

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

EDIFICIOS RESISTENTES A LOS TERREMOTOS EN CHILE

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de TÉCNICO UNIVERSITARIO
EN CONSTRUCCIÓN

Alumnos:

Luis Felipe Barahona Menares

Profesor Guía:

Ing. Marco Howes Herrera

2020

RESUMEN

KEYWORDS: SISMOS, EDIFICACION EN ALTURA.

Chile es un país que ha aumentado su densificación poblacional en las últimas décadas, algo que se ve reflejado en la construcción de nuevas edificaciones. Además, el país posee amplios antecedentes sísmicos, situación que pone a prueba tanto a los antiguos como nuevos sistemas estructurales realizados en la zona.

Se dice que una edificación es sismorresistente cuando se diseña y construye con una adecuada configuración estructural, con componentes de dimensiones apropiadas y materiales con una proporción y resistencia suficientes para soportar la acción de las fuerzas causadas por sismos frecuentes. Aun cuando se diseñe y construya una edificación cumpliendo con todos los requisitos que indican las normas de diseño y construcción sismorresistente, siempre existe la posibilidad de que se presente un terremoto aún más fuerte que los que han sido previstos y que deben ser resistidos por la edificación sin que ocurran daños. Por esta razón no existen edificios totalmente sismorresistentes. Sin embargo, la sismorresistencia es una propiedad o capacidad que se dota a la edificación con el fin de proteger la vida y las personas de quienes la ocupan. Aunque se presenten daños, en el caso de un sismo muy fuerte, una edificación sismorresistente no colapsará y contribuirá a que no haya pérdidas de vidas y pérdida total de la propiedad.

El estudio comienza con un análisis de diseño y construcción de los edificios sismorresistentes en Chile, además de conocer las normas por las cuales se rigen y los resultados que se obtienen de dicho elemento luego de un movimiento telúrico.

RESUMEN

GLOSARIO

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1.1. Objetivo general

1.1.2. Objetivos específicos

1.1.3 Metodología de trabajo

1.1.4 Alcance

1.1.5 Área de Estudio

CAPITULO 2: NORMATIVA PARA CONSTRUCCIONES DE EDIFICIOS SISMORRESISTENTES

2.1. Norma sismorresistente, razón y objetivo.

Figuras 2.1 a); 2.1 b) y 2.1 c).

Tabla 2.2 Zonificaciones sísmicas por comunas para las regiones cuarta a novena.

Tabla 2.3 Definición de los tipos de suelos de fundación.

2.1.2 NCh 2369 Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.

2.2 El tipo de diseño estructural que se realiza en Chile está basado en los sistemas de pórticos, de muros resistentes y mixtos.

2.3 Aplicación y fiscalización de la ley, en materia de construcción.

2.3.1 Dirección de obras.

2.3.2 Revisores de proyecto de cálculo estructural.

CAPITULO 3: DISEÑO DE EDIFICIOS SISMORRESISTENTES.

3.1 Tipos de diseños de edificios sismorresistentes.

Ilustración 2. Torre titanium Santiago de Chile.

Ilustración 3. Torre titanium Santiago de Chile.

Ilustración 4. Hospital Militar Santiago de Chile.

CAPITULO 4: COMPORTAMIENTO FRENTE A LOS SISMOS.

4.1 Propiedades y comportamiento sísmico de estructuras de Hormigón armado.

Figura 2.2. Zona de subducción y tipos de sismos que ocurren en ella.

Figura 2.3. Edificio “Alto Rio” colapsado post Terremoto 27 de febrero 2010.

Figura 2.4. Daño en muro de Hormigón armado, Pandeo y Fractura de refuerzo.

Figura 2.5. Loza de acople y falla por corte.

Figura 2.6. Comportamiento de estructura con disipador sísmico (fig.2) o sin disipador sísmico (fig.2).

CAPITULO 5: RESULTADOS Y OBSERVACIONES DE LAS ESTRUCTURAS POST MOVIMIENTOS TELURICOS.

Ficha de evaluación de daños para inspección rápida de edificios públicos.

CONCLUSION Y RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFIA.

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

O.G.U.C	:	Ordenanza general de Urbanismo y Construcción.
NCh	:	Norma Chilena.

GLOSARIO

Edificios: toda edificación compuesta por uno o más recintos, cualquiera sea su destino.
(OGUC).

Sismos: Serie de vibraciones de la superficie terrestre generadas por un movimiento brusco y repentino de las capas internas (corteza y manto).

INTRODUCCIÓN

El fenómeno sísmico representa una de las manifestaciones más impactantes de la naturaleza. Las pérdidas de vidas humanas y la destrucción de las infraestructuras creadas por el hombre, demuestran el potencial devastador de este fenómeno. Así pues, la investigación y estudio del comportamiento de las estructuras frente a la acción sísmica. Las últimas catástrofes sísmicas han puesto en evidencia, una vez más, el mal funcionamiento de las estructuras existentes, y la necesidad de intervenir todas aquellas estructuras que han sido diseñadas con criterios de normativas antiguas, inadecuadas o aquellas que han sido construidas antes de la aparición de los códigos de diseño. El avance significativo en nuevos criterios de diseño sismorresistente, debe ser extendido a todas las estructuras existentes, para ello, es indispensable identificar su grado de vulnerabilidad sísmica. De igual forma, es necesario comprobar que las nuevas filosofías de diseño, proporcionan estructuras resistentes que permiten preservar las vidas humanas y que cumplen con los objetivos básicos de las normativas para los movimientos sísmicos de diseño considerados. De esta forma, se avanza en el campo preventivo, evitando catástrofes que dejan como resultado pérdidas incalculables e inaceptables tanto desde el punto de vista social como económico.

La evaluación del desempeño y la vulnerabilidad sísmica supone el desarrollo de metodologías que puedan ser utilizadas de acuerdo a la información disponible en cada zona, lo cual, está estrechamente relacionado con el nivel de actividad sísmica. Adicionalmente, las metodologías deben considerar las incertidumbres en los parámetros sísmicos y estructurales, tanto para la definición del modelo de la acción sísmica como para el modelo utilizado para representar el comportamiento de la estructura, debido a la

gran sensibilidad de los métodos ante estas variaciones. En este trabajo, se evalúa el desempeño y la vulnerabilidad sísmica de edificios en Chile, respectivamente. Chile, está localizado en una zona con un elevado potencial sísmico y, adicionalmente, un gran porcentaje de las estructuras existentes, han sido diseñadas y construidas sin ningún tipo de consideración sísmica. Por lo tanto, este país se encuentra expuesto a un riesgo sísmico considerable, el cual debe ser reducido mediante una evaluación apropiada tanto de la amenaza como de la vulnerabilidad sísmica de las principales tipologías existentes. En este caso, la metodología desarrollada para la evaluación del daño, son los resultados post evento sísmico.

A partir del desarrollo de estas metodologías, se proponen expresiones simplificadas para la evaluación del daño de las tipologías analizadas, consistentes con la forma de definir la amenaza sísmica en las regiones donde están localizadas las estructuras.

Estas expresiones son utilizadas para la generación de mapas de riesgo sísmico, para diferentes escenarios, los cuales permiten identificar posibles focos de concentración de daños y pueden ser utilizados directamente para desarrollar planes de prevención y atención de desastres en los entornos urbanos.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

El presente proyecto tiene como propósito desarrollar un estudio técnico y visual sobre edificios sismorresistentes y sus comportamientos frente a movimientos telúricos.

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

A continuación se propondrán los objetivos que se desean cumplir una vez terminado este estudio, los cuales se definirán en dos tipos; objetivos generales y objetivos específicos.

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del proyecto es estudiar diseños y el proceso constructivo de edificios sismorresistentes en Chile.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos, se identificarán los siguientes:

- Conocer la Normativa sobre Construcción de Edificios sismorresistentes.
- Conocer distintos diseños sobre Edificios sismorresistentes.
- Conocer el comportamiento frente a los sismos.
- Conocer los resultados u observaciones que sufre este luego de tal evento.

1.1.3. **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

Este estudio contempla una recopilación de información sobre sucesos y casos eventuales en las que las edificaciones han fallado por causa de fenómenos naturales y/o fallas humanas, las que por medio de una investigación o estudio detallado serán evaluados según sus normas y si estas cumplían antes del suceso.

1.1.4 **ALCANCE**

- Requisitos exigibles para el diseño sísmico de edificios.

En base a las normas actualizadas a la fecha, se verán cuál o cuáles serán los diseños a emplear en cada edificio a edificar. Ya que la O.G.U.C plantea normas por las cuales se deben regir estas edificaciones, de no ser así estaría incumpliendo en diseños exigibles por el estado.

- Evaluación del daño sísmico y su reparación.

Se evaluará cuáles fueron las condiciones en las que quedó la estructura después del evento telúrico, se hará un resumen detallado de lo ocurrido para ver posibles soluciones de reparar la estructura, dependiendo de su estado, si es que está muy deteriorado o si a pesar de que se haya reparado no está completamente segura la estructura, se deberá demoler.

En su reparación deberemos contemplar materiales adecuados para esto y los conocimientos necesarios para ver los esfuerzos que aplica la estructura, para que así sea una reparación puntual y segura.

- Determinación de materiales constructivos para su edificación.

Es muy importante saber cómo se conformara el proyecto o como se llevara a cabo, ya que se debe estar claro con el diseño y su estructura, la cual se debe hacer mediante un estudio preventivo de cómo se hará, que materiales se emplearan, sus esfuerzos y las cargas que se le aplicaran.

1.1.5. **ÁREA DE ESTUDIO**

El estudio se concentrara en el país de Chile, en el que se buscara y analizara cada caso que se haya producido por el fenómeno natural sismológico, como rupturas, daños o simplemente desplomes de estructuras, que según la O.G.U.C deberían estar cubiertas por estas normas, de las cuales se deberán regir, asimismo se fiscalizaran proyectos para verificar si cumplen con las normas tales como la NCh 433 / NCh 2369 / NCh 3171 of 2010 , de las cuales en edificaciones como edificios u obras civiles deben cumplir.

CAPÍTULO 2: NORMATIVA PARA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS
SISMORRESISTENTES

2.1.- NORMA SISMORRESISTENTE, RAZÓN Y OBJETIVO.

Recopilación de información.

José Miguel Sáez del Pino. 2011. Estudiante de Derecho.

Chile es un país sísmico, de eso no cabe duda alguna y mucha literatura se ha escrito al respecto. Desde que las primeras tropas españolas arribaron a este lejano país, es que tenemos registro de grandes catástrofes que arrasaron con ciudades completas y dejaron millares de muertos. Nuestros abuelos y padres nos cuentan sus anécdotas, de a qué hora, en donde estaban y donde se quedaron después de alguno de esos grandes cataclismos. En promedio nuestro país tiene un gran terremoto cada diez años y se supone que un chileno promedio que viva toda su vida dentro de nuestras fronteras, deberá vivir a lo menos dos grandes sismos in situ en su vida. Luego del gran terremoto y maremoto del 27 de Febrero del año 2010 que asoló el centro sur de nuestro país, el tema volvió la palestra. Ver la imagen dantesca del edificio Alto Río en Concepción, literalmente partido en dos y conocer la historia de un sin número de personas que se encontraban dentro de los cuadros estadísticos como “damnificados”, es que se viene a la mente la pregunta de qué tan bien preparado está un país como el nuestro para enfrentar un terremoto de tal envergadura. Reiterado los conceptos previos, este es un país sísmico, no se puede señalar que esta es una situación anormal y que nadie puede preveer. También sabemos que aunque orgullosamente nos consideramos un país avanzado, más moderno y eventualmente más rico, aún estamos dentro del grupo de los países “en vías de desarrollo”, una expresión diplomática para referirse al tercer mundo y por lo tanto no estamos ni tan avanzados, ni tenemos tanta tecnología y definitivamente no somos tan ricos, como para poder resguardarnos este tipo de catástrofes, asegurarnos de que los daños sean menores e inhibir las pérdidas humanas. Al ver caer esa enorme edificación en Concepción o saber de los daños que afectaron poblaciones completas en Maipú o de las casitas de campo que están en los suelos de los campos de la sexta, séptima y octava región, es imposible no enfrentarnos ante la situación y buscar respuestas. ¿Es nuestra normativa nacional antisísmica en materia de construcción, una reglamentación acorde a nuestra realidad?, ¿dónde está regulada?, ¿cuál es su finalidad?, ¿cuál es su real calidad? y ¿quiénes son los responsables de implementarla y de fiscalizar su correcta aplicación? Este es el objetivo de este proyecto, un trabajo diseñado por un egresado de Derecho, para estudiantes de la carrera o abogados que se interesen en esta materia y puedan enfrentarse a una disciplina que es generalmente conocida por ingenieros, arquitectos y constructores, y además fiscalizada por los mismos especialistas, o a lo menos de carreras afines. No se debe olvidar que ella se encuentra regulada en nuestro ordenamiento jurídico y

definitivamente las consecuencias de su trabajo alcanzan nuestra área de estudio. Por ende es nuestra obligación profesional estudiar esta materia y desarrollarla dentro de un ambiente jurídico, el nuestro, para poder participar de esta realidad nacional y mejorarla dentro de los que nos resulte posible. Cabe destacar cuales son los objetivos que persigue la ingeniería antisísmica, en cuanto al diseño de las edificaciones, esto es, que las construcciones no sufran daños de ninguna especie dentro de su vida útil (que se estima entre los 50 y 70 años) durante los eventos sísmicos. Por otro lado se entiende que ante movimientos sísmicos de gran intensidad, la obra puede sufrir daños, inclusive llegar al punto de la demolición posterior, siempre y cuando resista al colapso estructural inmediato. La razón de esta última posición se debe al elevado costo que traería la inhibición de daños ante sismos de intensidad elevada y la baja probabilidad de su ocurrencia dentro de la vida útil de la edificación. Ello sin olvidar cual es la mayor dificultad que implica este tipo de catástrofes, porque a diferencia de otras calamidades naturales, los terremotos no pueden preverse, aun cuando nuevas tecnologías, sumadas al conocimiento de la tectónica de placas y la historia sísmica de cada lugar pueden indicar una probabilidad de que suceda una gran sismo cada cierto tiempo, aún es imposible predecir con gran precisión la ocurrencia de los terremotos. Nuestra normativa antisísmica sigue, a grandes rasgos, los mismos objetivos que persiguen en el derecho comparado, este varía desde la capacidad de resistir un sismo sin ningún daño relevante, a la capacidad de resistir el colapso ante sismos de gran magnitud, aun cuando para lograr dicho objetivo, en el futuro la edificación quede inútil para su uso predeterminado. Asimismo lo señala la normativa técnica nacional, en el caso de la norma técnica NCh 433 Diseño Sísmico de Edificios que en su artículo 5.1.1 indica que las estructuras que cumplan con el diseño señalado por esta norma están orientadas a resistir sin daños, sismos de intensidad moderada, daños a elementos no estructurales en sismos de mediana intensidad y evitar el colapso ante sismos de intensidad excepcionalmente severa. La otra gran norma de diseño sísmico que tiene nuestro Derecho nacional es la NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales cuyos objetivos son más exigentes que la norma general de diseño sísmico de edificaciones, ello porque está referida al diseño de instalaciones industriales y por ende su finalidad no es en exclusiva el salvamento de vidas humanas. Aun así, en su artículo 4.1.1 letra a) tiene como su primer objetivo, evitar el colapso de estructuras, pero a ello le suma evitar incendios, explosiones, emanaciones de gases y líquidos tóxicos, proteger el medio ambiente y asegura la operatividad de las vías de escape durante la emergencia sísmica. Existen dos conceptos que son la base de la ingeniería antisísmica y que se deben observar en conjunto para determinar el diseño sísmico de las edificaciones. Estos son por un lado la resistencia lateral y por otro está la ductilidad. La resistencia lateral es la capacidad resistente horizontal que desarrolla una

estructura antes de colapsar y la ductilidad manifiesta la capacidad que tiene una estructura de absorber y luego disipar la energía, antes de colapsar. Por un lado se estudia la capacidad de la estructura de soportar fuerzas externas, como la del viento o la de un sismo y por el otro lado el estudio se refiere a las aptitudes de la obra de recibir la energía que implica un movimiento de dichas características y luego distribuir o eliminar dicha energía para que esta no haga sucumbir la edificación. Un ejemplo de esta disipación se produce cuando la energía que un terremoto traspasa a un edificio hace que este se deforme lateralmente y con ello experimente daños localizados de material, en la transformación de dicha energía en calor. De la información proporcionada podemos desprender cuáles son los objetivos que buscan estas normas y cuáles son las diferencias que se pueden ver a simple vista con las nociones generales que tiene la población en torno a cómo debe actuar una edificación ante un terremoto de gran magnitud. Evidentemente ante cualquier catástrofe sísmica que produzca daños en edificaciones, la primera observación es acerca de quién debe hacerse responsable por daños que se suponen cubiertos por la robusta norma de diseño sísmico que tenemos en el país, pero para ello se deberá hacer un peritaje completo para saber cuáles fueron las razones de dichos daños y si se cumplieron con las obligaciones emitidas por nuestra legislación que señalan que para grandes sismos, los edificios solo deben resistir el colapso y con ello cumplirían con su obligación mínima.

1. Opinión personal

Se puede demostrar en esta recopilación, momentos vividos en años anteriores, en generaciones pasadas, en las cuales los daños han sido considerablemente, se muestran algunos sucesos particulares que marcaron épocas. Además de esto, José Miguel Sáez del Pino, entrega su opinión según los hechos ocurridos, nos habla de una gran lucha por preservar aquellas normas en las estructuras, de que son muy importantes respetarlas, ya que está en juego el resguardo de las vidas que moran en la estructura. Asimismo se crea una noción en que próximamente pueda ocurrir otro evento telúrico de gran envergadura.

El año 1985 se produce el gran terremoto de San Antonio el cual se recuerda dado la cercanía del epicentro de la capital Santiago. Esta fue la primera oportunidad de probar la norma NCh 433. Es en 1996 donde se crea la NCh 433 de Diseño Sísmico, justo después del terremoto de Antofagasta de 1995, en el que el estudio del terremoto de 1985 otorga los cambios que se estiman necesarios para poder solventar dicha norma técnica y hacerla más precisa a las necesidades de nuestra realidad sísmica. El año 2003 se oficializan las normas técnicas NCh 2369 de Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales y la NCh 2745 de Análisis y Diseño Sísmico de Edificios con Aislación Sísmica, esta

última ya referida al diseño asísmico, razón por lo cual no será tratado en este trabajo, ya que se le ha otorgado importancia al diseño general de edificaciones en nuestro país y la normativa asísmica es muy específica y se realiza en determinados tipos de edificaciones, que a juicio del autor requieren de un estudio propio. El año 2010 la zona centro sur del país es azotada por un fuerte terremoto y posterior maremoto, que ha provocado una nueva revisión de las normas técnicas de diseño sísmico en especial la NCh 433.

2. Opinión Personal

Se hace énfasis en lo ocurrido en el terremoto de 1985 en San Antonio, en la cual en el año 1993 se estipula la norma NCh 433, la cual vela por diseño/construcción y fundación. Luego de este movimiento telúrico, se pone en práctica esta norma, la que desde entonces rige obligatoriamente a las edificaciones, en al que si está o no capacitada para habitarla, ya que principalmente las vidas están ante todo.

2.3.1 NCh 433. Of. 96 Diseño Sísmico de Edificios Documento preparado por el Instituto Nacional de Normalización y que se oficializó el año 1993, la que fue remplazada finalmente por la norma presentada el año 1996 y se actualizó el año 2009. Esta norma técnica se divide en 8 capítulos y 3 anexos. El capítulo 1 trata sobre los Alcances de la norma. El capítulo 2 de las Referencias y el capítulo número 3 sobre la Terminología y Simbología utilizada por esta norma. El capítulo 4 trata sobre las Disposiciones de aplicación general, que se subdivide en 4 subcapítulos que son la zonificación sísmica; el efecto del suelo de fundación y de la topografía en las características del movimiento sísmico; clasificación de ocupación de edificios y otras estructuras de acuerdo a su importancia, uso y riesgo de falla y; finaliza con los instrumento sísmicos. El capítulo 5 regula las Disposiciones generales sobre diseño y método de análisis y se divide en 11 subcapítulos. El primero es de los principios e hipótesis básicos, el segundo de la combinación de las solicitaciones sísmicas con otras solicitaciones; luego la coordinación con otras normas de análisis y diseño; el cuarto de los sistemas estructurales; el quinto de los modelos estructurales; sexto de las limitaciones para el uso de los métodos de análisis; el séptimo sobre el factor de modificación de la respuesta; octavo trata sobre las acciones sísmicas sobre la estructura; noveno de las deformaciones sísmicas; décimo de las separaciones entre edificios o cuerpos de edificios y; el último sobre los planos y las memorias de cálculo. El sexto capítulo se refiere a los Modelos de Análisis que se divide en las generalidades; el análisis estático y cierra con el análisis modal espectral. El capítulo 7 trata del Diseño y construcciones de fundaciones, dividido en 5 subcapítulos, el primero se refiere a las especificaciones generales para el diseño; el segundo de las fundaciones superficiales; tercero los pilotes; cuarto las estructuras contiguas y cierra con los empujes

en muros subterráneos. El octavo y último capítulo trata de los Elementos Secundarios, que también se divide en 5 subcapítulos, sobre generalidades; criterios sobre el nivel de desempeño; sobre las fuerzas para el diseño de elementos secundarios y sus anclajes; de los tabiques divisorios y; finalmente de los aspectos complementarios. 79 El primer anexo o anexo A trata del Daño Sísmico y la recuperación estructural y consta de 6 partes, la primera de las generalidades; la segunda la evaluación del daño sísmico y decisiones sobre la recuperación estructural; la tercera de los requisitos que debe cumplir el proyecto de recuperación estructural; luego las disposiciones generales sobre métodos de reparación. El quinto indica los requisitos que debe cumplir el proceso constructivo de la recuperación estructural y; finalmente se refiere a la necesidad de recuperación de edificios sin daños. El anexo B trata sobre referencias transitorias. El anexo C es sobre empujes de muros subterráneos. Esta norma técnica se refiere en exclusiva al diseño sísmico de los edificios, dejando expresamente en claro en su artículo 1.4, que no regulara el diseño de otras obras civiles como puentes y acueductos. Tampoco se aplica a edificios con fines industriales, de hecho estos tienen una norma que les es propia y que revisaremos a continuación de esta. Establece los requisitos mínimos para el diseño sísmico de edificios, sumado a las exigencias sísmicas que deben cumplir los equipos y otros elementos secundarios de estos. A lo anterior se le suman recomendaciones sobre evaluación de los daños sísmicos y su reparación.

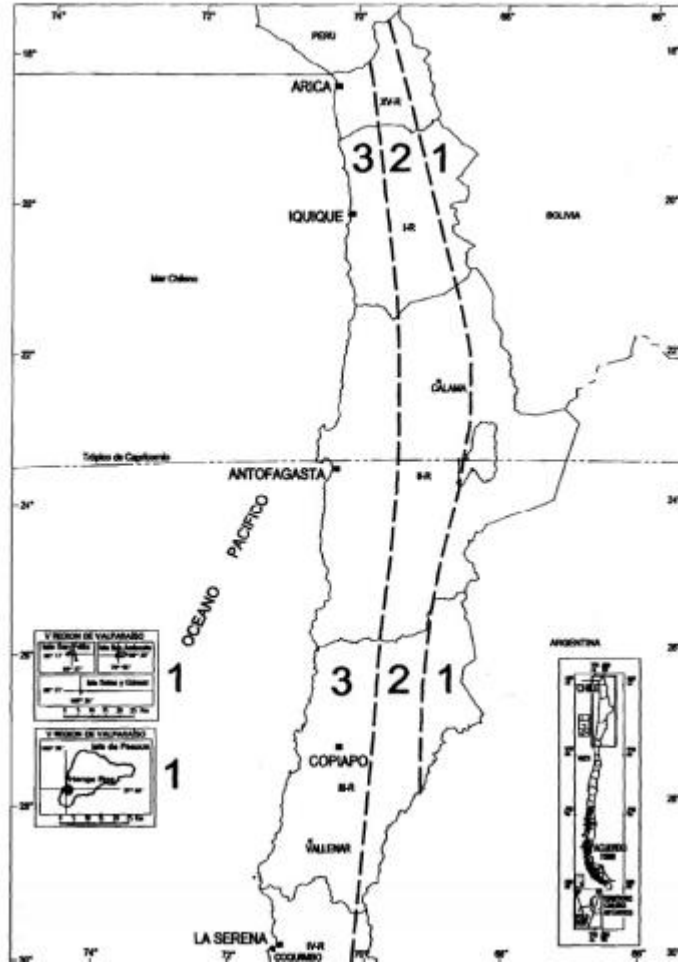
3. Opinión Personal

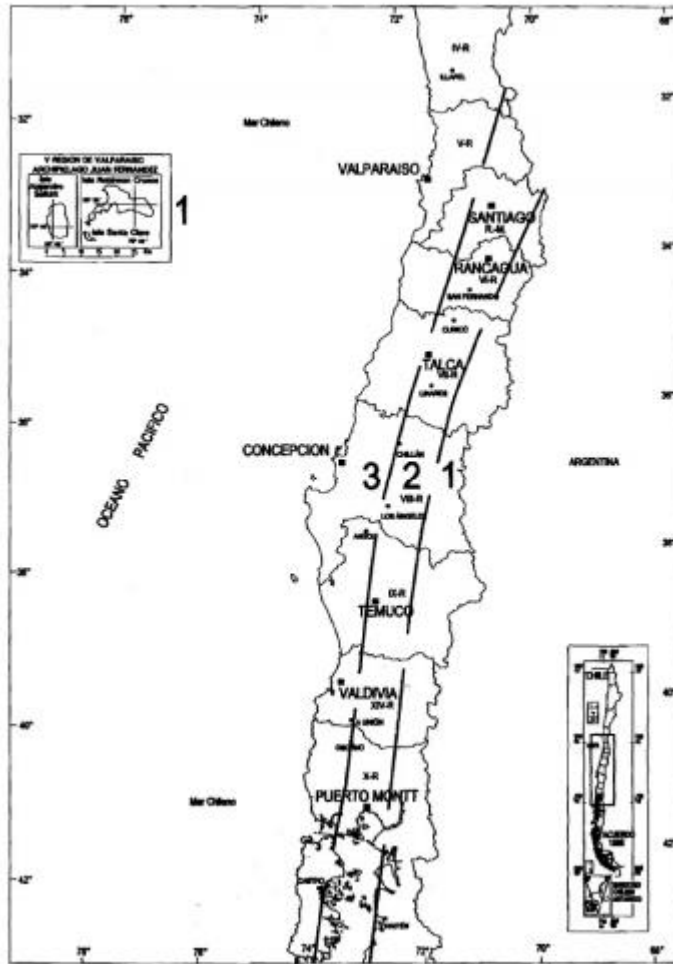
Se da a conocer la estructura de la norma, los puntos que abarca y en lo que se enfoca. Hay edificaciones que no se rigen con esta norma tales como: puentes y acueductos. Ya que estos de por sí tienen normas que los rigen. Así como las estructuras deben cumplir normas, los equipos para su evaluación de cumplir exigencias.

En el capítulo 4 de Disposiciones Generales de Aplicación General se refiere como primer tema a la Zonificación Sísmica, indicando una clasificación del territorio Nacional en 3 zonas sísmicas, las cuales se indican en la figura 4.1 a), 4.1b) y 4.1 c) 61 que aparecen en esta norma. División que es alterada desde las regiones IV a la IX, sumada la Metropolitana, que tendrán su propia zonificación, se acuerdo a lo señalado en la tabla 4.2:

- CHILE. Instituto Nacional de Normalización. 2009. NCh 433 Of. 96 modificada en 2009: Diseño Sísmico de Edificios. Figura 4.1 a):

NCh433





NCh433

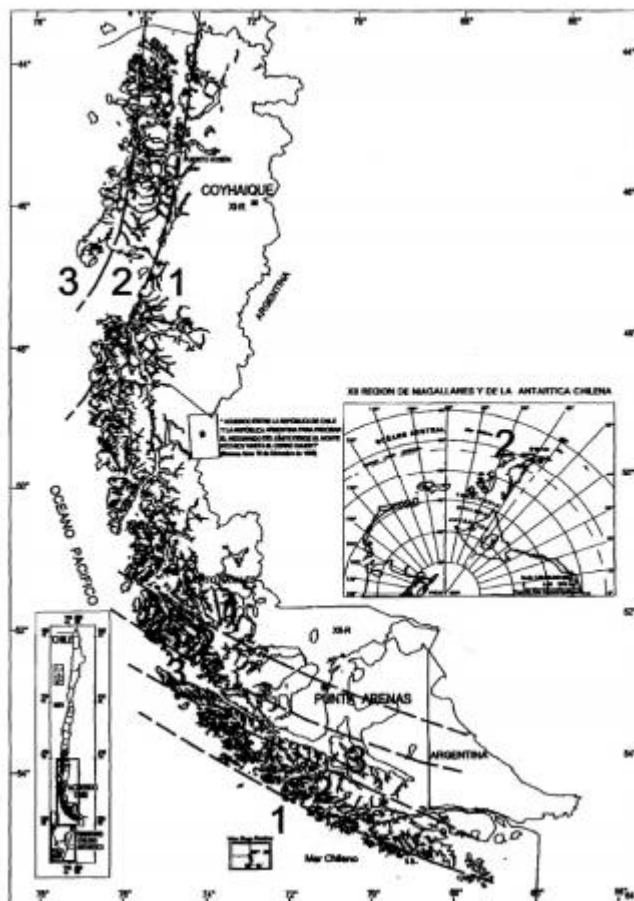


Tabla 2.2 **ZONIFICACIONES SÍSMICAS POR COMUNAS PARA LAS REGIONES CUARTA A NOVENA**

Región	Zona 3	Zona 2	Zona 1
	Andacollo		
	Combarbalá		
	Coquimbo		
	Illapel		
	La Higuera		
	La Serena		
	Los Vilos		
Cuarta	Mincha		
	Monte Patria		
	Ovalle		
	Paiguano		
	Punitaqui		
	Río Hurtado		
	Salamanca		
	Vicuña		

	Algarrobo	Calle Larga	
	Cabildo	Los Andes	
	Calera	San Esteban	
	Cartagena		
	Casablanca		
	Catemu		
	Concón		
Quinta	El Quisco		
	El Tabo		
	Hijuelas		
	La Cruz		
	La Ligua		
	Limache		

	Llaylay		
	Nogales		
	Olmué		
	Panquehue		
	Papudo		
	Pelorca		
	Puchuncaví		
	Putendo		
	Quilota		
Quinta	Quilpué		
	Quintero		
	Rinconada		
	San Antonio		
	San Felipe		
	Santa María		
	Santo Domingo		
	Valparaíso		
	Villa Alemana		
	Viña del Mar		
	Zapallar		

	Alhué	Buín	
	Curacaví	Calera de Tango	
	El Monte	Cerrillos	
	Lampa	Cerro Navia	
	María Pinto	Colina	
	Melipilla	Conchallí	
Metropolitana	San Pedro	El Bosque	
	Tiltí	Estación Central	
		Huechuraba	
		Independencia	
		Isla de Maipo	
		La Cisterna	

		La Florida	
		La Granja	
		La Pintana	
		La Reina	
		Las Condes	
		Lo Barnechea	
		Lo Espejo	
		Lo Prado	
		Macul	
		Maipú	
		Nuñoa	
		Paine	
		Pedro Aguirre Cerda	
		Peñaflor	
Metropolitana		Peñalolén	
		Pirque	
		Providencia	
		Pudahuel	
		Puente Alto	
		Quilicura	
		Quinta Normal	
		Recoleta	
		Renca	
		San Bernardo	
		San Joaquín	
		San José de Maipo	
		San Miguel	
		San Ramón	
		Santiago	
		Talagante	
		Vitacura	

	La Estrella	Chépica	
	Las Cabras	Chimbarongo	
	Litueche	Codegua	
	Lolol	Coínco	
	Marchigüe	Coltauco	
	Navidad	Doñihue	
	Palmilla	Grñeros	
	Peraíllo	Machalí	
Sexta	Paredones	Malloa	
	Peumo	Mostazal	
	Pichidegua	Nancagua	
	Pichilemu	Olivar	
	Pumanque	Piacilla	
	Santa Cruz	Quinta de Tilcoco	
		Rancagua	
		Rengo	
		Requínoa	
		San Fernando	
		San Vicente de Tagua Tagua	

	Cauquenes	Colbún	
	Chanco	Curicó	
	Constitución	Linares	
	Curepto	Longaví	
	Empedrado	Molina	
	Hualañé	Parral	
	Licantén	Pelarco	
Séptima	Maule	Rauco	
	Pelluhue	Retiro	
	Pencahue	Río Claro	
	San Javier	Romeró	
	Talca	Sagrada Familia	

	Vichuquén	San Clemente	
Séptima		Teno	
		Villa Alegre	
		Yerbas Buenas	

	Arauco	Antuco	
	Bulnes	Coihueco	
	Cabrero	El Carmen	
	Cañete	Los Ángeles	
	Chilán	Mulchén	
	Cobquecura	Ninquén	
	Coelemu	Pemuco	
	Concepción	Pinto	
	Contulmo	Quilaco	
	Coronel	Quilleco	
	Curanilahue	San Fabián	
	Florida	San Ignacio	
	Hualqui	Santa Bárbara	
Octava	Laja	Tucapel	
	Lebu	Yungay	
	Los Álamos		
	Lota		
	Nacimiento		
	Negrete		
	Ninhue		
	Penco		
	Portezuelo		
	Quillón		
	Quirihue		
	Ranquil		
	San Carlos		
	San Nicolás		
	San Rosendo		

	Santa Juana		
	Talcahuano		
Octava	Tirúa		
	Tomé		
	Treguaco		
	Yumbel		

	Angol	Collipulli	Curarrehue
	Carahue	Cunco	Lonquimay
	Galvarino	Curacautín	Melipeuco
	Los Sauces	Ercilla	Pucón
	Lumaco	Freire	
	Nueva Imperial	Gorbea	
	Purén	Lautaro	
Novena	Renaico	Loncoche	
	Saavedra	Perquenco	
	Teodoro		
	Schmidt	Pitruquén	
	Toltén	Temuco	
	Traiguén	Victoria	
		Vilcún	
		Villarica	

Una vez hecha esta clasificación nacional, la norma se refiere al efecto del suelo de fundación y de la topografía en las características del movimiento sísmico. Es así como hace la clasificación, en una tabla enumerada por la NCH como tabla 4.3, de los tipos de suelo de fundación que se usan para construir. Esta tabla reconoce 4 tipos de suelos.

TABLA 2.3 DEFINICIÓN DE LOS TIPOS DE SUELOS DE FUNDACIÓN

Tipo de Suelo I: Roca.

“Roca: Material natural, con velocidad de propagación de ondas de corte in-situ igual o mayor que 900 metros por segundo, o bien resistencia de la compresión uniaxial (esfuerzo que soporto el material antes de colapsar) de probetas intactas igual o mayor a 10 MPa (Megapascal, unidad de presión) y RQD (Rock Quality)

Tipo de suelo II:

- Suelo con v_s (velocidad de propagación de onda de corte en el suelo) igual o mayor que 400 metros por segundo en los 10 metros superiores, y creciente con la profundidad
- Grava densa, con peso unitario seco del suelo igual o mayor a 20 kN/m^3 (kilo newton por metro cúbico, fuerza por unidad de volumen) o índice de densidad igual o mayor que 75%, o grado de compactación mayor que 95% del valor Proctor modificado (método de laboratorio que observa el nivel de humedad necesario para que el suelo se haga más denso y alcance su máxima densidad en seco)
- Arena densa con índice de densidad mayor que 75% o índice de Penetración Estándar N_{60} mayor que 40, o grado de compactación superior al 95% del valor Proctor modificado
- Suelo cohesivo duro con resistencia de corte no drenado al suelo, igual a mayor a $0,1 \text{ MPa}$ (resistencia a la compresión simple del suelo igual o mayor que $0,2 \text{ MPa}$) en probetas sin fisuras. Si el espesor del estrato sobre la roca es menor que 20 metros, el suelo se clasificara como tipo I.

Tipo de suelo III:

- Arena permanentemente no saturada con índice de densidad entre 55% y 75%, o N_{60} (índice de Penetración Estándar) mayor que 20.
- Grava o arena no saturada, con grado de compactación menor que el 95% del valor Proctor modificado
- Suelo cohesivo con resistencia al corte no drenada del suelo comprendido entre $0,025$ y $0,1 \text{ MPa}$ (resistencia a la compresión simple del suelo entre $0,05$ y $0,2 \text{ MPa}$) independiente del nivel freático (lugar en que se encuentran aguas subterráneas)

- porcentaje de recuperación de testigos de más de 10 cm de longitud (en su eje)) igual o mayor que 50%. Ensayo de Penetración Estándar en un examen geotécnico realizado en el fondo de una perforación que consiste en medir el número de golpes necesarios para que se introduzca una determinada profundidad de una cuchara que permite tomar una muestra de su interior. N se refiere al número de golpes que debe dar el penetrómetro para introducir la cuchara 15 centímetros. Se toma en consideración que según la tabla de número de golpes por compacidad relativa del terreno, N menor que 20 indica que el suelo de fundación tiene una compacidad muy suelta, suelta o firme.
- Arena saturada con N comprendido entre 20 y 40 Si el espesor del estrato sobre la roca o sobre un tipo de suelo II es menor que 10 metros, el suelo se clasificará como tipo II.

Tipo de suelo IV:

- Suelo cohesivo saturado con resistencia al corte no drenada del suelo igual o menor que 0,025 MPa (resistencia a la compresión simple del suelo igual o menor que 0,05 MPa). Si el espesor sobre un tipo de suelo I, II, III es menor que 10 metros, el suelo se clasificará como tipo III.

El artículo 4.2.1 de esta norma técnica señala que la tabla 4.3, los datos ahí indicados suponen que esos terrenos son de topografía y estratificación horizontal, y que las estructuras afectadas estén lejos de singularidades geomorfológicas y topográficas. Se excluyen de la tabla 4.3 expresamente 2 tipos de suelos, los que son potencialmente licuables (entendiéndose por tales arenas, limos, arenas limosas, saturados, con Índice de Penetración Estándar N menor que 20). Los otros tipos de suelos que se excluyen de esta tabla son los susceptibles de densificación por vibración. El artículo 4.2.3 indica que la caracterización del suelo debe apoyarse en un informe sustentado en una exploración del subsuelo acorde a las características del proyecto. Si la información proporcionada por dicho informe no basta para clasificarlos de acuerdo a lo previsto en la tabla 4.3, debe suponerse que le corresponde el tipo de suelo que resulte en el mayor valor del esfuerzo de corte basal⁶⁵, de acuerdo a la tabla 6.3 de la norma, que se refiere al valor de los parámetros que le corresponderán a cada tipo de suelo, pero que no será observado en este trabajo dada su complejidad técnica.

Luego de presentar los mapas de zonificación sísmica del país y la clasificación de suelos, la norma técnica también realiza una clasificación de la ocupación de edificios y de otras

estructuras de acuerdo a la importancia, uso y riesgo de que esta falle. Así es como los edificios se clasifican en:

a) Categoría I: Edificios y otras estructuras aisladas o provisionales no destinadas a habitación, no clasificables en ninguna de las categorías de ocupación II, III, o IV que 65 CHILE. Instituto Nacional de Normalización. 2009. NCh 433 Of. 96 modificada en 2009: Diseño Sísmico de Edificios. Artículo 3.1.8. de Terminología y Simbología. Esfuerzo de Corte Basal: esfuerzo de corte producido por la acción sísmica en el nivel basal del edificio. 91 representen un bajo riesgo para la vida humana en el caso de falla, incluyendo, pero no exclusivamente:

- Instalaciones Agrícolas
- Ciertas instalaciones provisorias
- Instalaciones menores de almacenaje

b) Categoría II: Todos los edificios y estructuras destinados a la habitación privada o al uso público que no pertenezcan a las categorías I, III y IV y edificios u otras estructuras cuya falla pueda poner en peligro construcciones de la categoría de ocupación I, III y IV.

c) Categoría III: Edificios y otras estructuras cuyo contenido es de gran valor (incluyendo, pero no exclusivamente: bibliotecas; museos). Edificios y otras estructuras donde existe frecuentemente aglomeración de personas, incluyendo, pero no exclusivamente:

- Salas destinadas a asambleas para 100 o más personas
- Estadios y graderías al aire libre para 2.000 o más personas
- Escuelas, parvularios y recintos universitarios
- Cárceles y lugares de detención
- Locales comerciales con una superficie mayor o igual que 500 m² por piso, o de altura mayor que 12 metros
- Centros comerciales con pasillos cubiertos, con un área total mayor que 3.000 m² sin considerar la superficie de estacionamientos.

Edificios y otras estructuras no incluidas en la Categoría de Ocupación IV (incluyendo, pero no exclusivamente, instalaciones que manufacturan, procesan, manipulan, almacenan, usan o desechan sustancias tales como combustibles peligrosos, productos químicos peligrosos, residuos peligrosos o explosivos) que

contienen cantidades suficientes de sustancias peligrosas para el público, en caso que se liberen.

Edificios y otras estructuras que contengan sustancias peligrosas deben ser clasificadas como estructuras de la Categoría de Ocupación II si se demuestra satisfactoriamente ante la Autoridad Competente mediante una estimación del riesgo, según la NCh 3171 (Diseño Estructural: disposiciones generales y combinaciones de carga), que la liberación de la sustancia peligrosa no presenta una amenaza para el público.

d) Categoría IV: Edificios y otras estructuras clasificadas como edificios gubernamentales, municipales, de servicios públicos o de utilidad pública, incluyendo. Pero no exclusivamente:

- Cuarteles de policía
- Centrales eléctricas y telefónicas;
- Correos y telégrafos;
- Radioemisoras
- Canales de televisión
- Plantas de agua potable y de bombeo.

Edificios y otras estructuras clasificadas como instalaciones esenciales cuyo uso es de especial importancia en caso de catástrofe, incluyendo, pero no exclusivamente:

- Hospitales
- Postas de primeros auxilios
- Cuarteles de bomberos
- Garajes para vehículos de emergencia
- Estaciones terminales
- Refugios de emergencia

Estructuras auxiliares (incluyendo, pero no exclusivamente a, torres de comunicación, estanques de almacenamiento de combustible, estructuras de subestaciones eléctricas, estructuras de soporte de estanques de agua para incendios o para consumo doméstico o para otro material o equipo contra incendios) requeridas para la operación de estructuras con Categoría IV durante una emergencia. Torres de control de aviación, centros de control de tráfico aéreo, y hangares para aviones de emergencia. Edificios y otras estructuras que tengan funciones críticas para la defensa nacional. Edificios y

otras estructuras (incluyendo, pero no exclusivamente, instalaciones que manufacturan, procesan, manipulan, almacenan, usan o desechan sustancias tales como combustibles peligrosos, productos químicos peligrosos, residuos peligrosos o explosivos) que contienen sustancias peligrosas en cantidades superiores a las establecidas por la autoridad competente. Edificios y otras estructuras que contengan sustancias peligrosas deben ser clasificadas como estructuras de la Categoría de Ocupación II si se puede demostrar satisfactoriamente a la Autoridad Competente mediante una estimación de riesgo, como se describe en NCh 3.171 que una fuga de estas sustancias no representa una amenaza 93 para el público. No se permite esta clasificación reducida si los edificios u otras estructuras también funcionan como instalaciones esenciales o utilidad pública. El capítulo 5 de Disposiciones Generales y Métodos de Análisis señala en el artículo 5.1.1 cual es la orientación que tiene esta norma técnica en cuanto a las estructuras y señala en primer lugar, que el objetivo de la presente norma es que las edificaciones resistan sin daño sismos de intensidad moderada. En aquellos casos de sismos de mediana intensidad, que los daños se limiten a elementos no estructurales. En el caso de sismos de intensidad particularmente severa, su objetivo es que el edificio evite el colapso, aún cuando se presente daños, que no permitan volver a utilizar el edificio. El mismo artículo aclara en su inciso segundo que no es esta ley, ni ninguna otra, la encargada de señalar cual sismo corresponde a las respectivas intensidades, por lo que se desprende que deja esa interpretación a la lex praxis de los profesionales que estudien dichos fenómenos, el determinar que categoría se le pudiese dar a tal o cual movimiento telúrico. La base general que toma esta norma es la del comportamiento lineal y elástico⁶⁶ de las estructuras ante la acción sísmica, aún cuando existen determinadas normas referidas a la fatiga y resistencia de cada material y que deben ser revisados en conjunto con esta, para realizar un correcto estudio de proyecto de cálculo estructural para construir (por ejemplo la norma técnica de hormigón armado). El artículo 5.3 señala que en caso de que existan incompatibilidades entre esta norma técnica y alguna de diseño de materiales, debe prevalecer la NCh 433. Esta norma hace una clasificación de tres tipos de sistemas estructurales, estos son en primer lugar, el sistema de muros (acciones gravitacionales y sísmica son resistidas por muros); segundo el sistema de pórticos (acciones gravitacionales y sísmicas son resistidas por pórticos); y finalmente un sistema mixto. El subcapítulo 5.5 se refiere a los modelos estructurales y señala en primera instancia los pesos que debe resistir la construcción y es así como se debe considerar en el cálculo de masas de las cargas permanente, un porcentaje de sobrecarga de uso, el que será de un 25% en edificaciones destinadas a habitación privada, o de uso público, siempre que estas últimas no tengan aglomeraciones de

personas o cosas como característica usual. En aquellos edificios de uso público en los que estas aglomeraciones sean usuales se deberá considerar una sobrecarga de uso de un 50%. Luego el subcapítulo 5.5 regula los diafragmas⁶⁸ de piso, en cuanto a que se debe verificar que las fuerza axiales se deben redistribuir entre los planos o subestructuras verticales resistentes. Para ello se debe verificar la rigidez y resistencia que tengan los diafragmas. Si se trata de edificios que tiene plantas irregulares (una U o una T, por ejemplo) pueden proyectarse como una sola estructura, siempre y cuando los diafragmas de pisos que les correspondan se calculen y construyan como un solo conjunto, sino se entenderán y construirán como estructuras separadas. Luego trata la compatibilidad de deformaciones horizontales, en que los edificios que tengan diafragmas horizontales⁶⁹, deben hacer los análisis compatibles con los desplazamientos horizontales de las estructuras verticales con los diafragmas horizontales del edificio. El subcapítulo 5.7 señala el factor de modificación de la respuesta, el que refleja las características de absorción y disipación de energía de la estructura resistente, como la experiencia del comportamiento sísmico en determinados materiales y tipos de estructuraciones. Luego el capítulo 5 señala dos temas divididos en los subcapítulos 5.8 y 5.9, las acciones sísmicas sobre las estructuras y las deformaciones sísmicas. Indicando para ello que se debe hacer una análisis de la construcción como mínimo para acciones sísmicas independientes según cada una de las direcciones horizontales que tiene el edificio y sobre los elementos que son vulnerables a la acción vertical del sismo (entendiéndose por estos, las marquesinas, balcones, aleros, etc.) se deben diseñar para fuerzas verticales iguales a las cargas permanente, más las sobrecargas de uso y a ambas se les debe sumar un 30%. En cuanto a las deformaciones sísmicas, básicamente establece factores máximos de desplazamiento entre los pisos y las partes de la estructura, para mantener el edificio con un nivel de seguridad mínimo que le permita resistir el colapso ante una fuerza sísmica de alta intensidad. En el 5.10 se refiere a las separaciones mínimas que deben existir entre edificios y entre los edificios y los cuerpos de este, ello para permitir su movimiento relativo debido a fuerzas laterales. El subcapítulo 5.11 se refiere a los Planos y Memoria de Cálculo. Así es como señala que los planos de estructuras deben contener como información básica, la calidad de los materiales considerados para el proyecto, también la zona sísmica en donde se construirá la obra y además el tipo de suelo donde pretenda realizarse la fundación. En cuanto a la Memoria de Cálculo, debe informar además de lo que la obliga la ordenanza general (capítulo 2.2), de una descripción del sistema sismorresistente y también debe hacer una descripción del método de análisis sísmico, identificando las parámetro usados para determinar la sollicitación sísmica. También debe señalar cuales fueron los

resultados principales del análisis y finalmente la forma en que se utilizaron los tabiques divisorios en dicho análisis y en el diseño. En el capítulo 6 de esta norma técnica se señala los dos tipos de métodos de análisis sísmicos que se deben usar en las edificaciones nacionales para determinar las fuerzas de diseño en estructuras, pudiendo usarse por un lado el método de análisis estático, y por el otro, el método de análisis modal espectral (método dinámico). El primer método, el de análisis estático solo puede usarse para cierto tipo de edificaciones, es así como la NCh 433 indica en su artículo 6.2.1, que se usará este modelo exclusivamente para estas estructuras resistentes:

- a) todas las estructuras de las categorías I y II ubicadas en la zona sísmica 1 de la zonificación indicada en 4.1;
- b) todas las estructuras de no más de 5 pisos y de altura no mayor que 20 m;
- c) las estructuras de 6 a 15 pisos cuando se satisfagan las siguientes condiciones para cada dirección de análisis:

- los cuocientes entre la altura total h del edificio, y los períodos de los modos con mayor masa traslacional equivalente en las direcciones "x" e "y", T_x y T_y , respectivamente, deben ser iguales o superiores a 40 mls;
- el sistema de fuerzas sísmicas horizontales del método estático debe ser tal que los esfuerzos de corte y momentos volcantes en cada nivel no difieran en más de 10% respecto del resultado obtenido mediante un análisis modal espectral con igual esfuerzo de corte basal.

En el resto de las edificaciones corresponderá el uso del método de análisis modal espectral. La norma señala cual es el procedimiento de uso de uno y otro modelo, señalando de tal manera como deben realizarse y el estudio correspondiente que implica uno y otro, pero dada su dificultad técnica, no nos involucraremos mayormente, solo dando este atisbo referente a cuando se utiliza uno y cuando el otro. El capítulo 7 se refiere al Diseño y Construcción de Fundaciones, para ello regula el diseño y construcción de fundaciones superficiales y también lo hace en el caso de los pilotes. Dicha clasificación se realiza de acuerdo a la profundidad de contacto entre estructura y suelo. En el primer caso como su nombre lo indica, son menos profundas que en el caso del uso de pilotes. Finalmente este capítulo también estudia aquellos casos en que existan estructuras contiguas, de tal manera que la elaboración de fundaciones de una edificación no afecte las de otras construcciones colindantes o próximas a la obra que se desarrolla. Es así como el artículo 7.4.3 indica que antes de

iniciar la construcción de una obra se debe efectuar un catastro detallado de las estructuras colindantes o cercanas comprometidas. El capítulo 8 trata de los Elementos Secundarios. Establece las condiciones y las solicitaciones para el diseño y anclaje de elementos secundarios y la interacción de estos con la estructura resistente, tomando en cuenta el uso del edificio y la necesidad de continuidad de la operación. Para cumplir con lo anterior este capítulo regula distintas temáticas, pasando por los criterios sobre el nivel de desempeño y las fuerzas para el diseño de elementos secundarios y sus anclajes. También regula los tabiques divisorios y la relación que estos tiene con la estructura del edificio, clasificando para ello a los tabiques divisorios como solidarios (siguen la deformación de la estructura) y los flotantes (los que se pueden deformar de forma independiente a la estructura). El capítulo finaliza haciendo regulaciones particulares, lo que el subcapítulo 8.5 denomina aspectos complementarios.

Con este capítulo, se termina el articulado de la NCh 433. La norma es acompañada también de 3 anexos.

El anexo A se refiere al Diseño Sísmico y la Recuperación Estructural, por lo que se tratan los efectos de los sismos y a diferencia de lo señalado en la norma técnica, no tiene un afán preventivo.

El anexo A tiene como finalidad evaluar los daños producidos por un sismo en la estructura resistente de los edificios y orientar la recuperación estructural de un edificio que se encuentre ya dañado por un sismo o de los potencialmente inseguros ante la ocurrencia de uno futuro.

La recuperación estructural puede ser de dos tipos, dependiendo cual sea la finalidad de dicha recuperación, es así como se denominará “Reparación” cuando a una estructura que se encuentra dañada, se le restituye a lo menos su capacidad resistente y su rigidez original. Se le denominará por el contrario, “Refuerzo” cuando a la estructura, dañada o sin daño, se le modifiquen sus características para alcanzar un nivel de seguridad predeterminado mayor que el original.

En cuanto al grado de daño sísmico que puede sufrir una estructura, esta se clasificará como daño severo, moderado o leve. El encargado de hacer la estimación del daño, será un profesional especialista que analizará y cuantificará el comportamiento de los parámetros que definen el daño. Si el daño del edificio es severo y presenta la posibilidad de un colapso ante réplicas u otro sismo, la DOM puede solicitar el desalojo del edificio. La recuperación estructural que corresponda dependerá del

grado de daño y de la intensidad que haya tenido el movimiento sísmico que lo produjo.

El proyecto de recuperación estructural debe ser diseñado por un profesional especialista y debe contar con la aprobación de la DOM respectiva, salvo los edificios de categoría IV que requerirán además la revisión de otro profesional especialista, dada la importancia de estas construcciones. De hecho este tipo de edificaciones deben someterse cada 10 años a una revisión que tiene como fin velar que se cumpla lo solicitado por esta norma técnica.

El artículo A.3.2 de este anexo señala los antecedentes que debe incluir el proyecto de recuperación estructural, y son los siguientes:

- a) catastro detallado de daños en los elementos componentes de la estructura resistente
- b) estimación del grado de daño
- c) determinación de las causas y justificación de los daños
- d) nivel de seguridad sísmica de la recuperación estructural
- e) criterios básicos de diseño
- f) soluciones de reparación y de refuerzos
- g) planos generales y de detalles
- h) especificaciones técnicas constructivas
- i) nivel de inspección de obras
- j) aprobación del revisor del proyecto de acuerdo con lo establecido en A.3.1

En cuanto a los requisitos que debe cumplir el proceso constructivo de la reparación estructural, este anexo señala que debe realizarse por una empresa con experiencia en este tipo de trabajos, sumado a una inspección especializada (independiente de la empresa que lo lleve a cabo) durante todo el desarrollo de la obra y la supervigilancia del profesional especialista que efectuó el proyecto de recuperación (este también podrá ser el que haga la inspección especializada durante todo el desarrollo de la obra). La DOM respectiva puede eximir de los requisitos del proceso constructivo de la reparación estructural a determinadas obras, bastando la supervigilancia del autor del proyecto, siempre que:

- Sean viviendas aisladas individuales
- Tengan una superficie menor a 200 m²
- No tengan más de dos pisos

El anexo B señala las Referencias Transitoria que deben utilizarse mientras no se oficialice la norma técnica Chilena para el dimensionamiento y construcción de

estructuras de acero, la NCh 3171 de Diseño Estructural (esta última fue oficializada el año 2010, por lo que ya debe utilizarse y no se le aplican a las nuevas construcciones lo dispuesto en este anexo).

El anexo C trata sobre los empujes en muros subterráneos y tampoco resulta atinente para nuestro estudio.

2.1.2 NCH 2369 DISEÑO SÍSMICO DE ESTRUCTURAS E INSTALACIONES INDUSTRIALES

Aún cuando la NCh 433 fue concebida en primera instancia como una norma de diseño sísmico para todos los edificios, dadas las características de nuestro país y la frecuencia con la que solemos ser afectados por movimientos telúricos de mediana y gran magnitud, se hizo necesaria una norma de la misma naturaleza pero referida exclusivamente para las edificaciones industriales, principalmente por los costos que implican eventuales daños en este tipo de construcciones, desde el punto de vista económico. Ello porque el país se mueve en función de su industria, lo que significa que una ruina industrial puede detener la producción del país y consecuentemente deteriorar gravemente las tasas de empleo, en circunstancias posteriores a una catástrofe natural, que es cuando más se necesitan.

Sumado a lo anterior es que desde una perspectiva técnica, el desarrollo de mejores tecnologías de construcción antisísmica, ingenieril y arquitectónica, es mucho más viable en instalaciones industriales, puesto que los costos a la protección de material industrial son adyacentes para una empresa, que por lo tanto estará dispuesta a realizar una mayor inversión en esta área. Estas dos características de este diseño sísmico dan una muestra de que la normativa que regula a las instalaciones industriales o NCh 2369, da una mayor seguridad sísmica que la NCh 433.

La NCh 2369 se compone de 11 capítulos y de tres anexos los cuales se clasifican en subcapítulos y subanexos.

El primer capítulo es de Alcance y Campo de Aplicación, mientras que el segundo trata de Referencias Normativas.

El tercer capítulo es de Términos, Definiciones y Simbología y se subclasifica en 2 apartados, el primero de términos y definiciones y el segundo de simbología.

El capítulo cuatro trata de las Disposiciones de General Aplicación y se compone de siete subcapítulos. Primero, los principios e Hipótesis básicos; luego las formas de especificar la acción sísmica; tercero la clasificación de estructuras y equipos según su importancia; cuarto la coordinación con otras normas; quinto la combinación de

cargas; sexto, proyecto y revisión del diseño sísmico y; finalmente, disposición general sobre la aplicación de esta norma.

El capítulo 5 del Análisis Sísmico, dividido en 10 puntos. El 5.1 de Disposiciones generales; el 5.2, Métodos de análisis; 5.3 de Análisis elástico estático; 5.4, Análisis elástico dinámico; el 5.5 de Acción sísmica vertical; 5.6 de Equipos robustos y rígidos apoyadas en el suelo; 5.7 Diseño por desplazamientos diferenciales horizontales; 5.8 Análisis especiales; 5.9 estructuras con aislación sísmica o disipadores de energía y; 5.10 de otras estructuras no específicamente referidas en esta norma.

El sexto capítulo se refiere a las Deformaciones Sísmicas y son estudiadas en 4 focos, los cálculos de deformaciones, separaciones entre estructuras, deformaciones sísmicas máximas y efecto P-delta.

El capítulo 7 es de los Elementos Secundarios y Equipos montados sobre estructuras, se subclasifica en alcance, fuerzas para el diseño sísmico, fuerzas para el diseño de anclajes y sistemas de corte automático.

El capítulo ocho de Disposiciones Especiales para Estructuras de Acero se clasifica en 7 subcapítulos. El primero de las Normas aplicables; luego de los Materiales; tercero de los Marcos Arriostrados; cuarto de Marcos Rígidos; quinto de Conexiones; sexto, anclajes y; finalmente Sistemas de Arriostramiento Horizontales.

El noveno capítulo de la Disposiciones Especiales para Hormigón Armado se subclasifica en estructura de hormigón armado, luego en estructuras prefabricadas de hormigón y finalmente en naves industriales compuestas por columnas en voladizo.

El capítulo 10 es sobre las Disposiciones sobre fundaciones y se divide en especificaciones generales para el diseño y en fundaciones superficiales.

El último capítulo, el 11 sobre Estructuras Específicas se clasifica en 13 subcapítulos.

El subcapítulo 11.1 trata de los Galpones industriales; el 11.2 de las Naves de acero livianas; el 11.3, Edificios industriales de varios pisos; 11.4 de Grandes equipos suspendidos; 11.5 de Cañerías y ductos; el 11.6, Grandes equipos móviles; 11.7 de Estanques, elevados, recipientes de proceso y chimeneas de acero; 11.8 de Estanques verticales apoyados en el suelo; 11.9, Hornos y secadores rotatorios; 11.10 de Estructuras de albañilería refractaria; 11.11, Equipos eléctricos; 11.12 de Estructuras y equipos menores y; el 11.13 de Estructuras maderas.

El anexo A trata de los Detalles Típicos.

El anexo B de Diseño de las uniones viga a columna en Marcos rígidos de acero, y lo abarca en 8 temas.

El anexo C, Comentarios, que precisamente resuelve posibles dificultades que se produzcan de la lectura e interpretación de cada uno de los capítulos de esta norma técnica y del anexo B.

En el capítulo 1 del Alcance y Campo de Aplicación, señala que tipo de estructuras son las que quedan sujetas al diseño sísmico regulado por esta norma técnica, es así como se aplica tanto a las estructuras propiamente tales, como a los sistemas de ductos y cañerías y a los equipos de proceso, mecánicos y eléctricos y a sus anclajes, estructuras de bodega o recintos de vocación industrial, y a las construcciones estructuradas con columnas en voladizo.

En cuanto a los edificios de oficina, casinos y los demás que puedan asimilarse a los de uso habitacional, serán regulados por la NCh 433. De hecho la NCH 2369 es complementaria a la NCh 433, a tal punto que todas las indicaciones que no sean modificadas expresamente por la Norma Técnica de Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales, son aplicables a este tipo de edificaciones. Expresamente en el artículo 1.2 esta norma técnica indica ciertas tipo de obras que quedan fuera del ámbito de aplicación de esta norma, es así como las centrales nucleares, centrales de energía eléctrica y líneas de transmisión, presas, tanques de relaves, puentes, túneles, muelles gravitacionales, muros de contención, líneas de ductos enterradas, sumado a otro tipo de obras, no requieren el seguimiento de esta norma en su diseño.

El objetivo de esta norma está señalado en el capítulo 4 de este texto, señalando que las disposiciones indicadas en ella, sumado a las normas de diseño específicas de cada material, tienen por finalidad en primer lugar la protección de la vida en la industria y luego la continuidad de operación de la industria.

La protección de la vida en la industria se traduce en evitar el colapso de las estructuras para sismos más severos que el sismo de diseño; evitar incendios, explosiones o emanaciones de gas y líquidos tóxicos; la protección del medio ambiente y; asegurar la operatividad de las vías de escape durante la emergencia sísmica.

La continuidad de operación de la industria, implica para esta norma que se mantengan los procesos y servicios esenciales; evitar o reducir a un tiempo mínimo la paralización de la operación de la industria y; por último facilitar la inspección y reparación de los elementos dañados.

Para cumplir estos objetivos de evitar el colapso de las estructuras y además de mantener la continuidad de operación de la industria, el artículo 4.1.3 hace indicaciones de carácter técnico en el tipo de diseño sísmico y cuales son las

condiciones básicas que debe cumplir la obra para poder entender que ha cumplido con lo mínimo de acuerdo al diseño sísmico que le corresponde a una fábrica o instalación industrial.

El diseño sísmico está en manos de los ingenieros de procesos y de los profesionales especialistas. La aprobación del diseño sísmico siempre debe quedar en manos del profesional especialista, distinto de los diseñadores.

En cuanto a la ubicación de la instalación industrial, el artículo 4.1.6 de esta norma técnica señala que se deben considerar otros fenómenos, como lo son la amplificación topográfica (que produce que las aceleraciones hacia las crestas de las laderas aumenten), maremotos, desplazamiento por fallas y deslizamiento de tierras, licuación o densificación del suelo.

La norma también señala 4 modelos o formas que se entregan para especificar la acción sísmica:

- a) Mediante coeficientes sísmicos horizontales y verticales
- b) Mediante espectros de respuesta de sistemas lineales de un grado de libertad para los movimientos de traslación horizontal y vertical del suelo de fundación
- c) Dando valores descriptivos del movimiento del suelo como máximos de la aceleración, velocidad y desplazamiento de suelo
- d) Mediante acelerogramas reales o sintéticos debidamente formulados para los movimientos horizontal y vertical del suelo de fundación Si se utilizan una de las dos primeras alternativas, se debe respetar lo dispuesto en el artículo 4.1 de la NCh 433 sobre zonificación sísmica, o sea tanto los mapas indicados en las figuras 4.1 a); 4.1 b) y; 4.1 c); sumado a la tabla 4.2 de dicha norma y que aparecen previamente en este capítulo. También se regirá según lo que indica el artículo 4.2 de la NCh 433 sobre los efectos del suelo de fundación y de la topografía en las características del movimiento sísmico.

En cambio si las que se utilizan son las 2 últimas formas, estas se basan en los resultados de estudios de peligro sísmico, los que consideran la sismicidad regional y local, condiciones geológicas, geotécnicas y topográficas y las consecuencias directas e indirectas de las fallas de las estructuras y equipos. Si se le suma la sospecha de existencia de efectos de campo cercano, se debe hacer un análisis especial que los considere.

Al igual que en la NCh 433, la NCh 2369 también hace una clasificación del tipo de construcciones que regula, según su importancia, es así como clasifica las estructuras y equipos industriales en:

- a) Categoría C1: Obras críticas por cualquiera de las siguientes razones:

- Vitales, que se deben mantener en funcionamiento para controlar incendios o explosiones y daño ecológico, y atender las necesidades de salud y primeros auxilios de los afectados.
 - Peligrosas, cuya falla implique riesgo de incendio, explosión o envenenamiento de aguas o aire.
 - Esenciales, cuyas fallas pueden provocar detenciones prolongadas y pérdidas serias de producción.
- b) Categoría C2: Obras normales, que pueden tener fallas menores susceptibles de reparación rápida, que no causen detenciones prolongadas ni pérdidas importantes de producción y que tampoco puedan poner en peligro otras obras de la categoría C1.
- c) Categoría C3: Obras y equipos menores, o provisionales, cuya falla sísmica no ocasiona detenciones prolongadas, ni tampoco puede poner en peligro otras obras de las categorías C1 y C2.

En cuanto a la combinación con otras normas, esta norma técnica señala que se debe aplicar en conjunto con las normas de carga o diseño de cada material según lo reseñado en la NCh 433 y en los casos de cargas y materiales que no son tratados por la NCh 433 ni por las demás normas técnicas a las cuales esta hace referencia, se deberán usar normas y criterio internacionalmente reconocidos por el profesional especialista que aprueba el proyecto, siempre que estos cumplan los objetivos mínimos señalados por la norma técnica de diseño sísmico industrial, en su artículo 4.1.

Sobre el proyecto de Diseño Sísmico, este debe ser hecho por el profesional especialista (salvo los casos en que los equipos son diseñados por sus proveedores en el extranjero) y el diseño sísmico de todas las estructuras, de sus equipos y anclajes, cualquiera sea su origen debe ser aprobado por profesionales especialistas distinto al o los diseñadores. Los planos y memorias de cálculo deben ser diseñados con los mismos requisitos mínimos indicados en la NCh 433 y deben ser firmados por el profesional especialista que hizo el diseño original y por el que aprobó el diseño sísmico de las estructuras, equipos y anclajes.

En el caso de las estructuras y equipos que se encuentren en la categoría C3, los planos solo requieren la firma del profesional especialista que hizo el diseño original, indicando las dimensiones y materiales de los elementos resistentes, pesos, centros de gravedad y detalles del anclaje. El artículo 4.6.4 indica que pese a la revisión que requiera el proyecto de diseño, ello no liberará de responsabilidad al profesional especialista que hizo el diseño original, de cumplir

con las normas y especificaciones que se le señalan en la normativa técnica de diseño sísmico.

Puede variar la aplicación de la norma, de acuerdo a si el tipo de estructuras está expresamente tratada en ella. Si es así, es obligatoria esa disposición de diseño, pero en aquellos casos en que la estructura puede asociarse a varias clasificaciones que a su vez impliquen disposiciones de diseño diferentes, se deberá optar por la más exigente.

El capítulo 5 de la norma técnica está titulado como Análisis Sísmico y otorga las herramientas que se deben considerar a la hora de hacer el diseño sísmico de la obra. 106 Sobre la dirección de la sollicitación sísmica, el análisis de la estructura debe ser como mínimo para acciones sísmicas en dos direcciones horizontales aproximadamente perpendiculares y sobre el efecto de las aceleraciones sísmicas verticales, se deben considerar ciertos casos señalados en el artículo 5.1.1 de la norma técnica, estos son:

- Barras de suspensión de equipos colgantes y sus elementos soportantes y vigas de acero de construcción soldada, laminada o plegada, con o sin losa colaborante, ubicada en la zona sísmica 3, en la que las cargas permanentes representan más del 75% de la carga total
- Estructuras y elemento de hormigón precomprimido (pretensado y postensado)
- Fundaciones de elementos y anclajes, y apoyo de estructuras y equipos
- Cualquier otra estructura o elemento en que la variación de la acción sísmica vertical afecte en forma significativa su dimensionamiento, como por ejemplo, las estructuras o elementos en voladizo
- Estructuras con aislación sísmica sensitivas a los efectos verticales

En cuanto al diseño de una estructura resistente al sismo no requiere combinar los efectos de los dos componentes horizontales, a la norma le basta el diseño para un sismo actuando en cada una de las direcciones, en forma separada. Excepcionalmente en aquellos casos en que la estructura presente notorias irregularidades torsionales o tengan en ambas direcciones marcos rígidos con columnas comunes a dos líneas resistentes que se intersectan. En estos casos se deberá considerar al 100% de la sollicitación sísmica que actúa en una dirección, un 30% de sollicitación sísmica en la dirección ortogonal anterior (la otra dirección horizontal debe ser de 90° o cercana, por ejemplo dirección norte y dirección este). Y se deben considerar los máximos esfuerzos resultantes de dicha combinación.

Sumado a lo anterior en cuanto a la masa sísmica del modelo estructural para el cálculo de fuerzas horizontales provenientes de un movimiento sísmico, las sobrecargas de operación pueden reducirse dependiendo de la probabilidad de ocurrencia simultánea con el sismo de diseño. En cuanto a una eventual reducción de cargas para las fuerzas verticales, para los efectos del diseño sísmico de una edificación industrial en los casos del artículo 5.1.1, no se consideraran dichas reducciones, salvo las indicadas en la NCh 1537 para las sobrecargas de uso.

El subcapítulo 5.2 indica cuales son los métodos de análisis sísmicos que se deben usar para el diseño sísmico de las obras reguladas por la NCh 2369, estos pueden ser métodos lineales o no lineales, dependiendo la forma para especificar la acción sísmica que señala el artículo 4.2 de la presente norma, es así como para una acción sísmica especificada según la forma 4.2 a); b) y; c), el análisis sísmico se hará usando normalmente métodos lineales y si se especifica de acuerdo a la forma del 4.2 d), el análisis puede basarse en una respuesta no lineal. A grandes rasgos, los métodos lineales suponen que los materiales son “lineales”, o sea, al quitar las cargas la estructura retorna a su estado original, al considerarlos no lineal, se atiende la degradación de la rigidez de los miembros por efecto de las cargas a través del tiempo. Para los métodos lineales se pueden usar tres procedimientos:

- Análisis estático o de fuerzas equivalentes, para estructuras de no más de 20 metros de altura, siempre que su respuesta sísmica se pueda asimilar a la de un sistema de un grado de libertad
- Análisis modal espectral, para cualquier tipo de estructuras
- Métodos especiales para estructuras de comportamiento elástico, de acuerdo a lo estipulado en el artículo 5.8 de esta norma.

Los métodos de análisis no lineal corresponden a uno de los métodos de análisis especiales indicados en el artículo 5.8 que cumplan las condiciones de análisis tiempohistoria del artículo 5.8.2. El modelo no lineal debe modelar adecuadamente la capacidad resistente y el comportamiento de los electos estructurales, respaldados por ensayos de laboratorio (con este propósito) o estudios experimentales normalmente aceptados.

Los subcapítulos 5.3; 5.4 y 5.5 desarrollan el estudio de estos modelos.

El subcapítulo 5.8 trata de los análisis especiales que no solo se refieren al diseño sísmico de estructuras según estudios de ingeniería mecánica, sino que también toman otras variables que señalan que su tratamiento debe ser especial, así es como se analizan las características e importancia de las obras a construir,

condiciones geotécnicas del sitio, distancia a las fuentes sismogénicas, factores locales de amplificación o reducción de la intensidad del movimiento del suelo en función de la topografía del lugar y configuración y constitución del subsuelo. De hecho la misma norma en su artículo 5.8.1.2 indica que se debe tener en consideración de acuerdo a lo anterior, los valores probabilísticos de los análisis de riesgo sísmico desarrollados para sismos con un período de retorno de 100 años.

El subcapítulo 5.9 trata de las estructuras con aislación sísmica o disipadores de energía, se refiere a aquellas obras que cuentan con dispositivos que pueden ser incorporados al esquema resistente de una estructura para modificar sus propiedades dinámicas, alterando su período fundamental de vibración, aumentando su capacidad de disipación de energía o modificando la distribución de fuerzas, para mejorar su respuesta sísmica.

Básicamente este subcapítulo hace indicación a cuales son los criterios y normas que deben regir la utilización de cualquier método de aislación sísmica, reconociendo ciertas normas que pueden ser aplicables y en otros casos otorgando los requisitos que se deben cumplir en el estudio del diseño para que estos elementos sean bien utilizados.

El capítulo 8 de la NCh 2369 se refiere a las disposiciones especiales para las estructuras de acero y que a falta de una nueva versión de la norma chilena para el dimensionamiento y construcción de estructuras de acero, se deben usar las disposiciones de la NCh 2369 complementadas con normas extranjeras, debidamente señaladas. Estas son las siguientes:

- Load and Resistance Factor Design Specifications for Estrcutural Steel Buildings, 1999, de American Institute of Steel Construction (AISC); o alternativamente la Specifications for Steel Buildings, Allowable Stress Design, 1989, de AISC
- Specifications for the Design of Cold Formed Steel Structural Members, 1996, de la American Iron and Steel Institute (AISI), para diseño de elmentos formados en frio no incluídos en las normas AISC 109
- En lo relacionado con diseño sísmico las normas de la AISC se deben complementar con las disposiciones de Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, Part 1: Structural Steel Buildings, 1999, de la AISC. Alternativamente se pueden usar las normas de cláusula 8 y del anexo B de la NCh 2369.

La norma de diseño sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales, una vez reseñadas las normas internacionales que la complementan, se refiere en específico cuales son los marcos regulatorios que impone para el diseño sísmico en estructuras de acero. Ello incluye la regulación en los marcos arriostrados y rígidos, las conexiones, los anclajes y los sistemas de arriostamiento horizontales.

En el capítulo 9 sobre disposiciones especiales para estructuras de hormigón se debe usar la reglamentación indicada en este capítulo, complementada con la NCh 430 de Hormigón Armado, la que a su vez se estudia conjuntamente con la ACI 318-99 (American Concrete Institute, norma extranjera). Después del 25 de Febrero del año 2011, se inició la gran modificación de la NCh 430, entró en vigencia el Decreto MINVU 118 del Reglamento que fija los Requisitos de Diseño y Cálculo para el Hormigón Armado, que para las obras nuevas debe ser aplicado preponderantemente.

En los casos en que la planificación del cálculo estructural se haya hecho bajo la regencia de la norma estadounidense, se considera el territorio nacional, con sus tres zonas sísmicas en la totalidad, una región de elevado riesgo sísmico.

El subcapítulo 9.2 trata del diseño en los casos en que sean utilizadas estructuras prefabricadas de hormigón y los cuatro sistemas de diseño para resistir acciones sísmicas: Sistemas gravitacionales, sistemas prefabricados con conexiones húmedas, sistemas prefabricados con conexiones dúctiles y sistemas prefabricados con conexiones secas. Finalmente el capítulo tiene un apartado específico para la regulación del diseño de naves industriales compuestas por columnas en voladizo.

El capítulo 10 trata sobre la Fundaciones y las disposiciones que esta norma les señala para un correcto diseño sísmico de la obra. Lo hace a través de dos apartados, por un lado las especificaciones generales para el diseño y por el otro hace una regulación específica para aquellos casos en que se utilicen fundaciones superficiales y no de pilotes.

En el capítulo final del articulado de la NCh 2369 se refiere a las Estructuras específicas. Este capítulo es de gran importancia dado que se regulan distintos tipos de estructuras que son usualmente utilizadas en la manufactura e industria y por lo tanto la norma opta por regularlas en lo específico y de esta manera darle un grado mayor de seguridad constructiva.

En primer lugar este capítulo se refiere al diseño sísmico de los galpones industriales, luego el subcapítulo 11.2 regula las naves de acero livianas. El término nave se entiende arquitectónicamente como al espacio comprendido entre dos muros o filas de columnas. En este caso particular la propia norma señala que este subcapítulo se aplicará cuando se cumplan ciertas condiciones técnicas para que pueda considerarse una nave como nave liviana. Ello se entenderá así considerando desde la altura que ella pueda tener, sumando a las combinaciones de cargas que le son aplicables y también que estas deben pertenecer a la clasificación C2 y C3 según el artículo 4.3.1 de esta norma técnica.

En el caso del subcapítulo 11.3 de los edificios industriales de varios pisos, la norma es cauta tomando en consideración de que en la medida de lo posible, los pisos deben ser diafragmas sísmicos rígidos (de hormigón, o metálicos con arrostramientos horizontales o planchas de piso sólidas). En los diafragmas se deben contemplar dispositivos de unión con la estructura capaces de transmitir la fuerza sísmica.

El 11.4 regula el diseño de los grandes equipos suspendidos y el 11.5 de las cañerías y ductos.

En el caso de los grandes equipos móviles, estos se deben analizar dinámicamente considerando las magnitudes y posiciones más desfavorables de las cargas. El subcapítulo 11.7 regula el diseño en caso de existir estanques elevados, recipientes de proceso y chimeneas de acero y el 11.8, los estanques verticales apoyados en el suelo (estos pueden ser fabricados de acero u hormigón armado, pero en lo referido en particular a estas cisternas, este subcapítulo prefiere las normas técnicas específicas de cada uno de estos materiales).

El 11.9 regula los casos en que hallan hornos y secadores rotatorios y el 11.10 las estructuras de albañilería refractaria (resistente a altas temperaturas) en que en su diseño se deben considerar los utensilios, tanto en frío como en su operación normal.

El subcapítulo 11.11 regula el diseño para los aparatos eléctricos, en que esta norma se aplica en exclusiva a los equipos eléctricos que se encuentran al interior de las plantas industriales, excluyendo expresamente los equipos de generación y transmisión, como también las subestaciones principales, las que deben regirse por especificaciones especiales.

Finalmente el capítulo trata en sus dos últimos apartados sobre las estructuras y equipos menores y las estructuras de madera.

El anexo A y el B son de referencia excesivamente técnicas por lo que no vale la pena tratarlos en este trabajo, puesto que están fuera de nuestro ámbito de estudio. En cuanto al anexo C, este tiene un afán explicativo sobre todo el articulado de la norma, pero será tratado en el capítulo IV sobre legislación antisísmica en materia de construcción en el derecho comparado.

2.2 EL TIPO DE DISEÑO ESTRUCTURAL QUE SE REALIZA EN CHILE ESTÁ BASADO EN LOS SISTEMAS DE PÓRTICOS, DE MUROS RESISTENTES Y MIXTOS

- Sistemas de Pórticos: son de mucha flexibilidad y gran oscilación frente a sismos. Son adecuados para edificios de gran altura.

- Sistemas de Muros Resistentes: presentan grandes ventajas y pocas deformaciones laterales, generando bajos daños en los elementos no estructurales.

Por otra parte, una mayor rigidez es una desventaja en sismos intensos o de mucha duración. Es ideal para construcciones de hasta 4 pisos.

- Sistema Mixto: es el más usado en la construcción de edificios en altura. Combina el sistema de pórticos y el de muros resistentes que van desde la cimentación hasta el último piso. Este sistema recoge las ventajas de los dos mencionados anteriormente, los cuales se complementan.

La actividad telúrica de febrero pasado en nuestro territorio recoge más de 120 réplicas, algunas de ellas por encima de los 7° Richter, que dañaron y dejaron en condición de inhabilitabilidad más de 2.300 construcciones, según cifras oficiales del Minvu, debiéndose rebajar estas cifras.

¿Por qué una construcción sí colapsó y otra no?

En Chile hay diferentes tipologías constructivas en base a los modelos mencionados. Dentro de los materiales empleados hay desde la arcilla cocida hasta otros de última generación. Dentro del amplio espectro de edificaciones chilenas, hemos seleccionado uno de los modelos más masificados en el país: la casa unifamiliar aislada de uno y dos pisos, solución que nos servirá para analizar cómo funcionan estas construcciones antisísmicas basadas en la normativa y la experiencia de los constructores chilenos sobre los efectos producidos por los sismos.

- El caso de Madera

Por su abundancia, es muy utilizada en la zona sur del país. Se construye empleando entramados en muros, pisos y techumbres, siendo muy resistentes frente a los movimientos de la tierra. Los muros se levantan sobre una cimentación corrida, de pilotes o directamente del terreno. Los elementos verticales se encuentran a una



distancia entre sí, no mayor de 60 cm. Lo importante en este sistema es mantener las diagonales en sus extremos, que deben pasar sin ser cortadas cuando se encuentran con las verticales. De este modo se disipan las fuerzas horizontales hacia el suelo.

Los revestimientos de estos muros determinarán el tamaño del vertical de madera que se utilice. Para la construcción del segundo piso encontramos diferentes soluciones. La más tradicional es repetir el sistema del primer piso al segundo.

- El caso de Albañilería

El trabajo del ladrillo es muy deficiente a la tracción y flexión. Por esta razón nunca se usa sin incorporar elementos que aporten resistencia. Este es el caso de:

- Albañilería armada: Dentro del muro se agregan barras delgadas de acero, tanto en vertical como en horizontal, unidas con mortero de cemento o mixto (cemento y cal).

Estos sistemas con ladrillos huecos son atravesados por varillas que nacen del cimiento hasta la viga o cadena, mejorando las propiedades elásticas del elemento.

Los aceros horizontales, llamados también escalerillas, no deberán superar las tres hiladas, y en las esquinas se pone una pieza de ángulo para una mayor continuidad del elemento.

- Albañilería reforzada o Confinada: Es un sistema que combina elementos de hormigón armado, cadenas, pilares, vigas, sobrecimientos y relleno del marco mediante bloques de

albañilería. Los cuatro primeros absorben la energía en el momento del sismo, mientras que el último sólo actúa como un cerramiento sin mucho compromiso estructural.

El segundo piso suele ser construido en madera o acero entramados, utilizando como superficie tableros de madera.

- La solución más efectiva y utilizada en Chile es la losa de hormigón armado

Esta no sobrepasa los 15 cm de espesor y se une a vigas y pilares formando un sistema monolítico que trabaja como un único elemento flexible y resistente a los movimientos ondulatorios.

La experiencia continua de sismos ha demostrado la validez de este sistema estructural para la construcción, siendo resistente ante grandes terremotos y presentando pocas pérdidas materiales y humanas.

2.3 APLICACIÓN Y FISCALIZACIÓN DE LA LEY, EN MATERIA DE CONSTRUCCIÓN.

2.3.1 DIRECCIÓN DE OBRAS

La dirección de obras municipales es la unidad encargada de las obras de urbanismo, construcción y edificación (el legislador utiliza indistintamente la expresión edificación y construcción, las entiende como sinónimos) que se realicen en la comuna. Para ser más precisos, esta institución municipal es la encargada de otorgar los permisos que la ley exige para la realización de dichas obras.

La Ley General de Urbanismo y Construcción se refiere a ellos, indicando en su artículo 8, que todas la Municipalidades deben consultar dicho cargo y para postular a él se debe tener título universitario. Pero en los casos en que la Municipalidad tiene una población superior a los 40.000 habitantes, el profesional deberá ser un arquitecto o un ingeniero civil, mientras que en el resto de ellas también podrá ser un constructor civil. En todos los casos se requerirá adicionalmente ser miembro activo e inscrito del colegio profesional respectivo. En los casos en que no sea posible costear a este profesional o nadie se ofrezca para el cargo, la Municipalidad deberá contratar a un profesional por tiempo determinado o utilizar a uno que ejerza funciones dentro de la Municipalidad.

El artículo 24 de la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades señala las funciones que se encargan a la unidad municipal encargada de las obras, entiéndase la DOM. Estas son 7 funciones claramente delimitadas, pero para algunos autores estas funciones se dividen en 2 grupos, aquellas funciones que son principales y las demás que serán las accesorias.

En el primer grupo se restringiría a la primera función señalada en la LOCMUNI que implica velar por el cumplimiento de las disposiciones de la LGUC, del plano regulador comunal y de las ordenanzas correspondiente y para ello, le otorga determinadas facultades, como lo son:

1) Dar aprobación a las subdivisiones de predios urbanos y urbano-rurales; 2) Dar aprobación a los proyectos de obras de urbanización y de construcción; 3) Otorgar los permisos de edificación de las obras señaladas en el número anterior; 4) Fiscalizar la ejecución de dichas obras hasta el momento de su recepción, y 5) Recibirse de las obras ya citadas y autorizar su uso. Las funciones accesorias son todas las demás que indica la LOCMUNI, como la fiscalización de las obras en uso, la aplicación de normas ambientales relacionadas con construcción y urbanización, confección y mantención de un catastro de las obras realizadas en la comuna, ejecutar medidas de vialidad urbana y rural, dirigir construcciones de responsabilidad municipal y aplicar las normas legales de construcción y urbanización en la comuna. La LGUC, también indica las funciones que le son otorgadas a este organismo, pero en este caso particularmente al Director de Obras. El artículo 9 de este texto legal las reduce en dos funciones, la primera y más relevante, es aquella que lo conmina a estudiar los antecedentes, dar los permisos de ejecución de obras, conocer de los reclamos durante las faenas y dar recepción final de las obras, de acuerdo a las disposiciones sobre construcción establecidas en la LGUC, la OGUC, planes reguladores, ordenanzas locales y normas y reglamentos respectivos aprobados por el MINVU. En cuanto al estudio de los permisos y la facultad para otorgarlos si cumplen con la normativa urbanística, esto es relativo, puesto que la LGUC señala que si los proyectos cumplen con la normativa urbanística, no es una facultad discrecional del Director de Obras otorgarlo o no, este deberá hacerlo. Señala con bastante claridad que tanto la facultad como la responsabilidad de dicho funcionario, es bastante más acotada de lo que uno pudiese deducir, puesto que en general sus obligaciones están destinadas al estudio y seguimiento de las obras en lo referido al cumplimiento con la ley urbanística, lo que implica que aún cuando su criterio profesional le pudiese señalar algo distinto (tomando en consideración que para ser Director de Obras, se debe tener una profesión con conocimiento técnico en el área de la construcción, siendo solo posible ejercerla por un arquitecto, ingeniero en construcción o constructor), su labor le exige atenerse con exclusividad a la norma urbanística, entendiendo por tal la LGUC, la OGUC y los instrumentos de planificación territorial, de acuerdo a lo señalado en el artículo 116 de la LGUC. Situación análoga se produce en el otorgamiento de permisos para los anteproyectos, también señalados en el artículo 116. La segunda función que estipula este artículo de la ley general, es dirigir las construcciones municipales cuando sean realizadas por el propio municipio y en aquellos casos en los que se realicen a través de un tercero, supervigilar dicha construcción. En la LGUC, se señalan en otros

apartados otras funciones que le corresponden al Director de Obras y se presentarán aquellas que por su mérito se entiendan relacionadas con este proyecto. Es así como en el artículo 146 de este cuerpo legal, se señala que es una facultad del Director de Obras, ordenar la paralización de cualquier obra, cuando hubiere lugar a ello, mediante resolución fundada. El mismo artículo da a entender que habrá lugar a ello cuando la obra se ejecute sin el permiso correspondiente o en disconformidad a él, o con ausencia de supervisión técnica o que exista un riesgo no cubierto. Ante esto podrá solicitar su paralización y deberá señalar un plazo prudente para que se puedan subsanar las observaciones realizadas. En el artículo 123 de la ley general se le otorga a la DOM la facultad de permitir trabajos de emergencia en propiedades que hayan sido parcialmente afectadas por un siniestro y que no cumplan con las disposiciones que ha dispuesto el plan regulador, con el fin de mantener dichas obras, dentro de un plazo delimitado de 6 meses para regularizar la situación. La ley general también lo otorga a la DOM, en su artículo 142, la facultad de fiscalizar las obras de edificación y urbanización dentro de la comuna, sumado a la observación del destino que se da a dichas obras. La ley indica que para esta labor los funcionarios municipales tendrán libre acceso a las obras, para ejercer todas las inspecciones que sean necesarias. El artículo 144 indica que es labor de la DOM otorgar la recepción definitiva de una obra, cuando se les solicite y se haya cumplido con los requisitos determinados en la legislación urbanística para poder acceder a dicho certificado. Al igual que en el caso del otorgamiento de permisos de edificación y urbanización, la ley exige a la Dirección de Obras Municipales, la fiscalización del cumplimiento de la normativa urbanística para otorgarlos, por ende tampoco es una facultad discrecional de la DOM y demuestra cual es la clara postura del legislador en torno a la real ingerencia de la Dirección de Obras Municipales en las obras que se ejecuten en la comuna. La habitación o uso de una obra que aún no ha recibido la recepción definitiva por parte de la DOM, está prohibida por la LGUC en su artículo 145 y no solo se sanciona con multas, sino también con la inhabilidad de la obra, hasta que se obtenga su recepción, y el desalojo de los ocupantes, con el auxilio de la fuerza pública, que decretará el Alcalde, a petición del Director de Obras Municipales, siendo esta otra facultad que la ley le otorga, en particular al Director de Obras. El artículo 148 del cuerpo legal le permite al Alcalde, ordenar la demolición de determinadas obras señaladas en este mismo artículo, siempre que sea a solicitud del Director de Obras. De hecho aún cuando la ley permite que se denuncie la situación de que un edificio amenace ruina o que pueda caer algún material causando algún daño, será responsabilidad del Director de Obras, el

reconocimiento de dicha obra para acreditar si efectivamente se está dando la situación denunciada y si ello se produce ir directamente a solicitar la demolición parcial o total de dicha edificación. El artículo 158 señala que el Director de Obras podrá exigir la terminación de obras de edificación, cuando estas estén paralizadas y tengan un mal aspecto o impliquen un riesgo para terceros. Incluso podrá exigir la reparación de aquellos edificios que por su aspecto afecten la apariencia del espacio público del cual sean colindantes o sugieran un riesgo de daño a terceros. En cuanto a la responsabilidad que les pudiese acarrear a las DOM el incumplimiento de sus funciones, habiendo denuncias indicando que no han actuado de la manera que señala la LGUC, OGUC o instrumento de planificación territoriales vigentes en la comuna, tanto la División de Desarrollo Urbano del MINVU o las Seremi del mismo, deberán solicitar la instrucción de un sumario a la Contraloría General de la República, informándolo al Alcalde y al Consejo Municipal. El artículo 22 de la LGUC señala que “los funcionarios fiscales y municipales serán civil, criminal y administrativamente responsables de los actos, resoluciones u omisiones ilegales que cometan en la aplicación de esta ley”. Ello indica hasta dónde puede llegar la responsabilidad de la Dirección de Obras, en cuanto al incumplimiento de lo señalado en este cuerpo legal. Pese a lo anterior la ley es bastante clara y por momento reiterativa en torno a la limitación que tiene la DOM respectiva en torno al estudio, fiscalización y certificaciones que les corresponda otorgar, indicando en todo momento que deben velar por el cumplimiento de la normativa urbanística vigente, entendiéndose esta la LGUC, la OGUC y los instrumentos de planificación urbana que se encuentren vigentes para dicha comuna. Esto implica que la fiscalización que le llama a hacer la ley, es bastante limitada en torno a la verificación de que se haya seguido lo ordenado por la ley urbanística y no requiere una revisión más exhaustiva, por lo que en la eventualidad de que hubiese algún desastre que produzca daños o colapsos de edificaciones, la responsabilidad que le pudiese acarrear a la Dirección de Obras Municipales, como organismo público encargado de permitir la ejecución de obras de edificación y urbanización, es extremadamente acotada. A tal punto la legislación inhibe la capacidad de la DOM de decidir sobre el futuro de los las solicitudes de permisos, recepciones o anteproyectos que estos sólo podrán ser rechazados cuando falten antecedentes exigidos para cada tipo de permiso en la ordenanza general, en cuyo caso se debe emitir un comprobante de rechazo timbrado y fechado en el que se precise la causal en que se funda el rechazo.

2.3.2 REVISORES DE PROYECTO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

El artículo 1.1.2 de la OGUC define a los revisores de proyecto de cálculo estructural, como: “ingeniero civil o arquitecto, con inscripción vigente en el correspondiente Registro del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, que efectúa la revisión del proyecto de cálculo estructural. Se entenderá también como tal, la persona jurídica en cuyo objetivo social esté comprendido dicho servicio y que para estos efectos actúe a través de uno de dichos profesionales”. En más de alguna norma urbanística se hace indicación que pese a la responsabilidad que otorga nuestra legislación a las DOM y a los revisores independientes, en general estos tiene como función principal el estudio de los proyectos y verificar si cumplen con la normativa urbanística (entendiéndose por tal la LGUC, la OGUC y los instrumentos de planificación territorial, que correspondan), indicando que no se considerará dentro de ello la verificación de los cálculos estructurales. Esta es la razón de que exista como un órgano fiscalizador independiente a los anteriores, los Revisores de Proyecto de Cálculo Estructural. La calidad de Revisor de Proyecto de Cálculo Estructural se acreditará mediante copia del Certificado de Inscripción Vigente en el Registro respectivo, al momento de solicitar el permiso de edificación. El proyecto de cálculo estructural está en manos del Projectista que es el “profesional competente que tiene a su cargo la confección del proyecto de una obra sometida a las disposiciones de la Ley General de Urbanismo y Construcciones”. El artículo 5.1.7 de la ordenanza general señala que el encargado de elaborar y suscribir el proyecto de cálculo estructural debe ser un Arquitecto o un Ingeniero Civil. La ordenanza general señala en el mismo artículo, que las edificaciones deben ejecutarse conforme a un proyecto de cálculo estructural. Excepcionalmente no requieren presentar dicho cálculo, las edificaciones de superficie menor a 100 metros cuadrados y las de clases C, D, E y F (Capítulo 2.2), que tengan una carga de ocupación inferior a las 20 personas, cuando el propietario en la solicitud de permiso de edificación deje constancia que la obra se ejecutará conforme al capítulo 6 de este título (de la Construcción) de las Condiciones Mínimas de Elementos de Construcción no sometidos a Calculo de Estabilidad.

Este proyecto de cálculo estructural debe presentarse a la Dirección de Obras Municipales, junto a la solicitud de permiso de edificación, acompañando la memoria de cálculo y los planos de estructura y deberá contener 4 indicaciones, la primera, las cargas y sobrecargas verticales por metro cuadrado (fija o móvil); la segunda, indicación de las fuerzas horizontales (como las sollicitaciones sísmicas, vientos, empujes laterales y sus totales por piso); la tercera de las tensiones admitidas en los materiales y en el terreno y la justificación de estas últimas; y finalmente la cuarta, indicación las condiciones de

medianería y las previsiones para reguardar la seguridad de terrenos y edificaciones vecinas. Los planos de estructuras requieren contar con ciertos dibujos:

1. Plantas de fundaciones y de cada piso o grupo de pisos iguales, a escala entre 1:100 y 1:10. En estos planos se indicará la ubicación de los distintos conductos colectivos, tales como de ventilación ambiental, de evacuación de gases de la combustión y de basura, cuando fuere necesario.
2. Secciones generales indispensables para definir las diversas partes de la estructura a escala entre 1:100 y 1:10.
3. Detalles de construcción de fundaciones, losas, vigas, ensambles, perfiles y otros que sean necesarios para la buena ejecución de la obra, a escala entre 1:100 y 1:10.
4. Especificaciones Técnicas de diseño que incluyan las características de los materiales considerados en el proyecto, zona sísmica donde se construirá el proyecto y el tipo de suelo de fundación, de acuerdo a la clasificación de la tabla 4.2 de la NCh.433.
5. Detalles de juntas de dilatación o separación entre cuerpos. Los proyectos de cálculo estructural no serán revisados ni por los Directores de Obras ni por los Revisores Independientes, sino exclusivamente por los revisores de proyectos de cálculo estructural. El artículo 5.1.25 ordena al propietario la contratación de un Revisor de proyecto de cálculo estructural para determinadas construcciones:

- 1) Edificios de uso público.
- 2) Conjuntos de viviendas cuya construcción hubiere sido contratada por los Servicios de Vivienda y Urbanización.
- 3) Conjuntos de viviendas sociales de 3 o más pisos.
- 4) Conjuntos de viviendas de 3 o más pisos que no sean sociales.
- 5) Edificios de 3 o más pisos cuyo destino sea uso exclusivo oficinas privadas.
- 6) Edificios que deban mantenerse en operación ante situaciones de emergencia, tales como hospitales, cuarteles de bomberos, cuarteles policiales, edificaciones destinadas a centros de control de empresas de servicios energéticos y sanitarios, emisoras de telecomunicaciones.
- 7) Edificios cuyo cálculo estructural esté basado en normas extranjeras, las cuales deberán ser declaradas al momento de solicitar el permiso.

En los casos en que la obra sea contratada por algún órgano de la Administración del Estado, la revisión del proyecto de cálculo estructural puede ser realizada por un profesional de la dependencia de dicho órgano (arquitecto o ingeniero) siempre que cumpla con el requisito de estar inscrito en el registro nacional de revisores de cálculo estructural. El informe favorable del revisor del proyecto de cálculo

estructural debe presentarse a la DOM respectiva junto con la solicitud del permiso de edificación, pero la ordenanza general permite que la revisión sea presentada con posterioridad hasta el momento del otorgamiento del permiso de edificación. Si no se presenta dentro de dicho período, la sanción a dicha infracción será la paralización de la obra, dispuesta por el Director de Obras. El artículo 5.1.27 de la ordenanza general indica que el revisor de proyecto de cálculo estructural debe hacer su revisión de acuerdo con las normas técnicas señaladas en el propio artículo y verificar su cumplimiento en lo que sea aplicable. Dichas normas técnicas son:

NCh 169 Ladrillos cerámicos – Clasificación y requisitos.

NCh 181 Bloques huecos de hormigón de cemento.

NCh 203 Acero para uso estructural – Requisitos.

NCh 204 Acero – Barras laminadas en caliente para hormigón armado.

NCh 205 Acero – Barras reviradas para hormigón armado.

NCh 211 Barras con resaltes en obras de hormigón armado.

NCh 218 Acero – Mallas de acero de alta resistencia para hormigón armado – Especificaciones.

NCh 219 Mallas de acero de alta resistencia - Condiciones de uso en el hormigón armado.

NCh 427 Construcción – Especificaciones para el cálculo, fabricación y construcción de estructuras de acero.

NCh 428 Ejecución de construcciones en acero.

NCh 429 Hormigón Armado – Primera parte.

NCh 430 Hormigón Armado – Segunda parte.

NCh 431 Construcción - Sobrecargas de nieve.

NCh 432 Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones.

NCh 433 Diseño sísmico de edificios.

NCh 434 Barras de acero de alta resistencia en obras de hormigón armado.

NCh 1159 Acero estructural de alta resistencia y baja aleación para construcción.

NCh 1173 Acero – Alambre liso o con entalladuras de grado AT56 – 50H, para uso en hormigón armado – Especificaciones.

NCh 1174 Construcción – Alambre de acero liso o con entalladuras, de grado AT56 – 50H en forma de barras rectas – Condiciones de uso en el hormigón armado.

NCh 1198 Madera - Construcciones en madera – Cálculo.

NCh 1537 Diseño estructural de edificios – Cargas permanentes y sobrecargas de uso.

NCh 1928 Albañilería armada – Requisitos para el diseño y cálculo.

NCh 1990 Madera – Tensiones admisibles para madera estructural.

NCh 2123 Albañilería confinada – Requisitos de diseño y cálculo.

NCh 2151 Madera laminada encolada estructural – Vocabulario.

NCh 2165 Tensiones admisibles para la madera laminada encolada estructural de pino radiata.

NCh 2369 Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales.

NCh 2577 Construcción – Barras de plástico reforzado con fibras de vidrio, fibras de carbono y fibras arámidas – Requisitos.

En aquellos casos en que el revisor de proyecto de cálculo estructural observa que no se cumple con alguna disposición de las normas técnicas que le sean aplicables a la obra determinada, formulará observaciones que se las dará a conocer al proyectista, por escrito y en un solo acto indicando las observaciones que deben ser aclaradas o subsanadas para cursar un informe favorable, remitiéndole una copia al propietario. En aquellos casos en que se verifique la inexistencia de normas técnicas para determinado proyecto, se deberán utilizar las normas técnicas extranjera que mejor se adecuen a la obra, siempre a criterio del revisor del proyecto de cálculo estructural. En cuanto a las responsabilidades que la ley señala para los proyectistas y para los revisores, el artículo 1.2.4 de la ley general, señala que los Proyectistas serán responsables en sus respectivos ámbitos de competencia, por los errores en que hayan incurrido, si de éstos se han derivado daños o perjuicios. El proyectista será responsable respecto de los cálculos de superficie edificada, de los coeficientes de constructibilidad y de ocupación del suelo, porcentajes, superficies de sombra y demás antecedentes declarados, cuyo cálculo no corresponderá verificar a las Direcciones de Obras Municipales. En aquellos casos en que existan personas jurídicas que estén constituidas como proyectistas (también como empresas constructoras), estas serán solidariamente responsables con el profesional competente que actúe por ellas como proyectista (o constructor), respecto de los daños y perjuicios que ocasionaren. El artículo 1.2.14 se refiere a la exclusiva responsabilidad que tienen los profesionales que lo hayan diseñado, sobre planos de estructura y memoria de cálculo, que incluyan en los casos que corresponda, el estudio de mecánica de suelos. Corresponderá asimismo a dichos profesionales asistir al constructor para que las estructuras se ejecuten de acuerdo a los respectivos planos y especificaciones técnicas del

permiso de edificación otorgado, dejando constancia en el Libro de Obras de su recepción conforme de las distintas etapas de ejecución de la estructura. No corresponderá al Director de Obras Municipales, ni al Revisor Independiente revisar la memoria de cálculo, los planos de estructura y el estudio de mecánica de suelos. Este artículo está claramente trazado para constituir parte importante de la responsabilidad del proyectista de cálculo estructural y en su inciso final, sumado lo establecido en el artículo 5.1.27, se desprendería que dicha revisión es labor del Revisor de Proyecto de Cálculo Estructural. En cuanto a la responsabilidad que pueda caberle a los Revisores de Proyecto de Cálculo Estructural, el artículo 1.2.17 señala que responderán de su labor en la forma que establecen las normas generales sobre prestación de servicios profesionales. De lo cual se puede desprender que el legislador no fue muy preciso en determinar la real responsabilidad de dichos sujetos, pero al mismo tiempo y a diferencia del caso de las DOM y de los Revisores Independientes, permitiría abarcar una responsabilidad mayor y que además no está delimitada a lo señalado en la norma urbanística, sino a las normas técnicas propiamente tales y a la “Lex Arti” El mismo artículo hace una aclaración en torno a la labor de los Revisores de Proyecto de Cálculo Estructural, e indica que estos no podrán actuar en tal calidad respecto del mismo proyecto en que les corresponda intervenir profesionalmente en cualquier otra calidad. El Decreto Supremo N° 134 que Aprueba el Reglamento del Registro Nacional de Revisores de Proyecto de Cálculo Estructural, señala que la administración del Registro corresponde al MINVU, pero este puede encomendarla a una institución llamada “Instituto de la Construcción”. En cuanto a los requisitos que se debe tener para poder inscribirse en este Registro, el artículo 6 del DS 134, señala que en el caso de las personas naturales estas deben contar con título de Arquitecto o Ingeniero Civil con especialidad en Obras Civiles, acreditando un mínimo de experiencia para poder ingresar a cada categoría. Si los profesionales que deseen inscribirse tienen especialidades distintas, también podrán ingresar, siempre que estas estén relacionadas con la construcción. Además deben tener un tiempo mínimo de preparación académica, que no será menor a 1.000 horas docentes (estas incluyen asistencia a clases teóricas, ejercicios y talleres de proyecto estructural). En los casos de especialidad en Geotecnia o Mecánica de Suelos, la preparación mínima exige 300 horas docentes (incluyen asistencia a clases teóricas, ejercicios de laboratorio y especializaciones de postgrado en materias relacionadas con la especialidad). En el caso de las personas jurídicas, los requisitos que le exige este DS son que en su objeto social se incluya la revisión de proyectos de cálculo estructural. Además si es una sociedad de personas se exige que a lo menos 1 socio

cumpla con los requisitos profesionales señalados para las personas naturales. Lo mismo en caso de Sociedades Anónimas, pero el que debe cumplir con los requisitos para las personas naturales, será uno de sus directores y en el resto de las Instituciones, deberá cumplirlo a lo menos 1 director o 1 administrador. Las Universidades quedan exoneradas de cumplir con los requisitos que se le exigen al resto de las personas jurídicas.

El título III de este DS se refiere a las inhabilidades e incompatibilidades para inscribirse en este Registro. Por ejemplo está estrictamente prohibido inscribirse en más de una categoría del registro (en los caso en que el Revisor sea una persona jurídica, se aplica también a sus socios, o sea, si la persona jurídica esta inscrita en una categoría, sus socios no podrán inscribirse en forma particular en otra). Tampoco podrán inscribirse las personas que hayan sido condenadas por crimen o simple delito merecedores de pena aflictiva (en caso de personas jurídicas, se extiende esta inhabilidad para sus miembros), lo mismo si los Revisores están sancionados por algún otro Registro del MINVU (por ejemplo, Registro Nacional de Revisores Independientes). Para aquellos casos en que fue sancionado por uno de los registros, la inhabilidad prescribirá una vez pasado 2 años desde el término de la sanción y el mismo período una vez transcurrido el cumplimiento de la pena, si el origen de la inhabilidad es por una causa penal. En los casos en que existieran condenas por delitos de menor gravedad que aquellos que merecen pena aflictiva, podrán quedar sujetos a la inhabilidad anterior, cuando se estime que la naturaleza del bien jurídico protegido afecte la idoneidad profesional del Revisor o la aptitud y responsabilidad de la persona jurídica En cuanto a las incompatibilidades, que no les permiten actuar como tales, el artículo 8 de este DS, indica 6 causales para los Revisores, que son las siguientes: a) Respecto de proyectos en que les corresponda intervenir profesionalmente en cualquier otra calidad. b) Respecto de proyectos de cálculo estructural referidos a permisos de edificación de obras en los que le cabe alguna participación a la persona jurídica de la cual forman parte o a otro de los socios, directores o administradores de dicha persona jurídica, en calidad relevante, tales como: propietario, proyectista, constructor, supervisor, inspector técnico o revisor independiente. c) Respecto de proyectos de cálculo estructural referidos a permisos de edificación de obras emplazadas en predios que pertenezcan en dominio al Revisor o a sus parientes hasta el 4° grado de consanguinidad o 2° de afinidad. d) Respecto de proyectos de cálculo estructural referidos a permisos de edificación de obras emplazadas en predios que pertenezcan en dominio a una sociedad de personas de la cual el revisor sea socio

o a una sociedad anónima o a otra persona jurídica en que sea director o administrador, según corresponda. e) Respecto de proyectos que se relacionen con Municipalidades, o con el MINVU, el MOP o el SERVIU respectivo, cuando cumplan funciones de Revisor de Proyectos o de Calculistas de dichos servicios. f) Respecto de proyectos en que sean socios del revisado o exista alguna relación contractual y/o dependencia económica de algún tipo entre el proyectista y el Revisor o tenga intereses comerciales en el proyecto específico o participación, de cualquier naturaleza, en alguna sociedad relativa al proyecto en cuestión. El título IV del DS se refiere a las categorías de Revisores que reconoce esta norma, son 3:

a) Tercera categoría: Pueden revisar e informar proyectos de obra de edificación que no excedan los 10.000 m² y en el caso de unidades repetidas, que estas no superen los 6.000 m². Podrán inscribirse en esta categoría las personas naturales o jurídicas que cumplan con los requisitos profesionales exigidos previamente y que acrediten proyectos de cálculo o revisión de estos no inferiores a los 50.000 m², en los últimos 5 años y no menos de 3 edificios sobre 5.000 m² en los últimos 3 años. Sumado a lo anterior deberán acreditar la posesión de un grado académico de Magíster o Doctor en el área de estructuras y una experiencia no menor a los 5 años en el campo de la Ingeniería Estructural, en consultorías, asesorías, peritajes, revisiones sísmicas, análisis estructurales especial, proyectos de cálculo estructural u otras actividades afines.

b) Segunda categoría: Pueden revisar e informar proyectos de obra de edificación que no excedan los 15.000 m² y en el caso de unidades repetidas, que estas no superen los 8.000 m². Podrán inscribirse en esta categoría las personas naturales o jurídicas que cumplan con los requisitos profesionales exigidos previamente y que acrediten proyectos de cálculo o revisión de estos no inferiores a los 100.000 m², en los últimos 8 años y no menos de 3 edificios sobre 8.000 m² en los últimos 5 años. Sumado a lo anterior deberán acreditar la posesión de un grado académico de Magíster o Doctor en el área de estructuras y una experiencia no menor a los 8 años en el campo de la Ingeniería Estructural, en consultorías, asesorías, peritajes, revisiones sísmicas, análisis estructurales especial, proyectos de cálculo estructural u otras actividades afines.

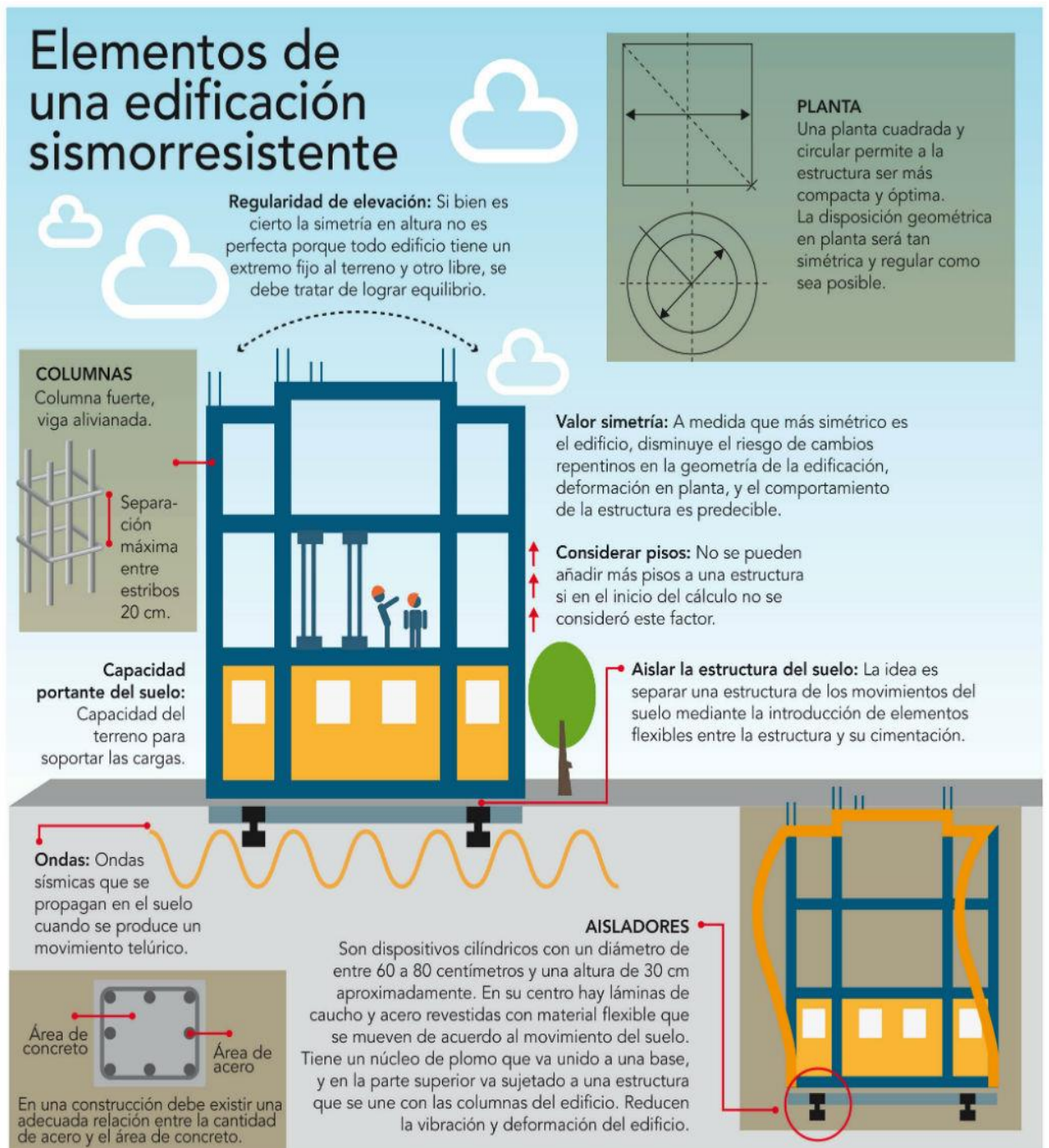
c) Primera categoría: Pueden revisar e informar todo tipo proyectos de obra de edificación, cualquiera sea la cantidad de metros cuadrados calculados. Podrán inscribirse en esta categoría las personas naturales o jurídicas que cumplan con los requisitos profesionales exigidos previamente y que hayan ejercido un mínimo de 12 años como Proyectista de cálculo estructural o como Revisor de Proyectos de cálculo estructural y acrediten una cantidad que no resulte inferior a los 150.000 m² en proyectos de cálculo o revisión de los mismos, en los últimos 10 años y no

menos de 5 edificios sobre 10.000 m² en los últimos 8 años. Sumado a lo anterior deberán acreditar la posesión de un grado académico de Doctor en el área de estructuras y una experiencia no menor a los 10 años en el campo de la Ingeniería Estructural, en consultorías, asesorías, peritajes, revisiones sísmicas, análisis estructurales especial, proyectos de cálculo estructural u otras actividades afines. En estas categorías podrán inscribirse exclusivamente los Arquitectos con especialidad en estructuras o cálculo de estabilidad de las edificaciones y los Ingenieros Civiles, legalmente autorizados para ejercer en el país de acuerdo con los requisitos establecidos por el Colegio de Ingenieros de Chile, para la especialidad de Obras Civiles, aún cuando no se encuentren inscritos en dicha asociación gremial. La experiencia que solicita la ley se podrá acreditar a través de la presentación de copias de él o los permisos de edificación, que acrediten dicha experiencia, o a través de certificados del Director de Obras Municipales respectivo o de las Instituciones en que el interesado se desempeñó profesionalmente. En aquellos casos en que el Revisor de Cálculo requiera la asesoría en materia de Geotecnia o Mecánica de Suelos, deberá recurrir a los Ingenieros especialistas en la materia que están inscritos para ello en este Registro. Esta especialidad se encuentra en una única categoría que exige que los inscritos en ella cumplan con los requisitos profesionales exigidos en el artículo 9 de este DS y que acrediten como experiencia su participación en estudios de Geotecnia o Mecánica de Suelos y un mínimo de 12 años desde la obtención del título profesional. Sumado a lo anterior se deberá acreditar la posesión de grado académico de Magíster o Doctor en Geotecnia o Mecánica de Suelos y un mínimo de 5 años de experiencia en estudios sobre la especialidad o directamente relacionados con ella. La vigencia de estas inscripciones en el Registro durará 6 años y son renovables, a petición del interesado. Derivado de todo lo anterior y realizando un análisis comparativo con los otros órganos fiscalizadores, entiéndase las Direcciones de Obras Municipales y los Revisores Independientes, nuestra legislación indica que es el Revisor de Proyecto de Cálculo Estructural quien mayor inferencia tiene en la fiscalización de la correcta aplicación de la normativa técnica antisísmica, puesto que los anteriores reducen su revisión a la normativa urbanística, entendiéndola como la LGUC, la OGUC y los Instrumentos de Planificación que correspondan a la obra, pero no se involucran con las normas técnicas nacionales, dentro de las cuales se encuentran nuestra normativa técnica de construcción antisísmica. Por ende sería este fiscalizador el encargado de resguardar su aplicación y el responsable no solo de la normativa urbanística que

le corresponda revisar sino también de la normativa técnica que de acuerdo a su experiencia profesional y académica, debiese conocer y fiscalizar.

CAPITULO 3: DISEÑO DE EDIFICIOS SISMORRESISTENTES

3.1 TIPOS DE DISEÑOS DE EDIFICIOS SISMORRESISTENTES.



CC por Ing. Blas Cruz. Construcciones Sismorresistentes.2016.

LO QUE DEBE TENER UN EDIFICIO QUE SOPORTE TEMBLORES

PARA CONSTRUIR UN EDIFICIO ANTISÍSMICO ES NECESARIO CONSIDERAR

- ☑ El edificio y su estructura deben ser livianos
- ☑ Necesariamente debe ser simple, simétrico y regular en planta como altura
- ☑ No se puede olvidar que la estructura debe ser rígida teniendo tenacidad
- ☑ Toda la estructura debe tener la mayor cantidad de líneas de defensa
- ☑ Todos sus sistemas deben estar interconectados entre sí
- ☑ Debe hacerse un estudio de suelos

Es altamente recomendado el uso de acero en proyectos de vivienda

Con el fin de evitar deformaciones en la estructura

Todo está reglamentado en la Ley 400 de 1997

¿QUÉ DEBEN TENER EN EL INTERIOR?

- ☑ Pórticos de buena calidad
- ☑ Muros resistentes al cortante
- ☑ Diafragma
- ☑ Altura

RESPONSABILIDAD DE LOS DISEÑADORES

REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE

- ☑ Recae en los profesionales bajo cuya dirección se elaboran los diferentes diseños particulares
- ☑ Todos los diseños deben ir firmados o rotulados con sello seco registrado por profesionales matriculados

Algunas técnicas

- Refuerzo de la cimentación con hormigón
- Refuerzo con madera contrachapada
- Refuerzo a través de estructuras auxiliares
- Reducción del peso del forjado
- Incremento del número de apoyos verticales
- Cuanto más compacta, más estable será la construcción

1,36 millones viviendas cuentan con un seguro hipotecario

\$4.737 millones fue el monto de siniestros pagados.

\$880.000 millones fue el monto por el que compañías de seguro respondieron

Entre el 7% y 10% de edificaciones cuentan con un seguro obligatorio del hogar

Carlos Eduardo González. LR La República. 2017.

EXPERIENCIA NACIONAL E INTERNACIONAL

Procedimientos para el análisis y diseño de edificios y puentes para cargas sísmicas han existido en el mundo por cerca de 80 años. Una detallada historia y resumen de los procedimientos usados para el diseño sísmico de edificios se puede encontrar en el documento ATC-34 (ATC, 1995). Para edificios, los efectos sísmicos fueron incorporados por primera vez en el Uniform Building Code (UBC) de 1927 en EEUU. Sin embargo, el código no prescribía requerimientos de diseño. Los requerimientos de diseño se incorporaron en el código de 1930, los que establecían que los edificios debían ser diseñados para resistir una fuerza horizontal F aplicada en cada nivel, definida como $F=CW$, donde C es un coeficiente sísmico y W es el peso muerto más la carga viva ubicada

sobre el nivel considerado. En general, el desarrollo de normativa a nivel mundial ha estado siempre relacionado con la ocurrencia de terremotos de gran magnitud. Chile no ha sido la excepción. El primer documento para el diseño de estructuras con aislación sísmica de base fue publicado en 1986 por el SEAOC (Structural Engineering Association of California). Estados Unidos y Japón son los principales precursores del uso de la tecnología de protección sísmica. Los sistemas de protección sísmica presentaron su mayor auge luego de los terremotos de Northridge (EEUU) en 1994 y Kobe (Japón) en 1995. En ambos terremotos se observó que las construcciones que poseían sistemas de aislación sísmica se comportaron de excelente forma, lo que estimuló la masificación de este tipo de tecnología. En la actualidad Japón cuenta con más de 2500 construcciones con sistemas de aislación sísmica mientras que Estados Unidos con alrededor de 200. En Chile, el primer edificio con aislación sísmica de base fue construido en el año 1991. Este edificio de viviendas sociales, de cuatro pisos, se encuentra ubicado en el conjunto habitacional de la Comunidad Andalucía. Posteriormente, un sinnúmero de estructuras con sistemas de protección sísmica han sido construidas, entre los que destacan el viaducto Marga-Marga, el puente Amolanas, el Nuevo Hospital Militar La Reina, la Torre Titanium, entre muchos otros.



Ilustración 2. Torre Titanium Santiago de Chile



Ilustración 3. Torre Titanium Santiago de Chile



Ilustración 4. Hospital Militar Santiago de Chile

CAPITULO 4 COMPORTAMIENTO FRENTE A LOS SISMOS.

4.1 PROPIEDADES Y COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

El Hormigón es un material de gran resistencia mecánica a la compresión, el cual está conformado por una mezcla bien dosificada de cemento, áridos, agua y aditivos. Tiene varias ventajas constructivas como lo son su facilidad en estado plástico de acomodarse a moldajes y a cualquier forma estructural deseada, tiene una alta resistencia a la compresión, alta resistencia al fuego y a climas adversos además de que sus componentes son de fácil acceso en el sector de la construcción. Sin embargo, el hormigón tiene una gran desventaja estructural al actuar por sí sólo, la cual corresponde a su baja resistencia a la tracción, que comprende entre 10 y 20% de su resistencia a la compresión, es por eso que en el siglo XIX se comenzaron a utilizar barras rugosas de acero embebidas en el hormigón, con la finalidad de añadirle resistencia a la tracción y ductilidad a las secciones, y así evitar fallas frágiles. Como se mencionó anteriormente las estructuras de hormigón armado son preferidas por los proyectistas y constructores debido a su versatilidad y economía. Su rigidez puede ser utilizada para minimizar deformaciones producto de cargas cíclicas, y por tanto, reducir el daño de los elementos estructurales principales y de los no estructurales. Además de la rigidez, para que las estructuras de hormigón armado presenten un buen desempeño sísmico y sean menos vulnerables ante la acción de cargas dinámicas es necesario añadirle ductilidad a sus elementos, ya que gracias a ésta propiedad, el hormigón adquiere la capacidad de “disipar” energía sísmica en el rango inelástico y así admitir grandes deformaciones sin perder su resistencia. En general, los sistemas estructurales complejos que introducen incertidumbres en el detalle y análisis, pueden inducir a un comportamiento no deseado de la estructura. Así, los sistemas estructurales que poseen un sistema resistente a cargas laterales además de una configuración simple, regular y continua, presentan un buen desempeño durante los movimientos sísmicos.

Sismicidad en Chile

Chile se encuentra ubicado sobre la placa Sudamericana, en su borde occidental donde convergen y generan zonas de subducción las placas de Nazca y Antártica, en tanto que la placa de Scotia se desliza horizontalmente respecto a la placa Sudamericana. Estas interacciones producen una gran deformación del continente Sudamericano, y generan terremotos en todo Chile. Debido a la alta velocidad de convergencia entre Nazca y Sudamérica, la sismicidad en esa zona es la más intensa y produce los mayores terremotos en el país. Una zona de subducción ocurre en bordes de placas convergentes. La placa más densa o más pesada penetra bajo la menos densa, debido al peso de la placa subductada. En estas zonas ocurren todo tipo de sismos o terremotos tectónicos (Fig. 2.1). En el caso de las placas de Nazca y Sudamérica en Chile, la placa oceánica de Nazca, más densa que la placa continental de Sudamérica, penetra bajo el continente, formando una zona de subducción. El primer contacto entre las placa produce un valle profundo, llamado fosa o trinchera (“trench”), que ocurre bajo el océano costa afuera del continente. (CSN, 2011)



Figura 2.2: Zona de subducción y tipos de sismos que ocurren en ella.

Fuente: Centro Sismológico Nacional Universal de Chile

En base a lo anterior, Chile es uno de los países más sísmicos del mundo, donde han ocurrido grandes terremotos en el pasado y con toda seguridad, ocurrirán grandes terremotos en el futuro. Dada esta realidad, se está obligado a estudiar y entender mejor el proceso de los terremotos, evaluar el peligro que estos representan en el país, desarrollar todos los procedimientos que permitan mitigar estos peligros, optimizar el diseño y

construcción de infraestructura en forma adecuada, y aportar información relevante para la planificación de las acciones para reducir al mínimo los efectos de los terremotos.

Terremoto 27F y Comportamiento Estructural

El terremoto de Chile de 2010 (conocido como 27F) fue un sismo ocurrido el sábado 27 de febrero de 2010, que alcanzó una magnitud de 8,8 en la escala de Richter. El epicentro se ubicó en el mar, frente a las localidades de Curanipe y Cobquecura, cerca de 150 kilómetros al noroeste de Concepción y a 30,1 kilómetros de profundidad. El sismo tuvo una duración máxima de 4 minutos en las zonas cercanas al epicentro. Las zonas afectadas fueron las regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins, Maule, Biobío y La Araucanía, la cuales acumulan cerca del 80 % de la población del país. En las regiones del Maule y del Biobío, el terremoto alcanzó una intensidad de IX en la escala de Mercalli, afectando a ciudades como Talca, Constitución, Concepción, Cobquecura y Talcahuano. Las víctimas fatales llegaron a un total de 525 fallecidos, cerca de 500 mil viviendas dañadas severamente y un total aproximado de 2 millones de damnificados. Tomé fue una de las comunas más afectadas por el terremoto y posterior tsunami que afectaron a la zona. El maremoto causó 18 muertos en la localidad de Dichato. Los daños materiales fueron cuantiosos. La destrucción de viviendas se concentró en la bahía de Coliumo (en las localidades de Dichato y Coliumo), mayormente afectadas por el tsunami. La plaza de armas de Tomé sufrió daños serios, también el campanil de la iglesia parroquial, el edificio consistorial de la Municipalidad, entre otros. Hablando desde el punto de vista estructural, las edificaciones afectadas en dicho momento, se comportaron de buena manera al no colapsar durante el evento sísmico, pero en algunas situaciones puntuales, como el caso del edificio Alto Río, su comportamiento no fue el esperado (ver Figura 2.3). Este edificio colapsó y 8 personas perdieron la vida, además de otras 18 heridas. Gracias a los estudios que se realizaron por varios meses en el Idiem de la Universidad de Chile para detectar las causas, se pudo determinar que el colapso se originó debido a los problemas en el diseño, a la falta de control en la construcción de la estructura y también el error en la clasificación de suelos.



Figura 2.3: Edificio Alto Río Colapsado post terremoto 27 febrero 2010

Fuente: Diario El sur.

Pese a que la gran mayoría de edificaciones no colapsaron frente al sismo y posterior tsunami, si se observaron estructuras de hormigón armado con daño en varias ciudades del territorio afectado. Las fallas fueron problemas que pueden asociarse tanto a defectos de diseño, como constructivos. Varios edificios presentaron daños en muros de hormigón armado al nivel del piso uno o el menos uno (primer subterráneo), donde habitualmente se ubican los estacionamientos. Por ejemplo, según se observa en la Figura 2.3a y 2.3b, el daño más severo se presenta en la cabeza del muro, donde termina el alma del muro T (o en el extremo del muro rectangular), ya que en ese extremo se alcanzan las mayores deformaciones de compresión producto de las cargas de flexión y compresión. Estas deformaciones propiciaron la pérdida de recubrimiento dejando las barras longitudinales expuestas, las que ante ciclos de tracción y compresión, producto de la alternancia de la acción sísmica y la poca restricción que entregaba la armadura transversal, se pandearon y degradaron aún más la capacidad del elemento. Debido a que la armadura transversal no presentaba un anclaje dentro del núcleo de hormigón armado, a la poca resistencia de los empalmes y las grandes deformaciones que sufrieron las barras pandeadas, se generó un daño progresivo en algunas secciones debidos a las cargas cíclicas, llegando incluso a la fractura en algunos casos, sin presentar reducción en la sección transversal del refuerzo. Ésta falla se presentó en bordes de muro sin detalle de confinamiento especial y principalmente de bajos espesores. (Ver Figura 2.3c).

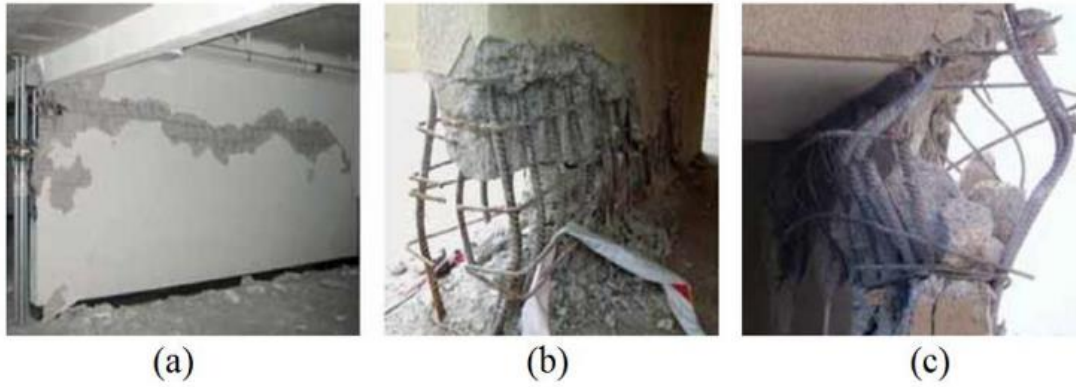


Figura 2.4: Daño en Muro de H.A, Pandeo y fractura de refuerzo

Fuente: Informe “efectos y enseñanzas del terremoto 27 febrero de 2010

Los pasillos o corredores formados por muros longitudinales en T conectados por losa, solicitados por el sismo, generaron importantes demandas de deformaciones en el elemento de acople. La losa de acople, comúnmente con refuerzo adicional de armadura longitudinal, presentó descascaramiento en la zona de compresión (Figura 2.4a). Otro tipo de falla que se observó en edificios de hormigón armado, fue la generada por corte, que se presentó tanto en fachadas, producto de perforaciones en muros (Figura 2.4b), como en elementos de acoplamiento en muros (Figura 2.4c).



Figura 2.5: Losa de acople y falla por corte

Fuente: Informe “efectos y enseñanzas del terremoto 27 febrero de 2010”

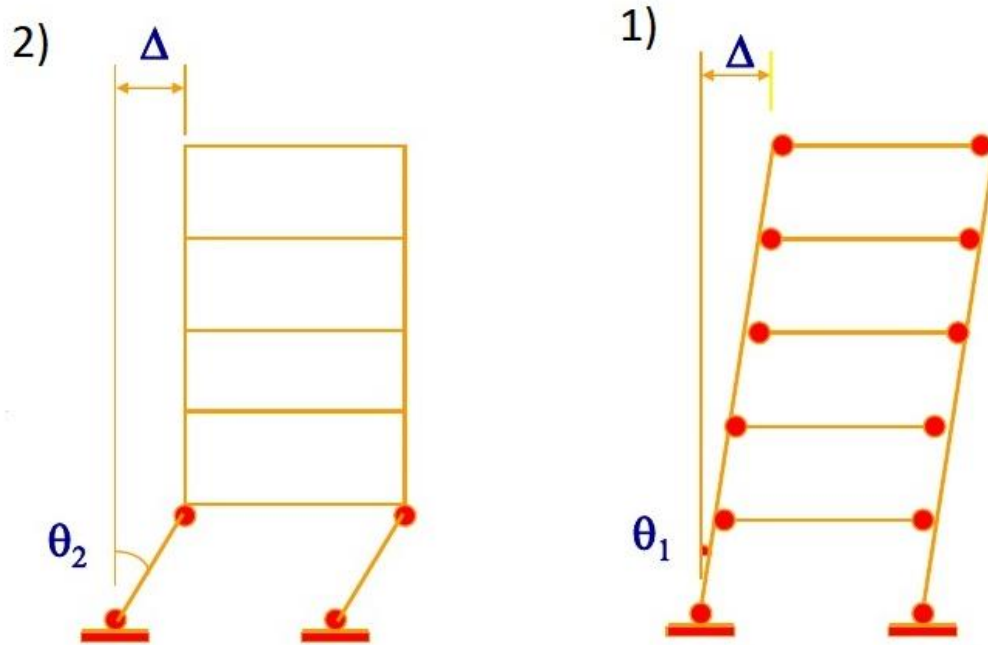


Figura 2.6: Comportamiento de estructura con disipador sísmico (fig.2) o sin disipador sísmico (fig.1).

Su comportamiento se basa en la recepción de toda la energía liberada por el sismo, la que por medio de disipadores o aisladores es acumulada y distribuida por toda la estructura uniformemente, en la cual el elemento que recibe la energía se lleva la gran parte de todo, ya que está capacitada técnicamente para no recibir daños catastróficos en la estructura y disminuir la amenaza sobre las vidas que están dentro de la edificación.

CAPITULO 5 RESULTADOS Y OBSERVACIONES DE LAS
ESTRUCTURAS POST MOVIMIENTOS TELURICOS.



FICHA DE EVALUACION DE DAÑOS PARA INSPECCION RAPIDA DE EDIFICIOS PUBLICOS

VERSIÓN 3
UNIDAD DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE EDIFICACION - DIVISION EDIFICACION PÚBLICA.
DIRECCION DE ARQUITECTURA | MOP

1. ALCANCE

Esta ficha de Inspección rápida de edificación está orientada a desastres por sismos, volcanes y aluviones frente a las emergencias ocurridas en 2015, es un documento adaptado, ampliado y actualizado de la versión japonesa, con el fin de evaluar un inmueble para la seguridad de las personas tanto al interior como en las inmediaciones, orientado a la capacidad remanente de la estructura. Debe ser usada por profesionales del área de la Construcción.

2. IDENTIFICACIÓN DEL INSPECTOR

Nº Serie: _____ Fecha de Inspección: _____ Hora de Inspección: _____
Nombre del Evaluador: _____ Firma: _____
Institución a la que pertenece: _____ Profesión: _____

3. IDENTIFICACIÓN DEL INMUEBLE

Región: _____ Provincia: _____ Comuna: _____ Localidad: _____
Nombre del Edificio: _____ Dirección (O coord. UTM) _____
Sector: _____ Uso o Tipo de Edificio: _____

Ha: Hospital; MI: Ministerio; CA: Cárcel; CC: Centro Cultural; ES: Estadio; GI: Gimnasio; IG: Iglesia; MU: Municipio; IN: Intendencia; GO: Gobernación; SE: Serem; FI: Fiscalía; DE: Defensoría; PO: Posta; CO: Consultorio; ESC: Escuela; LI: Liceo; JI: Jardín Infantil; SC: Sala Cuna; RE: Reten; TE: Tenencia; COM: Comisaría; PRE: Prefectura; EP: Edificio Público; O: Otros (Indicar Tipo)

Nº de pisos _____ Nº de subterráneos _____ Superficie _____ x _____ = _____ m²

4. TIPO DE DESASTRE CON CONSECUENCIA PARA LA ESTRUCTURA. Marque con X o un ticket en el círculo correspondiente.

Terremoto Aluvión o Alud Avalancha Inundación Tsunami Erupción Volcánica Incendio Otro

5. SISTEMA ESTRUCTURAL. Marque con X o un ticket en el círculo correspondiente

<input type="radio"/> Hormigón Armado	<input type="radio"/> Albañilería		<input type="radio"/> Acero		<input type="radio"/> Madera
Estructura	Estructura	Tipo de Bloques	Estructura	Uniones	Estructura
<input type="radio"/> Marcos	<input type="radio"/> Simple	<input type="radio"/> Fiscal	<input type="radio"/> Marcos Arriostrados	<input type="radio"/> Soldadas	<input type="radio"/> Marcos de Madera
<input type="radio"/> Muros	<input type="radio"/> Confinada	<input type="radio"/> Cerámico	<input type="radio"/> Marcos Rígidos	<input type="radio"/> Apernadas	<input type="radio"/> Muros de Madera
<input type="radio"/> Mixtos	<input type="radio"/> Armada	<input type="radio"/> Hormigón		<input type="radio"/> Mixto	<input type="radio"/> Quincha
	<input type="radio"/> Contrafuerte	<input type="radio"/> Adobe			
		<input type="radio"/> Piedra			
		<input type="radio"/> Otro			

COMENTARIOS Comente si ve más de un sistema estructural, intervenciones distintas o cualquier observación estructural importante de carácter general.

6. INSPECCIÓN GENERAL. Método de Inspección del inmueble.

Inspección sólo exterior Inspección exterior y visual interior, Indicar pisos _____

INSPECCIÓN 1. Inspección General de todo el Inmueble. En la columna de Pertinencia, indique con NA, cuando no aplique el concepto.

Aquí se juzga el daño a primera vista normalmente del exterior. Si el inmueble es obviamente inseguro por el daño observado, marque la alternativa apropiada, sáltese las inspecciones 2 y 3, clasifique la edificación como INSEGURA en el resumen final.

RANKING	Pertinencia	A	B	C
a) Colapso Total o Parcial		<input type="radio"/> No	<input type="radio"/> SI
b) Daño producto de Edificaciones Adyacentes o Falla del Suelo Colindante		<input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Incierto	<input type="radio"/> SI
c) Asentamiento del Edificio debido a Falla del Suelo		<input type="radio"/> < 0,2 m	<input type="radio"/> Entre 0,2 y 1,0 m	<input type="radio"/> > 1,0 m
d) Inclinación del Edificio completo o una parte debido a Asentamiento Diferencial		<input type="radio"/> < 1/60 rad	<input type="radio"/> Entre 1/60 y 1/30 rad (aparentemente inclinado)	<input type="radio"/> > 1/30 rad (fácil de notar)
e) Deformación de Estructura de Techo del Edificio total o parcial		<input type="radio"/> < 1/60 rad	<input type="radio"/> Entre 1/60 y 1/30 rad (aparentemente inclinado)	<input type="radio"/> > 1/30 rad (fácil de notar o grietas de cordones)

7. INSPECCIÓN ESPECÍFICA. (Sólo si es posible, en desastres no sísmicos use sólo auscultación exterior)

INSPECCIÓN 2. Peligro de Daño a Edificaciones adyacentes, Terreno colindante y Segmentos estructurales.

- A. Inspeccionar el piso más seriamente dañado, hacer un dibujo de la planta, contar las columnas y muros dañados y llenar la tabla que sigue. Si no puede entrar sólo evalúe por fuera del exterior.
- B. Si no se encuentra daño serio en los muros o en las columnas, pero si en algunas vigas y/o uniones vigas-columnas, arriba o debajo de la columna (o muro), tomar en cuenta el daño como de la columna (o muro).
- C. En la columna de Pertinencia, indique con NA, cuando no aplique el concepto.

Memoria de Cálculo de Daño Estructural. Contabilice el daño por rango y tipo de elemento estructural.

ELEMENTOS	Pertinencia	RANGO DE DAÑO					Total Elementos Revisados
		Ninguno (I)	Leve (II)	Moderado (III)	Fuerte (IV)	Severo (V)	
Columnas							
Muros							
Vigas							
Uniones o Nudos							
Uniones Soldadas							
Uniones Apemadas							
Losas							
Entrepliso de Madera							
Techumbre							
TOTAL RANGO							

Daño Estructural

Daño a las Columnas			
RANKING	A	B	C
e1) Porcentaje de Daño IV o V	<input type="radio"/> < 1/100 (1%)	<input type="radio"/> 1/100-1/10 (1% - 10%)	<input type="radio"/> > 1/10 (10%)
e2) Razón del Daño III	<input type="radio"/> < 1/8 (12.5%)	<input type="radio"/> 1/8 - 1/4 (12.5% - 25%)	<input type="radio"/> > 1/4 (25%)
Daño de Muros Estructurales			
RANKING	A	B	C
e3) Porcentaje de Daño IV o V	<input type="radio"/> < 1/100 (1%)	<input type="radio"/> 1/100-1/10 (1% - 10%)	<input type="radio"/> > 1/10 (10%)
e4) Razón del Daño III	<input type="radio"/> < 1/8 (12.5%)	<input type="radio"/> 1/8 - 1/4 (12.5% - 25%)	<input type="radio"/> > 1/4 (25%)
Seguridad Estructural	<input type="radio"/> INSPECCIONADO (Sólo A)	<input type="radio"/> INGRESO LIMITADO (B ≥ 1 y C = 0)	<input type="radio"/> INSEGURO (B ≥ 2 o C ≥ 1)

Daños No Estructurales. . En la columna de Pertinencia, indique con NA, cuando no aplique el concepto.

RANKING	Pertinencia	A	B	C
f) Marco y vidrio de ventana		<input type="radio"/> Sin o poco daño	<input type="radio"/> Deformación visible y/o grietas	<input type="radio"/> Peligro de caída
g) Terminaciones Exteriores		<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Grietas leves	<input type="radio"/> Grietas significativas
h) Terminaciones Interiores		<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Grietas leves	<input type="radio"/> Grietas significativas
i) Cielos Falsos		<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Se observa daño	<input type="radio"/> Peligro de Caída
j) Ductos de Ventilación		<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Se observa daño	<input type="radio"/> Peligro de Caída
k) Escaleras		<input type="radio"/> Sin o poco daño	<input type="radio"/> Gran cantidad de grietas pero las barras de refuerzo están ancladas	<input type="radio"/> Inclinación / separación de los elementos con que se conecta, barras de anclaje separadas del elemento
l) Muros no estructurales con marco		<input type="radio"/> Sin o poco daño	<input type="radio"/> Se observan grietas sin deformación fuera del plano	<input type="radio"/> Grietas extensas interconectadas, o deformación fuera del plano
m) Muros no estructurales sin marco		<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Grietas leves	<input type="radio"/> Grietas de corte
n) Estanques, Antenas, Balcones, Letreros, Maquinaria, etc.		<input type="radio"/> Sin inclinación	<input type="radio"/> Un poco inclinado	<input type="radio"/> Peligro de caída
o) Cubierta de Techo		<input type="radio"/> Sin daño	<input type="radio"/> Algún daño observado pero no hay peligro de caída de objetos	<input type="radio"/> Inclinación, deformación o separación perceptible del piso superior
p) Lampistería		<input type="radio"/> Sin daño	<input type="radio"/> Algún daño observado pero no hay peligro de caída de objetos	<input type="radio"/> Peligro de caída
q1) Bienes Muebles 1		<input type="radio"/> Sin inclinación	<input type="radio"/> Un poco inclinado	<input type="radio"/> Peligro de caída
q2) Bienes Muebles 2		<input type="radio"/> Sin inclinación	<input type="radio"/> Un poco inclinado	<input type="radio"/> Peligro de caída
q3) Bienes Muebles 3		<input type="radio"/> Sin inclinación	<input type="radio"/> Un poco inclinado	<input type="radio"/> Peligro de caída
r) Otro(s) Peligros(s)		<input type="radio"/> Sin daños	<input type="radio"/> Se observa daño	<input type="radio"/> Peligro para la vida
Seguridad No Estructural		<input type="radio"/> INSPECCIONADO (Sólo A)	<input type="radio"/> INGRESO LIMITADO (B ≥ 1 y C = 0)	<input type="radio"/> INSEGURO (B ≥ 2 o C ≥ 1)

Bienes Muebles (Patrimonio) considera: Ar. Archivos, Al: Altar, P: Púlpito, AT: Arca Taraí, C: Confesionario, I: Imágenes, B: Butacas o Asientos, In: Incensario, R: Retablos, IM. Instrumentos Musicales, OA. Obra de Arte (cuadros, esculturas, entre otras), V: Vitrinas, O: Otros (Indicar Tipo). Máximo tres tipos a declarar en caso de ser menos muebles las otras filas no se consideran.

Suma Total	A =	B =	C =
------------	-----	-----	-----

8. RESUMEN

EVALUACIÓN FINAL DEL EDIFICIO. Juicio de Seguridad del Inmueble

<input type="radio"/> INSPECCIONADO (Sólo A)	<input type="radio"/> INGRESO LIMITADO (B ≥ 1 y C = 0)	<input type="radio"/> INSEGURO (B ≥ 2 o C ≥ 1)
--	--	--

9. ESTADO DE INSTALACIONES

INSTALACION	Pertinencia	Suministro	Estado de Instalación
AGUA POTABLE	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	<input type="radio"/> Buen Estado <input type="radio"/> Intermitente <input type="radio"/> Mal Estado
ALCANTARILLADO	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	<input type="radio"/> Buen Estado <input type="radio"/> Intermitente <input type="radio"/> Mal Estado
AGUAS LLUVIAS	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	<input type="radio"/> Buen Estado <input type="radio"/> Intermitente <input type="radio"/> Mal Estado
GAS	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	<input type="radio"/> Buen Estado <input type="radio"/> Intermitente <input type="radio"/> Mal Estado
ASCENSORES	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	<input type="radio"/> Buen Estado <input type="radio"/> Intermitente <input type="radio"/> Mal Estado
CLIMA	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	<input type="radio"/> Buen Estado <input type="radio"/> Intermitente <input type="radio"/> Mal Estado
OTRA (especificar) _____	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	<input type="radio"/> Buen Estado <input type="radio"/> Intermitente <input type="radio"/> Mal Estado

COMENTARIOS Describa el TIPO DE DAÑO en caso de ser verificable; como por ejemplo, rotura, obstrucciones, pavimentos, cámaras, etc.

10. RECOMENDACIONES INICIALES

ACCION RECOMENDADA	DETALLAR CON COORDENADAS O REFERENCIA EN CROQUIS LUGAR(ES) ESPECIFICO(S)	ESTIMACIÓN VISUAL DEL AREA DE INTERVENCIÓN
<input type="radio"/> Apuntalar		
<input type="radio"/> Alzaprimar		
<input type="radio"/> Remover Objetos Peligrosos		
<input type="radio"/> Acordonar		
<input type="radio"/> Protección de Fachada de Lluvia o Intemperie		
<input type="radio"/> Remoción de ceniza volcánica		
<input type="radio"/> Remoción de barro en superficie de inmueble y acceso		
<input type="radio"/> Destapar Tuberías Alcantarillado y Limpieza de Cámaras		
<input type="radio"/> Limpieza de cubiertas y remoción de paños dañados		
<input type="radio"/> Corte de Suministro (Gas, Eléctrico, Agua)		
<input type="radio"/> Otras		

11. CROQUIS PLANTA CON ELEMENTOS ESTRUCTURALES RESISTENTES. En una hoja realice un croquis a mano alzada de la planta revisada (solo para casos de lesiones estructurales)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ahora ya somos testigos de lo que realmente significa la importancia y complejidad de las construcciones antisísmicas, comprendemos mejor la idea de cómo podemos prevenir desastres causados por movimientos telúricos y los beneficios que nos otorgamos evadiendo dichos problemas, ya vimos que los elementos que conforman a una construcción pueden ser de gran importancia y ayuda si se les toma en cuenta de la manera más responsable aun siendo parte del más mínimo detalle, conocemos algunos de los aspectos más importantes en cuanto al levantamiento de una obra de esta índole, hemos comprendido la participación tan relevante que pueden tener las construcciones antisísmicas en la vida cotidiana de nosotros como individuos, solo resta poner en práctica lo aprendido, como ya se ha mencionado, todo es por nuestra seguridad y mejor calidad de vida.

Esta memoria ha quedado estructurada en tres grandes bloques. Tras una breve introducción, una primera parte ha recogido los aspectos conceptuales y metodológicos relacionados con los contenidos de esta investigación, de forma que se ha establecido el marco para los desarrollos y aplicaciones posteriores. La segunda parte se ha dedicado al análisis detallado del comportamiento sísmico esperado de los edificios situados en una ciudad caracterizada por una amenaza sísmica alta. El desarrollo y aplicación de métodos y técnicas avanzadas de análisis del desempeño, vulnerabilidad y fragilidad de las edificaciones han permitido establecer, de forma cuantitativa, la importancia que, para la minoración del riesgo sísmico, tiene el diseño y construcción sismorresistente. La tercera parte se ha dedicado a analizar el riesgo sísmico de una ciudad, que por hallarse situada en un entorno de amenaza sísmica entre moderada y baja, no ha incorporado en sus costumbres y hábitos constructivos, ninguna conciencia ni precaución sísmica, lo que ha resultado en una elevada vulnerabilidad y fragilidad de sus edificios y, por lo tanto, en un riesgo considerable. Otro de los aspectos clave de este trabajo, ha sido la consideración estocástica del estudio, que permite tener en cuenta, de forma natural, las incertidumbres en la acción dinámica, en las características materiales y estructurales de los edificios y, en consecuencia en los resultados obtenidos. Diversos análisis de sensibilidad han permitido constatar, una vez más, la importancia de una correcta y ajustada definición de la acción sísmica, que, en caso de ser posible, debe fundamentarse en los acelerogramas registrados en la zona de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Nacional de Normalización, NCh 433.
- Instituto Nacional de Normalización, NCh 2369.
- Instituto Nacional de Normalización, NCh 3171.
- Beltrán, Massone, Herrera. (2011). Efectos y Enseñanzas del Terremoto del 27F en Chile.
- Escobar, J. (2008). Estudio Analítico de Soluciones Alternativas a las Disposiciones de Armadura Diagonal en Dinteles Cortos. Santiago: Universidad de Chile.
- Nilson, A. H. (2001). Diseño de Estructuras de Concreto. Colombia: McGraw-hill Interamericana.
- CSN. (2011). Sismicidad y Terremotos en Chile. U. de Chile.
- Oyarzo V. Claudio, Libro del curso “Hormigón Armado”, Facultad de Ingeniería UCSC.
- Planos estructurales y Memoria de Cálculo del edificio “Lord Cochrane Tipo A”.
- Manual de ETAB´s, Ingeniería Estructural, Morrison Ingenieros.