

1a. edición. marzo 1996

• SECRETARIA DE GOBERNACION
• CENTRO NACIONAL DE PREVENCION DE
DESASTRES
AV. DELFIN MADRIGAL No. 665, COL. PEDREGAL SANTO
DOMINGO, DELEGACION COYOACAN, C.P. 04360, MEXICO,
D.F.
TELEFONOS: 606 98 37, 606 97 39, 606 99 82.
FAX: 606 16 08

• Autor: Ministerio de Construcción del Japón
Traducido por Ing. Marino Sugahara y Dr. Oscar López
Bátiz
Revisado por: Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro
Edición a cargo de: Arq. Takeshi Jumonji.
Impresión a cargo de: Equipo Asesor Japonés.

Derechos reservados conforme a la ley
IMPRESO EN MEXICO PRINTED IN MEXICO

Distribución Nacional e Internacional: Centro Nacional de
Prevención de Desastres

**EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES
EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES**

SECRETARIA DE GOBERNACION

Lic. Emilio Chuayffet Chemor
Secretario de Gobernación

Lic. Juan Ramiro Robledo Ruiz
Subsecretario de Protección Civil y de Prevención
y Readaptación Social

CENTRO NACIONAL DE PREVENCION DE DESASTRES

Dr. Roberto Meli
Director General

Ing. Shigeharu Morishita
Director del Equipo Asesor Japonés

Dr. Mario Ordaz
Coordinador de Investigación

M. en I. Roberto Quaas
Coordinador de Instrumentación

Lic. Ricardo Cícero Betancourt
Coordinador de Difusión

SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

**NORMA PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DAÑO POR SISMO
EN ESTRUCTURAS Y GUÍA TÉCNICA DE REHABILITACIÓN
(ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO)**

Editado por
Takeshi Jumonji

Traducido por
Marimo Sugahara
Oscar López Bátiz

Revisado por
Sergio M. Alcocer Martínez de Castro

ÁREA DE INGENIERÍA ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA

CUADERNOS DE INVESTIGACION

P R E S E N T A C I O N

La Coordinación de Investigación del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) realiza estudios sobre las características de los fenómenos naturales y de las actividades humanas que son fuentes potenciales de desastres, así como sobre las técnicas y medidas que conducen a la reducción de las consecuencias de dichos fenómenos.

Las actividades enfocan la problemática de los Riesgos Geológicos (Sismos y Volcanes), de los Riesgos Hidrometeorológicos (Inundaciones, Huracanes, Sequías, Erosión) y de los Riesgos Químicos (Incendios, Explosiones, Contaminación por Desechos Industriales), y del comportamiento de las obras civiles y arquitectónicas con el área de Estructuras y Geotecnia.

Los resultados de los estudios se publican en Informes Técnicos que se distribuyen a las instituciones y los especialistas relacionados con cada tema específico.

En adición a dichos Informes Técnicos de carácter muy especializado, el CENAPRED ha emprendido la publicación de esta serie, llamada CUADERNOS DE INVESTIGACION, con el fin de dar a conocer a un público más amplio aquellos estudios que se consideran de interés más general o que contienen información que conviene quede publicada en una edición más formal que la de los Informes Técnicos.

Uno de los objetivos del Convenio de Cooperación Técnica entre la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y el CENAPRED, es la difusión en México de tecnologías y metodologías de diseño, construcción y trabajo experimental de estructuras en el Japón

Estas prácticas y experiencias son descritas en conferencias o seminarios dictados, o bien mediante la traducción al castellano de los textos originales del japonés, por los expertos japoneses de corto y largo plazo que colaboran en las actividades de investigación del CENAPRED. También, la conclusión del trabajo conjunto entre los expertos japoneses y los investigadores mexicanos se presentan como textos introductorios para técnicas experimentales de laboratorio. El presente trabajo se sitúa de este último rubro.

PRÓLOGO DEL EDITOR

Analizando los daños provocados por sismos previos se puede hablar que en Japón, después del sismo de 1948 en Fukui, no se ha presentado ningún sismo que originara cientos de muertos. Sin embargo, sí se presentaron sismos importantes como el de Niigata en 1964, donde se presentó un fenómeno grave de licuación de arenas y daño por fuego al fallar tanques de almacenamiento de aceite; el sismo de Tokachi-oki de 1968, que generó gran cantidad de daño y fallas en edificaciones; el sismo del mar de Japón en 1983, que generó grandes daños por tsunami; y, el sismo en la parte Este de la prefectura de Nagano de 1984, donde se generaron daños por estabilidad de taludes.

De las enseñanzas generadas por el comportamiento y nivel de daño de las edificaciones ante la incidencia de los sismos, como es el caso del gran sismo de Kanto en 1923, se han ido elaborando guías y propuestas reglamentarias. Principalmente, en el año de 1980 se publicó el código antisísmico más revolucionario en la historia del país, permitiendo que aun en este país de gran actividad y riesgo sísmico la construcción de edificios altos resistentes a sismo se convierta en realidad.

Sin embargo, durante los años recientes los medios de comunicación se han avocado a presentar noticias referentes a la probable ocurrencia de sismos en las zonas de Tokai y Minami-Kanto, información que genera temor e inseguridad en la población. Aunado a esto la ocurrencia de fenómenos sísmicos importantes como el de México (1985), Armenia (1988), Loma Prieta (1988), Irán y Filipinas (1990), han acrecentado ese temor por la probable ocurrencia de un sismo importante.

Los reglamentos antisísmicos japoneses, sobre todo en lo que respecta a estructuración de edificios, han tenido buena reputación mundial. Sin embargo, en caso de la incidencia de un sismo importante, se puede prever la ocurrencia de daños estructurales de consideración en algunos edificios antiguos.

Por lo tanto, se está promoviendo la implementación de medidas para mejorar el comportamiento antisísmico de edificios existentes, para lo cual se está elaborando el código para diagnosis del comportamiento antisísmico de dicho tipo de edificios, agilizando la difusión de guías y propuestas sobre su diseño antisísmico, reparación y refuerzo. Medidas que en algunos edificios tienden a manejar apoyo financiero de bancos como el Banco de Desarrollo de Japón para sus reparaciones, haciendo especial énfasis en las medidas para la reparación y refuerzo de vidrios de ventanas y muros exteriores para prevenir su caída. Por otra parte, otro aspecto a considerar para los edificios que fueren dañados durante un sismo, se refiere a la necesidad de inspección del seguridad y resistencia ante la posible incidencia de réplicas del sismo principal, para juzgar la posibilidad de su uso y habitación.

Por tal motivo, se ha elaborado la guía técnica para refuerzo y rehabilitación de edificios dañados por sismo como una parte del proyecto general "Desarrollo de la Tecnología de Refuerzo y Rehabilitación de Edificios Dañados por Sismos (1981-1985)", que tiene como objetivo primordial el evaluar el nivel de daño y seguridad de los edificios después de la incidencia de un sismo. Para obtener mejores resultados de este proyecto, se considera necesario difundir las técnicas e instruir a los técnicos y profesionales del ramo en

general. En consecuencia, se ha editado el "Código de Evaluación del Nivel de Daño de Edificios Dañados por Sismo y Guía Técnica de Refuerzo y Rehabilitación", así como "las Tablas para Encuesta y Evaluación", trabajos que han sido publicadas por la Asociación de Prevención de Desastres en Edificios del Japón.

El Ministerio de la Construcción del Japón, tomando en cuenta la participación voluntaria de la ciudadanía durante el sismo de Loma Prieta, así como la colaboración de gobiernos locales, está preparando un programa de evaluación del nivel de daño en las edificaciones, así como el aseguramiento de las mismas.

Igualmente, y basado en lo anterior, se elaboró un programa de instrucción y difusión amplia dentro de los profesionales de la construcción, así como con el personal encargado de realizar las labores de evaluación del nivel de daño, para que de una manera rápida y eficiente se pueda llegar a realizar la evaluación de un gran número de edificaciones. Así, el objetivo primario es el dar a conocer la presente guía entre los profesionales y técnicos encargados de los trabajos de evaluación, para su consulta y comentarios, permitiendo así mejorarlo con las aportaciones que su experiencia determine.

Febrero, 1991

Shoichiro Umeno

Jefe de la Sección de Consulta, Educación e Instrucción

Departamento de Vivienda

Ministerio de la Construcción

PRÓLOGO

A partir del año 1972, durante cinco años, se desarrolló una investigación sobre nuevas metodologías de diseño antisísmico de edificios como parte del proyecto para desarrollo de tecnología del Ministerio de la Construcción; en consecuencia, se logró alcanzar tecnología antisísmica de alto nivel a escala mundial. El fruto del proyecto se plasmó en la realización y edición del nuevo código de diseño antisísmico, puesto en vigor a partir del primero de junio de 1981; desde entonces, ha contribuido a elevar el nivel de la seguridad antisísmica de los edificios.

Mientras tanto, para mejorar la seguridad antisísmica de edificios existentes, en abril de 1977 y adelantándose a la edición del nuevo código de diseño antisísmico se publicó la Norma de Evaluación del Comportamiento Antisísmico de Edificios Existentes de Concreto Reforzado por el Centro Japonés de Seguridad de Edificios Especiales (actualmente es la Asociación Japonesa de Prevención de Desastres en Edificios), indicando los procedimientos para evaluar el comportamiento y la capacidad antisísmica de edificios existentes. Junto con esta norma, también se ha publicado por el mismo Centro, la Guía de Diseño para Reparación Antisísmico de Edificios Existentes de Concreto Reforzado, para corresponder a la necesidad de mejorar el comportamiento antisísmico de las estructuras existentes. Logrando así la posibilidad de establecimiento de los programas para evaluar e incrementar la seguridad antisísmica de edificios existentes.

Este progreso de la tecnología antisísmica tiende a disminuir el riesgo de pérdida de vidas por falla y derrumbe de edificios; sin embargo, todavía existe el riesgo de ocurrencia de daño y falla parcial de edificios, dejando como tema de investigación y desarrollo el estudio de técnicas para evaluación del nivel de seguridad de las estructuras, así como la tecnología de rehabilitación de edificios dañados. En los casos del sismo de Argelia y del sismo del sur de Italia, que ocurrieron sucesivamente en octubre y noviembre de 1980, hubo daños por réplicas del evento principal en algunos edificios que sufrieron degradación en su capacidad de comportamiento antisísmico por el temblor principal, y también aumentó la dimensión de daño indirecto por la tardanza para proporcionar auxilio y rehabilitación a las zonas dañadas; quedando de manifiesto la importancia de las contramedidas para la incidencia de réplicas del evento principal, como serían las medidas para auxilio y rehabilitación inmediata de emergencia después de temblor principal.

En caso del sismo de México en septiembre de 1985 y del sismo de Armenia en diciembre de 1988, colapsaron una gran cantidad de edificios en las ciudades, por lo que se considera necesario establecer una metodología y programas adecuados para la "Evaluación Inmediata de Emergencia del Nivel de Seguridad", con objeto de evaluar la posibilidad de uso de edificios después de gran daño por la incidencia de sismo. Con base en los anterior, desde 1981 hasta 1985 se desarrolló el proyecto denominado "Desarrollo de Tecnología de Rehabilitación de Edificios Dañados por Sismo" como una parte del Proyecto General de Desarrollo Tecnológico del Ministerio de Construcción, cuyos resultados se revisaron exhaustivamente por la Comisión de Investigación (al frente de la cual se encontraba Hajime Umemura, profesor emérito de la Universidad de Tokio) dentro del Centro Nacional de Investigación y Desarrollo de Tecnología. Los resultados de este proyecto ya se han aplicado en el caso del sismo de México en septiembre de 1985, en lo que respecta a la evaluación

del nivel de daño y técnicas de rehabilitación. Especialmente las técnicas de evaluación inmediata de emergencia del nivel de seguridad y la evaluación de la clasificación y nivel de daño, se ha confirmado su utilidad. El resultado de este programa de desarrollo tecnológico se publicó tentativamente como "Manual de Técnicas de Rehabilitación de Edificios Dañados por Sismo" por la Asociación de Investigación y Desarrollo en Arquitectura del Japón.

El presente documento es una edición simplificada, extrayendo las esencias de los resultados del proyecto "Desarrollo de Técnicas de Rehabilitación de Edificios Dañados por Sismo". El documento se compone de tres partes; Parte I. Norma de evaluación del nivel de daño; Parte II. Guía técnica de rehabilitación; y Parte III. Ejemplos de aplicación.

Respecto a la evaluación del nivel de daño, con objeto de evaluar el nivel de seguridad (o en su defecto, el nivel de peligro y riesgo) ante la incidencia de una réplica del sismo inmediatamente después de la ocurrencia del evento principal, se presentó la metodología para la "Evaluación Inmediata de Emergencia del Nivel de Peligro y Riesgo", y para la "evaluación de la clasificación y nivel de daño" para evaluar la necesidad de refuerzo suponiendo el uso permanente del inmueble.

Por otra parte, con respecto a la guía técnica de rehabilitación, está dividida en dos partes: 1) Tecnología de rehabilitación inmediata de emergencia, a emplear inmediatamente después de la ocurrencia del daño principal y 2) Tecnología de rehabilitación permanente o definitiva para la restauración definitiva de la estructura. La relación entre las metodologías de evaluación del nivel de daño y la tecnología de rehabilitación se muestra en seguida.

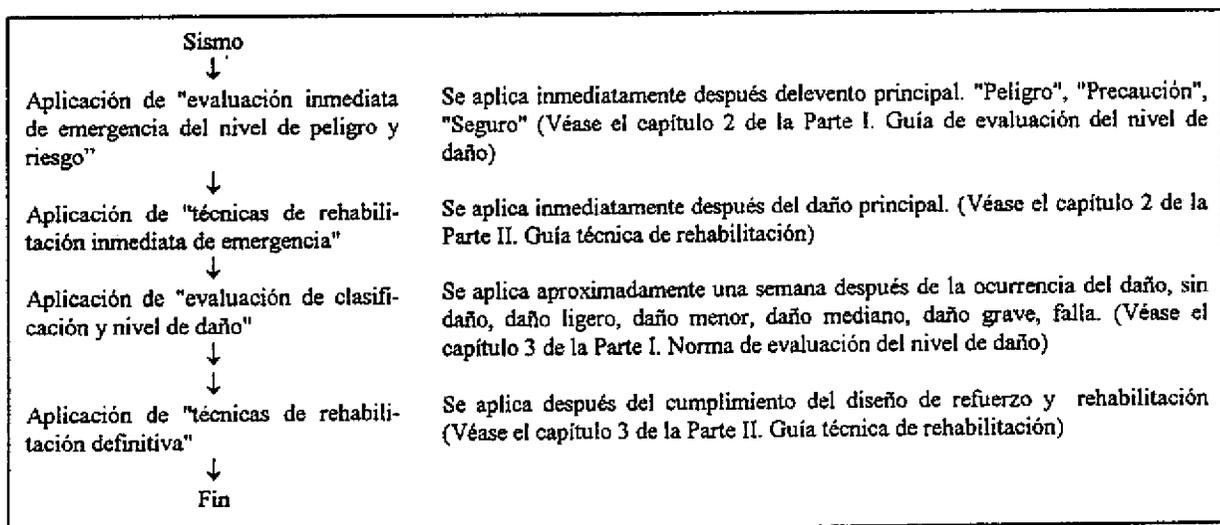


Diagrama de flujo de la aplicación de la metodología de evaluación del nivel de daño y el proceso de rehabilitación

Además de esta guía, con respecto a la evaluación del nivel de daño, se ha preparado un folleto sencillo para la inspección, investigación y la evaluación, con una explicación breve para su uso en el sitio.

Comité del Proyecto General sobre Desastres, y Revisión de la Norma para la Evaluación de la Seguridad de Edificios Existentes

Miembros del Comité Principal

Presidente	Hajime Umemura,	Profesor emérito, Universidad de Tokio.
Vice-presidente	Tsuneo Okada,	Profesor y director, Instituto de Ciencias de la Universidad de Tokio.
Secretario	Masaya Hirose,	Investigador Principal, Instituto de Investigación en Edificación, Ministerio de la Construcción
	Yasuyuki Yamanouchi,	Jefe del Laboratorio de Dinámica, Tercer Departamento de Investigación, Instituto de Investigación en Edificación, Ministerio de la Construcción.
Comisionado	Masamichi Ohkubo,	Profesor, Departamento de Planificación Ambiental, Facultad de Arte e Ingeniería, Universidad Tecnológica y de Arte de Kyushu.
	Wataru Okada,	Jefe del Departamento de Ingeniería Eólica, Tercer Departamento de Investigación, Instituto de Investigación en Edificación, Ministerio de la Construcción.
	Ben Kato,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Tokio.
	Takashi Kaminosono,	Investigador, Laboratorio de Estructuras Grandes, Cuarto Departamento de Investigación, Instituto de Investigación en Edificación, Ministerio de la Construcción.
	Isao Sakamoto,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Tokio.
	Hideo Sugiyama,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Ciencias de Tokio.
	Toshio Suzuki,	Ex Jefe de Instrucción en Construcción, Departamento de Vivienda, Ministerio de la Construcción.
	Kouichi Takanashi,	Profesor, Instituto de Ciencias de la Universidad de Tokio.
	Masaya Murakami,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Chiba.
	Tatsuo Murota,	Jefe del Tercer Departamento de Investigación, Instituto de Investigación en Edificación, Ministerio de la Construcción.
	Atsushi Yanagizawa,	Ex Jefe de la Primera Sección de Investigación, Centro de Investigación de Desarrollo Tecnológico.
	Yasunori Yamanaka,	Ex Jefe de la Sección de Prevención de Desastres de Edificios, Departamento de Vivienda, Ministerio de la Construcción.
Osamu Yoneda,	Jefe de la Sección de Arquitectura, Departamento de Construcción y Reparación, Secretaría del Ministro, Ministerio de la Construcción.	
Makoto Watabe,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad Metropolitana de Tokio.	
Colaborador	Mikio Niki,	Jefe del Laboratorio de Construcción de Vivienda, Cuarto Departamento de Investigación, Instituto de Investigación en Edificación, Ministerio de la Construcción.

Sección de estructuras de concreto reforzado

Jefe	Tsuneo Okada	(Antedicho).
Secretario	Masaya Hirose	(Antedicho).
Comisionado	Masamichi Ohkubo	(Antedicho).
	Takashi Kaminosono	(Antedicho).
	Ayumi Gojou	Ex Jefe adjunto de Instrucción en Construcción, Departamento de Vivienda, Ministerio de la Construcción.

Norimasa Narito,	Ex jefe adjunto de la Sección de Prevención de Desastres en Edificios, Departamento de Vivienda, Ministerio de la Construcción.
Ikuhiro Matsuzaki,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Ciencias de Tokio.
Masaya Murakami	(Antedicho).
Yasunori Yamamoto,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Universidad Tecnológica de Shibaura.
Noriyoshi Yamaguchi,	Jefe de la Sección Estructural. Despacho de Construcción, Comunicación Telefónica y Electrónica de Japón, S.A.

Grupo de trabajo en desastres

Jefe	Masamichi Ohkubo	(Antedicho).
Comisionado	Kaname Takahara,	Jefe de la Sección de Tecnología, Compañía Oka, S.A.
	Masaya Hirosawa	(Antedicho)
	Masaya Murakami	(Antedicho).
	Manabu Yoshimura,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad Metropolitana de Tokio.
Secretario	Takashi Kaminosono	(Antedicho)
Colaborador	Hironi Yokoo,	Jefe de la Sección de Diseño Estructural, Kushimoto-oka, S.A.
	Kiyoshi Yoneda,	Jefe de la Sección de Tecnología e Ingeniería, Izumisouken, S.A

Sección de estructuras acero

Jefe	Kouichi Takanashi	(Antedicho).
Secretario	Yasuyuki Yamanouchi	(Antedicho).
Comisionado	Hiroshi Akiyama,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Tokio.
	Ayumi Gojou	(Antedicho).
	Atsuo Tanaka,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Utsunomiya.
	Norimasa Narito	(Antedicho).
	Koji Morita,	Profesor, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Chiba.

Grupo de trabajo en refuerzo y rehabilitación

Jefe	Atsuo Tanaka	(Antedicho).
Comisionado	Kouichi Takanashi	(Antedicho).
	Isao Nishiyama,	Investigador, Primer Departamento de Ingeniería Sísmica, Departamento Internacional de Ingeniería Sísmica, Instituto de Investigación en Edificación, Ministerio de la Construcción.
	Kidou Yabe,	Investigador, Instituto de Tecnología, Shimizu Construcción, S.A.
	Yasuyuki Yamanouchi	(Antedicho)

Comisión de estructuras de madera

Jefe	Isao Sakamoto	(Antedicho).
Secretario	Tsuneo Okada	(Antedicho)
Comisionado	Yoshimitsu Oohashi,	Profesor Asistente del Laboratorio del Profesor Sakamoto, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Tokio.
	Ayumi Gojou	(Antedicho)

	Norimasa Narito	(Antedicho).
	Hiroyuki Noguchi,	Profesor Adjunto, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería, Universidad de Meiji.
Colaborador	Isao Mibuchi,	Instituto de Tecnología, Shokusan Jyutaku Sougo, S.A.
	Taku Mikawa,	Jefe del Departamento de Vivienda, Sumitomo Ringyou, S.A.

CONTENIDO

	Página
Parte I. Norma para la evaluación del nivel de daño.....	1
Capítulo 1. Aspectos generales	3
1.1 Objetivo	3
1.2 Definición de la terminología y simbología	3
1.3 Alcance de su aplicación	4
1.4 Estructura, objetivo y aplicación del procedimiento de evaluación	4
Capítulo 2. Evaluación inmediata de emergencia del nivel de peligro y riesgo.....	10
2.1 Descripción	10
2.2 Conceptos de investigación e inspección	10
2.3 Método de evaluación.....	10
2.4 Recomendaciones a seguir para una respuesta inmediata de emergencia	11
2.5 Variaciones del proceso de evaluación.....	12
Capítulo 3. Evaluación del nivel de daño y de su clasificación	15
3.1 Descripción	15
3.2 Conceptos de investigación e inspección	15
3.3 Método de evaluación.....	15
3.4 Evaluación de la necesidad de refuerzo y rehabilitación.....	18
Apéndice 1. Formato para inspección y evaluación inmediata de emergencia del nivel ..	20
de peligro y riesgo (para edificios de concreto reforzado)	
Apéndice 2. Formato para inspección y evaluación de la clasificación y nivel de daño ..	40
Parte II. Guía técnica de rehabilitación	49
Capítulo 1. Aspectos generales	51
1.1 Objetivo	51
1.2 Definición de la terminología y simbología	53
Capítulo 2. Métodos de rehabilitación inmediata de emergencia	54
2.1 Objetivo	54
2.2 Alcance de su aplicación	54
2.3 Investigación e inspección.....	55
2.4 Trabajos de rehabilitación inmediata de emergencia	56
Capítulo 3. Métodos de rehabilitación definitiva o permanente	58
3.1 Objetivo	58
3.2 Alcance de su aplicación	60
3.3 Evaluación de la necesidad de refuerzo.....	60
3.4 Inspección e investigación.....	66
3.5 Diseño de la rehabilitación.....	67
3.6 Aspectos importantes en la rehabilitación de elementos estructurales	71

Parte III. Ejemplos de aplicación	83
(1) Hospital de la ciudad de Namioka	85
1. Introducción	85
2. Descripción del sismo.....	85
3. Descripción del edificio y del daño.....	86
3.1 Descripción del edificio	86
3.2 Descripción del daño.....	89
4. Evaluación inmediata de emergencia del nivel de peligro y riesgo	92
4.1 Condición de daño por asentamientos del terreno, desplomo y daño en elementos individuales	92
4.2 Resultados del proceso de inspección y evaluación, y la medida a considerar ...	93
5. Rehabilitación inmediata de emergencia	96
5.1 Refuerzo de emergencia posterior al daño sísmico	96
5.2 Refuerzo de emergencia de segundo nivel.....	97
6. Evaluación de la clasificación y nivel de daño	99
6.1 Condición de daño de elementos y sistemas estructurales	99
6.2 Resultados del proceso de inspección y evaluación, y las medidas a tomar	99
7. Rehabilitación definitiva o permanente	103
7.1 Descripción	103
7.2 Evaluación de la necesidad de refuerzo	103
7.3 Proyecto de la rehabilitación definitiva	111
7.4 Características de resistencia y comportamiento sísmico posterior al proceso de rehabilitación y refuerzo	117
(2) Escuela Preparatoria Seitou de la prefectura de Chiba	119
1. Introducción	119
2. Descripción del sismo.....	119
3. Descripción del edificio y del daño.....	120
3.1 Descripción del edificio	120
3.2 Descripción del daño.....	120
4. Evaluación inmediata de emergencia del nivel de peligro y riesgo	131
4.1 Condición de daño por asentamientos del terreno, desplomo y daño en las columnas	131
4.2 Resultados del proceso de inspección y evaluación, y las medidas a considerar	132
5. Evaluación de la clasificación y nivel de daño	135
5.1 Condición de daño de elementos y sistemas estructurales	135
5.2 Resultados del proceso de inspección y evaluación, y las medidas a considerar	135