

VULNERABILIDAD, PELIGRO Y RIESGO SÍSMICO EN VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS DEL DISTRITO DE SAMEGUA, REGIÓN MOQUEGUA

Rogelio E. Flores Ortega ^{1, a}

RESUMEN

Objetivo: realizar el estudio de *Vulnerabilidad, Peligro y Riesgo Sísmico* en viviendas autoconstruidas ubicadas en el distrito de Samegua, aplicando fichas de encuesta y de reporte elaboradas en la PUCP. Muchas de estas viviendas autoconstruidas por los pobladores y maestros de obra, sin asesoramiento técnico y/o profesional, en consecuencia son vulnerables ante los sismos y tienden a colapsar, causando innumerables pérdidas económicas y pérdidas de vida. **Material y métodos:** para recolectar información sobre las viviendas autoconstruidas se encuestaron un total de 25 viviendas ubicadas en el distrito de Samegua. La recolección de información en campo se realizó en fichas de encuesta por alumnos de la UJCM. Después la información recogida fue procesada en fichas de reporte donde se obtuvo la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas encuestadas. Con la información obtenida se realizó una base de datos para clasificar los principales defectos de las viviendas analizadas. **Resultados:** del análisis cualitativo y cuantitativo se considera lo siguiente: La Vulnerabilidad Sísmica encontrada en el análisis de las viviendas, fue alta en un 56% y media en 44%; siendo los principales factores influyentes la densidad de muros y la calidad de la mano de obra durante el proceso constructivo. El Peligro Sísmico hallado en el análisis realizado, fue medio en el 100% en los que fueron factores predominantes la sismicidad y el tipo del suelo de la zona de estudio. El Riesgo Sísmico encontrado en el análisis fue de alto en un 56% y medio en un 44% siendo este el resultado de la influencia de la Vulnerabilidad y el Peligro sísmico. **Conclusiones:** se demuestra que la inadecuada configuración estructural de sus muros, la mala calidad de mano de obra y la alta sismicidad de la zona, son factores con mayor incidencia en este tipo de viviendas. Por lo que es necesario implementar una correcta cultura de construcción, por medio de la capacitación y disminuir así estos factores.

Palabras clave: vulnerabilidad sísmica, peligro sísmico y riesgo sísmico.

VULNERABILITY, HAZARD AND SEISMIC RISK IN SELF CONSTRUCTED HOMES OF SAMEGUA DISTRICT, MOQUEGUA REGIÓN

ABSTRACT

Objective. The study of Vulnerability, Seismic Hazard and Risk in self-built homes in the district Samegua applying survey records and reports elaborated in the PUCP. Many of these self-built by residents, foremen, without technical and / or professional advice accordingly homes are vulnerable to earthquakes and tend to collapse, causing many economic losses and regrettable loss of life. **Material and methods.** To collect information on self-built housing a total of 25 homes located in the district of Samegua surveyed. The field data collection sheets were made by students of the survey UJCM. After the information collected was processed in chips where vulnerability reporting, hazard and seismic risk of the dwellings was obtained. With the information obtained database was performed to classify the main defects of homes tested. **Results.** The qualitative and quantitative analysis considers the following: Seismic Vulnerability found in the analysis of housing was high at 56% and 44% Media; It is the main influencing factors wall density and quality of labor during the construction process. Seismic Hazard found in the analysis, was average at 100% in those who were predominant factors seismicity and soil type of the study area. Seismic Risk Analysis was found in High by 56% and 44% across this being the result of the influence of the vulnerability and seismic hazard. **Conclusions.** It is shown that inadequate structural configuration of the walls, poor workmanship and high seismicity of the area are factors with the greatest impact on this type of housing. So it is necessary to implement a proper culture of Construction, through training and thus reduce these factors.

Key words: Seismic vulnerability, seismic hazard and seismic risk.

¹ Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad José Carlos Mariátegui

^a Ingeniero civil.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento anual de la población peruana es alrededor del 1,6% (www.inei.gob.pe), lo que origina un incremento en la demanda de viviendas para las nuevas familias que se van formando cada año. La albañilería de ladrillos de arcilla, confinada por elementos de concreto armado, es considerada como “material noble” por muchos pobladores y es, por tanto, un material de preferencia para la construcción de viviendas en el Perú.

Debido a la situación económica de pobreza, muchos pobladores peruanos no tienen la posibilidad de contratar profesionales y recurren a la construcción informal para edificar sus viviendas en albañilería confinada. El problema principal de la mayoría de estas viviendas es que tienen problemas estructurales graves y son sísmicamente muy vulnerables.

La ciudad de Moquegua situada al sureste del Perú, según la norma E-030(2014) se encuentra en la zona sísmica 04, zona de alta actividad sísmica. La presente investigación se realizó en el Distrito de Samegua, ubicado a 5 km al noreste de la ciudad de Moquegua, según la norma E-030(2014) se encuentra en la zona sísmica 03.

El presente trabajo de investigación se ejecutó con la finalidad de dar respuesta a la siguiente interrogante: ¿cuál es el nivel de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas del distrito de Samegua, región Moquegua?, para lo cual se plantea la siguiente hipótesis: La vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico en viviendas autoconstruidas del distrito de Samegua, Región Moquegua es (alta, media o baja), debido a su alta sismicidad, tipo de suelo, topografía, calidad de materiales y técnicas de construcción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron trabajos de campo y de gabinete. El trabajo de campo consistió en anotar, a través de fichas de encuesta, las características arquitectónicas, estructurales y constructivas de las viviendas autoconstruidas. Culminado la selección de las viviendas a encuestar, los alumnos de la UJCM realizaron las encuestas a las viviendas autoconstruidas a las que tenían acceso. Muchas veces los moradores no deseaban que sus viviendas sean encuestadas puesto que temían ser afectados

con el pago de algún impuesto predial. El llenado de las fichas de encuesta así como el croquis de cada vivienda fue realizado a mano.

El trabajo de gabinete consistió en primer lugar en el desarrollo de las fichas de encuesta y de reporte en hojas de cálculo de MS Excel elaboradas por la PUCP (Valdivieso, 2005). Las fichas de encuesta sirvieron para recolectar información en campo sobre las características constructivas de las viviendas de albañilería. Las fichas de reporte se utilizaron para sintetizar la información recogida en las fichas de encuesta y realizar el análisis del riesgo sísmico de las viviendas de forma automática.

Luego se elaboró una base de datos en la cual se reunió de forma estadística los problemas arquitectónicos, estructurales y constructivos de las viviendas encuestadas. Esta base nos da una idea de los errores más incidentes en las viviendas autoconstruidas de la zona de estudio.

FICHAS DE ENCUESTA

Las fichas de encuesta constan de tres páginas. En la primera página se anotan datos de la familia, del proceso constructivo, y de las características técnicas de la construcción. En la segunda página se dibuja un esquema de la vivienda y se anotan observaciones y comentarios sobre los problemas que se observan. En la tercera página se presenta un conjunto de fotografías. El formato de las fichas se ha dividido en antecedentes, aspectos técnicos, esquemas, observaciones, comentarios y fotografías.

FICHAS DE REPORTE

Las fichas de reporte son hojas de cálculo donde se describen de manera ordenada y detallada las características arquitectónicas, estructurales y constructivas de las viviendas registradas previamente en las fichas de encuestas. Además se realiza el cálculo de la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas encuestadas. Al igual que las fichas de encuesta, las fichas de reporte han sido elaboradas en hojas de cálculo de MS Excel y constan de tres páginas.

En la primera página se resume la información de antecedentes, aspectos técnicos y deficiencias constructivas de la vivienda. Además, se realiza un análisis sísmico de la vivienda usando la densidad de muros mínima requerida. En la segunda página

se calcula la estabilidad al volteo de los muros y se realiza el diagnóstico de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico. La segunda página muestra también el esquema de la vivienda. En la tercera página se presenta un conjunto de fotografías que muestran los problemas más resaltantes de la vivienda. Las fichas de reporte se diferencian de las fichas de encuesta por el análisis sísmico de las viviendas, el análisis de la estabilidad de muros y la calificación de la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de las viviendas de albañilería.

Análisis sísmico

El análisis sísmico se basa en la comparación de la densidad de muros existentes con la densidad mínima requerida para que las viviendas soporten adecuadamente los sismos raros (0,4 g).

Para determinar el área mínima de muros se tiene la relación:

$$\frac{V}{A_m} \leq \frac{\sum VR}{A_e}$$

Donde:

- V = Fuerza cortante actuante (kN) producida por sismo severo.
- VR = Fuerza de corte resistente (kN) de los muros en un nivel.
- A_m = Área (m²) requerida de muros.
- A_e = Área (m²) existente de muros confinados.

La fuerza cortante en la base V se expresa como (Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2014).

$$V = \frac{Z.U.S.C}{R} P$$

Donde:

- Z = Factor de zona = 0,35
- U = Factor de uso que para viviendas = 1
- S = Factor de suelo
 - Roca dura perfil S0 = 0,80
 - Suelo muy rígido perfil S1 = 1,00
 - Suelo intermedio perfil S2 = 1,15
 - Suelo flexible pe = 1,20

- C = Factor de amplificación sísmica = 2,5
- R = Factor de reducción = 3
- P = Peso de la estructura (kN)

Para determinar el peso de la vivienda (8KN/m² según Arango 2002).

$$P = Att. \gamma$$

Donde:

- γ = Peso kN/m²
- A_{tt} = Suma de las áreas techadas (m²) de todos los pisos de la vivienda

La fuerza de corte resistente de cada muro se expresa como:

$$VR = 0.5.v'm.\alpha.t.l+0.23P_g$$

Donde:

- v'm = Resistencia a compresión diagonal de los muretes de albañilería. Para ladrillo de fabricación artesanal 510 KPa (San Bartolomé, 1998).
- α = Factor de reducción por esbeltez, varía entre $1/3 \leq \alpha \leq 1$
- t = Espesor (m) del muro en análisis.
- l = Longitud (m) del muro en análisis.
- P_g = Carga gravitacional (kN) de servicio con sobrecarga reducida.

En el proceso de datos de las fichas de reporte se calculó A_m y A_e en base a las fichas de encuesta. Luego se calificó la relación A_e/A_m en base a los siguientes rangos de valores:

Si **A_e/A_m ≤ 0.80** entonces la vivienda no tiene adecuada densidad de muros.

Si **A_e/A_m ≥ 1.1** entonces la vivienda tiene adecuada densidad de muros.

Si **0.8 < A_e/A_m < 1.1** entonces se requiere calcular con mayor detalle la suma de los muros de la vivienda ($\sum VR$) y el cortante actuante (V).

Vulnerabilidad sísmica

Para determinar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas se ha analizado la vulnerabilidad estructural y la vulnerabilidad no estructural (Kuroiwa 2002). La

vulnerabilidad estructural se ha estimado en función de los siguientes parámetros: densidad de muros, calidad de mano de obra y calidad de materiales. La vulnerabilidad no estructural está en función de un solo parámetro: estabilidad de muros al volteo. A cada uno de los parámetros se les asigna un valor numérico (tabla 1). Por ejemplo si la vivienda tiene densidad de muros adecuada, entonces se le asigna el valor de 1.

Tabla1: Valores de los parámetros de la vulnerabilidad sísmica

Vulnerabilidad					
Estructural				No Estructural	
Densidad		Mano de obra y materiales		Tabiquería y parapetos	
Adecuada	1	Buena calidad	1	Todos estables	1
Aceptable	2	Regular Calidad	2	Algunos estables	2
Inadecuada	3	Mala Calidad	3	Todos inestables	3

Tabla 2: Rango numérico para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica

Vulnerabilidad Sísmica	Rango
Baja	1 a 1.4
Media	1.5 a 2.1
Alta	2.2 a 3

Peligro sísmico

El peligro sísmico se estima en función de los siguientes parámetros: sismicidad, tipo de suelo, topografía y pendiente de la zona donde está ubicada la vivienda. A cada uno de los parámetros se les asigna un valor numérico (tabla 3). La sismicidad en la zona de estudio es alta, entonces a todas las viviendas del distrito de Samegua se le asigna 3 como valor de sismicidad.

Tabla 3. Valores de los parámetros de peligro sísmico

Peligro					
Sismicidad		Suelo		Topografía y pendiente	
Baja	1	Rigido	1	Plana	1
Media	2	Intermedio	2	Media	2
Alta	3	Flexible	3	Pronunciada	3

Riesgo sísmico

Luego de establecer las calificaciones de vulnerabilidad y peligro sísmico se evalúa el nivel de riesgo sísmico que tiene cada vivienda. A la vulnerabilidad y peligro sísmico obtenidos se les asigna un valor numérico (tabla 4).

Tabla 4. Valores de Vulnerabilidad y peligro para el cálculo de Riesgo sísmico

Vulnerabilidad sísmica	Valor	Peligro sísmico	Valor
Alta	3	Alta	3
Media	2	Media	2
Baja	1	Baja	1

RESULTADOS

En el Distrito de Samegua se analizaron 25 viviendas. Las viviendas están ubicadas en una zona urbana, como también en zonas de expansión donde generalmente las construcciones están a cargo de albañiles y maestros de obra. El tipo de suelo predominante, según el “Plan Director Moquegua–Samegua 2003-2010” es un suelo (GM) gravas.

Tabla 5. Características generales de viviendas

Características generales	N.º viviendas encuestadas	N.º viviendas	% viviendas
Tipo de Suelo			
Rígido (gravas (GM))	25	25	100,00
Tipo de ladrillo			
King kong artesanal	25	12	48,00
King kong industrial	25	13	52,00
Tipo de cimentación			
Cimiento corrido de concreto ciclópeo	25	2	8,00
Cimiento corrido de concreto ciclópeo y zapatas	25	23	92,00

En el **análisis cualitativo** se ha tenido en cuenta solo los problemas analizados mediante un procedimiento de observación (tablas 6, 7, 8 y 9). Es decir, para este análisis no se ha realizado ningún cálculo que permita averiguar numéricamente el comportamiento sísmico de las viviendas.

Tabla 6. Proceso constructivo de viviendas

Proceso constructivo	%
Acero expuesto	80,00
Mortero mayor a 1,5 cm	100,00

Tabla 7. Mano de obra

Mano de obra	%
Buena	4,00
Regular	28,00
Mala	68,00

Tabla 8. Calidad de materiales

Calidad de materiales	%
Buena	4,00
Regular	60,00
Mala	36,00

Tabla 9. Problemas en los muros

Problemas en los muros	%
Fallas por corte	40,00
Sales	84,00
Eflorescencia	48,00
Asentamientos diferenciales	68,00

En el **análisis cuantitativo** de la base de datos se resumen los resultados de las fichas de reporte respecto al análisis del riesgo sísmico de las viviendas.

Densidad de muros

La densidad de muros es analizada en las dos direcciones de las viviendas. Si es que la vivienda no cumple al menos en una dirección con una densidad mínima, entonces se concluye que la vivienda no tiene adecuada densidad de muros. Para el cálculo de la densidad solo se ha considerado muros mayores a 1m. de ancho y arriostrados como mínimo en tres bordes.

Tabla 10. Densidad de los muros

Densidad de Muros	%
Adecuada	20,00
Aceptable	64,00
Inadecuada	16,00

• Densidad de muros paralelos a la fachada

Tabla 11. Densidad de los muros paralelos a la fachada

Densidad // fachada	%
Adecuada	24,00%
Inadecuada	76,00%

• Densidad de muros perpendiculares a la fachada

Tabla 12. Densidad de los muros

Densidad perpendicular a la fachada	%
Adecuada	24,00%
Inadecuada	76,00%

Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico

De acuerdo con los resultados de las fichas de reporte, se observa que más del 80% de las viviendas autoconstruidas en el distrito de Samegua se tiene riesgo sísmico alto (tabla 13). Se concluye que ante un sismo severo la mayoría de las viviendas autoconstruidas de la costa peruana sufrirán daños importantes en su estructura.

Tabla 13. Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico

Calificación	Porcentaje (%)	
Vulnerabilidad	Alta	56,00
	Media	44,00
	Baja	0,00
Peligro	Alto	0,00
	Medio	100,00
	Bajo	0,00
Riesgo	Alto	56,00
	Medio	44,00
	Bajo	0,00

CONCLUSIONES

Para el caso del estudio la mayoría de las viviendas de albañilería confinada en el distrito de Samegua son construidas informalmente. En consecuencia estas son vulnerables por tener una inadecuada configuración estructural de muros, un mal proceso constructivo y empleando materiales de baja calidad.

De acuerdo con las encuestas realizadas, la mayoría de pobladores y/o albañiles no respetan los recubrimientos mínimos de los refuerzos de acero de las viviendas. Esto trae consigo el problema de corrosión que pueden sufrir los aceros de refuerzo.

Existe la mala tendencia de construir muchos muros en la dirección perpendicular a la calle y pocos muros en la dirección paralela. Esto genera que en una de las direcciones la vivienda no tenga adecuada densidad de muros.

De las viviendas evaluadas con densidad de muros inadecuada, están ubicadas en una zona altamente

sísmica, por lo que es necesario reforzarlas con elementos estructurales, para reducir la vulnerabilidad, peligro y riesgos sísmicos que se puedan presentar.

Para las viviendas futuras se requiere la participación del profesional especialista, capacitación técnica por parte de SENCICO, participación de las municipalidades con la supervisión y controlando la informalidad en las construcciones.

Agradecimientos

A todas aquellas personas que han colaborado en las etapas de la presente investigación.

Fuente de financiamiento:

Autofinanciado

Conflictos de interés

El autor declara no tener conflictos de interés

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango J. (2002). *Análisis, diseño y construcción en albañilería*. American Concrete Institute. Lima, Perú.
- Bonett, R. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios, aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada*. Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- Comité Sectorial Emergencia MOQUEGUA. (2001). *Informe de Daños Causados por el Terremoto del 23 de junio*.
- Flores de los Santos R. (2002). *Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima*. Tesis de licenciatura en Ciencias e Ingeniería con mención en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería Perú.
- Kuroiwa, Julio. (2002). *Reducción de desastres: Viviendo en armonía con la naturaleza*. Lima: PNUD.
- Mosqueira, Miguel y Tarque, Nicola. (2005). *Recomendaciones Técnicas para mejorar la seguridad sísmica de viviendas de albañilería confinada de la costa Peruana*. Tesis de Magister en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- MTC. (2003). *Proyecto de Nueva Norma de Albañilería*. Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC). Servicio Nacional de Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción (SENCICO). Lima, Perú.
- Plan Director Moquegua - Samegua. (2003-2010). *Estudio de Peligros, Vulnerabilidad y Riesgos del Distrito de Samegua*.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de edificaciones NTE E-030. (2014). *Diseño sismorresistente de edificaciones, NTE E-070 Albañilería Estructural*. Perú 2005.
- Safina Melone, Salvador. (2002). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico*. (Tesis Doctoral). Barcelona España: Universidad politécnica de Cataluña.
- Dueñas Huaroto, Michael Edinson 2006. *Estudio preliminar del comportamiento sísmico de las autoconstrucciones en Lima*. Tesis de Magister en Ingeniería Civil. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Graduados.
- Blondet Saavedra, Jorge Marcial (editor) 2007. *Construcción antisísmica de viviendas de ladrillo: para albañiles y maestros de obra*. Tercera edición. Lima: Pontificia

Universidad Católica del Perú,
Fondo Editorial/Sencico.
Valdiviezo Madueño, Carla 2005.
Análisis de la vulnerabilidad

sísmica de las viviendas
informales de Ica. Tesis de
licenciatura en Ciencias e
Ingeniería con mención

en Ingeniería Civil. Lima:
Pontificia Universidad Católica
del Perú, Facultad de Ciencias e
Ingeniería.

Ceremonia de Investidura como Doctor Honoris Causa al Abog. Vicente Antonio Zeballos Salinas

*Cortesía: Oficina de
Comunicación e Imagen
Institucional*

Más información en:
www.ujcm.edu.pe

UJCM ESCUELA DE POST GRADO

Correspondencia: Rogelio E. Flores Ortega
Dirección: Mza. B Lote. 07 Comité 9 Samegua,, Mariscal Nieto, Moquegua 18001 - Perú
Correo electrónico: refo_16l@hotmail.com