
• Otras	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No requerido ⁽³⁾
Tejas	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido ⁽³⁾

Notas:

1. Debe verificarse que el muro no pierde su integridad al ser sometido a las derivas máximas calculadas para la estructura.
2. Además de (1) debe verificarse que no interactúa adversamente con la estructura.
3. El elemento no estructural no requiere diseño y verificación sísmica.

Tabla #10. Tabla de coeficiente de amplificación dinámica (α_p), y tipo de enclajes o amarres requeridos, usados para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía R_p . Para elementos hidráulicos, mecánicos o eléctricos (NSR-10, 2010).

Elemento no estructural	α_p b	Tipo de anclajes o amarres para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R_p , mínimo requerido en A.9.4.9		
		Grado de desempeño		
		Superior	Bueno	Bajo
Sistemas de protección contra el fuego	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Plantas eléctricas de emergencia	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido ^d
Maquinaria de ascensores, guías y neles del ascensor y el contrapeso	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No requerido ^d
Equipo en general • Calderas, hornos, incineradores, calentadores de agua y otros equipos que utilicen combustibles, y sus chimeneas y escapes. • Sistemas de comunicación • Ductos eléctricos, cárcamos y bandejas de cables ^c • Equipo eléctrico, transformadores, subestaciones, motores, etc. • Bombas hidráulicas • Tanques, condensadores, intercambiadores de calor, equipos de presión • Empates con las redes de servicios públicos	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No requerido ^d
Maquinaria de producción industrial	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos
Sistemas de tuberías • Tuberías de gases y combustibles • Tuberías del sistema contra incendio • Otros sistemas de tuberías ^d	2.5 2.5 2.5	Dúctiles Dúctiles No dúctiles	No dúctiles No dúctiles No requerido ^d	No dúctiles No dúctiles No requerido ^d
Sistemas de aire acondicionado, calefacción y ventilación, y sus ductos ^e	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No requerido ^d
Paneles de control y gabinetes eléctricos		No dúctiles	No dúctiles	No requerido ^d
Luminarias y sistemas de iluminación ^f	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido ^d

Notas:

- a. Véase las exenciones en A.9.1.3.
b. Los valores de α_p dados son para la componente horizontal. Para la componente vertical deben incrementarse en un 33%.
c. No hay necesidad de disponer soportes sísmicos para las bandejas de cables eléctricos en las siguientes situaciones: (1) Ductos y bandejas de cables colgados de soportes individuales que tienen 300 mm o menos de longitud. (2) En espacios para equipos mecánicos y calderas, donde el ducto tiene menos de 30 mm de diámetro interior. (3) Cualquier ducto eléctrico de menos de 65 mm de diámetro interior, localizado en otros espacios.
d. No hay necesidad de disponer soportes sísmicos para las tuberías en las siguientes situaciones: (1) Tuberías colgadas de soportes individuales que tienen 300 mm o menos de longitud. (2) En espacios para equipos mecánicos y calderas, donde la tubería tiene menos de 30 mm de diámetro interior. (3) Cualquier tubería de menos de 65 mm de diámetro interior, localizado en otros espacios.
e. No hay necesidad de disponer soportes sísmicos para los ductos de calefacción, ventilación y aire acondicionado en las siguientes situaciones: (1) Ductos colgados de soportes individuales que tienen 300 mm o menos de longitud. (2) Ductos que tienen una sección con un área menor de 0.60 m².
f. Las luminarias dispuestas como péndulos deben diseñarse utilizando un valor de α_p igual a 1.5. El soporte vertical debe diseñarse con un factor de seguridad igual a 4.0.
g. El elemento no estructural no requiere diseño y verificación sísmica.

Tabla #11. Tabla de valor de A_a según el nivel de amenaza sísmica (NSR-10, 2010).

Región N°	A_a	Amenaza Sísmica
10	0.45	Alta
9	0.40	Alta
8	0.35	Alta
7	0.30	Alta
6	0.25	Alta
5	0.20	Intermedia
4	0.15	Intermedia
3	0.10	Baja
2	0.075	Baja
1	0.05	Baja

Utilizando todos los valores antes mencionados se obtiene el valor de la fuerza sísmica horizontal con la cual se realizará el diseño sismorresistente de estos elementos no estructurales (NSR-10, 2010).

Existen algunos aspectos que deben considerarse para el diseño de elementos no estructurales, los cuales estarán detallados a continuación:

- a) Los elementos no estructurales deben tener la capacidad de deformarse y sus desplazamientos deberán ser igual al realizado en el sismo de diseño, evitando que se ponga en peligro la integridad de la edificación (NSR-10, 2010).
- b) Las sísmicas que actúen en el elemento no estructural dependerán de la distribución de la masa del elemento y la rigidez de este. Para fuerzas sísmicas verticales se determinará por el valor de un tercio de la fuerza sísmica horizontal (NSR-10, 2010).
- c) Para los elementos que se encuentren diseñados para soportar fuerzas sísmicas, es importante que estos puedan distribuir la carga a la estructura principal sin sufrir ningún efecto que produzca el colapso de estos elementos. Por lo que se debe tener en cuenta, el diseño de los anclajes y las conexiones de estos para garantizar la resistencia a tensión y compresión que sufran ante un movimiento sísmico (NSR-10, 2010).
- d) Para las conexiones tales como pernos, tornillos, soldaduras y espigos deberán ser diseñados para soportar $3.0 F_p$, lo que significa que deben soportar el triple de la fuerza sísmica del elemento no estructural. En caso de elementos no estructurales en fachada, deberán ser diseñados para soportar $1.33 F_p$ (NSR-10, 2010).

4.2.5. Acabados y elementos arquitectónicos.

Estos elementos deberán cumplir con las siguientes postulaciones. El cálculo y diseño de estos deberán estar anexados a las memorias de diseño.

Entre los elementos no estructurales que se debe considerar con mayor peligro de ocasionar un accidente y por el cual se debe plantear un cuidado en el diseño del elemento, se encuentran los siguientes:

4.2.5.1. Muros de fachada.

Deberán estar diseñados, de tal manera que los elementos no disgreguen al momento de producirse un sismo y estarán anclados o amarrados a la estructura para evitar que estos colapsen y puedan afectar a personas bajo la calzada (NSR-10, 2010).

4.2.5.2. Muros interiores.

Se debe considerar el diseño del anclaje de estos elementos para evitar el colapso y caídas que pueda causar daños a personas (NSR-10, 2010).

4.2.5.3. Enchapes de fachada.

Debe considerarse que estos elementos son propensos a desprenderse produciendo daños a terceros, por lo que es prioritario revisar que los materiales que sean usados para el anclaje o pegamento estén en las condiciones óptimas y sean de buena calidad (NSR-10, 2010).

4.2.5.4. Antepechos, áticos.

Debe considerarse que estos elementos pueden colapsar afectando al último piso, por lo que es necesario revisar las conexiones entre elementos no estructurales a la estructura principal para garantizar el buen funcionamiento de estos (NSR-10, 2010).

4.2.5.5. Vidrios.

Estos elementos, al ser muy rígidos, son propensos a colapsar mayormente, por lo que es recomendable tener holguras suficientes entre el marco y el vidrio para evitar algún colapso. Se recomienda el uso de películas protectoras y vidrios templados para que eviten el peligro de la rotura de estos (NSR-10, 2010).

4.2.5.6. Paneles prefabricados de fachada.

Se deberá dejar la holgura suficiente para evitar que la deformación producida por la estructura afecte al panel, el cual estará anclado a la estructura para evitar el desprendimiento (NSR-10, 2010).

4.2.5.7. Cielos rasos.

Se deberá considerar la interacción con los elementos arquitectónicos, eléctricos, hidráulicos y sanitarios que puedan producirse conjuntamente sobre estos elementos (NSR-10, 2010).

4.2.5.8. Columnas cortas o columnas cautivas.

Debe evitarse que se produzca el efecto de columna corta por la restricción de la columna con elementos no estructurales. En tal caso, el muro deberá estar separado de la columna o a su vez deberá ir desde el piso hasta la losa superior, evitando dejar un vacío que pueda afectar al correcto funcionamiento de la columna (NSR-10, 2010).

4.2.5.9. Fuerzas de viento.

Cuando las fuerzas de viento sean mayores que $0.7 F_p$ para muros no estructurales de fachada, los anclajes de estos muros deberán estar diseñados para soportar 1,4 veces la fuerza de viento (NSR-10, 2010).

4.2.5.10. Consideraciones.

Los elementos arquitectónicos deberán ser capaces de resistir el daño ocasionado por la presencia sísmica, produciendo un daño aceptable de sus elementos, según lo establece el grado de desempeño que sea requerido (NSR-10, 2010).

Para paredes no estructurales que se produzcan fuerzas sísmicas perpendiculares al plano del muro, se deberá verificar que la deflexión producida sea menor a la capacidad de deformación del muro (NSR-10, 2010).

4.2.6. Instalaciones hidráulicas, sanitarias, mecánicas y eléctricas.

Para estos elementos se debe considerar que es una obligación incluir en la memoria técnica el diseño y planos de todos los elementos. En caso de elementos mecánicos, es importante verificar la dinámica estructural de estos. Se deberá estudiar los efectos de esfuerzos combinados de las conexiones, según lo establecido en la mecánica estructural (NSR-10, 2010).

Entre las consideraciones que se deben tener en estos elementos, se encuentran las siguientes:

4.2.6.1. Fuerzas sísmicas de diseño.

Se debe considerar el diseño de estos elementos con base a la tabla #10 con sus respectivos coeficientes.

4.2.6.2. Soportes.

Los soportes deberán estar diseñados para resistir las fuerzas sísmicas reducidas de diseño establecidas en el capítulo A.9.6.2 de la norma colombiana: NSR-10, y estos deberán soportar los desplazamientos de la estructura ocasionados por los movimientos sísmicos.

4.2.6.3. Conexiones con las redes de servicios públicos.

Las conexiones deberán ser flexibles de manera que puedan resistir desplazamientos y se encontrarán localizados de forma que la estructura se pueda desplazar con respecto al suelo.

4.2.6.4. Interruptores automáticos.

En instalaciones de servicio eléctrico y de gas, en los empates de estas conexiones, cuando las edificaciones pertenezcan al grupo de uso tipo IV, estén en zonas sísmicas intermedia y con alta peligrosidad, se debe colocar un interruptor automático. Este interruptor debe activarse cuando se presente una aceleración del suelo mayor que 0.5 Aa (NSR-10, 2010).

4.2.6.5. Ascensores para edificaciones tipo IV.

Para este tipo de edificaciones, las instalaciones de los ascensores estarán regularizadas bajo la norma ANSI/ASME A.17.1 (NSR-10, 2010), (A17.1, 2010).

4.3. Norma Chilena.

4.3.1. Datos de la norma.

País: Chile

Norma: NTM001

Año de publicación: 2013

Nombre de la norma: **“Diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales”**,

4.3.1.1. Alcance de la norma.

En esta norma se establecen los criterios necesarios para el diseño sísmico de elementos no estructurales.

4.3.1.2. Referencias.

Esta norma se basa fundamentalmente en las normas siguientes:

NCh 433, NCh2369, NCh2745, NCh3171, ACI 318-08, ASCE 7, AAMA 501.6-2009, ACI 355.2, ACI530-08/ASCE 5-08, ASME A17.1, ASME B31, ASTM C635, ASTM C636, ASTM E580-10, ETGI 1020, ICC-EC AC-156, NFPA13.

4.3.2. Requisitos generales para el diseño.

El factor de importancia I_p será de 1.5 para edificaciones cuya importancia sea primordial y en la cual se requiera que todos los componentes no estructurales sigan funcionando luego de un acontecimiento sísmico. Para todas las demás edificaciones, el factor será igual a 1.0 (NTM001, 2013).

4.3.2.1. Requisitos para el elementos arquitectónicos, mecánicos y eléctricos, soportes y elementos agregados.

- a) Los diseños serán revisados y aprobados por un profesional competente.
- b) Se debe entregar la certificación, en la cual se compruebe que los elementos están diseñados para resistir la demanda sísmica correspondiente.

4.3.2.2. Combinación de cargas.

Debido a que la carga sísmica es eventual, no es necesario que sea combinadas con otras cargas eventuales.

4.3.2.3. Requisitos de certificación especial para sistemas sísmicos específicos.

Esta certificación se da primordialmente a equipos eléctricos y mecánicos. Generalmente en edificaciones con un grado de importancia elevada o cuyo factor de importancia I_p sea igual a 1.5, se debe garantizar la certificación de estos elementos por el proveedor (NTM001, 2013).

Esto es con el fin de tener la capacidad de mantenerse bien después de un sismo. Esto se determina mediante un ensayo realizado por el profesional a cargo de la maquinaria o por medio de un ensayo de simulación vibratoria (NTM001, 2013).

4.3.2.4. Documentos de referencia.

Se realizará un documento que contenga una referencia del diseño sismorresistente de los elementos no estructurales, el cual deberá tener la aprobación de un profesional especializado y que cumpla las siguientes condiciones (NTM001, 2013).

- a) Las fuerzas sísmicas de diseño serán mayores a las establecidas en esta norma en la siguiente sección.

- b) Los elementos estarán diseñados para resistir las deformaciones especificadas en esta norma.
- c) Los elementos que interactúen con la estructura u otros elementos hayan sido considerados en el diseño sísmico.
- d) El diseño en las conexiones deberá ser como lo establece esta norma.

4.3.2.5. Daño consecutivo.

Se debe considerar la interacción de los componentes entre sí, ya sean primordiales o no, en el momento en que se produzca una falla de un componente, este no afecte a otro componente y forme una falla en cadena (NTM001, 2013).

4.3.2.6. Flexibilidad.

Se deberá evaluar la flexibilidad y resistencia de los elementos no estructurales, así como sus conexiones.

4.3.2.7. Alternativa de ensayos.

Se podrá realizar ensayos en los elementos, los cuales estarán basados en procedimientos estandarizados y que sean reconocidos mundialmente como (ICC-ES AC-156) y el (ETGI 1020) para la obtención de la capacidad sísmica del elemento a ensayar, y el cual deberá ser superior a la demanda requerida por el diseño sísmico para ese elemento (NTM001, 2013).

También podrá incluirse un análisis de la capacidad del elemento mediante experiencias, donde los datos empleados mediante la experiencia sean basados en procedimientos reconocidos, como es el caso de la norma (IEEE 344, 2013) y posteriormente serán aceptados por el ente a cargo de la supervisión de este.

4.3.2.8. Documentos de respaldo.

Los documentos de diseños deberán ser entregados junto a la memoria de cálculo y la documentación de respaldo, la cual estará preparada por un profesional y será utilizada en la obra. Se debe también incluir un plan de manejo de la calidad en obra. Toda la documentación estará regularizada bajo los estándares de la sección 5.11 de la NCh433.Of96. Mod2009 (NCh 433, 2019).

4.3.3. Demandas sísmicas en componentes no estructurales.

4.3.3.1. Fuerza sísmica horizontal de diseño.

La fuerza sísmica horizontal será calculada con la siguiente ecuación

$$F_p = \frac{0.4 a_p \alpha_A A W_p}{g \left(\frac{R_p}{I_p} \right)} \left(1 + 2 \frac{z}{h} \right)$$

F_p debe cumplir con las siguientes ecuaciones:

$$\frac{0.3 \alpha_A A I_p W_p}{g} < F_p < \frac{1.6 \alpha_A A I_p W_p}{g}$$

Donde:

F_p = Fuerza de diseño sísmico horizontal

$\alpha_A A$ = Parámetro del espectro de pseudo aceleración

a_p = Factor de amplificación dinámica

I_p = Factor de importancia de los componentes no estructurales

W_p = Peso del Elemento no estructural

R_p = Factor de modificación de respuesta

$z =$ Altura del componente con respecto a la base

$h =$ Altura promedio del nivel del techo con respecto a la base

$g =$ Gravedad

Para los valores del espectro de Pseudo - aceleración ($\alpha_A A$) se lo determina según la siguiente tabla:

Tabla #12. Tabla del parámetro del espectro de Pseudo aceleración (NTM001, 2013).

Tipo de Suelo	$\alpha_A A$ (cm/s ²)
A	977 Z
B	1101 Z
C	1144 Z
D	1455 Z
E	1576 Z

El espectro de Pseudo – aceleración dependerá del tipo de suelo, como se mostró anteriormente, pero a su vez contará con un factor de modificación (Z) según la zona sísmica donde sea realizada la edificación y los cuales están presentes en la tabla siguiente:

Tabla #13. Tabla del factor de modificación del espectro de Pseudo aceleración (NTM001, 2013).

Zona sísmica	Z
1	0.50
2	0.75
3	1.00

Para los valores del factor de amplificación dinámica a_p y el factor de modificación de respuesta R_p se los determinará en las tablas siguientes según el tipo de elementos al cual corresponda, ya sea elementos arquitectónicos o equipos mecánicos y eléctricos.

Tabla #14. Para los valores del factor de amplificación dinámica y el factor de modificación de respuesta para el diseño sísmico de elementos arquitectónicos (NTM001, 2013).

Componente arquitectónico	a_p^*	R_p^{**}
Tabiques y divisiones interiores		
Tabiques y divisiones de albañilería no reforzada	1.0	1.0
Todos los otros tabiques y divisiones	1.0	1.5
Elementos en voladizo (arriostros o no al marco estructural bajo su centro de masas)		
Parapetos o antepechos y muros interiores no estructurales en voladizo	2.5	1.5
Chimeneas arriostros lateralmente o apoyadas en el marco estructural	2.5	1.5
Elementos en voladizo (arriostros al marco sobre su centro de masas)		
Parapetos o antepechos	1.0	1.5
Chimeneas	1.0	1.5
Muros exteriores no estructurales ^b	1.0 ^b	1.5
Elementos de muros no estructurales y conexiones ^b		
Elemento de muro	1.0	1.5
Cuerpo de las conexiones de paneles de muro	1.0	1.5
Conectores del sistema de conexión	1.25	1.0

* No se debe usar un valor de a_p menor que el indicado en la Tabla 4, salvo que se justifique mediante un análisis dinámico detallado. El valor de a_p no debe ser menor que 1.00. Se considera un valor $a_p = 1$ para componentes rígidos y componentes conectados rígidamente. Se considera un valor $a_p = 2.5$ para componentes flexibles y componentes conectados con elementos flexibles.

Componente arquitectónico	a_p^*	R_p^{**}
Enchapes		
Elementos y agregados de deformabilidad limitada	1.0	1.5
Elementos y agregados de baja deformabilidad	1.0	1.0
Construcciones livianas sobre losa del último piso	2.5	2.5
Cielos		
Todos	1.0	1.5
Gabinetes		
Gabinetes permanentes de almacenamiento apoyados en el piso de más de 1.800 mm de alto, incluido los contenidos	1.0	1.5
Equipamiento de laboratorio	1.0	1.5
Equipos elevados registrables	1.0	1.5
Apéndices y ornamentos	2.5	1.5
Señalética y letreros	2.5	2.0
Otros elementos rígidos		
Elementos de alta deformabilidad y agregados	1.0	2.5
Elementos de deformabilidad limitada y agregados	1.0	1.5
Materiales de baja deformabilidad y agregados	1.0	1.0
Otros elementos flexibles		
Elementos de alta deformabilidad y agregados	2.5	2.5
Elementos de deformabilidad limitada y agregados	2.5	1.5
Materiales de baja deformabilidad y agregados	2.5	1.0
Escaleras y vías de escape que no forman parte de la estructura del edificio	1.0	1.5

** En los casos en que se provea apoyo mediante diafragmas flexibles a muros y divisiones de hormigón o albañilería, las fuerzas de diseño para el anclaje al diafragma debe efectuarse considerando una fuerza $F_p = 0.4a_s A W_p k_a / g$, donde I es el factor de importancia de la estructura y $k_a = 1 \cdot L_f / 30 \leq 2$, L_f es la longitud en metros del diafragma flexible que provee soporte lateral al muro. L_f se mide entre los elementos verticales que proveen soporte lateral al diafragma en la dirección considerada. $L_f = 0$ para diafragmas rígidos.

Tabla #15. Para los valores del factor de amplificación dinámica y el factor de modificación de respuesta para el diseño sísmico de componentes mecánicos y eléctricos (NTM001, 2013).

Componentes mecánicos y eléctricos	a_p^a	R_p^b
Sistemas de aire acondicionado (HVAC), ductos, manejadoras de aire, unidades de aire acondicionado, calefactores para ductos, cajas de distribución de aire y otros elementos mecánicos construidos con planchas metálicas	2.5	4.0
HVAC en base a fluidos, boilers (estanques de agua caliente), calderas, contenedores, chillers, calefactores de agua, intercambiadores de calor, evaporadores, purgadores de aire, equipos, fabricación y proceso y otros elementos mecánicos fabricados con materiales altamente deformables	1.0	1.5
Motores, turbinas, bombas, compresores y estanques de presión que no estén apoyados en faldones	1.0	1.5
Estanques de presión que no estén apoyados en faldones	2.5	1.5
Elementos de ascensores y escaleras mecánicas	1.0	1.5
Generadores, baterías, inversores, motores, transformadores y otros componentes eléctricos fabricados con materiales de alta deformabilidad	1.0	1.5
Centros de control de motores, tableros, interruptores, gabinetes de instrumentación y otros elementos fabricados con láminas metálicas	2.5	4.0
Equipos de comunicación, computadores, instrumentación y controles	1.0	1.5
Chimeneas, torres de enfriamiento y torres eléctricas arriostradas lateralmente bajo su centro de masas	2.5	2.0
Chimeneas, torres de enfriamiento y torres eléctricas arriostradas lateralmente sobre su centro de masas	1.0	1.5
Elementos de iluminación	1.0	1.0
Otros elementos mecánicos y eléctricos	1.0	1.0

Sistemas de distribución	a_p^*	R_p^{**}
Cañerías proyectadas de acuerdo a ASME B31, incluidas los fittings con uniones soldadas	2.5	8.0
Cañerías proyectadas de acuerdo a ASME B31, incluyendo fittings fabricados con materiales de alta o limitada deformabilidad con uniones con hilo, con adhesivo, coplas de compresión o acanaladas	2.5	4.0
Cañerías y tuberías que no estén de acuerdo a ASME B31, incluyendo fittings fabricados con materiales de alta deformabilidad con uniones soldadas	2.5	6.0
Cañerías y tuberías que no estén de acuerdo con ASME B31, incluyendo fittings, fabricados con materiales de deformabilidad alta o limitada con uniones con hilo con pegamento con coplas de compresión o acanaladas	2.5	3.0
Cañerías y tuberías fabricadas con materiales de baja deformabilidad, tales como fierro fundido, vidrio y plásticos no dúctiles	2.5	2.0
Ductos, incluidos fittings, fabricados con materiales de alta deformabilidad con uniones soldadas	2.5	6.0
Ductos, incluidos fittings, fabricados con materiales de alta deformabilidad con uniones no soldadas	2.5	4.0
Ductos fabricados con materiales de baja deformabilidad, tales como fierro fundido, vidrio y plásticos no dúctiles	2.5	2.0

Componentes y sistemas con aisladores de vibración	a_p^a	R_p^b
Componentes y sistemas aislados mediante el uso de elementos de neopreno y pisos aislados con neopreno con topes elastoméricos incorporados o separados del aislador o con topes perimetrales resilientes	2.5	1.5
Componentes con aisladores de resorte y sistemas y pisos aislados y bien restringidos mediante topes incorporados o separados o con topes perimetrales resilientes	2.5	1.5
Componentes y sistemas internamente aislados	2.5	1.5
Equipos aislados suspendidos incluyendo ductos en línea y componentes suspendidos internamente aislados	2.5	1.5

Sistemas de distribución	a_p^*	R_p^{**}
Tubos eléctricos y bandejas de cables	2.5	4.0
Ductos de corrientes débiles	1.0	1.5
Plomería (instalación sanitaria)	1.0	1.5
Correas transportadoras de producción o proceso (sin transporte de personas)	2.5	2.0

* Se permite utilizar un valor de a_p menor cuando se justifique con un análisis detallado de su comportamiento dinámico. El valor de a_p no debe ser menor que 1.0. Se considera un valor $a_p=1$ para componentes rígidos y componentes conectados rigidamente. Se considera un valor $a_p=2.5$ para componentes flexibles y componentes conectados con elementos flexibles.

** Los componentes montados en aisladores de vibración deben tener una restricción lateral o un restrictor sísmico en cada dirección horizontal. La fuerza de diseño para el restrictor sísmico debe considerarse igual a $2F_p$ si la holgura nominal entre el soporte del equipo y la restricción es mayor a 6 mm. Si la holgura nominal especificada en los planos de construcción es menor que 6 mm se permite considerar una fuerza de diseño igual a F_p .

Para los valores de I_p se lo determina como lo dictamina el capítulo anterior 1.5 para edificaciones con importancia primordial como hospitales, edificios de servicios básicos o que contengan un uso y que este determinado a no fallar la estructura ante un sismo. De 1.0 para el resto de las edificaciones (NTM001, 2013).

Para los demás valores va a depender según las características físicas de la edificación, es necesario mencionar que en la relación z/h no se tomará en cuenta a valores que sean mayores a 1.0 (NTM001, 2013).

Otras variantes para determinar la fuerza sísmica horizontal se lo pueden calcular mediante el análisis modal espectral con la siguiente fórmula:

$$F_p = \frac{a_p a_{me} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} A_x$$

Donde:

a_{me} = Aceleración en el nivel de fijación del componente

A_x = Factor de amplificación torsional

Para determinar el valor de a_{me} se obtendrá mediante el análisis modal espectral y será en función de la gravedad g.

El factor A_x se lo determina según la siguiente fórmula:

$$1.0 \leq A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{(1.2 \delta_{avg})} \right)^2 \leq 3.0$$

Donde:

δ_{max} = Máximo desplazamiento sísmico lateral en el nivel de fijación del componente obtenido a partir del análisis modal

δ_{avg} = Promedio de desplazamiento sísmico en los puntos extremos del nivel de fijación componente obtenido a partir del análisis modal

Otra forma de determinar la fuerza sísmica horizontal es mediante la siguiente fórmula:

$$F_p = \frac{a_p a_{th} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)}$$

Donde:

a_{th} = Aceleración en el nivel de fijación del componente

Este valor se debe encontrar en unidades de gravedad g y se obtiene mediante el análisis de tiempo histórica que es determinado con el promedio de los sismos históricos registrados en el lugar, (NTM001, 2013).

4.3.3.2. Fuerza sísmica vertical de diseño.

Para la fuerza sísmica vertical se debe determinar según la siguiente ecuación:

$$F_{pv} = \pm \frac{0.24 \alpha_A A W_p}{g}$$

En caso de cielos rasos o paneles que se encuentren al nivel del piso, no se debe considerar la fuerza vertical.

4.3.3.3. Desplazamientos sísmicos relativos.

$$D_{pl} = D_p I$$

Donde:

$I =$ Coeficiente de importancia

$D_p =$ Desplazamiento determinado de acuerdo a la sección 6.2.1 y 6.2.2

de la norma NCh433

Tabla #16. Tabla del coeficiente de importancia según la categoría de la edificación
(NTM001, 2013).

Categoría del edificio	I
I	0,6
II	1
III	1,2
IV	1,2

Para determinar los desplazamientos de la estructura en dos puntos de conexión uno a una altura h_x , y el otro a una altura h_y , D_p deberá ser:

$$D_p = (\delta_{xA} - \delta_{yA}) \leq 0.0085 (h_x - h_y)$$

En caso de que existan desplazamientos entre estructuras D_p , deberá ser:

$$D_p = (|\delta_{xA}| + |\delta_{yB}|) \leq 0.0085 (h_x + h_y)$$

Donde:

δ_{xA} = Desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel X

δ_{yA} = Desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel y

δ_{yB} = Desplazamiento horizontal de la estructura B en el nivel y

h_x = Altura del nivel x al cual está unido el punto de conexión superior.

h_y = Altura del nivel y al cual está unido el punto de conexión inferior.

Estos valores deberán ser revisados bajo la norma NCh433.Of96. Mod2009

4.3.4. Anclaje de componentes no estructurales.

Parte principal de los elementos no estructurales son los anclajes, por lo que es primordial manejar el uso correcto del diseño sísmico de estos elementos, cumpliendo con los criterios de aceptabilidad de esta norma (NTM001, 2013).

Todos los elementos no estructurales deberán ser apernados, soldados o estarán fijados a la estructura, sin tomar en cuenta la fricción producida por la gravedad, adicional, tendrán la fuerza necesaria para resistir las fuerzas sísmicas de diseño, sin que lleguen a fallar (NTM001, 2013).

4.3.4.1. Fuerzas de diseño en la unión.

En las conexiones, es importante que sea diseñado según lo establecido en el capítulo anterior, tomando en cuenta que el factor de modificación de respuesta R_p debe ser menor a 4 (NTM001, 2013).

4.3.4.2. Anclajes de hormigón o albañilería.

El diseño correcto de estos anclajes lo establece la norma ACI 318, en el apéndice D, por el cual se debe seguir bajo esta norma todos los anclajes que sean hechos en hormigón. En caso de mampuestos de albañilería, se debe regir bajo las (ACI 530, 2019) y (ASCE 5, 2002). Es necesario mencionar que la resistencia de estos anclajes va a depender del acero de refuerzo que posean las conexiones (NTM001, 2013).

4.3.4.3. Uniones múltiples.

Se debe considerar en caso de que exista uniones múltiples en un mismo punto, que estén diseñadas correctamente, tomando en cuenta la ductilidad y rigidez entre las conexiones y los elementos no estructurales o estructurales para evitar el fallo en la unión (NTM001, 2013).

4.3.4.4. Fijaciones de impacto.

Para los componentes que se encuentren sometidos a cargas de tracción permanentes no se recomienda el uso de fijaciones de impacto, a menos que en el diseño sísmico estén diseñadas por normas internacionales (NTM001, 2013).

En hormigón se puede usar fijaciones de impactos, exclusivamente para soportar placas acústicas o cielos rasos, cuya carga de servicio de cada fijación no deberá ser mayor a 400N. En caso de que la carga sea mayor a 400N, pero menor a 1100N, se podrá utilizar conectores de impacto en acero (NTM001, 2013).

4.3.4.5. Sistemas de fijación basados en fricción.

No se deberá usar clips de fricción para la resistencia de cargas permanentes y sísmicas, por lo que solo se permite usar el sistema de abrazaderas planteadas en la norma NFPA 13 en la sección 9.3.7. (NFPA 13, 2019).

Es importante destacar que las tuercas colocadas en las conexiones deben ser diseñadas para resistir vibraciones, evitando que se aflojen al momento de producirse fricción entre los elementos y las tuercas (NTM001, 2013).

4.3.5. Componentes o elementos arquitectónicos.

Todos los componentes arquitectónicos y los elementos que los complementan deberán estar diseñados según los requisitos de esta sección.

Para elementos que están soportados mediante cadenas o se encuentren suspendidos en la estructura deberán cumplir los requisitos siguientes para no satisfacer los requisitos de la fuerza sísmica vistos en el apartado anterior (NTM001, 2013).

- a) La carga de diseño del elemento deberá ser igual a 1.4 veces el peso operacional de este elemento y será aplicada en la dirección más crítica.
- b) Debe considerarse el daño consecuente que pueda causarse por la interacción de varios elementos.
- c) Las conexiones deberán garantizar que se produzca movimiento en cualquier dirección paralela al plano horizontal.

4.3.5.1. Fuerzas y desplazamientos.

Basados en las regulaciones previstas en el capítulo anterior, todos los elementos arquitectónicos, así como sus apoyos y conexiones, deberán estar regidos a las fuerzas máximas y mínimas de diseño y a los desplazamientos máximos y mínimos vistos en la sección 4.3.5.

En el caso de los anclajes de los tabiques, debe tener una deformación libre de la estructura asegurando la estabilidad del elemento (NTM001, 2013).

4.3.5.2. Elementos no estructurales de muros de fachadas y sus conexiones.

Deberán cumplir con los requerimientos planteados en los capítulos anteriores y además con los siguientes apartados (NTM001, 2013):

- a) En las conexiones entre paneles la deformación de entrepisos D_p deberá ser la calculada según el capítulo 4.3.5 de la sección anterior, pero esta no deberá ser menor a 13mm.
- b) Las conexiones deberán estar diseñadas para permitir el movimiento de los elementos en caso de sismo mediante conexiones deslizantes sobredimensionadas o que tengan perforaciones ranuradas.
- c) El conector debe ser dúctil para poder deformarse en caso de un movimiento brusco.
- d) Todos los conectores deberán estar diseñados para soportar la fuerza sísmica de diseño tanto horizontal como vertical.
- e) En caso de tener un anclaje en forma de abrazadera y se encuentre embebida en el hormigón (chicotes), deberán estar enganchadas alrededor de las barras de refuerzo o a su vez tendrán un diseño de anclaje que permita transmitir los esfuerzos a la armadura de hormigón, evitando que se produzca el desprendimiento de esas como causa inicial de falla.

4.3.5.3. Flexión fuera del plano.

Todo elemento que produzca una deformación transversal y se encuentre fuera del plano su deformación será menor a la estipulada en el capítulo 4.3.5 de la sección anterior

4.3.5.4. Cielos rasos.

Estos elementos deberán cumplir las siguientes indicaciones:

Los elementos que tengan un área inferior a 13.4 m² incluyendo esta y se encuentren arriostrados a la estructura no deberán cumplir con las normas siguientes.

Para paneles de gypsum armado que estén arriostrados tampoco deberán cumplir con las normas siguientes (NTM001, 2013).

- a) En el peso para calcular la fuerza sísmica del elemento deberá incluirse todos los elementos complementarios, como es el caso de perfiles de acero, lámparas, luces o elementos que impongan una carga al panel. Este valor de W_p no deberá ser menor que 190 N/m² (19 Kg/m²).
- b) Los sistemas de cielos rasos formados por planchas deberán estar diseñados bajo la norma ASTM C635, C636 y E580.
- c) El ancho mínimo de la placa deberá ser mayor a 50 mm, a menos que exista un diseño de soporte adecuado y en tal caso no será menor que 20mm. Igualmente, deberá existir una separación con respecto al muro de al menos 20mm.
- d) Para cielos donde el área sea mayor de 232m², la razón entre el largo y el ancho deberá ser menor a 4.

- e) Se deberá implementar un sistema de construcción integral, en el cual garantice la flexibilidad de todos sus elementos, y deberá estar realizado por un profesional competente.
- f) Los artefactos luminarios con pesos menor a 4.5 kg podrán estar apoyados en los paneles del cielo raso; para artefactos con pesos mayores a 4.5 kg, pero menores a 25kg. Deberán estar arriostrados a la estructura principal y se maneja de forma independiente al resto de la estructura del cielo raso. Para artefactos que superen los 25kg deberán estar arriostrados a la estructura superior (vigas).

4.3.5.5. Pisos elevados registrables.

Para el sistema de pisos se debe considerar el peso a incluir en este análisis, en los cuales además del peso propio, se debe incluir el 100% del peso de los elementos fijados en el piso y el 25% del peso de todos los elementos que se encuentren apoyados, pero no se encuentren fijos. Además, deberán cumplir con los siguientes requisitos (NTM001, 2013):

- a) Las conexiones de estos elementos deberán estar diseñados bajo la norma ACI 318, en el apéndice D.
- b) Las fuerzas sísmicas solo son transmitidas por efecto de la gravedad.
- c) Se debe considerar el pandeo al momento de realizar el diseño del sistema de arriostramiento.
- d) Los arriostramientos deberán estar realizados con perfiles estructurales según las especificaciones técnicas.
- e) Es necesario el uso de amarres que soporten carga sísmica y estén ancladas a los apoyos.

4.3.5.6. Divisiones interiores.

Todas las divisiones cuya altura sea superior a 1.8 m y se encuentren conectadas al techo (cielo falso) deberán estar arriostradas lateralmente con la estructura de la edificación.

Quedan exultas las divisiones que posean las siguientes características (NTM001, 2013).

- a) La altura de división no es mayor que 2.7m.
- b) El producto entre la altura del elemento multiplicado por 0.45KN debe ser menor al peso.
- c) La carga para el diseño sísmico debe ser menor que 0.24 kN/m²

4.3.5.7. Vidrios.

Los que sean usados para muros, cortinas o en fachadas deberán cumplir con los requisitos de desplazamiento relativo presentados en la siguiente ecuación:

$$\Delta_{fallout} \geq 1.25 I D_p$$

Donde:

$$\Delta_{fallout} = \text{Desplazamiento sismico relativo}$$

Esto se determinará mediante un análisis del desplazamiento de los extremos del componente.

Para los vidrios que posean una distancia suficiente entre el marco y el elemento, y no produzca contacto físico, no deberán cumplir con la formula anterior, pero deberá cumplir con la siguiente ecuación:

$$D_{clear} \geq 1.25 D_p$$

Donde:

$$D_{clear} = \text{Desplazamiento horizontal relativo.}$$

$$D_{clear} = 2c_1 \left(1 + \frac{h_p c_2}{b_p c_1} \right)$$

Donde:

h_p = Altura del panel de vidrio rectangular

b_p = Ancho del panel vidrio rectangular

c_1 = Promedio de separación en ambos lados entre los bordes verticales y el marco

c_2 = Promedio de separación superior e inferior entre los bordes horizontales y el marco

No deberán cumplir con estos requisitos (NTM001, 2013).

- a) Los vidrios templados que estén ubicados a una altura menor de 3m de edificaciones tipo I, II, III
- b) Los vidrios que tengan una película mayor a 0,76mm y estén confinados mecánicamente con elastómero de 13mm.
- c) Los muros cortina que estén unidos con silicona estructural de manera que no haya interacción entre ellos.
- d) Se deberá diseñar de forma que no se exceda la carga impuesta por el fabricante.

4.3.6. Componentes mecánicos y eléctricos.

Se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones para el diseño de elementos mecánicos y electrónicos (NTM001, 2013).

- a) En el caso de baterías es necesario colocar amarras que fijen estos elementos evitando el desplazamiento de estos.
- b) Las bobinas de los transformadores interiores deben estar conectadas positivamente a la subestructura dentro de la caja del transformador.
- c) Para elementos externos con un peso superior a 400N (40 kg) deberán ser evaluadas su comportamiento sin que afecte a los demás elementos.
- d) Para las tuberías eléctricas que se encuentren fijadas dentro de la estructura deberán resistir desplazamientos sísmicos relativos con forme se deforme la estructura para evitar el daño es estos elementos.

4.3.6.1. Periodo del componente.

El periodo fundamental en los elementos mecánicos y eléctricos se lo determina bajo la siguiente ecuación asumiendo un sistema simple de resorte y masa con un grado de libertad

$$T_p = 2\pi \sqrt{\frac{W_p}{K_p g}}$$

Donde:

T_p = *Período fundamental del componente*

W_p = *Peso en operacion del componente*

K_p = *Rigidez combinada del componente, apoyos y agregados, determinada como carga por deformación unitaria en el centro de gravedad del componente*

4.3.6.2. Apoyo de los componentes.

Para los apoyos de los componentes, es necesario tomar en cuenta las siguientes restricciones (NTM001, 2013).

- a) Los materiales de los cuales están compuestos los componentes y sus apoyos deberán ser adecuados para su aplicación y se tomará en cuenta los efectos externos que sufra la estructura como es el caso de la temperatura.
- b) Los soportes deberán ser construidos de tal forma que no se produzca fallos al momento de un sismo y garantice la unión del componente a la estructura.
- c) En caso de componentes mecánicos es primordial que exista la supervisión de los sistemas de fijación como los pernos de amarre o la soldadura y estos deberán estar colocados según las normas del fabricante. En caso de no tener las normas de colocación, deberá ser colocado por personal con experiencia en estos elementos que garantice el correcto funcionamiento de este.
- d) Todos los elementos que necesiten de perfiles de soporte deberán ser evaluados para que estos puedan soportar la fuerza sísmica de diseño.
- e) En componentes que se encuentren montados en aisladores de vibración deberán contar con un sistema de absorción de impacto, los aisladores deberán ser de materiales dúctiles para limitar la carga de impacto.
- f) Para anclajes mecánicos que fueran instalados a posteriori en elementos mecánicos y no tengan aisladores de vibración y su potencia sea mayor a 10 hp, deberán ser evaluados anteriormente por la norma ACI 3552.
- g) En caso de cañerías o estanques de presión se debe tomar en cuenta que el hormigón debe estar diseñado para soportar cargas cíclicas.
- h) En anclajes mecánicos que estén trabajando a tracción deberá hacerse utilizando cemento con expansión para evitar el desprendimiento de estos.

Excepciones:

Los diseños sísmicos de estos elementos no serán requeridos en canalizaciones eléctricas que cumplan con las siguientes condiciones (NTM001, 2013).

- a) Para canaletas que su peso total sea menor que 140 N/m (14kg/m) y se encuentren apoyadas en colgadores trapezoidales.
- b) Los colgadores que soporten las canaletas tendrán una longitud máxima de 300mm desde el apoyo de la canaleta hasta el apoyo con la estructura. En caso de usar varillas como colgadores, es necesario que posean una articulación para evitar la flexión inelástica.
- c) Para Conduit eléctricos en el que el tubo tenga un diámetro menor a 64mm (2,5”).

4.3.6.3. Redes públicas y de servicio.

Es importante revisar que las conexiones entre elementos de la estructura y las conexiones publicas estén dotadas de flexibilidad en caso de un desplazamiento de la estructura. Se debe tomar mayores precauciones en conexiones subterráneas a la estructura cuando el tipo de suelo no es muy estable (NTM001, 2013).

4.3.6.4. Ductos.

Todos los ductos deben estar diseñados para cumplir con las normas sísmicas de la sección.

Quedan absueltos de cumplir con estas especificaciones los elementos que:

- a) Ductos cuyo peso total sea menor que 140 N/m (14kg/m) y se encuentren apoyadas en colgadores trapezoidales.

- b) Los colgadores que soporten los ductos tengan una longitud máxima de 300mm desde el apoyo de la canaleta hasta el apoyo con la estructura. En caso de usar varillas como colgadores, es necesario que posean una articulación para evitar la flexión inelástica.
- c) Ductos que tengan un área transversal inferior a $0,56 \text{ m}^2$ o su peso sea inferior a 25 kg/m . y se hayan tomado las precauciones necesarias de desplazamientos de estos elementos.

Para elementos que se encuentren asociados a la distribución de la línea de ductos y su peso sea superior a 33kg deberán tener sus propios apoyos independientemente del sistema de ductos. Esto es el caso de los ventiladores, humificadores, etc. (NTM001, 2013).

4.3.6.5. Sistemas de cañerías.

Los sistemas de cañerías deberán ser diseñados bajo las normas de diseño sísmicas vistas en esta norma en capítulos anteriores, además deben cumplir con las siguientes condiciones. (NTM001, 2013).

- a) Para cañerías que sean de materiales dúctiles la tensión admisible será el 90% de la tensión de fluencia mínima.
- b) Para las conexiones con hilo de cañerías que sean de materiales dúctiles la tensión admisible será el 70% de la tensión de fluencia mínima.
- c) Para cañerías que sean de materiales no dúctiles la tensión admisible será el 10% de la tensión de fluencia mínima.
- d) Para las conexiones con hilo de cañerías que sean de materiales no dúctiles la tensión admisible será el 8% de la tensión de fluencia mínima.

- e) Las cañerías cuyo comportamiento no sea flexible ante movimientos, deberán tener conexiones flexibles para evitar fallas entre los componentes.
- f) Los sistemas de presión en cañerías y sus componentes de anclaje o soporte deberán ser construidos bajo la norma ASME B31, pero su diseño sísmico será regido por los capítulos anteriores de esta norma (ASME B31).
- g) Los sistemas de cañerías contra incendios (dispensadores de agua) deberán estar construidos e instalados bajo la norma NFPA 13. Adicional, su diseño sísmico deberá estar regido por los capítulos anteriores de esta norma (NFPA 13, 2019).

Quedan exultas de cumplir las normas de diseño sísmico las cañerías que:

- a) Las excepciones del peso y apoyos presentadas en los ductos y canaletas.
- b) Para cañerías cuyo diseño tenga un factor R_p mayor o igual a 3.
- c) Para cañerías cuyo diseño tenga un factor I_p mayor a 1.0 y el tamaño nominal de esta sea igual o menor a 25mm.
- d) Para cañerías cuyo diseño tenga un factor I_p igual a 1.0 y el tamaño nominal de esta sea igual o menor a 80mm.

4.3.6.6. Boilers y Estanques de Presión.

Todos los estanques de presión deberán ser diseñados y construidos bajo la norma ASME BPVC, pero los diseños de resistencia sísmica deberán ser los vistos en esta norma en capítulos anteriores (ASME BPVC 8-1, 2010).

4.3.6.7. Otros Componentes Mecánicos y Eléctricos.

Se debe tomar en cuenta todas las indicaciones del diseño sísmico vistas en los capítulos anteriores. En objetos mecánicos que deben requerir de un especial funcionamiento o tipo de diseño sísmico, deberá estar regularizado según la norma de ese mecanismo, como es el caso de componentes con sustancias peligrosas y deberán ser evaluados por un profesional competente en ese tipo de elementos (NTM001, 2013).

4.4. Norma Americana.

4.4.1. Datos de la norma.

País: Estados Unidos

Norma: ASCE/SEI 7-16 / Chapter 13

Año de publicación: 2016

Nombre de la norma: **Minimum Design Loads for buildings and other Structures**

Nombre del Capítulo: **(Seismic Design Requirements for Nonstructural Components)**

4.4.2. Aspectos generales.

Esta norma establece los criterios mínimos de diseño de los elementos no estructurales que se encuentran fijos de forma permanente en la estructura incluyendo todas sus conexiones (ASCE/SEI 7, 2016).

4.4.2.1. Factor de importancia del componente.

Todos los elementos deben tener un factor de importancia según el tipo de construcción que van a variar entre 1.0 y 1.5 (ASCE/SEI 7, 2016).

Se deberá tomar un factor de importancia I_p de 1.5 para elementos que cumplan con las siguientes condiciones:

- a) Los elementos que por fines de seguridad y servicio deben permanecer funcionando después de un terremoto, incluyendo sistemas contra incendio.
- b) Componentes que resguardan materiales peligrosos o tóxicos.

- c) Los componentes que se encuentren en una categoría de ocupación de grado IV y es requerida la operación de estos elementos por seguridad social.

Para los demás componentes se deberá tomar un factor de importancia I_p de 1.0.

Quedan absueltos de cumplir con estas especificaciones los elementos que cumplan con las siguientes condiciones:

- a) Componentes arquitectónicos cuyo diseño sísmico sea de categoría B y su factor de importancia I_p sea igual a 1.0.
- b) Componentes mecánicos y eléctricos cuyo diseño sísmico sea de categoría B.
- c) Componentes mecánicos y eléctricos cuyo diseño sísmico sea de categoría C siempre que el factor de importancia I_p sea igual a 1.0.
- d) Componentes mecánicos y eléctricos cuyo diseño sísmico sea de categoría D, E y F siempre que el factor de importancia I_p sea igual a 1.0. y las conexiones entre elementos y conductos sean flexibles, también a elementos que se encuentren menor a 4 ft (1.22 m) de altura y que tengan un peso menor a 1780 N (400 lb).

Tabla #17. Tabla de clasificación de diseño sísmico según el tipo de estructura (ASCE/SEI 7, 2016).

Seismic Design Category	Structural Characteristics
B, C	Occupancy Category I or II buildings of light-frame construction not exceeding 3 stories in height
	Other Occupancy Category I or II buildings not exceeding 2 stories in height
	All other structures
D, E, F	Occupancy Category I or II buildings of light-frame construction not exceeding 3 stories in height
	Other Occupancy Category I or II buildings not exceeding 2 stories in height
	Regular structures with $T < 3.5T_c$ and all structures of light frame construction
	Irregular structures with $T < 3.5T_c$ and having only horizontal irregularities Type 2, 3, 4, or 5 of Table 12.2.1 or vertical irregularities Type 4, 5a, or 5b of Table 12.3.1
	All other structures

NOTE: P: Permitted; NP: Not Permitted

4.4.3. Requisitos generales de diseño.

Los elementos mecánicos, eléctricos y arquitectónicos deberán cumplir con las secciones referidas en la siguiente tabla.

Tabla #18. Tabla de clasificación de diseño sísmico según el tipo de estructura (ASCE/SEI 7, 2016).

Nonstructural Element (i.e., Component, Support, Attachment)	General Design Requirements Section 13.2	Force and Displacement Requirements Section 13.3	Attachment Requirements Section 13.4	Architectural Component Requirements Section 13.5	Mechanical and Electrical Component Requirements Section 13.6
Architectural Components and Supports and Attachments for Architectural Components	X	X	X	X	
Mechanical and Electrical Components with $I_p > 1$	X	X	X		X
Supports and Attachments for Mechanical and Electrical Components	X	X	X		X

Además, estos requisitos deberán ser cumplidos por uno de los dos métodos siguientes:

- 1) Tener el diseño y documentación específicos del proyecto, los cuales estarán preparados y presentados por un profesional de diseño registrado.
- 2) Presentar la certificación del diseñado, donde garantice de que los componentes están calificados sísmicamente mediante:
 - a) Análisis
 - b) Pruebas que demuestren que la resistencia sísmica de los elementos de acuerdo con la sección 13.2.5 de la norma ASCE/SEI 7-16 / Chapter 13
 - c) Por datos experimentales de acuerdo con la sección 13.3.6 de la norma ASCE/SEI 7-16 / Chapter 13

4.4.3.1. Requisitos especiales de certificación para sistemas sísmicos designados.

Se proporcionarán certificaciones para los sistemas sísmicos asignados a las Categorías de diseño sísmico C a F de la siguiente manera:

- a) El proveedor debe certificar que se puede operar después del terremoto de diseño con evidencia que demuestre el cumplimiento de este, estos respaldos se presentarán a la autoridad competente después de la revisión y aprobación por parte un profesional de diseño certificado (ASCE/SEI 7, 2016).
- b) El proveedor certificará que los componentes con contenido peligroso mantienen la contención, después del terremoto de diseño, basados en los requisitos mostrados en el capítulo anterior. La evidencia que demuestre el cumplimiento de este requisito se presentará a la autoridad competente, después de la revisión y aprobación del profesional de diseño registrado (ASCE/SEI 7, 2016).

4.4.3.2. Daño consecuente.

La interrelación funcional y física de los componentes, sus soportes y sus efectos entre sí se considerarán de manera que la falla de un componente arquitectónico, mecánico o eléctrico esencial o no esencial no cause la falla de otro componente esencial (ASCE/SEI 7, 2016).

4.4.3.3. Flexibilidad.

Para todos los elementos no estructurales, el diseño y la evaluación de los estos, sus soportes y sus accesorios deben tener en cuenta su flexibilidad y su resistencia para la fuerza sísmica de diseño (ASCE/SEI 7, 2016).

4.4.3.4. Documentos de construcción.

Los diseños de los componentes no estructurales o sus soportes y accesorios deberán mostrarse en documentos de construcción, preparados por un profesional de diseño registrado para uso del propietario, funcionarios de la construcción, contratistas e inspectores. Dichos documentos incluirán un plan de garantía de calidad que garantice su correcto funcionamiento (ASCE/SEI 7, 2016).

4.4.4. Demandas sísmicas de componentes no estructurales.

4.4.4.1. Fuerza sísmica de diseño.

La fuerza sísmica de diseño horizontal F_p se aplicará en el centro de gravedad del componente, se distribuirá en relación con la distribución de masa del componente y se determinará de acuerdo con la siguiente ecuación:

La fuerza sísmica horizontal se le calculará con la siguiente ecuación

$$F_p = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right)$$

F_p debe cumplir con las siguientes ecuaciones:

$$0.3 S_{DS} I_p W_p < F_p < 1.6 S_{DS} I_p W_p$$

Donde:

F_p = Fuerza de diseño sísmico horizontal

S_{DS} = Parámetro del espectro de pseudo aceleración

a_p = Factor de amplificación dinámica

I_p = Factor de importancia de los componentes no estructurales

W_p = Peso del Elemento no estructural

R_p = Factor de modificación de respuesta

z = Altura del componente con respecto a la base

h = Altura promedio del nivel del techo con respecto a la base

La fuerza F_p debe aplicarse independientemente en al menos dos direcciones horizontales ortogonales en combinación con cargas de servicio asociadas con el componente.

Para determinar la fuerza sísmica vertical se deberá usar la ecuación siguiente

$$F_{pv} = \pm 0.2 S_{DS} W_p$$

No es necesario tener en cuenta la fuerza sísmica vertical para los paneles de piso de acceso y los paneles de techo.

Si las cargas que no son sísmicas son mayores que F_p , entonces el diseño de resistencia será regido por tales cargas.

Otra forma de determinar la fuerza sísmica horizontal se lo pueden realizar mediante el análisis modal espectral y se puede obtener con la siguiente fórmula:

$$F_p = \frac{a_i a_p W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} A_x$$

Donde:

a_i = Aceleración en el nivel de fijación obtenida en el analisis modal

A_x = Factor de amplificación torsional

El factor A_x se lo determina según la siguiente fórmula:

$$1.0 \leq A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{(1.2 \delta_{avg})} \right)^2 \leq 3.0$$

Donde:

δ_{max} = *Máximo desplazamiento sísmico lateral en el nivel de fijación del componente obtenido a partir del análisis modal*

δ_{avg} = *Promedio de desplazamiento sísmico en los puntos extremos del nivel de fijación componente obtenido a partir del análisis modal*

El momento torsional accidental no necesita ser amplificado para estructuras de construcción de marco ligero.

4.4.4.2. Desplazamientos sísmicos relativos.

Los desplazamientos se clasifican en dos:

a) Desplazamientos dentro de las estructuras:

Para dos puntos de conexión en la misma Estructura A o el mismo sistema estructural, uno a una altura h_x , y el otro a una altura h_y , entonces D_p deberá determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$D_p = (\delta_{xA} - \delta_{yA})$$

D_p deberá ser menor que:

$$D_p = \frac{(h_x - h_y) \Delta_{aA}}{h_{sx}}$$

Donde:

D_p = *Desplazamiento de los elementos*

δ_{xA} = *Desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel X*

δ_{yA} = *Desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel y*

h_x = Altura del nivel x al cual está unido el punto de conexión superior.

h_y = Altura del nivel y al cual está unido el punto de conexión inferior.

Δ_{aA} = deriva admisible de la historia para la Estructura A

h_{sx} = altura de la historia utilizada en la definición de la deriva permisible Δ_a ,

Tenga en cuenta que (Δ_{aA}/h_{sx}) = el índice de deriva.

Tabla #19. Tabla de permiso de historia Δ_a (ASCE/SEI 7, 2016).

Structure	Occupancy Category		
	I or II	III	IV
Structures, other than masonry shear wall structures, 4 stories or less with interior walls, partitions, ceilings and exterior wall systems that have been designed to accommodate the story drifts.	$0.025h_{sx}$ ^c	$0.020h_{sx}$	$0.015h_{sx}$
Masonry cantilever shear wall structures ^d	$0.010h_{sx}$	$0.010h_{sx}$	$0.010h_{sx}$
Other masonry shear wall structures	$0.007h_{sx}$	$0.007h_{sx}$	$0.007h_{sx}$
All other structures	$0.020h_{sx}$	$0.015h_{sx}$	$0.010h_{sx}$

^a h_{sx} is the story height below Level x .

^bFor seismic force-resisting systems comprised solely of moment frames in Seismic Design Categories D, E, and F, the allowable story drift shall comply with the requirements of Section 12.12.1.1.

^cThere shall be no drift limit for single-story structures with interior walls, partitions, ceilings, and exterior wall systems that have been designed to accommodate the story drifts. The structure separation requirement of Section 12.12.3 is not waived.

^dStructures in which the basic structural system consists of masonry shear walls designed as vertical elements cantilevered from their base or foundation support which are so constructed that moment transfer between shear walls (coupling) is negligible.

b) Desplazamientos entre estructuras

Para dos puntos de conexión de estructuras A y B separadas o sistemas estructurales separados, uno a una altura h_x , y el otro a una altura h_y , entonces D_p deberá determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$D_p = |\delta_{xA}| + |\delta_{yB}|$$

D_p deberá ser menor que:

$$D_p = \frac{h_x \Delta_{aA}}{h_{sx}} + \frac{h_y \Delta_{aA}}{h_{sx}}$$

4.4.5. Anclajes de componentes no estructurales.

Todos los componentes y soportes que formarán parte de los anclajes de los elementos no estructurales deberán regirse bajo los requerimientos de esta sección (ASCE/SEI 7, 2016).

- a) Los mecanismos de anclajes que se encuentren atornillados y soldados no deberán tomar en cuenta la fricción por efectos de la gravedad.
- b) Los conectores deben tener la resistencia y flexibilidad suficiente para proporcionar una carga continua entre los elementos no estructurales y la estructura.
- c) El diseño de los anclajes y conectores estarán regidos bajo las cargas que controlen el diseño.
- d) Los documentos de diseño deben incluir información suficiente para verificar el cumplimiento de los requisitos de esta sección.

4.4.5.1. Anclajes en hormigón o mampostería.

Los anclajes que sean empotrados en concreto o mampostería. Deben ser diseñados para soportar 1.3 veces la fuerza en el componente y sus soportes. Además, deben soportar la fuerza máxima que el componente y sus soportes puedan transferir al anclaje.

El valor de R_p no debe exceder 1.5 a menos que:

- a) El anclaje de los componentes debe estar diseñado para ser gobernado por la resistencia de un elemento de acero dúctil.
- b) Los anclajes deben estar diseñados de acuerdo la norma ACI 355.2.

4.4.5.2. Condiciones de instalación.

Se debe tomar en cuenta las instalaciones de estos bajo las condiciones presentadas según su fabricante o norma incluyendo las excentricidades y efectos de palanca que puedan producirse (ASCE/SEI 7, 2016).

4.4.5.3. Múltiples archivos adjuntos.

La determinación de la distribución de fuerza de múltiples accesorios en una ubicación deberá tener en cuenta la rigidez y la ductilidad del componente, los soportes del componente, los accesorios y la estructura, y la capacidad de redistribuir las cargas a otros accesorios en el grupo. Se considerará que los diseños de anclaje en concreto de acuerdo con el Apéndice D de ACI 318 satisfacen este requisito (ASCE/SEI 7, 2016).

4.4.6. Componentes arquitectónicos mecánicos y eléctricos.

Los elementos arquitectónicos deberán estar diseñados bajo la sección 4.4.5 y deberán soportar las demandas sísmicas de la sección 4.4.4, además sus coeficientes deberán cumplir con la tabla #19 (ASCE/SEI 7, 2016).

4.4.6.1. Fuerzas y desplazamientos.

Todos los componentes arquitectónicos, y sus soportes y accesorios, deberán estar diseñados para las fuerzas sísmicas definidas en la sección 4.4.4.

Los componentes arquitectónicos que puedan representar un peligro para la seguridad de la vida deben diseñarse para acomodar los requisitos de desplazamiento relativo sísmico de la Sección 4.4.4 (ASCE/SEI 7, 2016).

4.4.6.2. Elementos de pared no estructural exterior y conexiones.

Los paneles o elementos exteriores no estructurales de la pared que están unidos o encierran la estructura deben diseñarse para acomodar los desplazamientos sísmicos relativos definidos en la sección 4.4.4 y los movimientos debidos a cambios de temperatura. Dichos elementos deberán estar soportados por medio de soportes estructurales positivos y directos o por conexiones mecánicas y sujetadores de acuerdo con los siguientes requisitos (ASCE/SEI 7, 2016).

- a) En las conexiones entre paneles, la deformación de entrepisos D_p , deberá ser la calculada según el capítulo 4.4.4 de la sección o se tomará un valor de 0.5" (13mm) lo que sea mayor.
- b) Las conexiones para permitir el movimiento en el plano del panel para la deriva de la historia deben ser conexiones deslizantes utilizando orificios ranurados o de gran tamaño, conexiones que permiten el movimiento por doblado de acero u otras conexiones que proporcionen capacidad deslizante o dúctil equivalente.
- c) Las conexiones deberán tener suficiente ductilidad y capacidad de rotación para evitar la fractura del concreto o fallas frágiles en o cerca de las soldaduras.
- d) Todos los sujetadores, en el sistema de conexión, tales como pernos, insertos, soldaduras y tacos y el cuerpo de los conectores deberán estar diseñados para soportar la fuerza sísmica de diseño tanto horizontal como vertical de la sección 4.4.4.
- e) Si el anclaje es de correas planas incrustadas en concreto o mampostería, dichas correas deben estar unidas o enganchadas alrededor del acero de refuerzo para asegurar que la extracción del anclaje no sea el mecanismo de falla inicial.

4.4.6.3. Flexión fuera del plano.

La flexión transversal, fuera del plano, la deformación de un componente o sistema que está sujeto a fuerzas como se determina en la sección 4.4.4, no debe exceder la capacidad de desviación del componente o sistema (ASCE/SEI 7, 2016).

4.4.6.4. Cielos rasos.

Fuerza sísmica: El peso del techo no deberá ser menos que 19 N/m^2 . La fuerza sísmica se transmitirá a través de los accesorios del techo a los elementos estructurales del edificio o al límite de la estructura del techo (ASCE/SEI 7, 2016).

A menos que esté diseñado de acuerdo con la sección 4.4.4, los techos suspendidos se diseñarán y construirán de acuerdo con las siguientes indicaciones:

Los techos suspendidos en estructuras asignadas a la categoría de diseño sísmico C se diseñarán e instalarán de acuerdo con (ASTM C635, 2017) y (ASTM C636, 2019) excepto que las fuerzas sísmicas se determinarán de acuerdo con la sección 4.4.4.

Los techos suspendidos en las categorías de diseño sísmico D, E y F, además deberán cumplir con los siguientes requerimientos (ASCE/SEI 7, 2016).

- a) Se utilizará un sistema de rejilla de barra en T de alta resistencia.
- b) El ancho mínimo de la placa deberá ser mayor a 50 mm a menos que exista un diseño de soporte adecuado y en tal caso no será menor que 20mm. Además, deberá existir una separación con respecto al muro de al menos 20mm.
- c) Para áreas de techo que excedan los (92.9 m^2), se debe proporcionar restricción horizontal del techo al sistema estructural.

- d) Para cielos donde el área sea mayor de 232m^2 , la razón entre el largo y el ancho deberá ser menor a 4.
- e) Los rociadores y otras penetraciones deben tener un anillo o adaptador de (50 mm) de gran tamaño a través de la placa del techo para permitir un movimiento libre de al menos (25 mm) en todas las direcciones horizontales. Alternativamente, se permite proporcionar una junta oscilante que pueda acomodar (25 mm) de movimiento del techo en todas las direcciones horizontales en la parte superior de la extensión del cabezal de rociadores.

4.4.6.5. Pisos de acceso especiales.

Los pisos de acceso se considerarán "pisos de acceso especiales" si están diseñados para cumplir con las siguientes consideraciones:

- a) Las conexiones de estos elementos deberán estar diseñados bajo la norma ACI 318, en el apéndice D.
- b) Las fuerzas sísmicas solo son transmitidas por efecto de la gravedad.
- c) Se debe considerar el pandeo al momento de realizar el diseño del sistema de arriostramiento.
- d) Los arriostramientos deberán estar realizados con perfiles estructurales según las especificaciones técnicas.
- e) Es necesario el uso de amarres que soporten carga sísmica y estén ancladas a los apoyos.

4.4.6.6. Divisiones interiores.

Todas las divisiones, cuya altura sea superior a 1.8 m y se encuentren conectadas al techo (cielo falso), deberán estar arriostradas lateralmente con la estructura de la edificación (ASCE/SEI 7, 2016).

Quedan exultas las divisiones que posean las siguientes características:

- a) La altura de división no es mayor que 2740 mm.
- b) El producto entre la altura del elemento multiplicado por 0.47 KN debe ser menor al peso.
- c) La carga para el diseño sísmico debe ser menor que 5 psf.

4.4.6.7. Vidrios.

Los que sean usados para muros cortinas o en fachadas deberán cumplir con los requisitos de desplazamiento relativo presentados en la siguiente ecuación:

$$\Delta_{fallout} \geq 1.25 I D_p$$

Donde:

$\Delta_{fallout}$ = *Desplazamiento sísmico relativo*

O 0.5" (13mm), cualquiera que sea mayor.

Esto se determinará mediante un análisis del desplazamiento de los extremos del componente.

Para los vidrios que posean una distancia suficiente entre el marco y el elemento y no produzca contacto físico, no deberá cumplir con la fórmula anterior, pero deberá cumplir con la siguiente ecuación:

$$D_{clear} \geq 1.25 D_p$$

Donde:

D_{clear} = Desplazamiento horizontal relativo.

$$D_{clear} = 2c_1 \left(1 + \frac{h_p c_2}{b_p c_1} \right)$$

Donde:

h_p = Altura del panel de vidrio rectangular

b_p = Ancho del panel vidrio rectangular

c_1 = Promedio de separación en ambos lados entre los bordes verticales y el marco

c_2 = Promedio de separación superior e inferior entre los bordes horizontales y el marco

No deberán cumplir con estos requisitos:

- a) Los vidrios templados que estén ubicados a una altura menor de 3m de edificaciones tipo I, II, III.
- b) Los vidrios que tengan una película mayor a 0,76mm y estén confinados mecánicamente con elastómero de 13mm.
- c) Los muros cortina que estén unidos con silicona estructural, de manera que no haya interacción entre ellos.
- d) Se deberá diseñar, de forma que no se exceda la carga impuesta por el fabricante.

Para el uso de los coeficientes a_p y R_p de los elementos arquitectónicos estarán establecidos en la siguiente tabla:

Tabla #20. Tabla coeficientes de componentes arquitectónicos bajo la norma ASCE/SEI 7-16

/ Chapter 13 (ASCE/SEI 7, 2016).

Architectural Component or Element	a_p^a	R_p^b
Interior Nonstructural Walls and Partitions ^b		
Plain (unreinforced) masonry walls	1.0	1.5
All other walls and partitions	1.0	2.5
Cantilever Elements (Unbraced or braced to structural frame below its center of mass)		
Parapets and cantilever interior nonstructural walls	2.5	2.5
Chimneys and stacks where laterally braced or supported by the structural frame	2.5	2.5
Cantilever Elements (Braced to structural frame above its center of mass)		
Parapets	1.0	2.5
Chimneys and Stacks	1.0	2.5
Exterior Nonstructural Walls ^b	1.0 ^b	2.5
Exterior Nonstructural Wall Elements and Connections ^b		
Wall Element	1.0	2.5
Body of wall panel connections	1.0	2.5
Fasteners of the connecting system	1.25	1.0
Veneer		
Limited deformability elements and attachments	1.0	2.5
Low deformability elements and attachments	1.0	1.5
Penthouses (except where framed by an extension of the building frame)	2.5	3.5
Ceilings		
All	1.0	2.5
Cabinets		
Storage cabinets and laboratory equipment	1.0	2.5
Access Floors		
Special access floors (designed in accordance with Section 13.5.7.2)	1.0	2.5
All other	1.0	1.5
Appendages and Ornamentations	2.5	2.5
Signs and Billboards	2.5	2.5
Other Rigid Components		
High deformability elements and attachments	1.0	3.5
Limited deformability elements and attachments	1.0	2.5
Low deformability materials and attachments	1.0	1.5
Other Flexible Components		
High deformability elements and attachments	2.5	3.5
Limited deformability elements and attachments	2.5	2.5
Low deformability materials and attachments	2.5	1.5

^aA lower value for a_p shall not be used unless justified by detailed dynamic analysis. The value for a_p shall not be less than 1.00. The value of $a_p = 1$ is for rigid components and rigidly attached components. The value of $a_p = 2.5$ is for flexible components and flexibly attached components. See Section 11.2 for definitions of rigid and flexible.

^bWhere flexible diaphragms provide lateral support for concrete or masonry walls and partitions, the design forces for anchorage to the diaphragm shall be as specified in Section 12.11.2.

4.4.7. Componentes mecánicos y eléctricos.

Los componentes mecánicos y eléctricos y sus soportes deberán cumplir los requisitos de esta sección, además de los requisitos sísmicos establecidos en las secciones 4.4.4. y 4.4.5. Para el uso de los coeficientes de los elementos mecánicos y eléctricos se los determinará en la tabla #20 (ASCE/SEI 7, 2016).

4.4.7.1. Periodo del componente.

El periodo fundamental en los elementos mecánicos y eléctricos se lo determina bajo la siguiente ecuación asumiendo un sistema simple de resorte y masa con un grado de libertad (ASCE/SEI 7, 2016).

$$T_p = 2\pi \sqrt{\frac{W_p}{K_p g}}$$

Donde:

T_p = Período fundamental del componente

W_p = Peso en operación del componente

K_p = Rigidez combinada del componente, apoyos y agregados, determinada como carga por deformación unitaria en el centro de gravedad del componente

Se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones para el diseño de elementos mecánicos y electrónicos (ASCE/SEI 7, 2016).

- a) Se intentará disminuir el impacto sísmico de los componentes no dúctiles, adicional se deberá analizar que estos elementos sean resistentes al cambio de temperatura.

- b) Se evaluarán las cargas impuestas a los componentes por las líneas de servicios o servicios adjuntos que están unidas a estructuras separadas.
- c) Las baterías en los estantes deben tener amarras para garantizar que las mismas no se caigan del estante.
- d) Se deben usar espaciadores entre las restricciones y las celdas para evitar daños a las cajas.
- e) El diseño del gabinete eléctrico debe cumplir con los estándares aplicables de la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA).
- f) Para elementos externos con un peso superior a 445N (44.5 kg) deberán ser evaluados su comportamiento sin que afecte a los demás elementos.
- g) Para las tuberías eléctricas que se encuentren fijadas dentro de la estructura deberán resistir desplazamientos sísmicos relativos con forme se deforme la estructura para evitar el daño en estos elementos.

4.4.7.2. Apoyo de los componentes.

Si se utilizan soportes estándar, por ejemplo, (ASME B31), (NFPA 13, 2019) o (MSS SP-58, 2010), o soportes patentados, se diseñarán por capacidad de carga.

Para los apoyos de los componentes, es necesario tomar en cuenta las siguientes restricciones:

- a) Los soportes sísmicos se construirán, de manera que se mantenga el compromiso de soporte.
- b) Cuando la curva del eje débil de los soportes de acero conformados en frío se basa en la ruta de carga sísmica, dichos soportes se evaluarán específicamente.

- c) Los materiales de los cuales están compuestos los componentes y sus apoyos deberán ser adecuados para su aplicación y se tomará en cuenta los efectos externos que sufra la estructura como es el caso de la temperatura.
- d) Los soportes deberán ser construidos de tal forma que no se produzca fallos al momento de un sismo y garantice la unión del componente a la estructura.
- e) En caso de componentes mecánicos es primordial que exista la supervisión de los sistemas de fijación como los pernos de amarre o la soldadura, y estos deberán estar colocados según las normas del fabricante, en caso de no tener las normas de colocación deberá ser colocado por personal con experiencia en estos elementos que garantice el correcto funcionamiento de este.
- f) En componentes que se encuentren montados en aisladores de vibración deberán contar con un sistema de absorción de impacto, los aisladores deberán ser de materiales dúctiles para limitar la carga de impacto.
- g) Los anclajes de expansión no se deben usar para equipos mecánicos sin vibraciones con capacidad nominal superior a 10 hp (7.45 kW).
- h) En caso de cañerías, calderas o estanques de presión se debe tomar en cuenta que el hormigón debe estar diseñado para soportar cargas cíclicas.
- i) En anclajes mecánicos que estén trabajando a tracción deberá hacerse utilizando cemento con expansión para evitar el desprendimiento de estos.

Excepciones:

Los diseños sísmicos de estos elementos no serán requeridos en canalizaciones eléctricas que cumplan con las siguientes condiciones:

- a) Para Conduit eléctricos en el que el tubo tenga un diámetro menor a 64mm (2,5”).

- b) Para canaletas que su peso total sea menor que 146 N/m (14.6 kg/m) y se encuentren apoyadas en colgadores trapezoidales.
- c) Los soportes están en voladizo desde el piso.
- d) Para Conduit eléctricos en el que el tubo tenga un diámetro menor a 64mm (2,5”).
- e) Los aditamentos en el concreto utilizan insertos no expansibles, sujetadores accionados por fuerza o incrustaciones de hierro fundido.
- f) Los accesorios utilizan soldaduras por puntos, soldaduras enchufables o mínimo soldaduras de tamaño según lo definido por AISC.

4.4.7.3. Redes públicas y de servicio.

Las líneas de servicios públicos deben contar con la flexibilidad adecuada para acomodar el movimiento diferencial. Los cálculos de desplazamiento diferencial se determinarán de acuerdo con la sección 4.4.4 (ASCE/SEI 7, 2016).

Se debe tomar en cuenta la posible interrupción o fallo del servicio público, por lo que se debe diseñar para considerar las edificaciones con alto grado de importancia. Deberá prestarse atención específica a la vulnerabilidad de los servicios públicos subterráneos y a las interfaces de servicios públicos entre la estructura y el suelo, donde está presente el suelo de Clase E o F del sitio, y donde el coeficiente sísmico S_{sb} en el servicio subterráneo o en la base de la estructura sea igual a o mayor que 0.33 (ASCE/SEI 7, 2016).

4.4.7.4. Ductos de climatización.

No se requieren soportes sísmicos para los ductos si se cumple alguna de las siguientes condiciones para la longitud total de cada conducto (ASCE/SEI 7, 2016).

- a) Los colgadores que soporten los ductos tendrán una longitud máxima de 305 mm desde el apoyo de la canaleta hasta el apoyo con la estructura. En caso de usar varillas como colgadores es necesario que poseen una articulación para evitar la flexión inelástica.
- b) Para ductos que tienen un área transversal inferior a $0,56 \text{ m}^2$ o su peso es inferior a 25 kg/m. y se hayan tomado las precauciones necesarias de desplazamientos de estos elementos.

Para elementos que se encuentren asociados a la distribución de la línea de ductos y su peso sea superior a 75 lb deberán tener sus propios apoyos independientemente del sistema de ductos. Esto es el caso de los ventiladores, humidificadores, etc.

4.4.7.5. Sistemas de cañerías.

Los sistemas de cañerías deberán consumirse con materiales dúctiles que ayuden a la deformación diferencial de la estructura y los elementos, asimismo deben ser diseñados bajo las normas de diseño sísmicas de la sección 4.4.4. Además, deben cumplir con las siguientes condiciones (ASCE/SEI 7, 2016).

- a) Los sistemas de cañerías contra incendios (dispensadores de agua) deberán estar contruidos e instalados bajo la norma NFPA 13. Adicional, su diseño sísmico deberá estar regido por los capítulos anteriores de esta norma.
- b) Para cañerías que sean de materiales dúctiles, la tensión admisible será el 90% de la tensión de fluencia mínima.
- c) Para las conexiones con hilo de cañerías que sean de materiales dúctiles, la tensión admisible será el 70% de la tensión de fluencia mínima.

- d) Para cañerías que sean de materiales no dúctiles, la tensión admisible será el 10% de la tensión de fluencia mínima.

Quedan exultas de cumplir las normas de diseño sísmico las cañerías que:

1. Los colgadores que soporten los ductos tendrán una longitud máxima de 305 mm desde el apoyo de la canaleta hasta el apoyo con la estructura. En caso de usar varillas, como colgadores, es necesario que poseen una articulación para evitar la flexión inelástica.
2. Si se utiliza tubería de alta ductilidad y cumple las siguientes condiciones:
 - a) Diseño sísmico D, E o F diámetro menor a 25 mm y que I_p sea mayor a uno.
 - b) Diseño sísmico C, diámetro menor a 51 mm.
 - c) Diseño sísmico D, E o F diámetro menor a 76 mm y que I_p sea igual a uno.

4.4.7.6. Boilers y Estanques de Presión.

Todos los estanques de presión deberán ser diseñados y construidos bajo la norma ASME BPVC, pero los diseños de resistencia sísmica deberán ser los de la sección 4.4.4 (ASME BPVC 8-1, 2010).

4.4.7.7. Otros Componentes Mecánicos y Eléctricos.

Se debe tomar en cuenta todas las indicaciones del diseño sísmico vistas en los capítulos anteriores, en objetos mecánicos que deban requerir de un especial funcionamiento o tipo de diseño sísmico deberá estar regularizado según la norma de ese mecanismo (ASCE/SEI 7, 2016).

Para las conexiones roscadas en tuberías de materiales no dúctiles, la tensión admisible será el 8% de la tensión de fluencia mínima.

Para componentes con sustancias peligrosas deberán estar diseñados con la norma ASME BPVC y deberán cumplir las demandas sísmicas de la sección 4.4.4.

Para el uso de los coeficientes a_p y R_p de los componentes mecánicos y eléctricos estarán establecidos en la siguiente tabla:

Tabla #21. Tabla coeficientes de componentes mecánicos y eléctricos bajo la norma ASCE/SEI 7-16 / Chapter 13 (ASCE/SEI 7, 2016).

MECHANICAL AND ELECTRICAL COMPONENTS	a_p^a	R_p^b
Air-side HVAC, fans, air handlers, air conditioning units, cabinet heaters, air distribution boxes, and other mechanical components constructed of sheet metal framing.	2.5	6.0
Wet-side HVAC, boilers, furnaces, atmospheric tanks and bins, chillers, water heaters, heat exchangers, evaporators, air separators, manufacturing or process equipment, and other mechanical components constructed of high-deformability materials.	1.0	2.5
Engines, turbines, pumps, compressors, and pressure vessels not supported on skirts and not within the scope of Chapter 15.	1.0	2.5
Skirt-supported pressure vessels not within the scope of Chapter 15.	2.5	2.5
Elevator and escalator components.	1.0	2.5
Generators, batteries, inverters, motors, transformers, and other electrical components constructed of high deformability materials.	1.0	2.5
Motor control centers, panel boards, switch gear, instrumentation cabinets, and other components constructed of sheet metal framing.	2.5	6.0
Communication equipment, computers, instrumentation, and controls.	1.0	2.5
Roof-mounted chimneys, stacks, cooling and electrical towers laterally braced below their center of mass.	2.5	3.0
Roof-mounted chimneys, stacks, cooling and electrical towers laterally braced above their center of mass.	1.0	2.5
Lighting fixtures.	1.0	1.5
Other mechanical or electrical components.	1.0	1.5
VIBRATION ISOLATED COMPONENTS AND SYSTEMS^b		
Components and systems isolated using neoprene elements and neoprene isolated floors with built-in or separate elastomeric snubbing devices or resilient perimeter stops.	2.5	2.5
Spring isolated components and systems and vibration isolated floors closely restrained using built-in or separate elastomeric snubbing devices or resilient perimeter stops.	2.5	2.0
Internally isolated components and systems.	2.5	2.0
Suspended vibration isolated equipment including in-line duct devices and suspended internally isolated components.	2.5	2.5
DISTRIBUTION SYSTEMS		
Piping in accordance with ASME B31, including in-line components with joints made by welding or brazing.	2.5	12.0
Piping in accordance with ASME B31, including in-line components, constructed of high or limited deformability materials, with joints made by threading, bonding, compression couplings, or grooved couplings.	2.5	6.0
Piping and tubing not in accordance with ASME B31, including in-line components, constructed of high-deformability materials, with joints made by welding or brazing.	2.5	9.0
Piping and tubing not in accordance with ASME B31, including in-line components, constructed of high- or limited-deformability materials, with joints made by threading, bonding, compression couplings, or grooved couplings.	2.5	4.5
Piping and tubing constructed of low-deformability materials, such as cast iron, glass, and nonductile plastics.	2.5	3.0
Ductwork, including in-line components, constructed of high-deformability materials, with joints made by welding or brazing.	2.5	9.0
Ductwork, including in-line components, constructed of high- or limited-deformability materials with joints made by means other than welding or brazing.	2.5	6.0
Ductwork, including in-line components, constructed of low-deformability materials, such as cast iron, glass, and nonductile plastics.	2.5	3.0
Electrical conduit, bus ducts, rigidly mounted cable trays, and plumbing.	1.0	2.5
Manufacturing or process conveyors (nonpersonnel).	2.5	3.0
Suspended cable trays.	2.5	6.0

^aA lower value for a_p is permitted where justified by detailed dynamic analyses. The value for a_p shall not be less than 1.0. The value of a_p equal to 1.0 is for rigid components and rigidly attached components. The value of a_p equal to 2.5 is for flexible components and flexibly attached components.

^bComponents mounted on vibration isolators shall have a bumper restraint or snubber in each horizontal direction. The design force shall be taken as $2F_p$ if the nominal clearance (air gap) between the equipment support frame and restraint is greater than 0.25 in. If the nominal clearance specified on the construction documents is not greater than 0.25 in., the design force is permitted to be taken as F_p .

5. Comparación de normativas

5.1. Aspectos generales.

Aquí se realizará un análisis comparativo de las cuatro normativas presentadas anteriormente con el fin de determinar cuál de ellas es la óptima para el diseño sismorresistente de los elementos no estructurales. Estas normativas estarán bajo criterio de 5 parámetros principales, los cuales son:

1. Requisitos generales para el diseño
2. Demandas sísmicas en componentes no estructurales
3. Anclaje de componentes no estructurales
4. Componentes o elementos arquitectónicos
5. Componentes mecánicos y eléctricos

El primer caso comparativo entre las normas será la distribución analógica que presenta cada norma para el estudio del diseño sísmico de elementos no estructurales.

- a) Norma peruana E-30 / Capítulo VI

Generalidades

Responsabilidad profesional;

Fuerzas de Diseño

Fuerza Horizontal mínima

Fuerzas sísmicas verticales

Elementos no estructurales localizados en la base de la estructura y debajo de la base y cercos

Otras estructuras

Diseño utilizando el método de los esfuerzos admisibles

b) Norma colombiana NSR-10 / Capítulo A.9

Nomenclatura

General

Grado de desempeño de los elementos no estructurales

Responsabilidades

Criterio de diseño

Acabados y elementos arquitectónicos

Instalaciones hidráulicas, sanitarias, mecánicas y eléctricas

c) Norma chilena NTM001

Alcance de la norma

Referencias

Términos y definiciones

Símbolos

Requisitos generales para el diseño

Demandas sísmicas en componentes no estructurales

Anclaje de componentes no estructurales

Componentes o elementos arquitectónicos

Componentes mecánicos y eléctricos

d) Norma americana ASCE/SEI 7-16 / Chapter 13

General

Requisitos generales de diseño

Demandas sísmicas en componentes no estructurales

Anclaje de componentes no estructurales

Componentes arquitectónicos

Componentes Mecánicos y Eléctricos

Como se puede observar, tanto la norma peruana E-30 como la norma Colombiana NSR-10 no cumplen con todos los aspectos de diseños requeridos para un correcto análisis sísmico.

La norma peruana solo posee dos de los cinco ámbitos de estudio y carece de estudios de los elementos arquitectónicos, mecánicos y eléctricos, solo se basa en un conjunto global de diseño sísmico. Otro punto que se debe mencionar en esta norma es que carece de diseño en los elementos de anclajes o componentes, los cuales son parte principal de un correcto diseño sísmico. Por lo cual, se puede catalogar como una norma de estudio incompleta para el diseño sísmico de elementos no estructurales (E-30, 2018).

La norma colombiana NSR-10, a pesar de que no incluye específicamente el estudio enfocado en los 5 principales aspectos requeridos para el análisis, posee gran parte de ellos. Un aspecto que si se debe considerar es que no incluye un análisis más profundo en las componentes de anclaje, los cuales son primordiales ante la presencia sísmica. A pesar de lo

mencionado veremos si cumple o no las expectativas en el estudio más profundo que se dará a continuación, y ver si solo es cuestión de orden o si carece de algunos aspectos a considerar para el correcto diseño sísmico de estos elementos (NSR-10, 2010).

A su vez las normas chilenas y americanas cumplen con todos los requisitos para el análisis de estudio. Cada una considera importante estos aspectos, por lo que se podría decir que ambas normas cumplen con los elementos requeridos para este análisis (ASCE/SEI 7, 2016), (NTM001, 2013).

Pasaremos ahora a analizar cada norma bajo cada caso, en la cual se establecerá si cumple o no con la reglamentación necesaria para un correcto diseño sísmico.

5.2. Requisitos generales para el diseño.

Tabla #22. Tabla de comparación entre normas de los requisitos generales para el diseño sísmico de elementos no estructurales (E-30, 2018), (NSR-10, 2010), (NTM001, 2013) y (ASCE/SEI 7, 2016).

Requisitos generales para el diseño																			
Elementos de Estudio	Norma peruana E-30 / Capítulo VI	Norma colombiana NSR-10 / Capítulo A.9	Norma chilena NTM001	Norma americana ASCE/SEI 7-16 / Chapter 13															
Factores de desempeño o importancia según el tipo de estructura	No cuenta con ningún factor.	<p>El factor de grado de desempeño se lo clasifica según la siguiente tabla</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Grupo de uso</th> <th style="text-align: center;">Tipo ocupacional de la estructura</th> <th style="text-align: center;">Grado de desempeño mínimo requerido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">I</td> <td style="text-align: center;">Estructura de ocupación normal</td> <td style="text-align: center;">Superior</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">II</td> <td style="text-align: center;">Estructura de ocupación especial</td> <td style="text-align: center;">Bueno</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">III</td> <td style="text-align: center;">Edificaciones de atención a la comunidad</td> <td style="text-align: center;">Bueno</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IV</td> <td style="text-align: center;">Edificaciones indispensables</td> <td style="text-align: center;">Bajo</td> </tr> </tbody> </table>	Grupo de uso	Tipo ocupacional de la estructura	Grado de desempeño mínimo requerido	I	Estructura de ocupación normal	Superior	II	Estructura de ocupación especial	Bueno	III	Edificaciones de atención a la comunidad	Bueno	IV	Edificaciones indispensables	Bajo	<p style="text-align: center;">$I_p = 1.5$</p> <p>Se usa para estructuras primarias, que ante un movimiento sísmico, los elementos no sufran daños que perjudiquen el funcionamiento de la edificación, y de</p> <p style="text-align: center;">$I_p = 1.0$</p> <p>para los elementos restantes.</p>	<p style="text-align: center;">$I_p = 1.5$</p> <p>Se usa para estructuras primarias, que ante un movimiento sísmico, los elementos no sufran daños que perjudiquen el funcionamiento de la edificación, y de</p> <p style="text-align: center;">$I_p = 1.0$</p> <p>para los elementos restantes.</p>
Grupo de uso	Tipo ocupacional de la estructura	Grado de desempeño mínimo requerido																	
I	Estructura de ocupación normal	Superior																	
II	Estructura de ocupación especial	Bueno																	
III	Edificaciones de atención a la comunidad	Bueno																	
IV	Edificaciones indispensables	Bajo																	
Responsabilidades	La persona que realice el diseño y construya será el responsable de hacer cumplir las normas requeridas. Cabe mencionar que no existe ninguna norma que vincule documentos o cálculos que permitan comprobar si cumple los requisitos de esta norma.	<p>La responsabilidad recae sobre tres personas:</p> <ul style="list-style-type: none"> * El diseñador responsable * Responsabilidad del supervisor técnico * Responsabilidad del coordinador en obra <p>Cada uno de ellos deben presentar un respaldo de su cumplimiento según lo estipulado en la norma.</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Los diseños serán revisados y aprobados por un profesional competente. * Se debe entregar la certificación en la cual se compruebe que los elementos están diseñados para resistir la demanda sísmica 	<p>El diseñador será quien asume la responsabilidad y deberá realizar un documento presentando la memoria de cálculo y los parámetros que certifiquen que cumplió con todas las normativas. Estos documentos serán revisados y aprobados por la autoridad competente previo a la construcción.</p>															
Combinación de cargas	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	Debido a que la carga sísmica es eventual, no es necesario que sea combinadas con otras cargas eventuales.	Se debe considerar las cargas eventuales que podrían producirse. Por ejemplo, la carga de viento, nieve que pueden estar combinadas a un efecto de carga sísmica.															

Requisitos de certificación especial para sistemas sísmicos específicos	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	<p>Para $I_p = 1.5$</p> <p>Se debe garantizar la certificación de estos por el proveedor para tener la capacidad de mantenerse después del sismo de diseño mediante un ensayo realizado por el profesional a cargo de la maquinaria o por medio de un ensayo de simulación vibratoria.</p>	<p>Para elementos con diseño sísmico de categoría C a F se deben cumplir las siguientes normas:</p> <p>* El proveedor debe certificar que se puede operar después del terremoto de diseño con evidencia que demuestre cumplimiento de este.</p> <p>* El proveedor certificará que los componentes con contenido peligroso mantienen la contención después del terremoto de diseño.</p>
Daños consecuentes de elementos	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	<p>Se debe considerar la interacción de los componentes entre sí, ya sean primordiales o no, el momento en que se produzca una falla de un componente no afectó a otro componente y forme una falla en cadena.</p>	<p>La interrelación funcional y física de los componentes, sus soportes y sus efectos entre sí, se considerarán de manera que la falla de un componente arquitectónico, mecánico o eléctrico esencial o no esencial no cause la falla de otro componente esencial.</p>
Flexibilidad de los elementos	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	<p>Se deberá evaluar la flexibilidad y resistencia de los elementos no estructurales, así como sus conexiones.</p>	<p>Para todos los elementos no estructurales, el diseño y la evaluación de los estos, sus soportes y sus accesorios deben tener en cuenta su flexibilidad y su resistencia para la fuerza sísmica de diseño.</p>
Alternativa de ensayos para determinar la capacidad sísmica de los elementos	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	<p>Prueba para determinar la capacidad sísmica del elemento mediante ensayo Norma: ICC-ES AC 156 y el ETGI 1020</p> <p>Datos recopilados para determinar la capacidad sísmica Norma: IEEE 344</p>	<p>Prueba para determinar la capacidad sísmica del elemento mediante ensayo Norma: ICC-ES AC 156 y el ETGI 1020</p> <p>Datos recopilados para determinar la capacidad sísmica Norma: IEEE 344</p>

Documentos de respaldo	No es mencionado en esta norma	Debe existir una memoria de cálculo que será entregada junto a los planos restantes.	Los documentos de diseños deberán ser entregados junto a la memoria de cálculo y la documentación de respaldo, la cual estará preparada por un profesional y será utilizado en la obra. Se debe, además, incluir un plan de manejo de la calidad en obra. Toda la documentación estará regularizada bajo los estándares de la sección 5.11 de la NCh433.Of96.	Los diseños de los componentes no estructurales o sus soportes y accesorios deberán mostrarse en documentos de construcción preparados por un profesional de diseño registrado para uso del propietario, funcionarios de la construcción, contratistas e inspectores. Dichos documentos incluirán un plan de garantía de calidad que garantice su correcto funcionamiento.
------------------------	--------------------------------	--	---	--

Como se puede observar en la tabla #22, la norma peruana E-30 y la norma colombiana NSR-10, no se menciona casi la mayoría de los elementos de estudio que se deben considerar. Por lo tanto, en cuanto a este estudio detallado, se indica que estas normas no cumplen con los requisitos fundamentales para el diseño de los elementos sísmicos (E-30, 2018), (NSR-10, 2010).

Pese a esto, es evidente observar las similitudes que existen entre las normas chilenas y las normas americanas, cambiando solo en algunos estatutos, prácticamente tienen los mismos requisitos, por lo que se podría decir que son las mismas normas cambiando el idioma y adaptándose cada una a las condiciones de su país (ASCE/SEI 7, 2016), (NTM001, 2013).

Es importante considerar que solo la norma peruana no cuenta con un factor de desempeño o importancia que es primordial para clasificar al tipo de estructuras, por otro lado, la norma colombiana clasifica en tres a este factor aumentando la rigurosidad dependiendo del uso de la edificación que tiene una escala de superior, bueno y bajo (E-30, 2018).

Para las normas chilenas y americanas, este factor se clasifica solo en dos, la primera para edificaciones de usos primarios y las otras para todas las construcciones sin excepción. El intento de estas normas más que equilibrar el diseño sísmico, como es el caso de la norma Colombia, solo establece estos dos sectores, dado que establece una ley más rigurosa y garantiza que cualquier construcción ya sea pequeña o grande deba cumplir con la normativa mínima. Igualmente, para casos especiales se debe mejorar más el diseño, lo cual hace que los elementos no estructurales construidos en esos países sean mucho mejor que en los demás mostrados (ASCE/SEI 7, 2016), (NTM001, 2013).

Por otra parte, solo las normas chilenas y americanas cumplen con al menos las mínimas condiciones que se toman de los requisitos que deben cumplir los elementos no estructurales. Dicho esto, las demás normas deberían tomar un enfoque en revisar estos requisitos, debido a que puede suceder que a pesar de que el diseño sísmico este correctamente planteado, el elemento pueda fallar por no cumplir los requisitos mínimos (ASCE/SEI 7, 2016), (NTM001, 2013).

5.3. Demandas sísmicas en componentes no estructurales.

Tabla #23. Tabla de comparación entre normas de las demandas sísmicas en componentes no estructurales (E-30, 2018), (NSR-10, 2010), (NTM001, 2013) y (ASCE/SEI 7, 2016).

Demandas sísmicas en componentes no estructurales					
Fuerzas analizadas	Elementos de Estudio	Norma peruana E-30 / Capítulo VI	Norma colombiana NSR-10 / Capítulo A.9	Norma chilena NTM001	Norma americana ASCE/SEI 7-16 / Chapter 13
Fuerza sísmica horizontal de diseño (F_p):	Fórmula General	$F = \frac{a_i}{g} C_1 P_e$	$F_p = \frac{a_x a_p}{R_p} g M_p.$	$F_p = \frac{0.4 a_p \alpha_{AA} W_p}{g \left(\frac{R_p}{I_p}\right)} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right)$	$F_p = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right)$
	Elementos que intervienen en la fórmula general	<p>F = Fuerza sísmica horizontal</p> <p>a_i = Aceleración horizontal en el nivel del elemento no estructural</p> <p>P_e = Peso del elemento no estructural</p> <p>C_1 = Constante que depende del tipo de elemento</p> <p>g = gravedad</p>	<p>F_p = Fuerza sísmica horizontal sobre el elemento no estructural</p> <p>M_p = Masa del elemento no estructural</p> <p>a_x = Aceleración en el punto de soporte del elemento</p> <p>a_p = Amplificación dinámica del elemento no estructural</p> <p>R_p = Capacidad de disipación de energía en el rango inelástico del elemento.</p> <p>A_a = Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva</p> <p>I = Coeficiente de importancia</p> <p>g = gravedad</p>	<p>F_p = Fuerza de diseño sísmico horizontal</p> <p>α_{AA} = Parámetro del espectro de pseudo aceleración</p> <p>a_p = Factor de amplificación dinámica</p> <p>I_p = Factor de importancia de los componentes no estructurales</p> <p>W_p = Peso del Elemento no estructural</p> <p>R_p = Factor de modificación de respuesta</p> <p>z = Altura del componente con respecto a la base</p> <p>h = Altura promedio del nivel del techo con respecto a la base</p> <p>g = Gravedad</p>	<p>F_p = Fuerza de diseño sísmico horizontal</p> <p>S_{DS} = Parámetro del espectro de pseudo aceleración</p> <p>a_p = Factor de amplificación dinámica</p> <p>I_p = Factor de importancia de los componentes no estructurales</p> <p>W_p = Peso del Elemento no estructural</p> <p>R_p = Factor de modificación de respuesta</p> <p>z = Altura del componente con respecto a la base</p> <p>h = Altura promedio del nivel del techo con respecto a la base</p>
	Condiciones a cumplir	$F \geq 0.5 * Z * U * S * P_e$	$F_p \geq \frac{A_a I}{2} g M_p$	$\frac{0.3 \alpha_{AA} I_p W_p}{g} < F_p < \frac{1.6 \alpha_{AA} I_p W_p}{g}$	$0.3 S_{DS} I_p W_p < F_p < 1.6 S_{DS} I_p W_p$
	Fórmula por el método de análisis modal espectral	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	$F_p = \frac{a_p a_{me} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} A_x$	$F_p = \frac{a_i a_p W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} A_x$
	Fórmula alternativa	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	$F_p = \frac{a_p a_{th} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)}$	No es mencionado en esta norma

Fuerza sísmica Vertical de diseño (F_v):	Formula General	$F_v = \frac{2}{3} F$	$F_v = \pm F_p/3$	$F_{pv} = \pm \frac{0.24 \alpha_A A W_p}{g}$	$F_{pv} = \pm 0.2 S_{DS} W_p$
Desplazamientos sísmicos relativos. (D_{pl}):	Formula General	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	$D_{pl} = D_p I$	$D_{pl} = D_p$
	Desplazamientos dentro de las estructuras	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	$D_p = (\delta_{xA} - \delta_{yA})$	$D_p = (\delta_{xA} - \delta_{yA})$
	Condiciones a cumplir	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	$D_p \leq 0.0085 (h_x - h_y)$	$D_p \leq \frac{(h_x - h_y) \Delta_{aA}}{h_{sx}}$
	Desplazamientos entre estructuras.	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	$D_p = (\delta_{xA} + \delta_{yB})$	$D_p = \delta_{xA} + \delta_{yB} $
	Condiciones a cumplir	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	$D_p \leq 0.0085 (h_x + h_y)$	$D_p \leq \frac{h_x \Delta_{aA}}{h_{sx}} + \frac{h_y \Delta_{aA}}{h_{sx}}$
	Elementos que intervienen en la fórmula	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	δ_{xA} = Desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel X δ_{yA} = Desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel y δ_{yB} = Desplazamiento horizontal de la estructura B en el nivel y h_x = Altura del nivel x al cual está unido el punto de conexión superior. h_y = Altura del nivel y al cual está unido el punto de conexión inferior.	D_p = Desplazamiento de los elementos δ_{xA} = Desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel X δ_{yA} = Desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel y h_x = Altura del nivel x al cual está unido el punto de conexión superior. h_y = Altura del nivel y al cual está unido el punto de conexión inferior. Δ_{aA} = deriva admisible de la historia para la Estructura A h_{sx} = altura de la historia utilizada en la definición de la deriva permisible Δ_a , Tenga en cuenta que (Δ_{aA}/h_{sx}) = el índice de deriva.

Como se puede observar en la tabla #23, es evidente que la norma peruana no cumple con los estándares mínimos requeridos de diseños, no obstante, la fórmula general de fuerzas horizontales carece de todos los componentes y factores que puedan intervenir en la capacidad sísmica que poseen los elementos. La norma colombiana, sin embargo, basa su diseño analizando otros factores que veremos a continuación, pero a su vez no cumple con todos los requerimientos que se deben considerar como los desplazamientos siendo son parte importante del diseño sísmico (NSR-10, 2010).

Por otra parte, se puede observar más plausibles las similitudes que tienen la norma chilena con la norma americana, la cual difiere en solo algunos factores por lo que se puede confirmar que una debe ser la referencia de la otra. Pese a lo visto, en la tabla se hará un análisis más detallado en los aspectos que cada norma contempla para la realización de estos elementos, los cuales serán presentados a continuación (NTM001, 2013).

5.3.1. Análisis de los factores que intervienen en la fórmula de fuerza horizontal sísmica.

Cada fórmula tiene diferentes factores influyentes que ayudan a mejorar la exactitud de la fuerza sísmica, analicemos la fórmula peruana mostrada en la tabla #23. Como se puede observar, solo depende del peso del elemento, la fuerza de gravedad, la aceleración en el punto del elemento y un factor C_1 , el cual es dependiente del tipo de elemento y está dado por la tabla #03, donde clasifica a los elementos en 4 diferentes tipos:

Elementos exteriores, elementos interiores, elementos con elevaciones y equipos rígidos y su factor va desde 1.5 a 3.0 según corresponda. Es evidente que esta norma carece

completamente de actualización y sobre todo estudio de normativas nuevas que brinden a los elementos no estructurales una mejor aproximación de simulación de fuerza para un correcto diseño sísmico. Por lo consiguiente, no se puede tomar como ejemplo para alguna norma aplicada al Ecuador, en esencial en el capítulo de análisis.

Ahora evaluemos la fórmula planteada por la norma colombiana, donde se puede observar que existen factores en común con la norma chilena y americana, los cuales son a_p y R_p . Asimismo, están presentes en las tablas #14 y #15 para la norma chilena, #10 y #20 para la norma americana y #09 y #10 para la norma colombiana (NSR-10, 2010).

En el caso de la norma colombiana R_p , va a depender exclusivamente del grado de desempeño del elemento, entre si es especial, dúctil o es húmedo y sus valores estarán entre 0.5 a 6.0 como se lo puede apreciar en la sección 4.2.5.1. A diferencia de las otras normas que están planteadas en tablas, según el factor de amplificación dinámica, que se puede decir, es más exacto que lo establecido en esta norma (NSR-10, 2010).

Una parte importante para considerar en la norma colombiana es que considera un factor a_x , el cual como lo podemos observar en la sección 4.2.5.1, este valor depende del cortante basal y por ende del valor del espectro de aceleración para un periodo de vibración. Con lo cual, hace que la aproximación del modelo para la fuerza sísmica sea mucho más exacta a comparación de la norma peruana (NSR-10, 2010), (E-30, 2018).

Por lo que se puede decir que la fórmula para determinar la fuerza sísmica puede ser tomada como referencia para un análisis rápido, empero aún carece de algunos factores complementarios que garanticen la modelación más exacta de esta fuerza. Por lo cual, no puede

ser referencia como fórmula principal para una norma, sino como un mecanismo de comprobación.

Las normas chilenas y americanas como se observa tienen los mismos elementos, a excepción de la gravedad. Cabe mencionar que todos los factores de estas normas son establecidos por tablas y que dependen del tipo de elemento, su utilidad y la clasificación de ocupación como se puede observar en la sección 4.3.5 para la norma chilena y la sección 4.4.4 para la norma americana (NTM001, 2013), (ASCE/SEI 7, 2016).

De estas ecuaciones, es importante analizar el factor de la gravedad que la norma chilena plantea en su ecuación y la norma americana no. La norma chilena, al establecer el factor de la gravedad, mejora el modelo de proximidad, debido a que a pesar de que se trata de una fuerza horizontal, en el momento de un sismo el elemento experimenta fuerzas en varias direcciones horizontales, verticales e incluso las dos al mismo tiempo. Por lo cual, considerar a la fuerza de gravedad es un factor muy recomendable si se quiere tener un mejor diseño sísmico (NTM001, 2013).

Es esencial que la gravedad sea un factor divisorio, dado que reduce la fuerza que puede soportar el elemento sin considerar la gravedad. Debido a que la mayoría de los componentes no estructurales están anclados o sobrepuestos sobre la estructura, es muy importante tener en consideración el efecto que puede causar la gravedad en estos elementos. Por esta razón, se puede decir que la norma chilena tiene una mejor fórmula de aproximación a la fuerza sísmica horizontal que la norma americana, por lo tanto, puede ser usada como referencia para una norma ecuatoriana para elementos no estructurales (NTM001, 2013), (ASCE/SEI 7, 2016).

5.3.2. Análisis de los factores que intervienen en la fórmula de fuerza vertical sísmica.

Basados en la tabla #23, se puede observar que, tanto para el caso de la norma peruana como la norma colombiana, se hace una aproximación referencial del valor de la fuerza vertical comparándole con la horizontal. En tal caso, la norma peruana es más permisiva que la norma colombiana (E-30, 2018), (NSR-10, 2010).

También se observa que la norma chilena y americana difiera mayormente por considerar la gravedad, que como se mencionó anteriormente, se tiene una mejor aproximación usando la gravedad. Por ende, en este caso la norma chilena resulta un mejor modelo de referencia para una norma (NTM001, 2013), (ASCE/SEI 7, 2016).

5.3.3. Análisis de las fórmulas para el desplazamiento de las estructuras.

Es factible hacer un hincapié en que las normas peruanas y colombianas no mencionan ningún parámetro de cálculo de desplazamientos y los cuales se deben considerar como primarios para un diseño sísmico. A esto, hace que estas normas no sean referencias, al contrario, se debería hacer un nuevo análisis para actualizar estas normas teniendo en cuenta lo mencionado en este trabajo (E-30, 2018), (NSR-10, 2010).

Analizando las normas chilenas y americanas se observa que son iguales, lo que hace referencia a observar, es el límite impositivo que tiene cada una. La norma chilena establece como índice de deriva igual 0.0085, mientras que la norma americana lo calcula en tablas dependiendo del tipo de utilidad de la estructura. Una parte que si es imperativo considerar es

que la norma chilena, además de tener un valor fijo para índice de deriva, establece un factor según la categoría del edificio, como lo hace la norma americana en la fórmula de cada una (NTM001, 2013), (ASCE/SEI 7, 2016).

Por consiguiente, se puede decir que, en este caso, la norma chilena establece una ecuación con un mayor factor de seguridad que en diseño sísmico y brinda un respaldo de seguridad a los elementos.

5.4. Anclaje de componentes no estructurales.

Tabla #24. Tabla de comparación entre normas de los anclajes de componentes no estructurales (E-30, 2018), (NSR-10, 2010), (NTM001, 2013) y (ASCE/SEI 7, 2016).

Anclaje de componentes no estructurales				
Elementos de Estudio	Norma peruana E-30 / Capítulo VI	Norma colombiana NSR-10 / Capítulo A.9	Norma chilena NTM001	Norma americana ASCE/SEI 7-16 / Chapter 13
Generalidades	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	Todos los elementos no estructurales deberán ser apernados, soldados o estarán fijados a la estructura sin tomar en cuenta la fricción producida por la gravedad. Adicional, tendrán la fuerza necesaria para resistir las fuerzas sísmicas de diseño sin que lleguen a fallar.	<ul style="list-style-type: none"> * Los mecanismos de anclajes que se encuentren atornillados y soldados no deberán tomar en cuenta la fricción por efectos de la gravedad. * Los conectores deben tener la resistencia y flexibilidad suficiente para proporcionar una carga continua entre los elementos no estructurales y la estructura. * El diseño de los anclajes y conectores estarán regidos bajo las cargas que controlen el diseño. * Los documentos de diseño deben incluir información suficiente para verificar el cumplimiento de los requisitos de esta sección.
Fuerzas de diseño en la unión	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	En las conexiones es importante que sea diseñado según lo establecido en el capítulo anterior, tomando en cuenta que el factor de modificación de respuesta R_p debe ser menor a 4.	Las conexiones deben estar diseñadas para cumplir las fuerzas sísmicas establecidas en los capítulos anteriores.
Anclajes de hormigón o albañilería	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	El diseño correcto de estos anclajes lo establece la norma ACI 318, en el apéndice D, por lo cual se debe seguir bajo esta norma todos los anclajes que sean hechos en hormigón. En caso de mampuestos de albañilería, se debe regir bajo las normas TMS 402/ACI 530/ASCE 5. Es necesario mencionar que la resistencia de estos anclajes va a depender del acero de refuerzo que posean las conexiones.	<p>Los anclajes que sean empotrados en concreto o mampostería deben diseñados para soportar 1.3 veces la fuerza en el componente y sus soportes. Asimismo, deben soportar la fuerza máxima que el componente y sus soportes pueden transferir al anclaje.</p> <p style="text-align: right;">El valor de R_p no debe exceder 1.5 a menos que:</p> <ul style="list-style-type: none"> * El anclaje de componentes este diseñado para ser gobernado por la resistencia de un elemento de acero dúctil. * Los anclajes deben estar diseñados de acuerdo la norma ACI 355.2.

Uniones múltiples	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	Se debe considerar en caso de que exista uniones múltiples en un mismo punto que estén diseñadas correctamente tomando en cuenta la ductilidad y rigidez entre las conexiones, además de, los elementos no estructurales o estructurales para evitar el fallo en la unión.	Se debe tomar en cuenta las instalaciones de estos, bajo las condiciones presentadas, según su fabricante o norma incluyendo las excentricidades y efectos de palanca que puedan producirse. Además, se debe tomar en consideración las uniones entre los elementos de manera que estos no causen daños a los elementos aledaños.
Fijaciones de impacto	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	<p>Para los componentes que se encuentren sometidos a cargas de tracción permanentes no se recomienda el uso de fijaciones de impacto, a menos que en el diseño sísmico estén diseñadas por normas internacionales.</p> <p>En hormigón se puede usar fijaciones de impactos exclusivamente para soportar placas acústicas o cielos rasos, cuya carga de servicio de cada fijación no deberá ser mayor a 400N. En caso de que la carga sea mayor a 400N, pero menor a 1100N, se podrá utilizar conectores de impacto en acero.</p>	Los sujetadores de accionamiento eléctrico no se deben usar para aplicaciones de carga de tensión en las categorías de diseño sísmico D, E y F, a menos que estén aprobados para dicha carga.
Sistemas de fijación basados en fricción.	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	<p>No se deberá usar clips de fricción para la resistencia de cargas permanentes y sísmicas. Por lo cual solo se permite usar el sistema de abrazaderas planteadas en la norma NFPA 13 en la sección 9.3.7.</p> <p>Es importante destacar que las tuercas colocadas en las conexiones deben ser diseñadas para resistir vibraciones, evitando que se aflojen al momento de producirse fricción entre los elementos y las tuercas.</p>	No se debe usar clips de fricción para la fijación del anclaje.

Se puede observar nuevamente que las únicas normas que cumplen con este requisito son la norma chilena y la americana, sin embargo, se puede observar que la norma chilena se encuentra un poco más estructurada, incluyendo factores o limitando fuerzas para garantizar un mejor diseño de los anclajes que son primordiales en un diseño sísmico. (NTM001, 2013), (ASCE/SEI 7, 2016).

5.5. Componentes o elementos arquitectónicos.

Tabla #25. Tabla de comparación entre normas de los componentes o elementos arquitectónicos (E-30, 2018), (NSR-10, 2010), (NTM001, 2013) y (ASCE/SEI 7, 2016).

Componentes o elementos arquitectónicos				
Elementos de Estudio	Norma peruana E-30 / Capítulo VI	Norma colombiana NSR-10 / Capítulo A.9	Norma chilena NTM001	Norma americana ASCE/SEI 7-16 / Chapter 13
Generalidades	No es mencionado en esta norma	Estos elementos deberán cumplir con las siguientes postulaciones. El cálculo y diseño de estos deberán estar anexados a las memorias de diseño.	Para elementos que estén soportados mediante cadenas, no cumplirán las normas anteriores sí : <ul style="list-style-type: none"> * La carga de diseño del elemento deberá ser igual a 1.4 veces el peso operacional de este elemento y será aplicada en la dirección más crítica. * Debe considerarse el daño consecuente que pueda causarse por la interacción de varios elementos. * Las conexiones deberán garantizar que se produzca movimiento en cualquier dirección paralela al plano 	Los elementos arquitectónicos deberán estar diseñados bajo la sección 4.4.5 y deberán soportar las demandas sísmicas de la sección 4.4.4, además sus coeficientes deberán cumplir con la tabla #19.
Fuerzas y desplazamientos	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	Todos los elementos arquitectónicos, así como sus apoyos y conexiones, deberán estar regidos a las fuerzas máximas y mínimas de diseño y a los desplazamientos máximos y mínimos vistos en la sección 4.3.5. En el caso de los anclajes de los tabiques, estos deben tener una deformación libre de la estructura asegurando la estabilidad del elemento.	Todos los componentes arquitectónicos, y sus soportes y accesorios deberán estar diseñados para las fuerzas sísmicas definidas en la Sección 4.4.4. Los componentes arquitectónicos que podrían representar un peligro para la seguridad de la vida deben diseñarse para acomodar los requisitos de desplazamiento relativo sísmico

Elementos no estructurales de muros de fachadas y sus conexiones	No es mencionado en esta norma	Deberán estar diseñados de tal manera que los elementos no disgreguen al momento de producirse un sismo y estarán anclados o amarrados a la estructura para evitar que estos colapsen y puedan afectar a personas bajo la calzada.	<ul style="list-style-type: none"> * En las conexiones entre paneles, la deformación de entrepisos D_p deberá ser la calculada según el capítulo 4.3.5 de la sección anterior, pero esta no deberá ser menor a 13mm. * El conector debe ser dúctil para poder deformarse en caso de un movimiento brusco. * Todos los conectores deberán estar diseñados para soportar la fuerza sísmica de diseño tanto horizontal como vertical. 	Los paneles o elementos exteriores no estructurales de la pared, que están unidos o encierran la estructura, deben diseñarse para acomodar los desplazamientos sísmicos relativos definidos en la Sección 4.4.4 y los movimientos debidos a cambios de temperatura. Dichos elementos deberán estar sostenidos por medio de soportes estructurales positivos y directos o por conexiones mecánicas y sujetadores.
Flexión fuera del plano	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	Todo elemento que produzca una deformación transversal y se encuentre fuera del plano su deformación será menor a la estipulada en el capítulo 4.3.5 de la sección anterior.	La flexión transversal o fuera del plano o la deformación de un componente o sistema que está sujeto a fuerzas, como se determina en la Sección 4.4.4, no debe exceder la capacidad de desviación del componente o sistema.
Cielos rasos	No es mencionado en esta norma	Se deberá considerar la interacción con los elementos arquitectónicos, eléctricos, hidráulicos y sanitarios que puedan producirse conjuntamente sobre estos elementos.	Los elementos que tengan un área inferior a 13.4 m ² incluyendo esta y se encuentren arriostrados a la estructura no deberán cumplir con las normas de la sección 4.3.7.	<p>El peso del techo, no deberá ser menor que 19 N/m².</p> <p>La fuerza sísmica se transmitirá a través de los accesorios del techo a los elementos estructurales del edificio o al límite de la estructura del techo. A menos que esté diseñado de acuerdo con la Sección 4.4.4, los techos suspendidos se diseñarán y construirán de acuerdo con las siguientes condiciones de la sección 4.4.5.</p>
Pisos elevados registrables	No es mencionado en esta norma	Debe considerarse que estos elementos pueden colapsar afectando al último piso, por lo que es necesario revisar las conexiones entre elementos no estructurales a la estructura principal para garantizar el buen funcionamiento de estos.	Además del peso propio, se debe incluir el 100% del peso de los elementos fijados en el piso y el 25% del peso de todos los elementos que se encuentren apoyados, pero no se encuentren fijos. También deberán cumplir con los establecidos en la sección 4.3.7.	<p>Los pisos de acceso se considerarán "pisos de acceso especiales" si están diseñados para cumplir con los establecidos de la sección 4.4.5.</p> <ul style="list-style-type: none"> * Las conexiones de estos elementos deberán estar diseñados bajo la norma ACI 318 en el apéndice D. * Las fuerzas sísmicas solo son transmitidas por efecto de la gravedad.
Divisiones interiores	No es mencionado en esta norma	Se debe considerar el diseño del anclaje de estos elementos para evitar el colapso y caídas que puedan causar daños a personas.	Todas las divisiones, cuya altura sea superior a 1.8 m y se encuentren conectadas al techo (cielo falso), deberán estar arriostradas lateralmente con la estructura. Quedan absueltas los elementos que cumplan con los requisitos de la sección 4.3.7.	Todas las divisiones, cuya altura sea superior a 1.8 m y se encuentren conectadas al techo (cielo falso), deberán estar arriostradas lateralmente con la estructura de la edificación. Quedan exultas las divisiones que posean las las condiciones planteadas en la sección 4.4.5.

Cargas de viento	No es mencionado en esta norma	Cuando las fuerzas de viento sean mayores que $0.7 F_p$ para muros no estructurales de fachada, los anclajes de estos muros deberán estar diseñados para soportar 1,4 veces la fuerza de viento.	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma
Columnas cortas o columnas cautivas.	No es mencionado en esta norma	Debe evitarse que se produzca el efecto de columna corta por la restricción de la columna con elementos no estructurales. En tal caso, el muro deberá estar separado de la columna o a su vez deberá ir desde el piso hasta la losa superior evitando dejar un vacío que pueda afectar al correcto funcionamiento de la columna	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma
Vidrios	No es mencionado en esta norma	Estos elementos al ser muy rígidos son propensos a colapsar mayormente, por lo que es recomendable tener holguras suficientes entre el marco y el vidrio. Para evitar algún colapso, se recomienda el uso de películas protectoras y vidrios templados que eviten el peligro de la rotura de estos.	<p>Para el análisis de este elemento, se debe considerar que cumpla con los desplazamientos relativos</p> $\Delta_{fallout} \geq 1.25 I D_p$ <p>Así como, los desplazamientos Horizontales relativos:</p> $D_{clear} \geq 1.25 D_p$ $D_{clear} = 2c_1 \left(1 + \frac{h_p c_2}{b_p c_1} \right)$ <p>Además, se debe considerar hay que tomar en cuenta las excepciones</p> <ul style="list-style-type: none"> * Los vidrios templados que estén ubicados a una altura menor de 3m de edificaciones tipo I, II, III. * Los vidrios que tengan una película mayor a 0,76mm y estén confinados mecánicamente con elastómero de 13mm. * Los muros cortina que estén unidos con silicona estructural de manera que no exista interacción entre ellos. * Se deberá diseñar de forma que no se exceda la carga impuesta por el fabricante. 	<p>Para el análisis de este elemento, se debe considerar que cumpla con los desplazamientos relativos</p> $\Delta_{fallout} \geq 1.25 I D_p$ <p>Así como, los desplazamientos Horizontales relativos:</p> $D_{clear} \geq 1.25 D_p$ $D_{clear} = 2c_1 \left(1 + \frac{h_p c_2}{b_p c_1} \right)$ <p>Además se debe considerar hay que tomar en cuenta las excepciones</p> <ul style="list-style-type: none"> * Los vidrios templados que estén ubicados a una altura menor de 3m de edificaciones tipo I, II, III * Los vidrios que tengan una película mayor a 0,76mm y estén confinados mecánicamente con elastómero de 13mm. * Los muros cortina que estén unidos con silicona estructural de manera que no existe interacción entre ellos. * Se deberá diseñar de forma que no se exceda la carga impuesta por el fabricante.

Como se puede observar en la tabla #25, la norma colombiana hace una referencia de criterio que el diseñador debe considerar en elementos que considera importantes. Recíprocamente así, carece de regulaciones más estrictas por lo que se puede observar que no existe un análisis profundo en esta sección, lo cual hace que no sea considerada para ningún tipo de referencia para una norma (NSR-10, 2010).

Las normas chilenas y americanas nuevamente vuelven a ser similares por lo que, en esta parte del análisis de este capítulo, las dos normas resultan ser una buena referencia del diseño de elementos arquitectónicos. Cabe mencionar en la sección de pisos elevados, la norma chilena clarifica que además del peso propio, se debe tomar el 100% del peso de las cargas fijas y el 25% de los elementos que estén apoyados. Esto es un factor considerable, dado a que muchas veces en los diseños no se toma en cuenta la carga móvil que podrían tener las estructuras. Por lo que, en muchos casos, esto perjudica al diseño sísmico, ya que no se toma en cuenta cargas que incluso podrían llegar a ser mayores que el peso de los elementos (NTM001, 2013), (ASCE/SEI 7, 2016).

Adicional, otra novedad que las normas hacen referencia es a la holgura que deben tener los vidrios y esto es muy considerable tener en cuenta, ya que en la actualidad cada vez se incrementa más el diseño con elementos de vidrio en fachadas exteriores. En consecuencia, se debe tomar en consideración que un factor importante a implementar en cualquier norma es el diseño de este elemento (NTM001, 2013).

En esta sección, es necesario mencionar que, de todas las normas analizadas, solo la norma colombiana hace referencia a dos efectos importantes que sufren estos elementos, por su parte la carga de viento, y aún más importante, el efecto de columnas cortas o cautivas. Es

significativo recordar que en los países latinoamericanos la carga de viento no es tan alta como en los países con fenómenos de huracanes, pero el efecto de columna corta es muy común (NSR-10, 2010).

Analizando los acontecimientos producidos en el Ecuador, posterior al terremoto de Pedernales del 2016, se evidenció que muchas construcciones tenían este efecto y hacían que la estructura pueda tener las deformaciones necesarias para poder resistir un impacto sísmico. A pesar de que, en las normas de diseño sísmico, como la ACI 318, establece condiciones acerca de los efectos de estos, es importante establecer también una referencia extra en el diseño de los elementos no estructurales. Esto se debe a que muchas veces, al decir que estos elementos no aportan resistencia sísmica a la estructura, no se toma en cuenta los efectos graves que podrían causar a esta (ACI 318S, 2019), (Instituto Geofísico del Ecuador, 2016).

El último punto para comparar entre estos elementos es el factor de amplificación dinámica a_p y el factor de modificación de respuesta R_p , los cuales están establecidos en las tablas #09 para la norma colombiana, #14 para la norma chilena y #20 para la norma americana. Estos factores se clasifican según el tipo de elemento arquitectónico y ayudan a establecer de mejor manera la apreciación según el tipo de componente (NTM001, 2013).

Analizando las tablas, se puede observar que la norma colombiana clasifica a todos los elementos en 9 secciones, al contrario de la norma chilena que lo hace en 15 secciones, y la americana en 12. Los valores de a_p , tanto para la norma chilena como la norma americana, son iguales, no obstante, los valores de R_p son mayores en la norma americana por lo que es evidente que la norma americana deseó obtener un factor de confianza mayor en sus diseños.

La norma colombiana, por otra parte, establece valores de R_p entre 0.5 a 6.0 a diferencia de las otras normas que oscilan entre 1.0 y 2.5, lo cual puede decirse que marca una gran (NSR-10, 2010) diferencia. Esto se debe a que la ecuación de la norma no carece de todos los elementos, por lo tanto, busca aumentar su factor de seguridad aumentando el factor de modificación de respuesta.

5.6. Componentes mecánicos y eléctricos.

Tabla #26. Tabla de comparación entre normas de componentes mecánicos y eléctricos (E-30, 2018), (NSR-10, 2010), (NTM001, 2013) y (ASCE/SEI 7, 2016).

Componentes mecánicos y eléctricos				
Elementos de Estudio	Norma peruana E-30 / Capítulo VI	Norma colombiana NSR-10 / Capítulo A.9	Norma chilena NTM001	Norma americana ASCE/SEI 7-16 / Chapter 13
Periodo fundamental	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	$T_p = 2\pi \sqrt{\frac{W_p}{K_p g}}$ <p><i>T_p = Período fundamental del componente</i> <i>W_p = Peso en operación del componente</i> <i>K_p = Rigidez combinada del componente, apoyos y agregados, determinada como carga por deformación unitaria en el centro de gravedad del componente</i></p>	<p>El periodo fundamental en los elementos mecánicos y eléctricos se lo calcula asumiendo un sistema simple de resorte y masa con un grado de libertad.</p> $T_p = 2\pi \sqrt{\frac{W_p}{K_p g}}$ <p style="text-align: center;"><i>Terminología igual a la norma chilena</i></p>
Generalidades	No es mencionado en esta norma	<p>Para estos elementos se debe considerar que es una obligación incluir en la memoria técnica el diseño y planos de todos los elementos. En caso de elementos mecánicos, es importante verificar la dinámica estructural de estos. Se deberá estudiar los efectos de esfuerzos combinados de las conexiones según lo establecido en la mecánica estructural.</p>	<p>Se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones para el diseño de elementos mecánicos y electrónicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> * En el caso de baterías, es necesario colocar amarras que fijen estos elementos evitando el desplazamiento de estos. * Las bobinas de los transformadores interiores deben estar conectadas positivamente a la subestructura dentro de la caja del transformador. * Para elementos externos, con un peso superior a 400N (40 kg), deberán ser evaluadas su comportamiento sin que afecte a los demás elementos. * Para las tuberías eléctricas, que se encuentren fijadas dentro de la estructura, deberán resistir desplazamientos sísmicos relativos conforme se deforme la estructura para evitar el daño en estos elementos. 	<p>Se intentará disminuir el impacto sísmico de los componentes no dúctiles. Adicional, se deberá analizar que estos elementos sean resistentes al cambio de temperatura.</p> <p>Se evaluará las cargas impuestas a los componentes por las líneas de servicios o servicios adjuntos que estén unidas a estructuras separadas.</p> <p>El diseño del gabinete eléctrico debe cumplir con los estándares aplicables de la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA).</p> <p>Para elementos externos con un peso superior a 445N (44.5 kg) deberán ser evaluadas su comportamiento sin que afecte a los demás elementos.</p>

Apoyo de los componentes	No es mencionado en esta norma	Los soportes deberán estar diseñados para resistir las fuerzas sísmicas reducidas de diseño establecidas en la sección 4.2.5. Adicionalmente, estos deberán soportar los desplazamientos de la estructura ocasionados por los movimientos sísmicos.	Para los apoyos de los componentes, es necesario tomar en cuenta los materiales, soportes de los anclajes, perfilera, aisladores y fuerzas que intervienen en estos elementos, los cuales deben cumplir con las especificaciones planteadas en la sección 4.3.8.	Si se utilizan soportes estándar, por ejemplo, ASME B31, NFPA 13 o MSS SP-58, o soportes patentados, se diseñarán por capacidad de carga, además deben cumplir con las condiciones establecidas en la sección 4.4.7.
Redes públicas y de servicio	No es mencionado en esta norma	Las conexiones deberán ser flexibles de manera que puedan resistir desplazamientos y se encontrarán localizados de forma que la estructura se pueda desplazar con respecto al suelo.	Es importante revisar que las conexiones entre elementos de la estructura y las conexiones públicas estén dotadas de flexibilidad en caso de un desplazamiento de la estructura. Se debe tomar mayores precauciones en conexiones subterráneas a la estructura cuando el tipo de suelo no es muy estable.	Se debe considerar la posible interrupción o fallo del sistema de servicio público. Por lo que se debe diseñar de tal forma que las edificaciones con alto grado de importancia no se vean afectadas. Deberá prestarse atención específica a la vulnerabilidad de los servicios públicos subterráneos y las interfaces de servicios públicos entre la estructura y el suelo. Donde está presente el suelo de Clase E o F del sitio, y donde el coeficiente sísmico S_{SB} en el servicio subterráneo o en la base de la estructura es igual a o mayor que 0.33.
Ductos	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	<p>Todos los ductos deben estar diseñados para cumplir con las normas sísmicas de la sección 4.3.5., a menos que cumpla con los requerimientos establecidos en la misma sección.</p> <p>Para elementos que se encuentren asociados a la distribución de la línea de ductos y su peso sea superior a 33kg deberán tener sus propios apoyos, independientemente del sistema de ductos. Esto es el caso de los ventiladores, humidificadores, etc.</p>	<p>No se requiere soportes sísmicos para los ductos, si se cumple alguna de las siguientes condiciones para la longitud total de cada conducto:</p> <p>Los colgadores que soporten los ductos tendrán una longitud máxima de 305 mm desde el apoyo de la canaleta hasta el apoyo con la estructura.</p> <p>Para ductos que tengan un área transversal inferior a 0,56 m² o su peso sea inferior a 25 kg/m.</p> <p>Para elementos que se encuentren asociados a la distribución de la línea de ductos y su peso sea superior a 75 lb deberán tener sus propios apoyos, independientemente del sistema de ductos. Esto es el caso de los ventiladores, humidificadores, etc.</p>
Otros Componentes Mecánicos y Eléctricos	No es mencionado en esta norma	En instalaciones de servicio eléctrico y de gas, en los empates de estas conexiones, cuando las edificaciones pertenezcan al grupo de uso tipo IV y estén en zonas sísmicas intermedia y con alta peligrosidad, se debe colocar un interruptor automático. Este interruptor debe activarse cuando se presente una aceleración del suelo mayor que 0.5 Aa.	Se debe tomar en cuenta todas las indicaciones del diseño sísmico vistas en los capítulos anteriores, en objetos mecánicos que deben requerir de un especial funcionamiento o tipo de diseño sísmico, deberá estar regularizado según la norma de ese mecanismo, como es el caso de componentes con sustancias peligrosas. Además, deberán ser evaluados por un profesional competente en ese tipo de elementos.	<p>Para las conexiones roscadas en tuberías de materiales no dúctiles, la tensión admisible será el 8% de la tensión de fluencia mínima.</p> <p>Para componentes con sustancias peligrosas, estos deberán estar diseñados con la norma ASME BPVC, y deberán cumplir las demandas sísmicas de la sección 4.4.4.</p>

Boilers y Estanques de Presión	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	Todos los estanques de presión deberán ser diseñados y construidos bajo la norma ASME BPVC, pero los diseños de resistencia sísmica deberán ser aquellos vistos en la sección 4.3.5.	Todos los estanques de presión deberán ser diseñados y construidos bajo la norma ASME BPVC, pero los diseños de resistencia sísmica deberán ser los de la sección 4.4.4.
Sistemas de cañerías	No es mencionado en esta norma	No es mencionado en esta norma	<p>Los sistemas de cañerías deberán ser diseñados bajo las normas de diseño sísmicas vistas en esta norma en capítulos anteriores, además deben cumplir con las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Para cañerías que sean de materiales dúctiles, la tensión admisible será el 90% de la tensión de fluencia mínima. * Para las conexiones con hilo de cañerías que sean de materiales dúctiles, la tensión admisible será el 70% de la tensión de fluencia mínima. * Para cañerías que sean de materiales no dúctiles, la tensión admisible será el 10% de la tensión de fluencia mínima. * Para las conexiones con hilo de cañerías que sean de materiales no dúctiles, la tensión admisible será el 8% de la tensión de fluencia mínima. * Las cañerías, cuyo comportamiento no sea flexible ante movimientos, deberán tener conexiones flexibles para evitar fallas entre los componentes. * Los sistemas de presión en cañerías y sus componentes de anclaje o soporte deberán ser construidos bajo la norma ASME B31, pero su diseño sísmico será regido por los capítulos anteriores de esta norma. * Los sistemas de cañerías contra incendios (dispensadores de agua) deberán estar construidos e instalados bajo la norma NFPA 13. Así mismo, su diseño sísmico deberá estar regido por los capítulos anteriores de esta norma. 	<ul style="list-style-type: none"> * Los sistemas de cañerías contra incendios (dispensadores de agua) deberán estar construidos e instalados bajo la norma NFPA 13. Adicional, su diseño sísmico deberá estar regido por los capítulos anteriores de esta norma. * Para cañerías que sean de materiales dúctiles la tensión admisible será el 90% de la tensión de fluencia mínima. * Para las conexiones con hilo de cañerías, que sean de materiales dúctiles, la tensión admisible será el 70% de la tensión de fluencia mínima. * Para cañerías, que sean de materiales no dúctiles, la tensión admisible será el 10% de la tensión de fluencia mínima. <p>Quedan exultas de cumplir las normas de diseño sísmico, las cañerías que:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Los colgadores que soporten los ductos tendrán una longitud máxima de 305 mm desde el apoyo de la canaleta hasta el apoyo con la estructura. En caso de usar varillas como colgadores, es necesario que posean una articulación para evitar la flexión inelástica. Si se utiliza tubería de alta ductilidad y cumple las siguientes condiciones: Diseño sísmico D, E o F diámetro menor a 25 mm y que I_p sea mayor a uno. Diseño sísmico C, diámetro menor a 51 mm. Diseño sísmico D, E o F diámetro menor a 76 mm y que I_p sea igual a uno.

Como se puede observar en la tabla #26, solo tres de las cuatro normas, tienen referencia acerca de los elementos mecánicos y eléctricos.

La norma colombiana hace referencia a las conexiones públicas y de servicios, en las cuales se establece criterios sobre la flexibilidad que deben tener estas para poder deformarse junto a la estructura evitando así deformaciones diferenciales que puedan producir un colapso de la estructura (NSR-10, 2010).

Otro factor importante que se debe destacar en esta sección es que para los ductos de gas y ductos que tengan materiales peligrosos, la norma exige que estos elementos tengan un interruptor automático de cierre donde sea activado cuando el suelo registre una aceleración mayor a 0.5 Aa. Esto hace que no se genere un desprendimiento de gas o de sustancia peligrosas si llega a sufrir daños la estructura, lo cual es un factor muy importante de considerar para países que cuenten con un sistema de distribución de tuberías de gas (ASCE/SEI 7, 2016).

Dentro de la norma chilena y americana, se puede constatar que, son iguales en esta sección, revisando los apartados detalladamente, las pocas diferencias entre la una y otra no son de tan magnitud. Al contrario, la norma americana tiene un poco más de control que la norma chilena, dado que, en la sección de componentes mecánicos y electrónicos, así como los sistemas contra incendios, deben estar calificados por entes privado. Es indudable que, en esta clase de sistemas, los estadounidenses tienen mayor control y mejores sistemas que garanticen el control de estos elementos.

Es fundamental observar que se establece un periodo fundamental en los elementos, sobre todo es enfocado a los elementos mecánicos, debido a que estos experimentan otro tipo de

reacciones que los estructurales. Es importante considerar que se debe hacer un análisis dinámico de los elementos mecánicos que presenten una carga alta hacia la edificación con el cual se aseguraría la correcta funcionalidad del diseño sísmico. En caso de que las fuerzas analizadas sean mayores a las fuerzas obtenidas en este manual, serán las que regirán el diseño del elemento (ASCE/SEI 7, 2016).

Como se puede observar, las normas son rigurosas en el caso de los anclajes de los elementos eléctricos. La norma chilena establece un mínimo de longitud de separación entre amarres de 300 mm en ductos, a su vez también es importante aclarar que no se recomienda el uso de varilla de acero como soporte de ductos. Esto debe considerarse, dado que en la mayoría de las construcciones del país se utiliza este tipo de conexiones (NTM001, 2013).

En cuanto al sistema de diseño de ductos de cañería, la norma americana y chilena toma a esta sección con un estricto control, debido a que es primordial que estos elementos no sufran daños ante un sismo por la razón de ser primarios. En países latinoamericanos, no se toma demasiado en consideración a estas regularizaciones, existen algunas normativas para el diseño de sistemas sanitarios, sin embargo, poco hincapié se hace a las regularizaciones con respecto a los ductos o sus conectores, más su función es cubrir con los requerimientos necesarios para satisfacer la demanda de agua a cualquier nivel de la estructura. Por esta razón se puede observar ductos por fuera de las edificaciones, otros sueltos o en mucho de los casos dentro de elementos estructurales, por ello si es necesario que en cualquier norma sean tomados en cuenta.

CONCLUSIONES

Como se pudo observar en el análisis anterior, es visible que dos de las cuatro normas carecen de sustentos válidos para garantizar un correcto diseño sísmico de elementos no estructurales, por lo cual es importante aclarar que ninguna de estas normas deberá ser tomadas en consideración para un diseño sísmico correcto. Se puede destacar varios puntos positivos por parte de la norma colombiana lo cual podría brindar una mejora a las demás normas.

El primer punto para concluir, y es indiscutible, la falta de seriedad con la que se ha realizado la norma peruana para esta sección de elementos. De todas las normas estudiadas, esta fue revisada y aprobada en el año 2018, lo cual la hace la más actual de las cuatro normas y a pesar de esto, resulta ser la que más carencia de reglamento. Los elementos y consideraciones que toman en cuenta para el análisis de esta norma no brindan la seguridad de que el diseño sísmico cubra con las expectativas para este modelo de diseño.

Otro punto para concluir es que la norma chilena y estadounidense comparten los mismos elementos, haciendo una revisión, se puede determinar que la norma chilena es una versión en español de la norma americana. No obstante, es adaptada a las normativas de su país, lo que la hace una norma bastante ejemplar para países latinoamericanos que tienen los mismos efectos sísmicos. Así mismo, es la norma con mayor factor de seguridad en el diseño de sus elementos, lo cual, mediante este análisis, la hace óptima para una referencia de diseño.

Adicionalmente, se pudo concluir, que es primordial, que los elementos no estructurales estén diseñados para compartir los mismos efectos sísmicos que los estructurales, debido a que estos también reciben el impacto de la fuerza sísmica a una escala menor. Por ende, es necesario

que estén diseñados para que puedan resistir, sin causar daños graves en su estructura o función y sobre todo ayuden a la resistencia total de la edificación para que esta permanezca funcional durante y después de un sismo.

En evidencia a este estudio de normas, se puede concluir que los países latinoamericanos, a excepción de Chile, carecen de un buen diseño sísmico de elementos no estructurales. En muchos de los casos, la mayoría de estos no tienen una norma regulatoria de estos elementos, al contrario, son referenciados a normas como las mencionadas en este análisis. Empero, como ya pudimos observar, cada norma debe adaptarse a las condiciones de su país, por lo que sí es necesario que cada país cuente con sus propias normas.

Finalmente, gracias al estudio comparativo de estas normas y al seleccionar las mejores secciones de cada una, se logró realizar un manual de diseño sísmico de elementos no estructurales, enfocados al Ecuador, el cual estará especificado en el Anexo A de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (Registro Oficial Edición Especial 114 2-IV-. (2009). *REGLAMENTO DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DEL*.
- A17.1, A. (2010). Safety code for elevator and escalator.
- ACI 318S. (2019). American Concrete Institute. En *Requisitos de reglamento para concreto estructural*. Estados Unidos.
- ACI 530. (2019). American Concrete Institute. En *Building code requirements for masonry structures*. Estados Unidos.
- ASCE 5. (2002). Building code requirements for masonry structures and specification for masonry structures.
- ASCE/SEI 7. (2016). Minimum Design Loads for buildings and other Structures. En S. D. Components. Estados Unidos.
- ASME B31. (s.f.). Standards of pressure piping.
- ASME BPVC 8-1. (2010). Rule for construction of pressure vessels.
- ASTM C635. (2017). Standard specification for the manufacture, performance, and testing of metal suspension systems or acoustical tile and lay-in panel ceilings.
- ASTM C636. (2019). Standard practice for installation of metal ceiling suspension systems for acoustical tile and lay-in panels.
- ASTM E580. (2017). Standard practice for installation of ceiling suspension systems for acoustical tile and lay-in panels in areas subject to earthquake ground motions.
- Bachmann, H. (2003). En *Seismic conceptual design od buildings-Basic principles for engineers, architects, buildings owners, and authorities*.
- Barbat , A. (2015). Monografías de Ingeniería Sísmica.. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. En *Instituto Andalúz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicas*.
- E-30. (2018). Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente . En *Elementos No Estructurales* (págs. 29 - 30). Perú.
- ETGI 1020 . (s.f.). Especificaciones técnicas generales Ingendesa . En *Diseño sísmico* .
- ICC-ES AC-156. (s.f.). Acceptance criteria for seismic qualification by shaketable testing of nonstructural components and systems.
- IEEE 344. (2013). IEEE Standard for Seismic Qualification of Equipment for Nuclear Power Generating Stations.
- Instituto Geofísico del Ecuador. (17 de Abril de 2016). *Instituto Geofísico del Ecuador., Escuela Politécnica Nacional*. Obtenido de INFORME SÍSMICO ESPECIAL N. 8 -: <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1312-informe-sismico-especial-n-8-2016>
- Martínez López, R., & Mendoza, C. (1 de Enero de 2016). *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. Obtenido de Acoplamiento sismogénico en la zona de subducción de Michoacán-Colima-Jalisco: [http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6802/\(3\)Martinez.pdf](http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/6802/(3)Martinez.pdf)
- MSS SP-58. (2010). Pipe hangers and supports . En *Materials, design, and manufacture*.
- NCh 433. (2019). Diseño sísmico de edificios . En *Planos y memoria de calculo*.
- NEC-HS. (2015). *Vidrio*. Ecuador.
- NEC-SB-IE. (2015). *Instalaciones Eléctricas*. Ecuador.
- NEC-SB-TE. (2015). *Infraestructura Civil Común de Telecomu*. Ecuador.
- NEC-SE-CG. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción. En *Cargas (no sísmicas)* . Ecuador.
- NEC-SE-DS. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción. En *Peligro Sísmico, diseño sismo resistente* . Ecuador.

- Newmark, N. M., Rosenblueth, E., & Lepe, L. o. (1976). *Fundamentos de Ingeniería Sísmica*. México: Editorial Diana.
- NFPA 13. (2019). Norma para la instalación de sistemas de rociadores.
- NSR-10. (2010). Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente. En E. N. Estructurales. Colombia.
- NTE INEN 2 260. (2010). *INSTALACIONES DE GASES COMBUSTIBLES PARA USO*. Ecuador.
- NTE INEN 2 518. (2010). *Morteros para unidades de mampostería*. Quito.
- NTE INEN 297. (2014). *Ladrillos cerámicos: Requisitos*. Quito.
- NTE INEN 3066. (2016). *Bloques de hormigón: Requisitos y métodos de ensayo*. Quito.
- NTM001. (2013). Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente. En *Elementos No Estructurales*. Chile.
- OPS. (2007). *Aspectos no estructurales*. Obtenido de <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/PPSED/PDF/doc18025/doc18025-e.pdf>
- RTQ, R. (2015). *Prevención de incendios: Reglas técnicas*. Ecuador.
- Rueda Duarte , M. A. (2018). *Studocu*. Obtenido de CAPITULO A.9 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES: <https://www.studocu.com/co/document/universidad-de-la-salle-colombia/disenio-estructural/ejercicios-obligatorios/elementos-no-estructurales/5278333/view>
- Servicio Geológico de los Estados Unido. (15 de Junio de 2006). *Servicio Geológico de los Estados Unido*. Obtenido de Measuring Earthquakes: <https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/education>
- Uribe Escamilla, J. (2002). *Conceptos fundamentales*. Bogotá: ECOE Ediciones.

ANEXO A:

Manual de diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales en el Ecuador

MANUAL DE DISEÑO SÍSMICO DE COMPONENTES Y SISTEMAS NO ESTRUCTURALES EN EL ECUADOR

(MANUAL DE DISEÑO SISMICO)

Año creación: 2020

Descripción:

Requisitos para el diseño sísmico de elementos no estructurales, calculo y diseño constructivo.

Realizado por:

Jonathan D. Jaramillo Narváez.

Universidad San Francisco de Quito.

Tabla de Contenidos

1. Alcance y campo de aplicación.....	5
2. Referencias normativas	5
3. Nomenclatura.....	7
4. General.....	9
4.1. Coeficiente de importancia.....	9
4.2. Documentos de referencia.....	10
5. Requisitos generales de diseño	10
5.1. Requisitos aplicables para componentes arquitectónicos, mecánicos y eléctricos, soportes y accesorios.....	10
5.2. Combinación de solicitaciones sísmicas con otras solicitaciones.....	11
5.3. Requisitos de certificación especial para sistemas sísmicos específicos	11
5.4. Daño consecuente.....	12
5.5. Flexibilidad.....	12
5.6. Alternativa de ensayo para la determinación de la capacidad sísmica.....	12
5.7. Alternativa de uso de información basada en datos experimentales	12
5.8. Documentos de respaldo	13
6. Demandas sísmicas de componentes no estructurales	13
6.1. Fuerza sísmica de diseño:.....	13
6.2. Fuerza sísmica vertical de diseño:.....	17
6.3. Desplazamientos sísmicos relativos:	18
7. Anclaje de componentes no estructurales	19
7.1. Anclajes de hormigón o albañilería:.....	19
7.2. Condiciones de instalación:.....	20
7.3. Fuerzas de diseño en la unión:	20

7.4.	Uniones múltiples:.....	20
7.5.	Fijaciones de impacto:.....	20
7.6.	Sistemas de fijación basados en fricción:.....	21
8.	Componentes arquitectónicos.....	21
8.1.	Generalidades	21
8.2.	Fuerzas y desplazamientos	21
8.3.	Elementos no estructurales de muros de fachadas y sus conexiones	22
8.4.	Flexión fuera del plano.....	22
8.5.	Cielos suspendidos	22
8.6.	Pisos de acceso especiales.....	23
8.7.	Divisiones interiores (tabiques).....	24
8.8.	Vidrios en Muros Cortina Transparentes, Fachadas Transparentes y Divisiones Transparentes.....	25
8.9.	Columnas cortas o columnas cautivas.....	29
8.10.	Fuerzas de viento	29
8.11.	Consideraciones:.....	29
9.	Componentes arquitectónicos.....	31
9.1.	Periodo del componente:.....	31
9.2.	Apoyo de los componentes	32
9.3.	Redes públicas y de servicio:	33
9.4.	Ductos de climatización y servicios:.....	34
9.5.	Sistemas de cañerías:.....	35
9.6.	Boilers y Estanques de Presión	36
9.7.	Otros Componentes Mecánicos y Eléctricos.....	36

INDICE DE TABLAS

Tabla # 1. Tabla del coeficiente de importancia I según el tipo de ocupación de la estructura (NEC-SE-DS., 2015).	9
Tabla # 2. Tabla de requisitos a cumplir para componentes arquitectónicos, mecánicos y eléctricos, soportes y agregados (ASCE/SEI 7- 2016).	11
Tabla # 3. Tabla de los valores del coeficiente Fa que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio (NEC-SE-DS., 2015).	15
Tabla # 4. Tabla de los valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada (NEC-SE-DS., 2015).	15
Tabla # 5. Tabla de la clasificación de tipo de suelo (NEC-SE-DS., 2015).	16
Tabla # 6. Tabla de espesores de vidrios con sus tolerancias (NEC-HS-VIDRIO, 2015).	29
Tabla # 7. Tabla de coeficientes para el diseño sísmico de elementos arquitectónicos (ASCE/SEI 7- 2016).	30
Tabla # 8. Coeficientes para el diseño sísmico de componentes mecánicos y eléctricos (ASCE/SEI 7- 2016).	37

INDICE DE FIGURAS

Figura #1. Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño (NEC-SE-DS., 2015).	14
Figura #2. Clasificación de zonas sísmicas en el Ecuador (NEC-SE-DS., 2015).	15

1. Alcance y campo de aplicación

1.1. Este manual muestra los requisitos mínimos que se debe considerar para el diseño sísmico de componentes no estructurales, sus soportes y accesorios que forman parte permanente de la edificación.

1.2. Este manual es aplicable como una referencia externa de la norma NEC 15 de diseño sísmico estructural, donde tiene como finalidad lograr que los sistemas no estructurales tengan un desempeño sísmico compatible con el diseño estructural donde se encuentran contenidos.

2. Referencias normativas

Las referencias normativas con las cuales se ha implementado este manual de diseño sísmico están basadas en las normas de los países de Chile, Estados Unidos, Colombia, Perú y Ecuador.

ASCE/SEI 7- 2016 - (Norma Americana) Minimum Design Loads for buildings and other Structures - Seismic Design Requirements for Nonstructural Components.

NSR- 1998 - (Norma Colombiana) Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente - Elementos No Estructurales.

NTM001- 2013 - (Norma Chilena) Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente - Elementos No Estructurales.

E-30- 2018 - (Norma Peruana) Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente - Elementos No Estructurales.

NEC-SE-DS- 2015 – (Norma Ecuatoriana de la Construcción) - Peligro Sísmico, diseño sismo resistente.

NEC-SE-CG- 2015 – (Norma Ecuatoriana de la Construcción) - Cargas (no sísmicas)

NEC-SE-VIVIENDA- 2015 – (Norma Ecuatoriana de la Construcción) - Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m.

NEC-SB-IE- 2015 – (Norma Ecuatoriana de la Construcción) - Instalaciones Eléctricas.

NEC-SB-TC– 2015 – (Norma Ecuatoriana de la Construcción) - Infraestructura Civil Común de Telecomunicaciones.

NEC-HS-AU– 2015 – (Norma Ecuatoriana de la Construcción) - Accesibilidad Universal.

NEC-HS-CI– 2015 – (Norma Ecuatoriana de la Construcción) - Contra Incendios

NEC-HS-VIDRIO– 2015 – (Norma Ecuatoriana de la Construcción) – Vidrio.

Referencias secundarias:

ACI 318S- 2019 - Requisitos de reglamento para concreto estructural - American Concrete Institute.

ACI 530- 2013 - Building code requirements for masonry structures

ASCE 5- 2002 - Building code requirements for masonry structures and specification for masonry structures.

ASME B31- Standards of pressure piping.

ASME BPVC 8-1- 2010 - Rule for construction of pressure vessels

ASTM C635- 2017 - Standard specification for the manufacture, performance, and testing of metal suspension systems or acoustical tile and lay-in panel ceilings.

ASTM C636- 2019 - Standard practice for installation of metal ceiling suspension systems for acoustical tile and lay-in panels.

ASTM E580- 2017 - Standard practice for installation of ceiling suspension systems for acoustical tile and lay-in panels in areas subject to earthquake ground motions.

ETGI 1020 - Especificaciones técnicas generales Ingendesa – diseño sísmico.

ICC-ES AC-156. - Acceptance criteria for seismic qualification by shaketable testing of nonstructural components and systems.

IEEE 344- 2013 - IEEE Standard for Seismic Qualification of Equipment for Nuclear Power Generating Stations.

MSS SP-58- 2010 - Pipe hangers and supports - materials, design, and manufacture

NFPA 13- 2019 - Norma para la instalación de sistemas de rociadores

3. Nomenclatura.

F_p = Fuerza de diseño sísmico horizontal

$S_a A$ = Parámetro del espectro de pseudo aceleración de la estructura A

a_p = Factor de amplificación dinámica

I_p = Factor de importancia de los componentes no estructurales

W_p = Peso del Elemento no estructural

R_p = Factor de modificación de respuesta

z = Altura del componente con respecto a la base

h = Altura promedio del nivel del techo con respecto a la base

g = Gravedad

η = Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado

z = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g

F_a = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

a_{me} = Aceleración en el nivel de fijación del componente

A_x = Factor de amplificación torsional

δ_{max} = Máximo desplazamiento sísmico lateral en el nivel de fijación del componente obtenido a partir del análisis modal

δ_{avg} = Promedio de desplazamiento sísmico en los puntos extremos del nivel de fijación componente obtenido a partir del análisis modal

I = Coeficiente de importancia

D_p = Desplazamiento sísmico relativo

δ_{xA} = Desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel X

δ_{yA} = Desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel y

δ_{yB} = Desplazamiento horizontal de la estructura B en el nivel y

h_x = Altura del nivel x al cual está unido el punto de conexión superior.

h_y = Altura del nivel y al cual está unido el punto de conexión inferior.

$\Delta_{fallout}$ = Desplazamiento sísmico relativo

D_{clear} = Desplazamiento horizontal relativo.

h_p = Altura del panel de vidrio rectangular

b_p = Ancho del panel vidrio rectangular

c_1 = Promedio de separación en ambos lados entre los bordes verticales
y el marco

c_2 = Promedio de separación superior e inferior entre los bordes horizontales
y el marco

T_p = Período fundamental del componente

W_p = Peso en operación del componente

K_p = Rigidez combinada del componente, apoyos y agregados, determinada
como carga por deformación unitaria en el centro de gravedad del componente

4. General

Para los propósitos de este manual, todos los componentes no estructurales serán asignados en la misma categoría de diseño sísmico a la que están unidos basados en la norma NEC-SE-DS.

4.1. Coeficiente de importancia

El coeficiente de importancia I dependerá del tipo de ocupación de la estructura. El objetivo de este factor es incrementar la demanda sísmica de diseño según el grado de importancia, en caso de que deban permanecer operando o que sufran daños menores durante y después de un acontecimiento sísmico. Este coeficiente lo determinará la siguiente tabla:

Tabla # 1. Tabla del coeficiente de importancia I según el tipo de ocupación de la estructura (NEC-SE-DS., 2015).

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Para elementos con el factor de importancia I mayor a 1.0 deberá cumplir con la norma NEC-SE-DS sección 4.3, además de los requisitos de este manual.

Excepciones:

Son exceptos de cumplir con esta normativa los componentes no estructurales que cumplen con lo establecido:

- Elementos no estructurales que no se encuentren adosados a la estructura, con excepción de los elementos de la tabla #06.
- Elementos que no sean fijados a la estructura, que sean móviles o que estén fijados temporalmente.

c) Elementos eléctricos y mecánicos que cumplan con todas las especificaciones siguientes:

- $I \geq 1.0$
- El elemento está anclado correctamente a la estructura.
- Los anclajes, conexiones entre ductos y los elementos sean dúctiles.
- Que el elemento tenga un peso menor a 90N (9 kg), en caso de elementos de carga distribuida será menor a 70 N/m (7 kg/m).

4.2. Documentos de referencia.

Es necesario realizar un documento de referencia donde se proporcione las bases del diseño sismo-resistente de los componentes no estructurales, sus soportes y accesorios. El cual estará sujeto a la aprobación de la autoridad competente y en el que se deberá cumplir con las condiciones siguientes:

- a) Las fuerzas sísmicas de diseño no deberán ser menor que las establecidas en la sección 7 de este documento.
- b) Se deberá realizar un análisis de diseño considerando iteraciones entre los elementos no estructurales y la estructura donde especifique que cumplen las derivas, desviaciones, desplazamientos relativos vistos en esta norma.

5. Requisitos generales de diseño

5.1. Requisitos aplicables para componentes arquitectónicos, mecánicos y eléctricos, soportes y accesorios.

Todos los componentes deberán cumplir con los requerimientos asignados en la tabla #02, los cuales serán verificados utilizando cualquiera de los siguientes métodos:

- 5.1.1. Diseño y documentación del cumplimiento de esta normativa aprobada por un profesional competente.
- 5.1.2. Presentar la certificación del diseñador a cargo de que los componentes están calificados sísmicamente por:
 - a) Análisis
 - b) Pruebas que demuestren que la resistencia sísmica de los elementos de acuerdo con la sección 5.6.

c) Por datos experimentales de acuerdo con la sección 5.7

Tabla # 2. Tabla de requisitos a cumplir para componentes arquitectónicos, mecánicos y eléctricos, soportes y agregados (ASCE/SEI 7- 2016).

Sistema no estructural (componente, soporte, agregado)	Requisitos generales de diseño	Requisitos, Fuerzas y Desplazamientos	Requisitos de fijación y anclaje	Requisitos para componentes arquitectónicos	Requisitos para componentes mecánicos y eléctricos
	Sección 6	Sección 7	Sección 8	Sección 9	Sección 10
Componentes arquitectónicos, incluyendo soportes y agregados	○	○	○	○	
Componentes mecánicos y eléctricos con $I > 1$	○	○	○		○
Soportes y agregados para componentes mecánicos y eléctricos	○	○	○		○

5.2. Combinación de solicitaciones sísmicas con otras solicitaciones

Las combinaciones de cargas serán establecidas de acuerdo con la norma NEC-SE-CG en la sección 3.4.3.

5.3. Requisitos de certificación especial para sistemas sísmicos específicos

Se proporcionarán certificaciones para los sistemas sísmicos donde el coeficiente de importancia I sea mayor a 1.0 de la siguiente manera:

- a) El proveedor debe certificar que los elementos podrán operar durante y después de un evento sísmico con la evidencia que demuestre el cumplimiento de este. Estos respaldos

se presentarán a la autoridad competente después de la revisión y aprobación por parte un profesional competente.

- b) El proveedor certificará que los componentes con contenido peligroso mantendrán la contención durante y después un evento sísmico. La evidencia que demuestre el cumplimiento de este requisito se presentará a la autoridad competente después de la revisión y aprobación por parte un profesional competente.

5.4. Daño consecuente

La interrelación funcional y física de los componentes, sus soportes y sus efectos entre sí se deben considerar de manera que la falla de un componente arquitectónico, mecánico o eléctrico esencial o no, no cause la falla de otro componente esencial.

5.5. Flexibilidad

Todos los componentes, soportes y conexiones de los elementos no estructurales deberán tomar en cuenta la ductilidad, flexibilidad y resistencia de sus elementos para que cumplan con lo establecido en la sección 6 y 7 de este manual.

5.6. Alternativa de ensayo para la determinación de la capacidad sísmica

Se podrá realizar ensayos en los elementos, los cuales estarán basados en procedimientos estandarizados y que sean reconocidos mundialmente como (ICC-ES AC 156 y el ETGI 1020) para la obtención de la capacidad sísmica del elemento a ensayar. Además, deberá ser superior a la demanda requerida por el diseño sísmico para ese elemento.

5.7. Alternativa de uso de información basada en datos experimentales

Se podrá incluir un análisis de la capacidad del elemento mediante experiencias, donde los datos empleados mediante la experiencia sean basados en procedimientos reconocidos, como es el caso de la norma IEEE 344. Posteriormente serán aceptados por el ente a cargo de la supervisión de este.

5.8. Documentos de respaldo

Los diseños de los componentes no estructurales o sus soportes y accesorios deberán mostrarse en documentos de construcción, preparados por un profesional de diseño registrado para uso del propietario, funcionarios de la construcción, contratistas e inspectores. Dichos documentos incluirán un plan de garantía de calidad que garantice su correcto funcionamiento

6. Demandas sísmicas de componentes no estructurales

6.1. Fuerza sísmica horizontal de diseño:

La fuerza sísmica de diseño horizontal F_p se aplicará en el centro de gravedad del componente, se distribuirá en relación con la distribución de masa del componente y se determinará de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$F_p = \frac{0.4 a_p S_a A W_p}{g \left(\frac{R_p}{I}\right)} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right)$$

F_p debe cumplir con las siguientes ecuaciones:

$$\frac{0.3 S_a A I W_p}{g} < F_p < \frac{1.6 S_a A I W_p}{g}$$

Donde:

F_p = Fuerza de diseño sísmico horizontal

$S_a A$ = Parámetro del espectro de pseudo aceleración de la estructura A

a_p = Factor de amplificación dinámica

I_p = Factor de importancia de los componentes no estructurales

W_p = Peso del Elemento no estructural

R_p = Factor de modificación de respuesta

z = Altura del componente con respecto a la base

h = Altura promedio del nivel del techo con respecto a la base

g = Gravedad

Para el parámetro del espectro de pseudo aceleración $S_a A$:

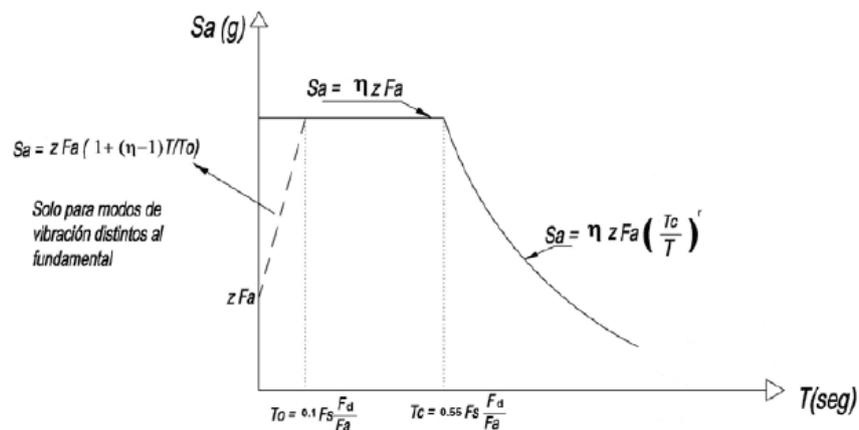


Figura #1. Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño (NEC-SE-DS., 2015).

$$S_a A = \eta z F_a$$

Donde:

$S_a A$ = Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado

η = Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado

z = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g

F_a = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

Donde:

$\eta = 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas).

$\eta = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos.

$\eta = 2.60$: Provincias del Oriente.

Tabla # 3. Tabla de los valores del coeficiente Fa que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio (NEC-SE-DS., 2015).

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

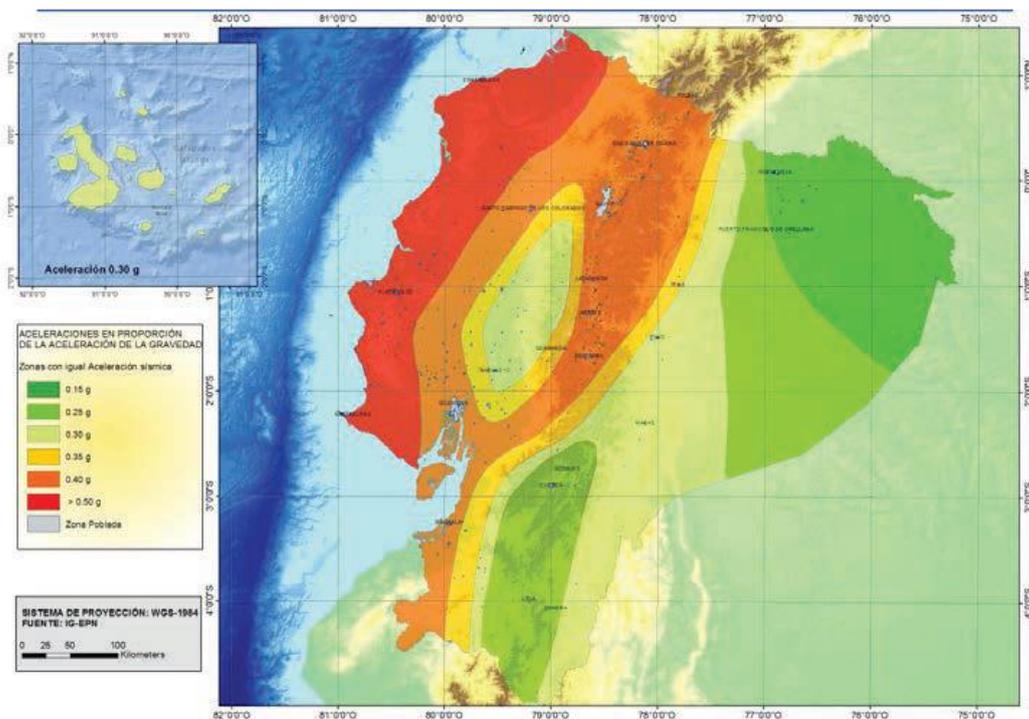


Figura #2. Clasificación de zonas sísmicas en el Ecuador (NEC-SE-DS., 2015).

Tabla # 4. Tabla de los valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada (NEC-SE-DS., 2015).

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 # 5. Tabla de la clasificación de tipo de suelo (NEC-SE-DS., 2015).

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s

Tipo de perfil	Descripción	Definición
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ KPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s $> V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ 100 kPa $> S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Para los demás valores va a depender según las características físicas de la edificación, es necesario mencionar que en la relación z/h no se tomará en cuenta a valores que sean mayores a 1.0.

Otras variantes para determinar la fuerza sísmica horizontal se lo pueden calcular mediante el análisis modal espectral con la siguiente fórmula:

$$F_p = \frac{a_p a_{me} W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p}\right)} A_x$$

Donde:

a_{me} = Aceleración en el nivel de fijación del componente

A_x = Factor de amplificación torsional

Para determinar el valor de a_{me} se obtendrá mediante el análisis modal espectral y será en función de la gravedad g .

El factor A_x se lo determina según la siguiente fórmula:

$$1.0 \leq A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{(1.2 \delta_{avg})} \right)^2 \leq 3.0$$

Donde:

δ_{max} = Máximo desplazamiento sísmico lateral en el nivel de fijación del componente obtenido a partir del análisis modal

δ_{avg} = Promedio de desplazamiento sísmico en los puntos extremos del nivel de fijación componente obtenido a partir del análisis modal

6.2. Fuerza sísmica vertical de diseño:

Para la fuerza sísmica vertical se debe determinar según la siguiente ecuación:

$$F_{pv} = \pm \frac{0.24 \alpha_A A W_p}{g}$$

Para cielos rasos o paneles que se encuentren al nivel del piso, no se debe considerar la fuerza vertical.

6.3. Desplazamientos sísmicos relativos:

$$D_{pl} = D_p I$$

Donde:

$I =$ Coeficiente de importancia

$D_p =$ Desplazamiento sísmico relativo

Los desplazamientos se clasifican en dos:

a) Desplazamientos dentro de las estructuras:

Para dos puntos de conexión en la misma Estructura A o el mismo sistema estructural, uno a una altura h_x , y el otro a una altura h_y , entonces D_p deberá determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$D_p = (\delta_{xA} - \delta_{yA})$$

D_p deberá ser menor que:

$$D_p \leq 0.0085 (h_x - h_y)$$

b) Desplazamientos entre estructuras

Para dos puntos de conexión de estructuras A y B separadas o sistemas estructurales separados, uno a una altura h_x , y el otro a una altura h_y , entonces D_p deberá determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$D_p = (|\delta_{xA}| + |\delta_{yB}|)$$

D_p deberá ser menor que:

$$D_p \leq 0.0085 (h_x + h_y)$$

Donde:

δ_{xA} = Desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel X

δ_{yA} = Desplazamiento horizontal de la estructura A en el nivel y

δ_{yB} = Desplazamiento horizontal de la estructura B en el nivel y

h_x = Altura del nivel x al cual está unido el punto de conexión superior.

h_y = Altura del nivel y al cual está unido el punto de conexión inferior.

7. Anclaje de componentes no estructurales

Todos los componentes y soportes que formarán parte de los anclajes de los elementos no estructurales deberán regirse bajo los requerimientos de esta sección.

- a) Los mecanismos de anclajes que se encuentren atornillados y soldados no deberán tomar en cuenta la fricción por efectos de la gravedad.
- b) Los conectores deben tener la resistencia y flexibilidad suficiente para proporcionar una carga continua entre los elementos no estructurales y la estructura.
- c) El diseño de los anclajes y conectores estarán regidos bajo las cargas que controlen el diseño.
- d) Los documentos de diseño deben incluir información suficiente para verificar el cumplimiento de los requisitos de esta sección.

7.1. Anclajes de hormigón o albañilería:

El diseño correcto de estos anclajes lo establece la norma ACI 318, en el apéndice D, por el cual se debe seguir bajo esta norma todos los anclajes que sean hechos en hormigón. En caso de mampuestos de albañilería, se debe regir bajo las normas TMS 402/ACI 530/ASCE 5. Es necesario mencionar que la resistencia de estos anclajes va a depender del acero de refuerzo que posean las conexiones.

Los anclajes que sean empotrados en concreto o mampostería deben ser diseñados para soportar 1.3 veces la fuerza en el componente y sus soportes. Además, deben soportar la fuerza máxima que el componente y sus soportes puedan transferir al anclaje.

7.2. Condiciones de instalación:

Se debe tomar en cuenta las instalaciones de estos, bajo las condiciones presentadas según su fabricante o norma incluyendo las excentricidades y efectos de palanca que puedan producirse.

7.3. Fuerzas de diseño en la unión:

Para las conexiones, es importante que el diseño sísmico cumpla con las normas establecidas en la sección 6., tomando en cuenta que el factor de modificación de respuesta R_p debe ser menor a 4.

7.4. Uniones múltiples:

Para conexiones múltiples que se encuentren unidas en un mismo punto, se deberá considerar la flexibilidad y rigidez entre estos elementos con respecto a la estructura para evitar fallos en las uniones.

7.5. Fijaciones de impacto:

No se requerirá del uso de fijaciones de impacto para los componentes que se encuentren sometidos a cargas de tracción permanente, a menos que en el diseño sísmico así lo requiera y este sea diseñado bajo normas internacionales.

En hormigón se puede usar fijaciones de impactos, exclusivamente para soportar placas acústicas o cielos rasos, cuya carga de servicio de cada fijación no deberá ser mayor a 400N. En caso de que la carga sea mayor a 400N, pero menor a 1100N, se podrá utilizar conectores de impacto en acero.

7.6. Sistemas de fijación basados en fricción:

Queda restringido el uso de clips de fricción para la resistencia de cargas permanentes y sísmicas. A su vez, se permite el uso de un sistema de abrazaderas planteadas en la norma NFPA 13, en la sección 9.3.7.

Es importante destacar que las tuercas colocadas en las conexiones o cualquier conector de unión deberá ser diseñado para resistir vibraciones, evitando que la conexión se afloje al momento de producirse fricción entre los elementos y sus uniones.

8. Componentes arquitectónicos.

8.1. Generalidades

Los elementos arquitectónicos deberán estar diseñados según los requisitos de esta sección y deberán soportar las demandas sísmicas de la sección 6. Además, los coeficientes de amplificación dinámica a_p como el de la capacidad de disipación de energía R_p se encuentra establecidos en la tabla #06.

Los elementos que están soportados mediante cadenas no deberán cumplir con los requisitos de fuerza sísmica de la sección 6, si cumplen los siguientes requerimientos:

- a) La carga de diseño del elemento deberá ser igual a 1.4 veces el peso operacional de este elemento y será aplicada en la dirección más crítica.
- b) Debe considerarse el daño consecuente que pueda causarse por la interacción de varios elementos.
- c) Las conexiones deberán garantizar que se produzca movimiento en cualquier dirección paralelo al plano horizontal.

8.2. Fuerzas y desplazamientos

Todos los componentes arquitectónicos, sus soportes y accesorios, deberán estar diseñados para las fuerzas sísmicas definidas en la sección 6.

Los componentes arquitectónicos, que podrían representar un peligro, deberán diseñarse para acomodar los requisitos de desplazamiento relativo sísmico de la sección 6.3.

8.3. Elementos no estructurales de muros de fachadas y sus conexiones

Los paneles o elementos exteriores no estructurales de la pared, que están unidos o encierran a la estructura, deben diseñarse para resistir las deformaciones de la sección 6.3 y para movimientos ocurridos por el cambio de temperatura de los elementos.

Los elementos deberán estar resistidos por medio de soportes estructurales positivos y directos o por conexiones mecánicas y sujetadores de acuerdo con los siguientes requisitos:

- a) En las conexiones entre paneles, la deformación de entrepisos D_p deberá ser la calculada según la sección 6.3 o se tomará un valor de 0.5" (13mm) lo que sea mayor.
- b) Las conexiones deberán estar diseñadas para permitir el movimiento de los elementos en caso de sismo mediante conexiones deslizantes sobredimensionadas o que tengan perforaciones ranuradas.
- c) Las conexiones deberán tener suficiente ductilidad y capacidad de rotación para evitar la fractura del concreto o fallas frágiles en o cerca de las soldaduras.
- d) Todos los sujetadores en el sistema de conexión, tales como pernos, insertos, soldaduras y tacos y el cuerpo de los conectores deberán estar diseñados para soportar la fuerza sísmica de diseño tanto horizontal como vertical de las secciones 6.1 y 6.2.
- e) Si el anclaje es de correas planas incrustadas en concreto o mampostería, dichas correas deben estar unidas o enganchadas alrededor del acero de refuerzo para asegurar que la extracción del anclaje no sea el mecanismo de falla inicial.

8.4. Flexión fuera del plano

La flexión transversal fuera del plano o la deformación de un componente del sistema que está sujeto a fuerzas, su deformación será menor a la estipulada en la sección 6.3 y a su vez no debe exceder la capacidad de desviación del componente.

8.5. Cielos suspendidos

Estos elementos deberán cumplir las siguientes indicaciones:

- a) Los elementos que tengan un área inferior o igual a 13.4 m² y se encuentren arriostrados a la estructura no deberán cumplir con los requisitos de esta sección.
- b) En el peso para calcular la fuerza sísmica del elemento deberá incluirse todos los elementos complementarios, como es el caso de perfiles de acero, lámparas, luces o

elementos que impongan una carga al panel. Este valor de W_p no deberá ser menor que 190 N/m^2 (19 Kg/m^2).

- c) Los sistemas de cielos rasos formados por planchas deberán estar diseñados bajo la norma ASTM C635, C636 y E580.
- d) Los techos suspendidos de edificaciones con I mayor a 1.0 además deberán cumplir con los siguientes requerimientos:
- e) El ancho mínimo de la placa deberá ser mayor a 50 mm, a menos que exista un diseño de soporte adecuado, y en tal caso no será menor que 20mm. Igualmente, deberá existir una separación con respecto al muro de al menos 20mm.
- f) Para cielos donde el área sea mayor de 232m^2 , la razón entre el largo y el ancho deberá ser menor a 4.
- g) Para cielos que el área sea mayor de 232m^2 , la razón entre el largo y el ancho deberá ser menor a 4.
- h) Los rociadores y otras penetraciones deben tener un anillo o adaptador de (50 mm) de gran tamaño a través de la placa del techo para permitir un movimiento libre de al menos (25 mm) en todas las direcciones horizontales. Alternativamente, se permite proporcionar una junta oscilante que pueda acomodar (25 mm) de movimiento del techo en todas las direcciones horizontales en la parte superior de la extensión del cabezal de rociadores.
- i) Se deberá implementar un sistema de construcción integral, en el cual garantice la flexibilidad de todos sus elementos, y deberá estar realizado por un profesional competente.
- j) Los artefactos luminarios con pesos menor a 4.5 kg podrán estar apoyados en los paneles del cielo raso para artefactos con pesos mayores a 4.5 kg, pero menores a 25kg. Deberán estar arriostrados a la estructura principal y se maneja de forma independiente al resto de la estructura del cielo raso. Para artefactos que superen los 25kg deberán estar arriostrados a la estructura superior (vigas).

8.6. Pisos de acceso especiales

Los pisos de acceso se considerarán "pisos de acceso especiales" si están diseñados para cumplir con las siguientes consideraciones:

- a) Las conexiones de estos elementos deberán estar diseñados bajo la norma ACI 318, en el apéndice D.

- b) Para el peso de diseño, además del peso propio se debe incluir el 100% del peso de los elementos fijados en el piso y el 25% del peso de todos los elementos que se encuentren apoyados, pero no se encuentren fijos.
- c) Las fuerzas sísmicas solo son transmitidas por efecto de la gravedad.
- d) Se debe considerar el pandeo al momento de realizar el diseño del sistema de arriostramiento.
- e) Los arriostramientos deberán estar realizados con perfiles estructurales según las especificaciones técnicas.
- f) Es necesario el uso de amarres que soporten carga sísmica y estén ancladas a los apoyos.

8.7. Divisiones interiores (tabiques)

Todas las divisiones cuya altura sea superior a 1.8 m y se encuentren conectadas al techo cielo falso deberán estar arriostradas lateralmente con la estructura de la edificación. Adicionalmente, estos arriostres serán independientes de cualquier arriostre lateral del cielo.

Quedan exultas las divisiones que cumplan con las siguientes condiciones:

- a) La altura de división no será mayor que 2.70 m.
- b) El producto entre la altura del elemento multiplicado por 0.45KN debe ser menor al peso.
- c) La carga para el diseño sísmico debe ser menor que 0.24 kN/m²

Consideraciones:

- a) Todo muro de división de mampostería deberá ser construido a plomo (alineado) una vez asentado el muro no se podrá atentar con la integrad de este.
- b) Los bloques de mampostería se deberán asentar en superficies sin polvo y libres de agua a gran cantidad, previamente al asentado de estas se deberá pasar una brocha húmeda o rociarlas con un poco de agua sobre la cara donde será asentada si es el caso de bloques de hormigón. En el caso de bloques de ladrillo se deberá regar agua en las piezas durante 30 minutos entre 10 a 15 horas antes de ser asentadas las piezas.
- c) Para el asentamiento de la fila que se encuentre directamente sobre la losa se deberá marcar la superficie de losa donde se encontrará la hilada de bloque y se procederá a dejarle de forma rugosa y se la humedecerá antes de que sea asentado el bloque.
- d) No se deberá construir muros mayores de 1,30 m de altura en una sola jornada si se lo realiza con unidades totalmente sólidas.

- e) Se deberá asegurar que en la colocación del mortero o concreto líquido dentro de las celdas de los bloques ocupe todo el espacio para evitar cangrejas en su interior.
- f) Se debe colocar los bloques de forma de juntas verticales discontinuas, donde la longitud de traba debe ser ¼ la longitud del bloque.

Se podrá picar los muros de mampostería para alojar ductos o tubería solo si:

1. El muro este compuesto de unidades solidas o rellenas.
2. El recorrido del ducto no supera el 50% de la altura del muro.
3. La profundidad de perforación es máxima de 1/5 del espesor del muro

8.8. Vidrios en Muros Cortina Transparentes, Fachadas Transparentes y Divisiones Transparentes

Todos los elementos que estén compuestos de vidrio deberán cumplir con un ensayo previamente donde se establezca el rendimiento de protección mediante la siguiente ecuación:

$$RET = \frac{\text{Peso despues de la explosión}}{\text{Peso de la instalación original}}$$

Donde:

$RET = 1$ (Si todo el vidrio permanece en el marco).

$RET = 0$ (Si todo el vidrio sale del marco).

Para el cálculo del espesor de la franja de silicón que debe ser colocado en el vidrio deberá calcularse con la siguiente ecuación:

$$b = \frac{P_v \left(\frac{kg}{m^2} \right) \times I_C (mm)}{14\,000 \left(\frac{kg}{m^2} \right)} \geq 6mm$$

$b =$ Bite ancho de contacto

$T_{adm} =$ Tensión de cálculo admisible = 20 psi = 14 000

$I_C =$ Mayor lado menor panel

$P_v =$ Carga (s) de viento de diseño

Estos elementos deberán cumplir con los requerimientos de la sección 6 para el diseño sísmico, además deberán cumplir con las condiciones de diseño siguientes:

Fuerza sísmica horizontal:

$$F_H = Q_P C_P K_d$$

Q_P = Esfuerzo de corte que se presenta en la base del elemento secundario de acuerdo con un análisis del edificio en que el elemento se ha incluido en la modelación.

C_P = Coeficiente sísmico para elementos secundarios (muro cortina = 2)

K_d = Factor de desempeño asociado al comportamiento sísmico de elementos secundarios (superior = 1.35; bueno = 1; mínimo = 0.75)

Fuerza sísmica vertical:

$$F_V = 0,67 \left(\frac{A_o P_P}{g} \right)$$

Donde:

A_o = Aceleración efectiva máxima del suelo

P_P = Peso total del elemento secundario, incluyendo la sobrecarga de uso y el contenido cuando corresponda

g = Aceleración de gravedad.

Deformación flecha del elemento vertical:

$$f = \frac{5 W L^4}{384 E I}$$

Donde:

f = Deformación (flecha)

$W =$ Carga uniformemente repartida

$E =$ Módulo de elasticidad (710.000 Kg/cm²)

$L =$ Longitud entre apoyos del elemento vertical

$I =$ Inercia del elemento vertical

deformación de elementos horizontales:

$$f = \frac{P_{vi} a}{24 E I} (3L^2 - 4a^2)$$

Donde:

$P_{vi} =$ Peso del vidrio (2.5 Kg/m² / mm)

$a =$ Distancia de extremos al apoyo del vidrio ($L/10$)

$E =$ Módulo de elasticidad (710.000 Kg/cm²)

$I =$ Inercia del elemento horizontal

Aquellos que sean usados para muros cortinas o en fachadas, deberán cumplir con los requisitos de desplazamiento relativo presentados en la siguiente ecuación:

$$\Delta_{fallout} \geq 1.25 I D_p$$

Donde:

$\Delta_{fallout} =$ Desplazamiento sísmico relativo

Donde, $\Delta_{fallout}$ deberá ser mayor o igual a 13mm y se determinará a partir de un análisis del desplazamiento de los extremos del componente.

Para los vidrios que posean suficiente separación con los marcos de contención, en los cuales no produzcan contacto físico entre estos, no será necesario que cumplan con las condiciones de la ecuación anterior, pero se deberá cumplir con la ecuación siguiente:

$$D_{clear} \geq 1.25 D_p$$

Donde:

D_{clear} = Desplazamiento horizontal relativo.

$$D_{clear} = 2c_1 \left(1 + \frac{h_p c_2}{b_p c_1} \right)$$

Donde:

h_p = Altura del panel de vidrio rectangular

b_p = Ancho del panel vidrio rectangular

c_1 = Promedio de separación en ambos lados entre los bordes verticales y el marco

c_2 = Promedio de separación superior e inferior entre los bordes horizontales y el marco

No deberán cumplir con los requisitos de esta sección los elementos que cumplen con las siguientes condiciones:

- a) Los vidrios templados que estén ubicados a una altura menor de 3m de edificaciones tipo I, II, III
- b) Los vidrios que tengan una película mayor a 0,76mm y estén confinados mecánicamente con elastómero de 13mm.
- c) Los muros cortina que estén unidos con silicona estructural de manera que no haya interacción entre ellos.
- d) Se deberá diseñar de forma que no se exceda la carga impuesta por el fabricante.

Se debe considerar como referencia las tolerancias mínimas y máximas según el espesor del vidrio basados en la norma NEC-HS-VIDRIO.

Tabla # 6. Tabla de espesores de vidrios con sus tolerancias (NEC-HS-VIDRIO, 2015).

Espesor (mm)	Min	Máx.
1	0.79	1.24
1.5	1.27	1.78
2	1.8	2.13
2.5	2.16	2.57
2.7	2.59	2.9
3	2.92	3.4
4	3.78	4.19
5	4.57	5.05
6	5.56	6.2
8	7.42	8.43
10	9.02	10.31
12	11.91	13.49
16	15.09	16.66
19	18.26	19.84
22	21.44	23.01
25	24.61	26.19

8.9. Columnas cortas o columnas cautivas.

Para elementos que tengan interacción directa con el desplazamiento de las columnas se debe evitar que se produzca el efecto de columna corta por la restricción de la columna con elementos no estructurales. En tal caso, el muro deberá estar separado de la columna o a su vez deberá ir desde el piso hasta la loza superior evitando dejar un vacío que pueda afectar al correcto funcionamiento de la estructura.

8.10. Fuerzas de viento

Cuando las fuerzas de viento sean mayores que $0.7 F_p$ para muros no estructurales de fachada, los anclajes de estos muros deberán estar diseñados para soportar 1,4 veces la fuerza de viento.

8.11. Consideraciones:

Los elementos arquitectónicos deberán ser capaces de resistir el daño ocasionado por la presencia sísmica, produciendo un daño aceptable de sus elementos según lo establece el grado de desempeño que sea requerido.

Tabla # 7. Tabla de coeficientes para el diseño sísmico de elementos arquitectónicos (ASCE/SEI 7- 2016).

Componentes arquitectónicos	a_p	R_p
Enchapes		
Elementos y agregados de deformabilidad limitada	1,0	1,5
Elementos y agregados de baja deformabilidad	1,0	1,0
Construcciones livianas sobre losa del último piso	2,5	2,5
Cielos		
Todos	1,0	1,5
Gabinetes		
Gabinetes permanentes de almacenamiento apoyados en el piso de más de 1.800 mm de alto, incluido los contenidos	1,0	1,5
Equipamiento de laboratorio	1,0	1,5
Equipos elevados registrables	1,0	1,5
Apéndices y ornamentos	2,5	1,5
Señalética y letreros	2,5	2,0
Otros elementos rígidos		
Elementos de alta deformabilidad y agregados	1,0	2,5
Elementos de deformabilidad limitada y agregados	1,0	1,5
Materiales de baja deformabilidad y agregados	1,0	1,0
Otros elementos flexibles		
Elementos de alta deformabilidad y agregados	2,5	2,5
Elementos de deformabilidad limitada y agregados	2,5	1,5
Materiales de baja deformabilidad y agregados	2,5	1,0
Escaleras y vías de escape que no forman parte de la estructura del edificio	1,0	1,5
<p>En los casos en que se provea apoyo mediante diafragmas flexibles a muros y divisiones de hormigon o albanileria, las fuerzas de diseno para el anclaje al diafragma debe efectuarse considerando una fuerza $F_p=0,4\alpha AAWp/ka/g$, donde l es el factor de importancia de la estructura y $ka=1+L_f/30\leq 2$, L_f es la longitud en metros del diafragma flexible que provee soporte lateral al muro. L_f se mide entre los elementos verticales que proveen soporte lateral al diafragma en la direccion considerada. $L_f=0$ para diafragmas rigidos.</p>		

9. Componentes mecánicos y eléctricos

Los componentes mecánicos y eléctricos y sus soportes deberán cumplir los requisitos de esta sección. Además de los requisitos sísmicos establecidos en las secciones 7.1. y 7.2.

Para el uso de los coeficientes de los elementos mecánicos y eléctricos se los determinará mediante la tabla #07.

Se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones para el diseño de elementos mecánicos y electrónicos.

- a) Se intentará disminuir el impacto sísmico de los componentes no dúctiles. Igualmente, se deberá analizar que estos elementos sean resistentes al cambio de temperatura.
- b) Se evaluarán las cargas impuestas a los componentes por las líneas de servicios o servicios adjuntos que estén unidas a estructuras separadas.
- c) Las baterías en los estantes deben tener amarras para garantizar que las baterías no se caigan del estante.
- d) Se deben usar espaciadores entre las restricciones y las celdas para evitar daños a las cajas.
- e) El diseño del gabinete eléctrico debe cumplir con los estándares aplicables de la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA).
- f) Para elementos externos con un peso superior a 445N (44.5 kg) deberán ser evaluadas su comportamiento sin que afecte a los demás elementos.
- g) Para las tuberías eléctricas que se encuentren fijadas dentro de la estructura deberán resistir desplazamientos sísmicos relativos con forme se deforme la estructura para evitar el daño en estos elementos.

9.1.Periodo del componente:

El periodo fundamental en los elementos mecánicos y eléctricos se lo determina bajo la siguiente ecuación asumiendo un sistema simple de resorte y masa con un grado de libertad:

$$T_p = 2\pi \sqrt{\frac{W_p}{K_p g}}$$

Donde:

T_p = Período fundamental del componente

W_p = Peso en operación del componente

K_p = Rigidez combinada del componente, apoyos y agregados, determinada

como carga por deformación unitaria en el centro de gravedad del componente

9.2. Apoyo de los componentes

Si se utilizan soportes estándar, por ejemplo, ASME B31, NFPA 13 o MSS SP-58, o soportes patentados, se diseñarán por capacidad de carga.

Para los apoyos de los componentes, es necesario tomar en cuenta las siguientes restricciones:

- a) Los soportes sísmicos se construirán de manera que se mantenga el compromiso de soporte.
- b) Cuando la curva del eje débil de los soportes de acero conformados en frío se basa en la ruta de carga sísmica, dichos soportes se evaluarán específicamente.
- c) Los materiales, de los cuales están compuestos los componentes y sus apoyos, deberán ser adecuados para su aplicación y se tomará en cuenta los efectos externos que sufra la estructura como es el caso de la temperatura.
- d) Los soportes deberán ser construidos de tal forma que no se produzca fallos al momento de un sismo y garantice la unión del componente a la estructura.
- e) En caso de componentes mecánicos es primordial que exista la supervisión de los sistemas de fijación como los pernos de amarre o la soldadura y estos deberán estar colocados según las normas del fabricante. En caso de no tener las normas de colocación, deberá ser colocado por personal con experiencia en estos elementos que garantice el correcto funcionamiento de este.
- f) En componentes que se encuentren montados en aisladores de vibración deberán contar con un sistema de absorción de impacto, los aisladores deberán ser de materiales dúctiles para limitar la carga de impacto.
- g) Los anclajes de expansión no se deben usar para equipos mecánicos sin vibraciones con capacidad nominal superior a 10 hp (7.45 kW).
- h) En caso de cañerías, calderas o estanques de presión, se debe tomar en cuenta que el hormigón debe estar diseñado para soportar cargas cíclicas.

- i) En anclajes mecánicos que estén trabajando a tracción deberá hacerse utilizando cemento con expansión para evitar el desprendimiento de estos.

Excepciones:

Los diseños sísmicos de estos elementos no serán requeridos en canalizaciones eléctricas que cumplan con las siguientes condiciones:

- a) Para Conduit eléctricos en el que el tubo tenga un diámetro menor a 64mm (2,5”).
- b) Para canaletas que su peso total sea menor que 146 N/m (14.6 kg/m) y se encuentren apoyadas en colgadores trapezoidales.
- c) Para los soportes que están en voladizo desde el piso.
- d) Para Conduit eléctricos en el que el tubo tenga un diámetro menor a 64mm (2,5”).
- e) Los aditamentos en el concreto utilizan insertos no expansibles, sujetadores accionados por fuerza o incrustaciones de hierro fundido.
- f) Los accesorios utilizan soldaduras por puntos, soldaduras enchufables o mínimo soldaduras de tamaño según lo definido por AISC.

9.3.Redes públicas y de servicio:

Las líneas de servicios públicos deben contar con la flexibilidad adecuada para acomodar el movimiento diferencial. Los cálculos de desplazamiento diferencial se determinarán de acuerdo con la sección 6.3.

Se debe considerar la posible interrupción del servicio público debido a un acontecimiento sísmico. Se debe considerar las edificaciones con grado de importancia alto donde no puede fallar el sistema de servicio público, por lo que es necesario revisar bien el diseño sísmico que cumpla con los requisitos necesarios.

Deberá prestarse atención específica a la vulnerabilidad de los servicios públicos subterráneos y las interfaces de servicios públicos entre la estructura y el suelo donde está presente el suelo de Clase E o F del sitio.

Los diseños de elementos eléctricos se deberán diseñar bajo la norma NEC-SB-IE exclusivo para instalaciones eléctricas.

Para el diseño de los componentes de redes de telecomunicaciones deberán cumplir con las especificaciones de la norma NEC-SB-TE.

Para el diseño de los sistemas contra incendios, se debe cumplir con todos los requerimientos sísmicos de este manual y también de los de la norma NEC-HS-CI.

9.4.Ductos de climatización y servicios:

No se requieren soportes sísmicos para los ductos si cumple alguna de las siguientes condiciones para la longitud total de cada conducto:

- a) Para ductos que su peso total sea menor que 140 N/m (14kg/m) y se encuentren apoyadas en colgadores trapezoidales.
- b) Los colgadores que soporten los ductos tendrán una longitud máxima de 300mm desde el apoyo de la canaleta hasta el apoyo con la estructura. En caso de usar varillas como colgadores, es necesario que poseen una articulación para evitar la flexión inelástica.
- c) Para ductos que tienen un área transversal inferior a 0,56 m² o su peso es inferior a 25 kg/m, y se hayan tomado las precauciones necesarias de desplazamientos de estos elementos.

Para elementos que se encuentren asociados a la distribución de la línea de ductos y su peso sea superior a 33kg deberán tener sus propios apoyos independientemente del sistema de ductos, esto es el caso de los ventiladores, humidificadores, etc.

Consideraciones para ductos de sistemas de telecomunicaciones:

- a) No se deben colocar tuberías o ductos por los huecos de los bloques donde exista armadura.
- b) Para ductos de sistemas de telecomunicaciones se deberá utilizar un material plástico y que este no sea propagador de llamas y que su interior sea de pared lisa.
- c) Para ductos verticales de telecomunicaciones sus dimensiones mínimas serán de 0.80 x 1.00 m (ancho x largo) y a lo largo del mismo se deberá instalar una escalerilla de 0.30 x 0.05 m (ancho x alto).
- d) En el caso de edificaciones mayores a 5 pisos, se debe colocar un acceso a los ductos para su revisión en cada piso a una altura de 0.80m.

Consideraciones para ductos de sistemas eléctricos:

- a) Las tuberías para la instalación de los circuitos eléctricos deben ser de los siguientes tipos:
 1. Tubería PVC Tipo I Liviano.

2. Tubería de polietileno flexible de alta resistencia mecánica (tubería negra).
 3. Tubería metálica tipo EMT, rígida o flexible de acero galvanizado.
- b) Los ductos deben ser continuos entre cajas de salida, cajas de conexión, tableros y todos los componentes que conformen el sistema eléctrico.
 - c) Para ductos de luminarias y conexiones internas, se debe considerar que estos podrán estar empotrados en la mampostería, ser llevados por encima del cielo raso, pared o piso según corresponda en el diseño. Para ductos que sean empotrados se debe usar ductos de material de PVC. En caso de cielos rasos o elementos que estén al descubierto, los ductos serán de EMT
 - d) Para ductos de cocinas eléctricas el diámetro mínimo deberá ser de 19mm.
 - e) Los cortes de los ductos serán en forma perpendicular al eje longitudinal, no deberán tener rababas y sus extremos donde se realizó el corte deben estar previstos de conectores que tengan los bordes redondeados.
 - f) Todos los ductos eléctricos se deben asegurar a la estructura con amarras que sean de hierro galvanizado.
 - g) Los ductos de servicio eléctrico deben ser independientes de cualquier otro servicio.

9.5. Sistemas de cañerías:

Los sistemas de cañerías deberán ser diseñados bajo las normas de diseño sísmicas vistas en esta norma en capítulos anteriores, además deben cumplir con las siguientes condiciones:

- a) Para cañerías que sean de materiales dúctiles, la tensión admisible será el 90% de la tensión de fluencia mínima.
- b) Para las conexiones con hilo de cañerías que sean de materiales dúctiles, la tensión admisible será el 70% de la tensión de fluencia mínima.
- c) Para cañerías que sean de materiales no dúctiles, la tensión admisible será el 10% de la tensión de fluencia mínima.
- d) Para las conexiones con hilo de cañerías que sean de materiales no dúctiles, la tensión admisible será el 8% de la tensión de fluencia mínima.
- e) Las cañerías, cuyo comportamiento no sea flexible ante movimientos, deberán tener conexiones flexibles para evitar fallas entre los componentes.

- f) Los sistemas de presión en cañerías y sus componentes de anclaje o soporte deberán ser contruidos bajo la norma ASME B31, sin embargo, su diseño sísmico será regido por los capítulos anteriores de esta norma.

Los sistemas de cañerías contra incendios (dispensadores de agua) deberán estar contruidos e instalados bajo la norma NFPA 13. Adicionalmente, su diseño sísmico deberá estar regido por los requerimientos de la sección 6.

Quedan exultas de cumplir las normas de diseño sísmico planteadas en este manual a las cañerías que:

1. Los colgadores que soporten los ductos tendrán una longitud máxima de 305 mm desde el apoyo de la canaleta hasta el apoyo con la estructura. En caso de usar varillas como colgadores, es necesario que posean una articulación para evitar la flexión inelástica.
2. Si se utiliza tubería de alta ductilidad y cumple las siguientes condiciones:
 - a) Diseño sísmico D, E o F diámetro menor a 25 mm y que I_p sea mayor a uno.
 - b) Diseño sísmico C, diámetro menor a 51 mm.
 - c) Diseño sísmico D, E o F diámetro menor a 76 mm y que I_p sea igual a uno.

9.6. Boilers y Estanques de Presión

Para los estaques de presión, se tomará como referencia la norma ASME BPVC para su diseño y construcción, a su vez deberá cumplir con los diseños de resistencia sísmica de la sección 6.

9.7. Otros Componentes Mecánicos y Eléctricos

Se debe considerar que todos los elementos mecánicos y eléctricos cumplan con las normas planteadas en este manual. A su vez se debe mencionar que en caso de que existas otras fuerzas y sean mayores a las planteadas en esta manual, el diseño sísmico se lo determinara con la mayor. En casos de mecanismos especiales sus diseños serán supervisados por su proveedor o la norma que regularice estos elementos.

Para las conexiones roscadas en tuberías de materiales no dúctiles, la tensión admisible será el 8% de la tensión de fluencia mínima.

Para componentes con sustancias peligrosas deberán estar diseñados con la norma ASME BPVC y deberán cumplir las demandas sísmicas de la sección 7.

Tabla # 8. Coeficientes para el diseño sísmico de componentes mecánicos y eléctricos (ASCE/SEI 7- 2016).

Componentes mecánicos y eléctricos	a_p	R_p
Componentes mecánicos y eléctricos generales		
Sistemas de aire acondicionado (HVAC), ductos, manejadoras de aire, unidades de aire acondicionado, calefactores para ductos, cajas de distribución de aire y otros elementos mecánicos construidos con planchas metálicas	2,5	4,0
HVAC en base a fluidos, boilers (estanques de agua caliente), calderas, contenedores, chillers, calefactores de agua, intercambiadores de calor, evaporadores, purgadores de aire, equipos, fabricación y proceso y otros elementos mecánicos fabricados con materiales altamente deformables	1,0	1,5
Motores, turbinas, bombas, compresores y estanques de presión que no estén apoyados en faldones	1,0	1,5
Estanques de presión que no estén apoyados en faldones	2,5	1,5
Elementos de ascensores y escaleras mecánicas	1,0	1,5
Generadores, baterías, inversores, motores, transformadores y otros componentes eléctricos fabricados con materiales de alta deformabilidad	1,0	1,5
Centros de control de motores, tableros, interruptores, gabinetes de instrumentación y otros elementos fabricados con láminas metálicas	2,5	4,0
Equipos de comunicación, computadores, instrumentación y controles	1,0	1,5
Chimeneas, torres de enfriamiento y torres eléctricas arriostradas lateralmente bajo su centro de masas	2,5	2,0
Chimeneas, torres de enfriamiento y torres eléctricas arriostradas lateralmente sobre su centro de masas	1,0	1,5
Elementos de iluminación	1,0	1,0
Otros elementos mecánicos y eléctricos	1,0	1,0
Componentes y sistemas con aisladores de vibración		
Componentes y sistemas aislados mediante el uso de elementos de neopreno y pisos aislados con neopreno con topes elastoméricos incorporados o separados del aislador o con topes perimetrales resilientes	2,5	1,5
Componentes con aisladores de resorte y sistemas y pisos aislados y bien restringidos mediante topes incorporados o separados o con topes perimetrales resilientes	2,5	1,5
Componentes y sistemas internamente aislados	2,5	1,5
Equipos aislados suspendidos incluyendo ductos en línea y componentes suspendidos internamente aislados	2,5	1,5