



SEISMIC FATALITY EXCEEDANCE RATES IN MEXICO CITY BASED ON A REFERENCE SITE: EMPIRICAL VS. ANALYTICAL

TASAS DE EXCEDENCIA DE FATALIDAD SÍSMICA EN LA CIUDAD DE MÉXICO BASADAS EN UN SITIO DE REFERENCIA: EMPÍRICAS VS. ANÁLITICAS



Miguel A. Jaimes* y Adrián D. García Soto**

*Investigador Asociado, Instituto de Ingeniería, UNAM, Coordinación de Ingeniería Estructural, Circuito Escolar S/N, CU, Ciudad de México, 04510, mjaimes@iingen.unam.mx
 **Profesor-Investigador, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Guanajuato, adgarcia@ugto.mx

Introducción

Los **sismos asociados con muertes no son comunes** y **los datos disponibles para estimar muertes son escasos**. Por lo tanto, el análisis de riesgo para estimar las pérdidas de vidas humanas a nivel regional se vuelve difícil desde el punto de vista de modelación y exposición. Para hacer frente a esto, se han desarrollado metodologías formales y sólidas, basadas en la evaluación probabilística de riesgo sísmico (PSHA, Esteva 1967 y Cornell 1968) y la teoría del análisis de riesgo. Dado que los enfoques existentes requieren mucha información que es difícil de compilar, **un método más simple basado en una sola ecuación para una sola medida de intensidad y una sola estación podría ser deseable**.

Objetivo

Comparar dos métodos para calcular tasas de excedencia de fatalidad en la Ciudad de México basado en un sitio de referencia:

- Usando **observaciones directas – Método 1**
- Usando la **convolución del peligro sísmico** y una **ecuación derivada empíricamente – Método 2**

Método 1

La **tasa anual media empírica de excedencia de la pérdida de vidas** se calcula simplemente contando el número de veces por año en la que un nivel de pérdidas de vidas humanas ha sido excedida:

$$v(v) = \frac{N(V > v)}{t} \quad (1)$$

donde $N(V > v)$ es el número de veces por año en la cual la pérdida de vidas humanas V excede v para un periodo de t años.

Método 2

La **tasa anual media analítica de excedencia de la pérdida de vidas** se calcula como:

$$v(v) = \int_{im_{min}}^{im_{max}} \left| -\frac{d\lambda(im)}{dim} \right| P(V > v | im) dim \quad (2)$$

donde im_{min} e im_{max} son las medidas de intensidad mínima y máxima del movimiento sísmico en el sitio de referencia, $P(V > v | im)$ es la probabilidad condicional que la pérdida de vidas humanas V exceda v para un sismo de intensidad im y $\lambda(im)$ es la tasa anual media de excedencia de una medida de intensidad de valor im .

Aplicación: El caso de la Ciudad de México

Sitio de referencia, selección de datos y sismos relacionados a fatalidad

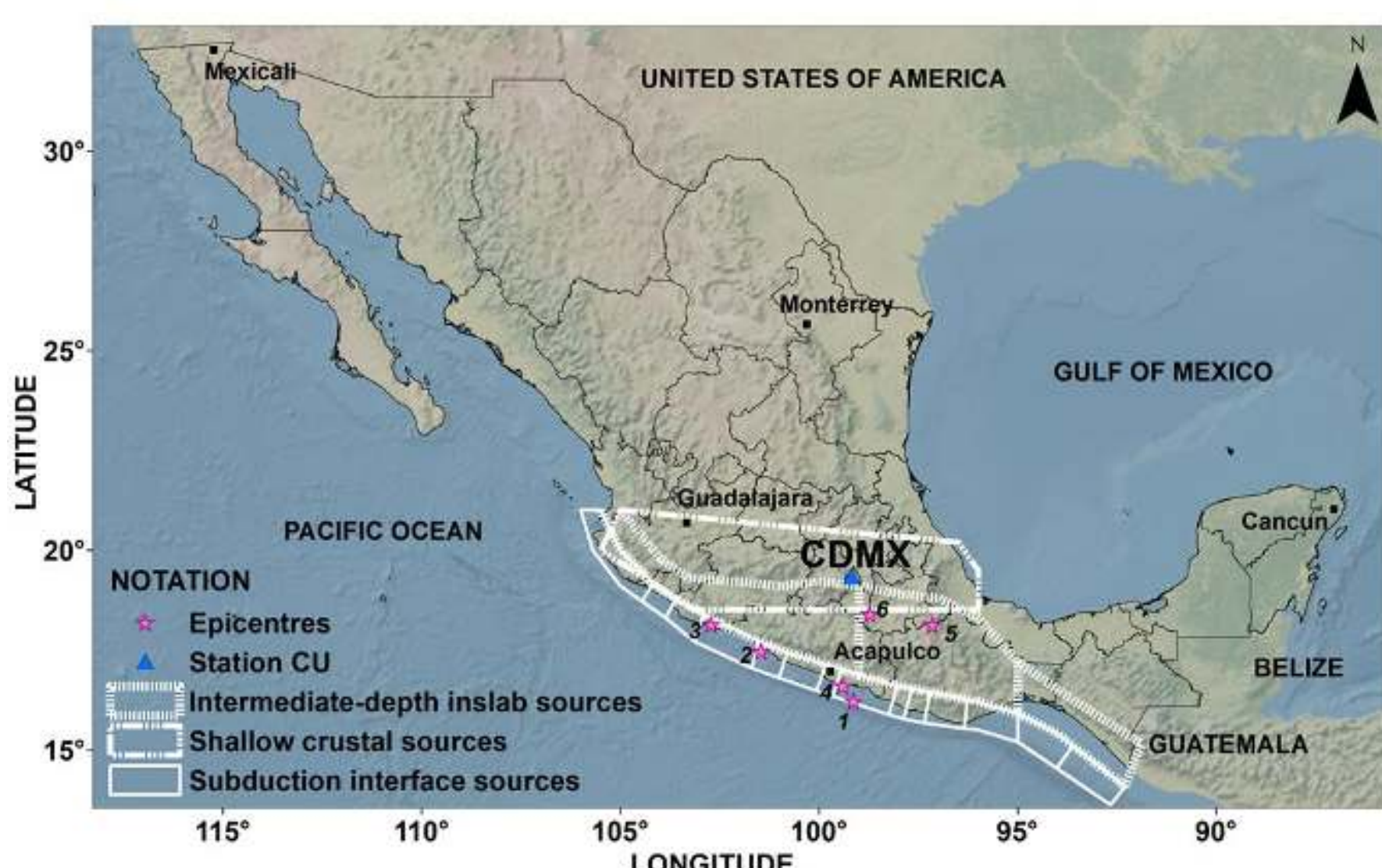


Figura 1. Fuentes sísmicas contribuyendo al peligro sísmico en la Ciudad de México: Subducción, profundidad intermedia y corticales.

Tabla 1. Sismos para los cuales se han reportado fatalidades en la Ciudad de México en un intervalo de tiempo de 61 años

Evento	Fecha	Mecanismo	Mw	Lat.	Long.	Población de la Ciudad de México	Muertos en la Ciudad de México	Muertos/Población por 100,000 habitantes
1	28/07/1957	S	7.6	16.21	99.13	4,871,000	39**	0.08
2	14/03/1979	S	7.6	17.46	101.46	8,831,000	2 ^e	0.02
3	19/09/1985	S	8.1	18.14	102.71	8,533,372	15,000*	175.78
4	25/04/1989	S	6.9	16.60	99.40	8,235,744	1 ^f	0.012
5	15/06/1999	ID	6.9	18.13	97.14	8,605,239	1 ^z	0.012
6	19/09/2017	ID	7.1	18.40	98.72	8,918,653	228	2.56

Ecuación empírica para estimar la pérdida de vidas humanas en función de $im = Sa (T = 2s)$

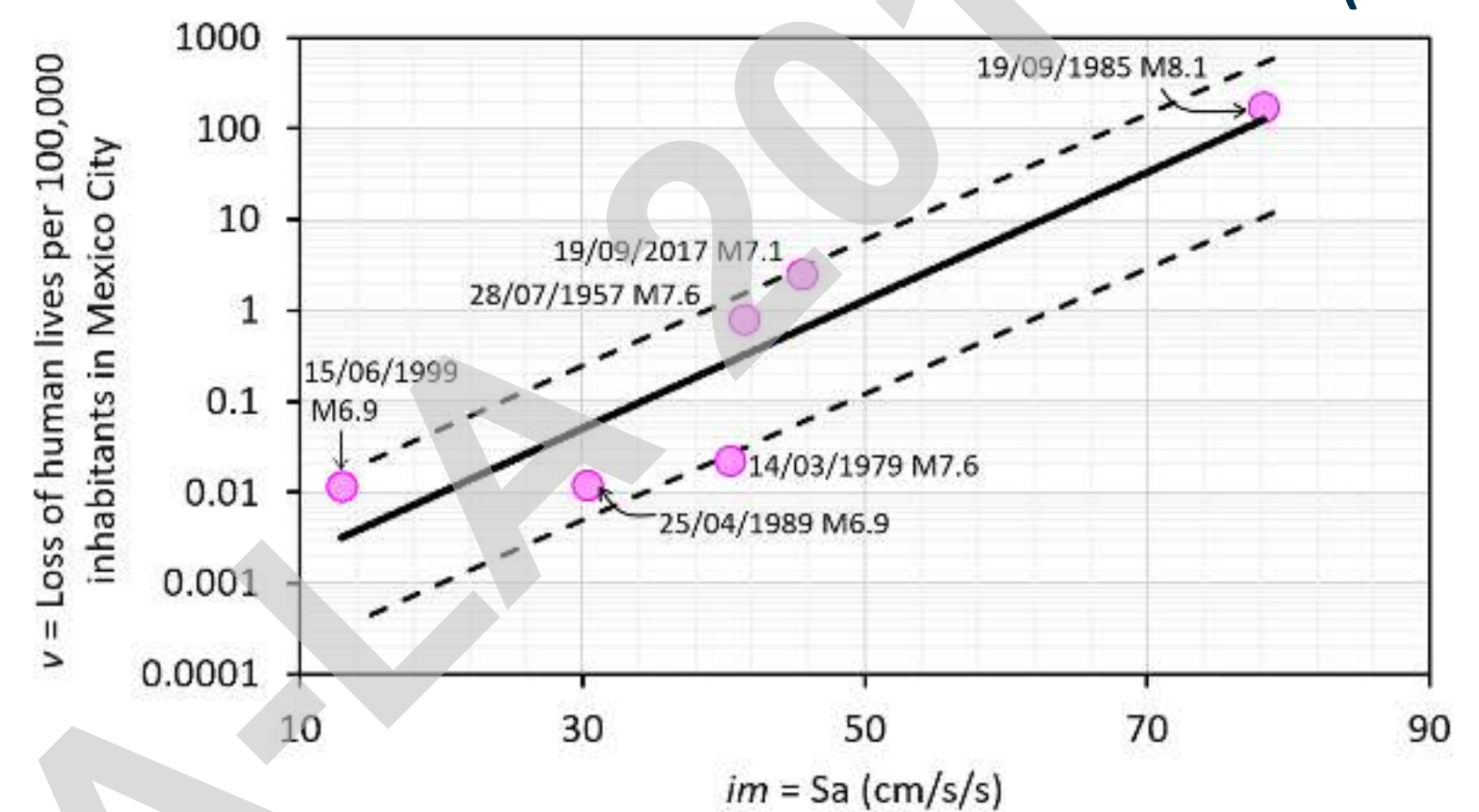


Figura 2. Resultados de análisis de regresión de la pérdida de vidas humanas por 100,000 habitantes, v , en la Ciudad de México durante los sismos de 1957 a 2017 en función de la medida de intensidad del movimiento en el suelo, im , dada por un 5% de aceleración espectral amortiguada $im = Sa (T = 2s)$ en la estación de CU (Ciudad Universitaria). Los círculos rellenos indican eventos, la línea negra es el mejor resultado ajustado para este estudio y las líneas discontinuas son los intervalos de confianza de $\pm 95\%$.

Tasa media anual de excedencia de la pérdida de vidas humanas para ambos métodos

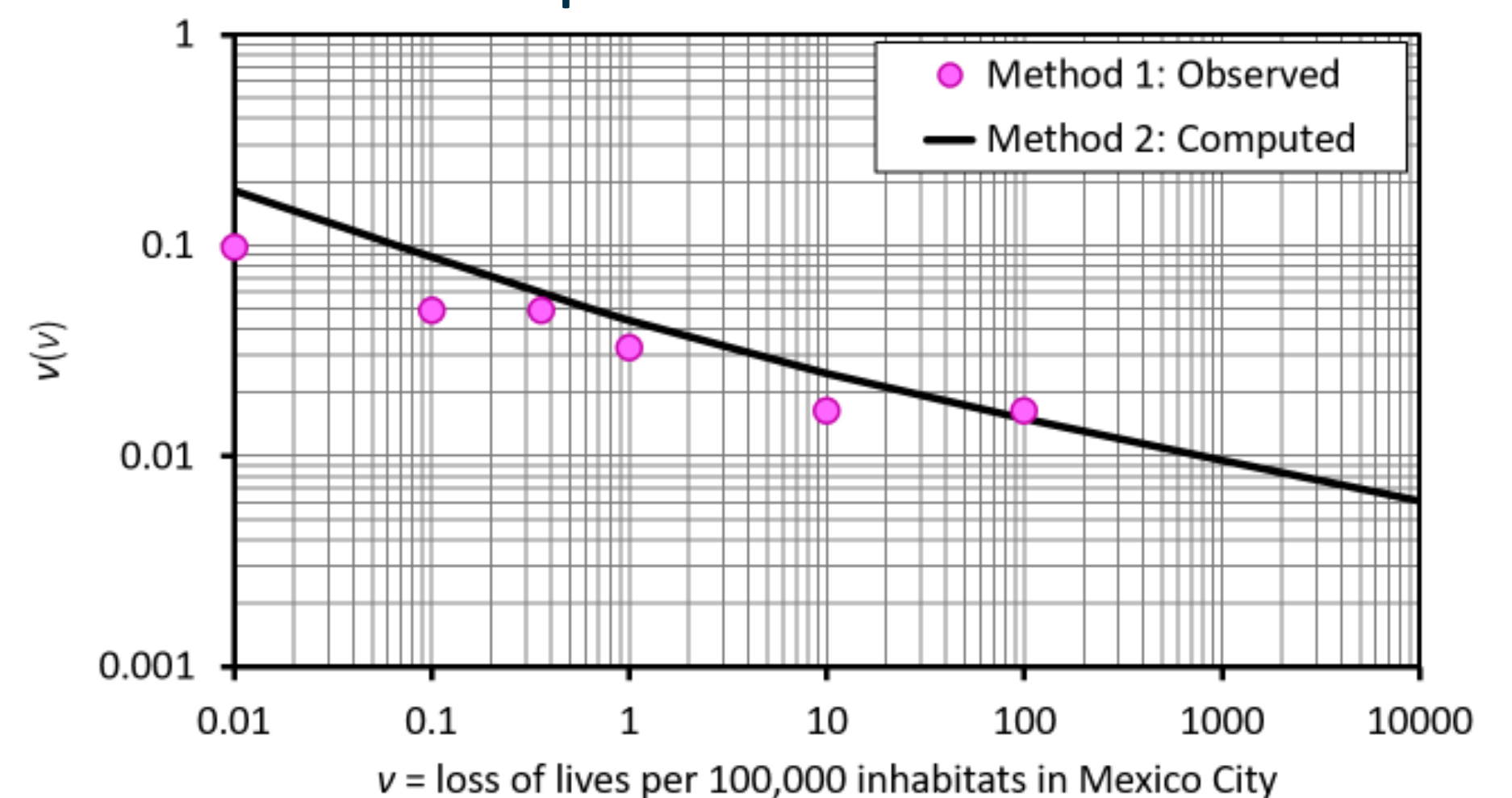


Figura 3. Tasa media anual de excedencia de la pérdida de vidas humanas por cada 100,000 habitantes en la Ciudad de México asociada al sitio de referencia CU. Ambos métodos: (1) simplemente utilizando Ec. (1) y los datos recopilados, y (2) integrando numéricamente la Ec. (2).

Conclusiones

Se han comparado **dos enfoques para obtener tasas de excedencia de víctimas debidas a sismos en la Ciudad de México** según un sitio de referencia.

- Método 1:** Recopilación de datos y realización de cálculos básicos (Ecuación 1), y
- Método 2:** Convolución de la amenaza sísmica tradicional y una ecuación derivada empíricamente (Figura 2) con la Ecuación (2).

La **pérdida máxima probable de vidas** asociada a **periodos de retorno de 10 o 20 años** (es decir, tasas de excedencia de 0.10 o 0.05/año) es de aproximadamente **0.07 o 0.63 vidas por cada 100,000 habitantes en la Ciudad de México**.

Referencias

- Cornell CA (1968) Engineering seismic risk analysis. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **58**(5), 1583-1606.
- Esteva L (1968) Bases para la formulación de decisiones de diseño sísmico, *Institute of Engineering UNAM* 182.