



## V FORO INTERNACIONAL

# PELIGRO VOLCÁNICO Y SÍSMICO EN EL SUR DEL PERÚ

RESÚMENES

COMITÉ EDITOR

Jersy Mariño

Marco Rivera

José Macharé

Arequipa, 23 y 24 de  
Setiembre del 2010



Municipalidad  
Provincial de Arequipa



INDECI



Gobierno Regional  
de Arequipa



preDES  
CENTRO DE ESTUDIOS Y  
PREVENCIÓN DE DESASTRES



Bomberos Unidos  
Sin Fronteras



Instituto Geofísico  
del Perú



Universidad Nacional de  
San Agustín, Arequipa



Institut de recherche  
pour le développement



planeta tierra  
Centros de la Tierra para la Sociedad

## ESCENARIO SOBRE EL IMPACTO DE UN SISMO DE GRAN MAGNITUD EN LIMA METROPOLITANA Y CALLAO

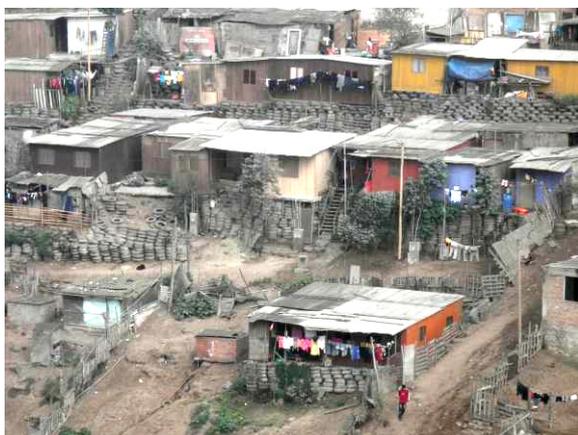
José Sato Onuma<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro de Estudios y Prevención de Desastres – PREDES. Martín de Porres 161 – San Isidro – Lima – Perú. E mail: [postmast@predes.org.pe](mailto:postmast@predes.org.pe)

### INTRODUCCIÓN

En el Perú el fenómeno natural que más víctimas mortales ha producido es el sismo y este impacto se concentra en áreas urbanas vulnerables. Esta condición de vulnerabilidad se debe no solo a la fragilidad de las edificaciones sino también a otros factores, sociales como el crecimiento descontrolado de las ciudades, particularmente en zonas no apropiadas por el tipo de suelo y laderas empinadas (Fig. 1).

Actualmente hay una gran preocupación por lo que sería el impacto de un terremoto de magnitud 8 cercano a la región metropolitana Lima-Callao, que aparte de ser sede de los poderes del Estado, concentra cerca de la tercera parte de la población del país y es el centro de la actividad económica nacional. Buena parte de la vulnerabilidad en este territorio es producto del crecimiento desordenado de la ciudad (invasiones sobre los arenales de la periferia, en laderas de las estribaciones andinas) y el deterioro urbano (tugurización en el centro histórico y áreas empobrecidas)<sup>1</sup>, Maskrey y Romero (1986).



*Fig. 1. Viviendas en laderas de San Juan de Miraflores.*

Ante la necesidad de contar con información para ser usada en una simulación de protocolo de actuación básico por desastre sísmico en Lima y Callao,<sup>2</sup> por interés del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y el apoyo de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) se encargó una estimación del nivel de exposición ante un sismo

---

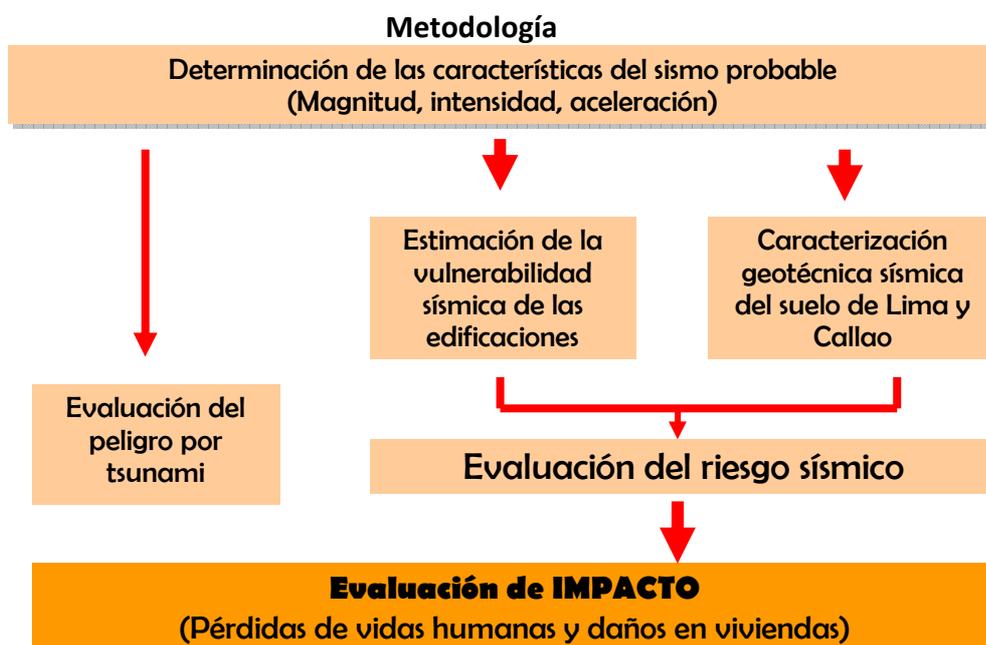
<sup>2</sup> La simulación de protocolo de actuación básico por desastre sísmico en Lima y Callao se llevó a cabo los días 12 y 13 de marzo de 2009.

severo y un tsunami asociado en esa área, donde viven los más de 8 millones de habitantes<sup>3</sup>, así como la estimación de daños a nivel de población y viviendas. Por la información disponible se escogió el escenario de un sismo que ocurra en horas de la madrugada, cuando la población está descansando en sus hogares.

El escenario de sismo se basa en dos aspectos: el peligro sísmico y un tsunami asociado; y la estimación de la vulnerabilidad de las viviendas existentes. El conocimiento de estos dos aspectos para Lima Metropolitana y Callao es aún limitado por la escasa cantidad de estudios sobre la predicción, ubicación y cuantificación de la fuerza del sismo de acuerdo al tipo de suelo. Mientras que para la estimación de la vulnerabilidad de las estructuras residenciales, se carece de información de detalle sobre las características de las edificaciones existentes, especialmente cualitativa, así como de densidad poblacional.

Se utilizó un sistema de información geográfica, que ha facilitado la integración de información y en particular la visualización de los resultados de manera georreferenciada. El estudio estima el posible impacto sobre las personas y viviendas a nivel de distritos, e identifica según niveles, el grado de afectación.

El territorio de análisis fue determinado por los distritos comprendidos en el "Estudio de Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico en 42 Distritos de Lima y Callao" desarrollado para la APESEG en el año 2005 por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres – CISMID.<sup>4</sup>



Para generar el escenario de riesgo de este estudio, se ha estimado la vulnerabilidad en base a los indicadores cuantitativos obtenidos del censo de población y vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática –INEI– en el año 2007, con resultados a

<sup>3</sup> 7'605,742 habitantes en Lima Metropolitana y 415,888 habitantes en la Provincia Constitucional del Callao, según el INEI – Censos Nacionales 2007, XI de Población y VI de Vivienda.

<sup>4</sup> Es estudio del CISMID no incluye los distritos del extremo Sur de Lima (Lurín, Punta Negra, Punta Hermosa, San Bartolo, Santa María y Pucusana) y el distrito de Santa Rosa.

nivel de distrito. Debido a la existencia de distritos de gran extensión y heterogéneos en cuanto a niveles socioeconómicos y antigüedad de viviendas, se generaron 106 sectores urbanos según sus características de vivienda promedio.<sup>5</sup>

### **NIVELES DE IMPACTO Y DAÑOS EN EL ESCENARIO PROPUESTO PARA LIMA METROPOLITANA Y CALLAO**

- Se concluye que, de los 106 sectores urbanos identificados, hay 34 que se encuentran en muy alto riesgo, 29 en alto riesgo, 20 en mediano riesgo y 23 zonas en bajo riesgo (Fig. 2).
- Como resultado del escenario analizado, tomando en cuenta la densidad poblacional del área urbana ocupada, se estima un máximo de 51,019 personas fallecidas, 686,105 heridos, 200,347 viviendas colapsarían y 348,329 serían altamente afectadas.<sup>6</sup>
- Se ha determinado que la altura de ola que afectaría a la zona costera es de 6 m, inundando áreas importantes, especialmente La Punta.
- El tiempo de llegada es crítico para La Punta, siendo este de 11 minutos después de ocurrido el sismo. Para las otras áreas el promedio es de 18 minutos.

Se muestra el mapa final del estudio, con la distribución del nivel de impacto probable por cada uno de los 106 sectores (impacto bajo, medio, alto y muy alto) y el área de afectación por tsunami.

### **CONCLUSIONES**

- El presente estudio es insumo para un plan de contingencia por sismo, al establecer el posible impacto directo en el momento del sismo, pero se requiere también conocer el impacto indirecto por la interrupción de actividades y servicios, lo cual es crítico por tratarse de la capital del país, en donde se concentran actividades políticas y económicas.
- Las restricciones de tiempo y de información sólo han permitido una aproximación gruesa del posible impacto directo.
- Este tipo de estudio, antes de producirse un terremoto, proporciona una visión panorámica sobre las probables consecuencias, localizando sectores de mayor riesgo, facilitando la planificación de futuros estudios, medios y recursos necesarios para la prevención, mitigación e intervención en futuras emergencias. Asimismo, después de un terremoto: permite estimar y valorar con rapidez los posibles daños causados por el terremoto, buscando lograr que se puedan activar con mayor eficacia las medidas de protección civil contempladas en los protocolos de actuación.

<sup>5</sup> Estos 106 sectores urbanos "homogéneos" se basan en las sectorizaciones realizadas por las mismas municipalidades distritales en sus respectivos Planes de Desarrollo Concertados, que han sido recopilados de sus páginas web.

<sup>6</sup> Para el cálculo de daños a las viviendas se contó con la colaboración del Dr. Carlos Alberto Zavala, Director del CISMID, a través del modelo que desarrolló para la APESEG.

- Se puede utilizar para la revisión de la zonificación de Lima Metropolitana y Callao, procurando lograr un control urbano más eficaz en cuanto a densidades, alturas de edificación y calidad de las construcciones. Se debe priorizar los sectores que sufrirán las intensidades sísmicas más fuertes, dado que su riesgo de impacto es mayor.
- Se requiere sensibilizar a los gobiernos locales para que los estudios de riesgo sean considerados en la planificación del desarrollo.

### **RECOMENDACIONES PARA FUTUROS ESTUDIOS**

- La información existente de microzonificación está a nivel global, por lo que se requiere realizar estudios de micro zonificación geotécnica de detalle, particularmente para identificación de los suelos menos competentes, así como una sectorización más detallada de la ciudad para el análisis de vulnerabilidad de viviendas.
- Se requiere incorporar el análisis de los daños probables en líneas vitales, tales como las redes matrices de gas, agua, alcantarillado y energía eléctrica.
- Afinar en detalle el estudio en aspectos de vulnerabilidad física en función de indicadores del terreno con imágenes de satélite.
- Representar el riesgo de Lima Metropolitana y Callao a nivel de manzana.
- Implementar mecanismos de colaboración e intercambio de información interinstitucional.
- Realizar los análisis de riesgo a nivel sectorial y su integración posterior en un mapa de riesgo integrado urbano para fines de preparativos (antecedente: Plan Alfa Centauro de 1980).
- Lima Metropolitana y Callao concentrará la mayor parte del impacto, pero debe ampliarse el análisis de impacto más allá del límite urbano.
- Para futuros modelamientos de escenarios se debe tener en cuenta, entre otros, lo siguiente:
  - El sismo máximo probable podría ocasionar múltiples deslizamientos que afectarían los cauces de los ríos que atraviesan Lima, sea en las quebradas altas o, en el caso del río Rímac, en el centro de la ciudad donde hay taludes inestables, asimismo deslizamientos en los acantilados costeros de Lima y de laderas que podrían interrumpir las carreteras de acceso a la Capital.
  - El evento sísmico podría ser seguido de efectos secundarios, tales como incendios en refinerías o plantas de almacenamiento de hidrocarburos, grandes industrias y mercados.
  - Las edificaciones situadas en los conos de Lima, en su mayoría auto construidas, se encuentran cimentadas sobre suelos pocos competentes (arenales, pantanos, etc.),

en tal sentido, existe con la probabilidad de la existencia de fenómenos asociados al sismo, como la licuación y deslizamientos en taludes inestables.

Consideramos necesario motivar el intercambio de experiencias sobre este tema a nivel nacional e internacional para enriquecer resultados y generar información más detallada e instrumentos específicos con la finalidad de concertar acciones para brindar una mayor seguridad a Lima Metropolitana y Callao.

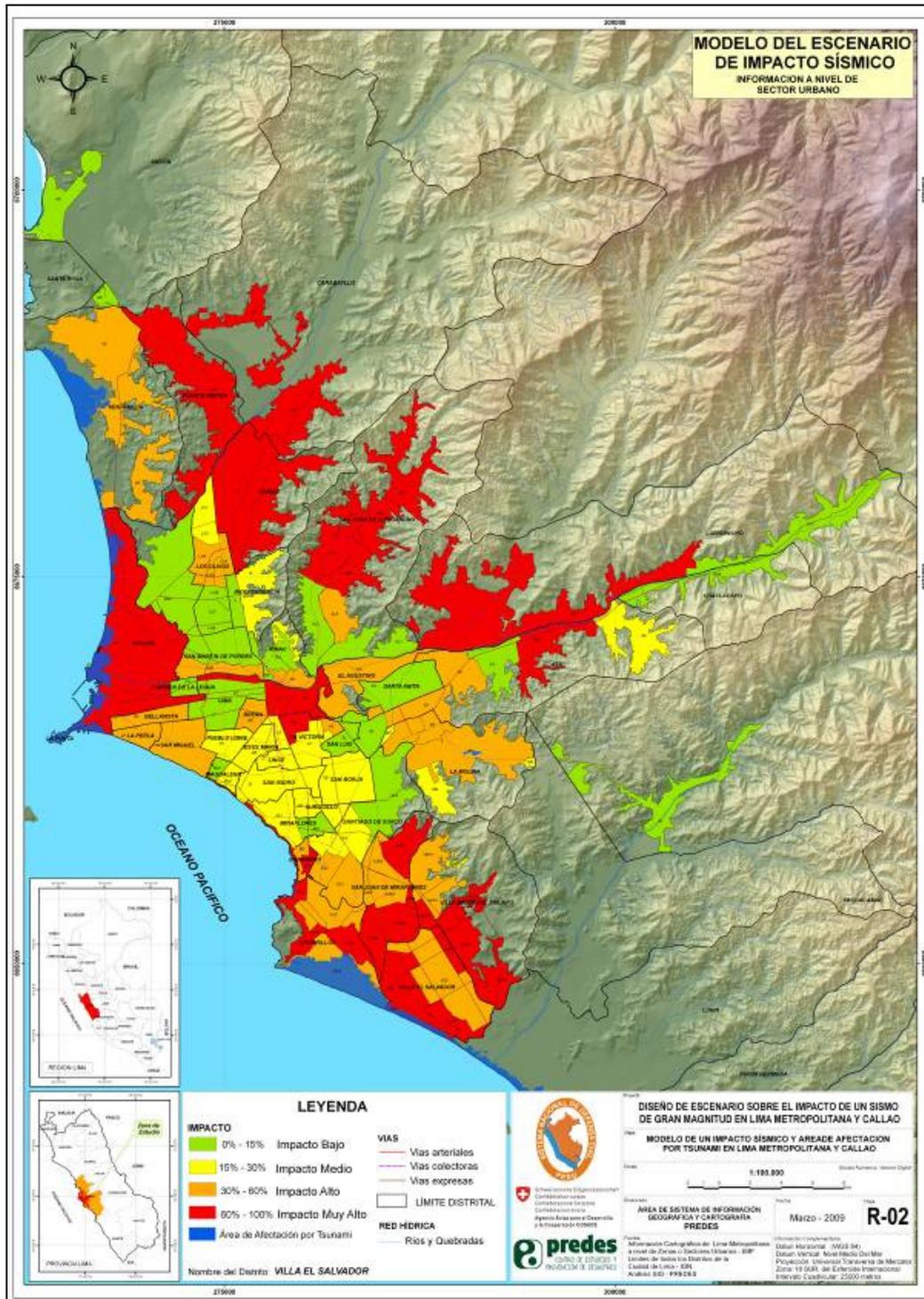


Fig. 2. Modelo de escenario de impacto sísmico para Lima Metropolitana.

## AGRADECIMIENTOS

Para la realización de este estudio, el concurso de las siguientes instituciones y personas ha sido de fundamental importancia: Instituto Nacional de Defensa Civil, a través de la coordinación del Ing. Alberto Bisbal Sanz - Director Nacional de Prevención; Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE, a través de Sebastian Eugster y Ángel Chávez Deza; Dr. Hernando Tavera – IGP; Dr. Ing. Carlos Alberto Zavala Toledo – Director del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres CISMID; Ana María Rebaza – Asesora Nacional en Respuesta a Desastres de OCHA/UN – Perú, y de la Red Humanitaria Nacional.

## BIBLIOGRAFIA

- CISMID (2005). Estudio de Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico en 42 distritos de Lima y Callao, a pedido de la Asociación Peruana de Empresas de Seguros (APESEG).*
- Godoy y Monge (1975). Modelo de Propagación de un Tsunami a través del Diagrama de Refracción. Metodología para la evaluación del riesgo de tsunami.*
- INEI (2008). Resultados de los Censos Nacionales 2007, XI de Población y VI de Vivienda.*
- INEI (2008). Compendio Estadístico Perú 2008.*
- Instituto Nacional de Defensa Civil (1994). Proyecto "Identificación, localización y calificación de viviendas tukurizadas con riesgo de colapso en Lima Cercado, La Victoria, Barranco y Chorrillos". INDECI.*
- Iván, J., Meneses, J., Guzmán, V., (1984). Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú. Tacna: V Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Disponible en: [http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/redacis/redacis17\\_a.pdf](http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/redacis/redacis17_a.pdf)*
- Kuroiwa, J., (1997). Protección de Lima Metropolitana ante sismos destructivos. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.*
- Maskrey, A. y Romero, G. (1986). Urbanización y vulnerabilidad sísmica en Lima Metropolitana. PREDES.*
- Mena Hernández, U., (2002). Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas, Tesis de Doctorado en Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural. Universidad Politécnica de Cataluña.*
- Morales, N., (2001). Impacto de Desastres y Situaciones de Emergencia en el Ámbito de la Salud en el Perú. Anales de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Copyright© 2000 ISSN 1025 – 5583. Vol. 62, Nº2.*
- Morales, N. y Zavala, C., (2008). Terremotos en el Litoral Central del Perú: ¿Podría ser Lima el escenario de un futuro desastre? Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública; 25(2).*
- Morales, N. y Sato J., (1997). Vulnerabilidad Funcional y Organizativa. En: Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica en Hospitales del Perú. OPS/OMS.*
- Ocola, L., (1997). Notas sobre el peligro sísmico de Lima y departamentos el sur del Perú. Defensa Civil.*
- Roque, R., Trefogli, C., (1996). Actualización del plan de evacuación ante tsunamis en las costas del Callao y evaluación post-desastre (1995-1996). [Tesis de Bachiller], Universidad Nacional de Ingeniería (Lima).*

*Silgado, E., (1975). Magnitud, frecuencia, período de retorno de terremotos y riesgos sísmicos en la costa del Perú entre 9º y 13º de latitud sur. Lima: Sociedad Geográfica de Lima.*

*Tavera, H. y Heras H., (2002). Localización de áreas probables a ser afectadas por grandes sismos en el borde oeste de Perú: Estimación a partir de periodos de retorno local basado en la distribución de valores de "b". Bol. Soc. Geol. Perú. 93.*

*Tavera, H., (2008). El terremoto de Pisco (Perú) del 15 de agosto de 2007. (7.9 Mw). Lima: Instituto Geofísico del Perú.*

*Tavera, H. y Bernal I., (2004). Distribución espacial de áreas de ruptura y lagunas sísmicas en el borde oeste del Perú. Referencia: Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, V. 98, 85-96.*

*Tavera H. (2001). Peligro sísmico en Lima y el país. Referencia: Revista del Centro de Estudios y Prevención de Desastres, Año 8, Número 14, 30-35.*

*Mena H. (2002). Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas, Tesis de Doctorado en Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural. Universidad Politécnica de Cataluña. Julio de 2002.*