



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA EVALUACIÓN
DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA”: una revisión
de la literatura científica

Trabajo de investigación para optar el grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autores:

Miguel Angel Arana Rabanal
Juana Janeth Chávez Vásquez

Asesor:

Mg. Oscar Hugo Silva Rojas

Cajamarca - Perú

2018

DEDICATORIA

Dedicado a nuestros padres que incondicionalmente nos han apoyado en la formación profesional y hermanos por ser un ejemplo a seguir.

M. Arana., J. Chávez

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Asesor Mg. Oscar Hugo Silva Rojas por el apoyo y orientación, porque gracias a sus conocimientos y su experiencia se logró culminar la presente revisión sistemática.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN.....	5
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	9
CAPÍTULO III. RESULTADOS	11
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES	17
REFERENCIAS	18

RESUMEN

Las pérdidas económicas, humanas y de seres vivos ocasionadas por los diferentes eventos catastróficos, como son los terremotos o sismos tienen un gran alcance en todo el planeta, teniendo en cuenta que estos eventos se repiten con mayor frecuencia y mayor intensidad es necesario realizar un diagnóstico de la vulnerabilidad sísmica en que se encuentran las edificaciones, por lo que esta artículo tiene como objetivo realizar una revisión científica para responder a la siguiente pregunta: *¿Cuáles son los métodos para evaluar la vulnerabilidad sísmica de un sector determinado? para ser utilizados en la prevención y minimización del riesgo latente de estos desastres naturales. .*

Se utilizaron como fuentes de información base de datos de los siguientes buscadores Scielo, Dialnet, Redalyc y Google académico. Tomando artículos y tesis relacionados con métodos de evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica entre los años 2013 y 2018 en todos los idiomas.

Los artículos fueron sintetizados en la tabla N° 1 eligiendo al final solo 15 incluidos en la revisión, elegidos por los años de publicación y los países donde fueron realizados los estudios.

En general se obtuvieron que se tiene dos caminos para realizar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica como son métodos empíricos y métodos teóricos, que tiene como principal diferencia, que los métodos teóricos son más laboriosos y se necesitan de procedimientos más especializados.

Encontrándose los siguientes métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica: Vulnerabilidad sísmica utilizando parámetros comprobados empíricamente, Vulnerabilidad sísmica utilizando un diseño por desempeño, Vulnerabilidad sísmica utilizando curvas de

fragilidad, Vulnerabilidad sísmica Escala Macrosísmica Europea EMS-98 ¹ , Índice de Vulnerabilidad ² , Proyecto Risk –UE ³ , Programa HAZUS ⁴ , Programa EQRM ⁵ , Vulnerabilidad sísmica utilizando acelerómetros sísmicos y modelamiento por elementos finitos, SELENA⁶

Se recomienda para aplicabilidad de los métodos antes mencionados poseer una buena base teórica, para poder estimar la vulnerabilidad sísmica lo más real posible, pues de lo contrario el estudio no será significativo y no ayudará a prevenir y minimizar el riesgo latente de un sismo o terremoto.

PALABRAS CLAVES: Vulnerabilidad, sísmico, evaluación, riesgo y revisión.

¹ Grünthal, 1998

² Benedetti y Petrini, 1984; Yopez, 1996

³ Milutivo y Trendafiloski, 2003

⁴ FEMA/NIBS, 1999

⁵ Robinson et al., 2006

⁶ Molina et. al. 2010

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Justificación

Los terremotos fueron responsables de un estimado de 1,87 millones de muertes en el siglo XX, con un promedio de 2.052 muertes por cada evento que afecta a los seres humanos entre 1990 y 2010^{7,8}. El terremoto de magnitud 8.9 en Japón y el tsunami resultante en marzo de 2011 fueron responsables de más de 28,000 muertes; en comparación, el terremoto de magnitud 7.0 más pequeño que se produjo en Haití en enero de 2010 resultó en un estimado de 222,500 muertes². En la historia reciente, la Cuenca del Pacífico es la más afectada por la actividad sísmica, con el 81% de los terremotos más grandes del mundo en esta región⁹. Información extraída de los diferentes artículos científicos relacionados con el tema, puesto que no se encontraron revisiones sistemáticas del tema que abarca el presente artículo

Por tanto, en la actualidad los fenómenos naturales se van repitiendo cada vez más seguido y con mucha mayor intensidad, estos acontecimientos traen como consecuencia pérdidas económicas de gran envergadura, pero lo más preocupante es la pérdida de vidas de los habitantes y demás seres vivos.

Por todo lo mencionado líneas arriba, la ingeniería civil tiene una responsabilidad y rol importante en el sector construcción, puesto que los profesionales de esta rama deben asegurar la vida de los habitantes reduciendo este riesgo desde el inicio de la construcción

⁷ Wisner B, Blaikie P, Cannon T, Davis I. (2008). En riesgo: peligros naturales, vulnerabilidad de las personas y desastres (2da Edición). Nueva York: Routledge, 275.

⁸ EM-DAT la base de datos internacional de desastres. (2011). Recuperado el 3 de marzo de 2011 y el 28 de julio de 2011 de www.emdat.be

⁹ Servicio Geológico de los EE . UU. 2009. "Terremotos históricos y estadísticas de terremotos: ¿Dónde ocurren los terremotos?" Obtenido el 12/7/09 en <http://earthquake.usgs.gov/learn/faq/?categoryID=11&faqID=95>

de las diferentes edificaciones ; sin embargo se conoce que la mayor parte de la población realiza construcciones de viviendas de manera informal unido a recursos económicos escasos, las personas son guiados bajo conocimientos empíricos fue de las normas de construcción sin un diseño detallado y sin supervisión que asegure el bienestar del personal mismo y los residentes de la vivienda, siendo un riesgo latente.

Objetivo

Es por esto que el objetivo de este artículo es realizar una revisión de la literatura para responder la siguiente pregunta.

¿Cuáles son los métodos para evaluar la vulnerabilidad sísmica de un sector determinado? para ser utilizados en la prevención y minimizar el riesgo latente de estos desastres naturales.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Criterios de elegibilidad

Se tuvieron en consideración artículos y estudios relacionados con los métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica, publicados en los años 2013-2018 en todos los idiomas de acceso libre.

Recursos de información

Para realizar la revisión sistemática de la literatura concerniente al tema se realizó consultas en los distintos buscadores como lo son Scielo, Dialnet, Redalyc y Google académico.

Búsqueda

En Scielo se realizó la búsqueda con las palabras claves “revisión sistemática”, obteniendo ningún archivo compatible con lo registrado luego se utilizó las palabras claves de; “vulnerabilidad sísmica” y “análisis sísmico”; obteniendo un resultado de 2275, luego se aplicaron filtros como son artículos, ingeniería, ciencias exactas obteniendo 80 resultados los cuales fueron revisados nuevamente. Asimismo, se descartaron artículos por no estar relacionados con el tema (la búsqueda se hizo tanto en idioma inglés y español).

En Dialnet se utilizaron las palabras claves en inglés systematic review (revisión sistemática) obteniéndose 3269 con el filtro de artículos, al agregar la palabra clave sismo (seismic) se encontraron dos artículos “Técnicas innovadoras para la evaluación del riesgo sísmico y su gestión en centros urbanos” y Análisis beneficio costo probabilista de medidas de mitigación del riesgo por sismo” que tiene un gran aporte en cuanto a métodos de medición de la vulnerabilidad sísmica.

En Redalyc se utilizaron las palabras claves *systematic review seismic*, aplicando filtros de 5 años, ingenierías e idioma español obteniendo un resultado de 1836 artículos escogiendo los concernientes a métodos de evaluación de vulnerabilidad sísmica.

Selección de estudios

El criterio que se consideró para el descarte de un aproximado de 1500 artículos tanto en Scielo, Redalyc, Dialnet y Google Académico fue principalmente que no contenían métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica, así mismo se descartaron 30 estudios por no tener su libre acceso, también se descartaron 120 por no ser de fuentes confiables.

Proceso de recopilación de datos

Todos los artículos se seleccionaron de las bases de datos Scielo, Dialnet, Redalyc y Google Académico, para registrar los datos se utilizó un protocolo que permitió organizar la información de cada artículo. El protocolo recogía información de los siguientes campos: autores, año de publicación, país y un breve resumen.

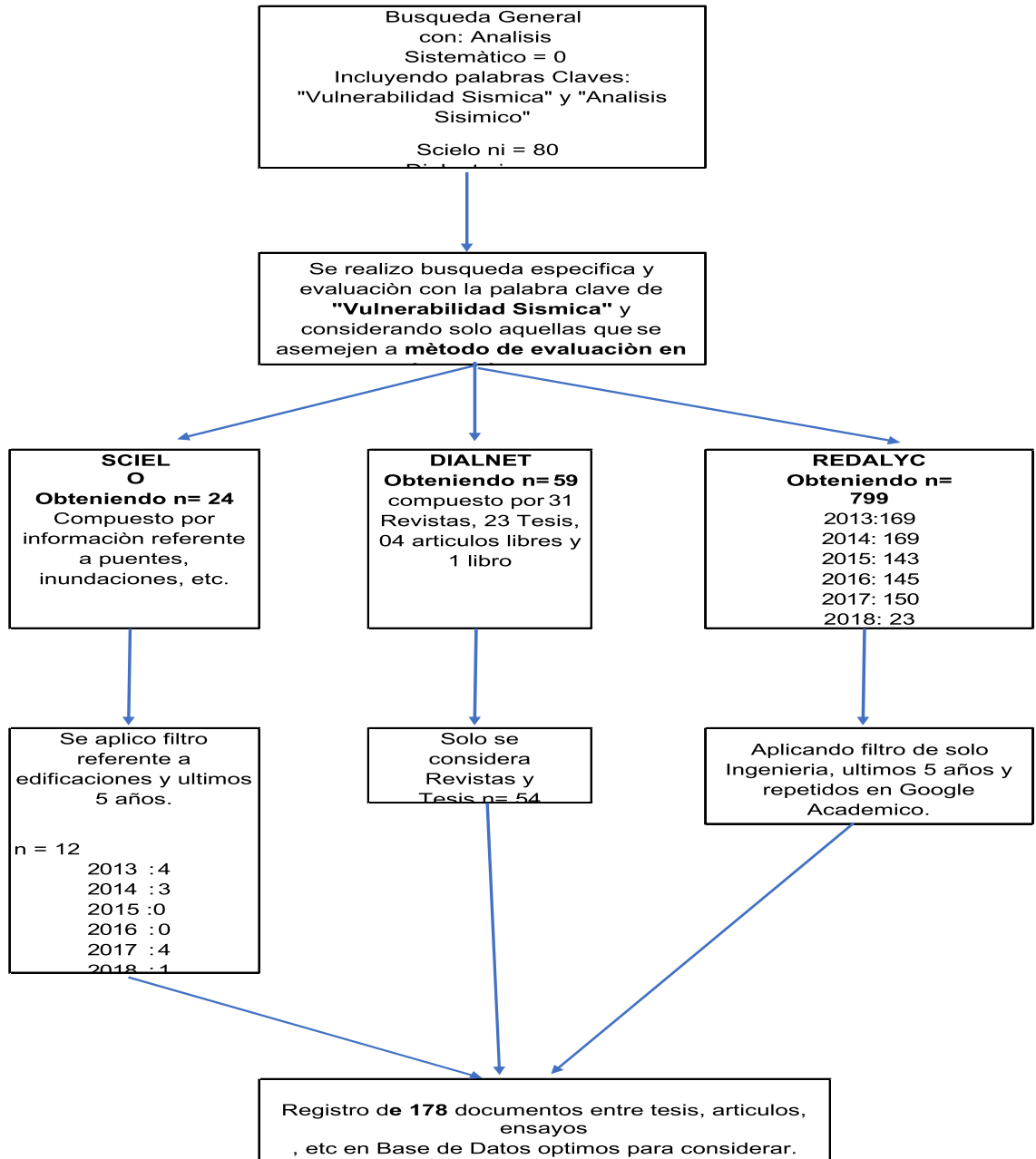
CAPÍTULO III. RESULTADOS

Selección de estudios

Se incluyeron 15 estudios para la revisión sistemática en idioma inglés 1 y español 14 que permiten claramente determinar los métodos utilizados para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica.

Desde muchos años atrás y en los diferentes países del mundo, acorde al crecimiento poblacional y la infraestructura con la que se cuenta; la teoría comenzó a generar una serie de investigaciones y cuestionamientos respecto a la seguridad de las viviendas con las que

se cuentan en cada uno de sus lugares, abriendo oportunidades de investigación. El flujo siguiente muestra la información revisada.



Característica de los estudios.

Los estudios se eligieron según las características mostradas en la tabla N°1

TABLA N° 1 ESTUDIOS INCLUIDOS EN LA REVISIÓN.

N°	Título	Autores	Año	País	Fuente
1	Índice de Riesgo Sísmico Urbano	Jorge Enrique Salazar H; Isael Cristina Velez B	2003	Colombia	Universidad Tecnológica Pereira
2	Evaluación de la Fragilidad Basada en Distorsión Lateral Para Muros de Mampostería Confinada	Jorge Ruiz García	2009	México, Chile, Perú, Venezuela y Colombia	Revista de Ingeniería Sísmica N° 80 63-83 (2009)
3	Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Estructuras Utilizando un Diseño por Desempeño	Julián Carrillo	2008	España	Dyna 155, 2008
4	Aplicación de los Conjuntos Difusos en la Evaluación de los Parámetros de la Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones de Mampostería	Esperanza Maldonado Rondón, Iván Gómez Araujo; Gustavo Chio Cho	2007	Colombia	Ingeniería & Desarrollo, 22
5	Estimación del Daño Sísmico en Edificaciones De Mampostería a Partir de la Aplicación de Funciones de Vulnerabilidad Simuladas.	Esperanza Maldonado Rondón, Iván Gómez Araujo; Gustavo Chio Cho	2008	Colombia	Revista Ingenierías Universidad de Medellín, volumen 7, N° 13, pp 39-56

6	Un Enfoque para Evaluar la Vulnerabilidad Sísmica de Edificios de Concreto Reforzado de Baja Altura	Juan Carlos Vielma, Reyes Indira Herrera, Ronald Ugel; Yolsanie Martínez, Alex H. Barbat	2013	Venezuela	Ingeniería, Revista de la Universidad de Costa Rica
7	Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica Urbana Basada en Tipologías Constructivas y Disposiciones Urbanas de la Edificación. Aplicación en la Ciudad de Lorca, Región de Murcia.	Sandra Martínez Cuevas	2014	España	Universidad Politécnica de Madrid
8	Evaluación del Riesgo Sísmico en la Ciudad de Málaga	Tatiana Goded Millán	2010	España	Universidad Complutense de Madrid
9	Systemic Seismic Vulnerability and Risk Analysis for Buildings, Lifeline Networks and Infrastructures Safety Gain	Kyriazis Pitilakis, Sotiris Argyroudis, Kalliopi Kakder, Anastasia Argyroudi	2013	EUROPEAN COMMISSION	SYNER-G
10	Evaluación de Comportamiento Sísmico de Viviendas de Estratos Marginales con Cubiertas Verdes: Estudio de Caso del Municipio de Soacha, Colombia	Luisa Olaya, Diego Rubio, Daniel Ruiz, Adrés Torres	2014	Colombia	Pontificia Universidad Javeriana
11	Vulnerabilidad Sísmica de Las Viviendas de Albañilería Confinada en la Ciudad de Cajamarca	Ing. Joen Eduardo Bazán Arbolado	2007	Perú	Pontificia Universidad Católica del Perú

12	Evaluación Sísmica en dos Prototipos de Vivienda Rural Construidos con Bloques de Concreto Hueco, en Ocuilapa de Juarez, Chiapas, México.	L. Escamirosa, M. Ocampo, C del Carpio, R Arroyo	2017	México	Revista Ingeniería de la Construcción RIC, Vol. 33 N° 1 2018
13	Un Método Simplificado para Evaluar el Riesgo Sísmico y Priorizar la Atención de los Bienes Culturales inmuebles: El Caso de Chile	Daniela Andrea Díaz Fuentes	2017	Chile	Investigación (ISSN - 2448-5934)
14	Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de los Edificios Residenciales Estudiados dentro del Plan Especial de Evaluación del Riesgo Sísmico en la Comunidad Valenciana	B Serrano Lanzarote; R Temes Cordovez	2015	España	Informes de la Construcción Vol.67, 539
15	Método Integral de Evaluación del Riesgo Sísmico del Patrimonio Arquitectónico Menor	Natalia Jorquera Siva	2014	Colombia	Apuntes, vol. 2, 1, 52-63

Se tomaron en cuenta estudios publicados desde el año 2003 hasta el 2018 para incluir los estudios más innovadores, publicados principalmente en Perú, Colombia, España, Chile, México, Venezuela y realizar una mejor comparación entre los distintos métodos utilizados tanto en Sudamérica y Europa.

Análisis Global de los Estudios.

Luego de la revisión sistemática de los estudios elegidos, se puede observar que en general se tiene dos caminos para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica, la primera que está

orientada a los estudios empíricos para determinar un índice de vulnerabilidad sísmica, este índice está calculado mediante la inclusión de parámetros comprobados empíricamente determinantes en la vulnerabilidad sísmica de una edificación. Por otro lado, en la actualidad gracias al avance tecnológico y el uso de softwares se han realizado modelos matemáticos que pueden medir la vulnerabilidad sísmica utilizando procedimientos más elaborados.

Determinar que método es el mejor para medir la vulnerabilidad sísmica es un tema de mucha controversia, ambos caminos conllevan a realizar procedimientos distintos que van desde el uso de la observación y el uso de instrumentos especializados, podemos ir desde lo más simple hasta lo más especializado.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES.

Los métodos para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica encontrados en la presente revisión son:

- Vulnerabilidad sísmica utilizando parámetros comprobados empíricamente.
- Vulnerabilidad sísmica utilizando un diseño por desempeño.
- Vulnerabilidad sísmica utilizando curvas de fragilidad.
- Vulnerabilidad sísmica Escala Macrosísmica Europea EMS-98 ¹⁰
- Índice de Vulnerabilidad¹¹
- Proyecto Risk –UE ¹²
- Programa HAZUS ¹³
- Programa EQRM¹⁴.
- Vulnerabilidad sísmica utilizando acelerómetros sísmicos y modelamiento por elementos finitos.
- SELENA¹⁵

Se recomienda que para la aplicabilidad de los métodos mencionados se necesita de un manejo especializado de tal forma que los resultados obtenidos sean representativos de la realidad, puesto que su aplicabilidad contribuirá a la prevención y minimización que existe ante un riesgo latente como lo son los terremotos o sismos.

¹⁰ Grünthal, 1998

¹¹ Benedetti y Petrini, 1984; Yepez, 1996

¹² Milutivo y Trendafiloski, 2003

¹³ FEMA/NIBS, 1999

¹⁴ Robinson et al., 2006

¹⁵ Molina et. al. 2010

REFERENCIAS

- Diego Alberto Cordero C., Vargas Monge W., Garro Moral J. (2010) “Metodologías De Evaluación De La Vulnerabilidad De La Infraestructura Vial Nacional”. Costa Rica.
- Méndez Castro L. (2003) “Vulnerabilidad Sísmica Y Diseño Estructural De Puentes Típicos: Una Revisión Sistemática Utilizando Registros De Los Sismos Ocurridos En 1986 Y 2001 En El Salvador.” Universidad De El Salvador.
- Velásquez Juan D, (2013) “Una Guía Corta para Escribir Revisiones Sistemáticas de Literatura” Universidad Nacional de Colombia.
- Empananza, J. y Urreta, I. (2005). “La revisión sistemática y meta análisis. An Pediatr Contin”, 3(6):379-83
- Sánchez-Meca, J. (2010). “Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis. Aula Abierta”, 38 (2):53-64. ICE. Universidad de Oviedo.
- Jorquera Silva N., (2014).” Método integral de evaluación del riesgo sísmico del patrimonio arquitectónico menor” Bogotá Colombia.
- Maldonado Rondón E., Gómez Araújo I., Chio Cho G. (mayo 2007) “Funciones De Vulnerabilidad Y Matrices De Probabilidad De Daño Sísmico Para Edificaciones De Mampostería Utilizando Técnicas De Simulación” Universidad Industrial de Santander, Grupo de Investigación INME, Bucaramanga,
- Escamiroso L., Ocampo M., Del Carpio C., Arroyo R.,”Evaluación sísmica en dos prototipos de vivienda rural construidos con bloques de concreto hueco, en Ocuilapa de Juárez, Chiapas, México”.

- Retis Jiménez R., (2015). “Determinación De Los Índices De Vulnerabilidad Estructural De Edificaciones De Albañilería Confinada, Empleando El Método Japonés” Universidad Ricardo Palma.
- Sánchez Meca J. (2010) “Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis” Universidad de Murcia.
- Laucata Luna, J. (2013). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales en la ciudad de Trujillo (Tesis de Ingeniería). . Tesis. Lima, Peru:PUCP.
- Giner, J., & Molina, S. (2002). Sismicidad y Riesgo Sísmico. Valencia: Editorial club universitario.
- Retis Jiménez R., (2015) “Determinación De Los Índices De Vulnerabilidad Estructural De Edificaciones De Albañilería Confinada, Empleando El Método Japonés” Universidad Ricardo Palma.