

Fig. 3. Área potencial de ruptura de la brecha sísmica de Nicoya

Sismos de gran magnitud han ocurrido en el segmento de Nicoya en 1853(?), 1900 y 1950. Esto nos da un período de recurrencia de 48 años a 1997 y de 50.7 años al año 2005, con desviaciones estándar de 1.73 y 4.04 respectivamente. Estadísticamente, la menor desviación estándar sería de 1.5 si el sismo ocurriera entre 1998 y 1999.

El sismo del 25 de marzo de 1990 a la entrada al golfo de Nicoya ocurrió en el extremo NW del segmento Cóbano-Herradura y su ruptura tanto cosísmica como durante las réplicas se propagó unidireccionalmente hacia el SE (Protti et al., 1995). Esto no solo nos marca claramente el límite SE de la brecha sísmica de Nicoya sino también nos da información sobre el contraste brusco en acople entre las placas, que existe entre el segmento de Nicoya y el de Cóbano-Herradura, ya que ni

siquiera un sismo de magnitud 7.0, justo en el límite, fue capaz de iniciar la ruptura de la brecha sísmica de Nicoya (Protti et al., 1995b). El límite NW de la brecha sísmica de Nicoya lo marca la secuencia de réplicas del sismo de Nicaragua del 2 de setiembre de 1992 (Fig. 3). Ese sismo ocurrió en la parte NW del segmento Nicaragua-Papagayo y sus réplicas se propagaron hacia el SE deteniéndose súbitamente en el extremo NW de la península de Nicoya. El sismo de Sámara del 23 de agosto de 1978 ($M_w=6.8$) ocurrió en la parte central del segmento de Nicoya (Güendel, 1986) y rompió un área hacia la trinchera de menos del 15% del área total de este segmento. La máxima extensión hacia el arco volcánico, de esta brecha sísmica, corresponde con el eje del golfo de Nicoya (Protti, 1991), donde el plano de falla alcanza casi los 40 km. de profundidad. Con base en la experiencia de

los sismos de 1990 y 1992, y en las relocalizaciones de las réplicas del sismo de 1950 (Guendel, 1986), hacia la trinchera, el área de acople elástico comienza a unos 15 km de ésta, a profundidades cercanas a los 5 km. Sin embargo, dada su magnitud potencial, el futuro terremoto en este segmento podría propagar la ruptura hasta la trinchera.

Sistema de Alerta Temprana para el Valle Central

Se propone aquí el diseño de un sistema de alerta temprana que permita el disparo de una alarma en el Valle Central varios segundos antes del arribo de las ondas sísmicas generadas por un terremoto bajo la península de Nicoya. Este sistema está basado en una red de 12 acelerómetros distribuidos, con una separación no mayor que 40 km, en toda la península de Nicoya (círculos negros en las Fig. 4 y 5) (Protti et al., 1998)

Los acelerómetros estarían enviando su registro en tiempo real al centro de control en las instalaciones del OVSICORINA en Heredia. Ahí un algoritmo de identificación de eventos procesará la señal de cada estación por separado para determinar si un evento ha ocurrido y estimar su magnitud con base en la tasa de crecimiento del evento. Si la condición de evento fuerte se cumple para más de una estación el sistema dispararía una alarma que sería transmitida por ondas de radio a todo el Valle Central y que podría ser registrada por receptores convencionales. Estos receptores, de tipo radiolocalizador, podrán ser adquiridos por centros educativos, empresas públicas y privadas, medios de comunicación colectiva y cualquier individuo que quiera comprarlo.

El intervalo de tiempo disponible entre el instante en que se dispara la alarma y el momento en que llegan las ondas sísmicas depende del lugar donde se inicie la

ruptura y del lugar donde se recibe la alerta. Cuanto más cerca al Valle Central se inicie el sismo, menor será ese intervalo de tiempo. De igual manera, cuanto más cerca a la península se reciba la señal de alarma menor será también ese intervalo.

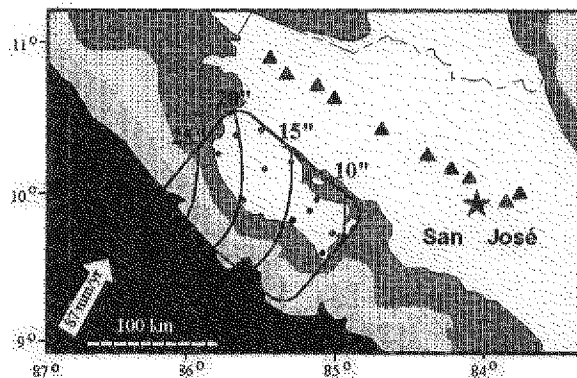


Fig. 4. Tiempos de alerta temprana (en segundos) para el arribo a San José de ondas P.

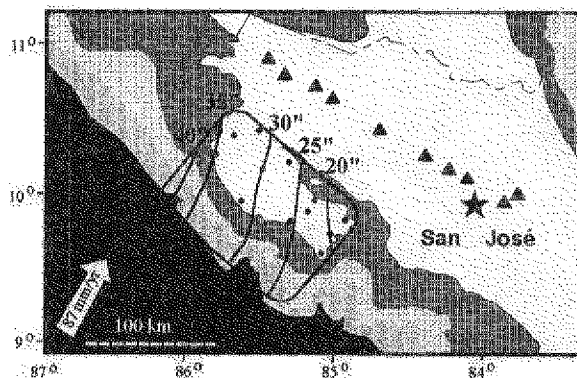


Fig. 5. Tiempos de alerta temprana (en segundos) para el arribo a San José de ondas S.

En las Fig 4 y 5 se muestran los resultados del modelaje de los intervalos de tiempo entre el momento de detección del sismo por dos estaciones en el campo y la llegada de las ondas sísmicas P y S a la ciudad de San José, respectivamente. Esos intervalos de tiempos están graficados dependiendo de donde se inicie la ruptura de un futuro terremoto en la brecha sísmica de Nicoya. Para saber en realidad de cuanto tiempo se dispone entre el momento de disparo de la alarma y la llegada del

terremoto, es necesario sustraer a esos valores el tiempo requerido por el algoritmo de detección en la identificación del evento. Según la experiencia en México, ese intervalo es del orden de 5 segundos y podría disminuir con el uso de procesadores más veloces y algoritmos más efectivos

Referencias

- De Mets, C., R.G. Gordon, D.F. Argus and S. Stein, Current plate motions, *Geophys. J. Int.* 101, 425-478, 1990. Dzierwowski, A. M., G. Ekström, and M. P. Salganik, Centroid-moment tensor solutions for April-June, 1991, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 71, 6-14, 1991.
- Espinosa Aranda, J.M., A. Jiménez, G. Ibarrola, F. Alcantar, A. Aguilar, M. Inostrosa, S. Maldonado; 1995; México City Seismic Alert System; *Seismol. Res. Lett.* Vol. 66, No. 6, 42-52.
- Fan, G. W., S. L. Beck and T. C. Wallace, The seismic source parameters of the 1991 Costa Rica aftershock sequence: evidence for a transcurrent plate boundary; *Jour. Geophys. Res.*, 98, 15,759-15,778, 1993.
- Fisher, D.M., T.W. Gardner, J.S. Marshall, and W. Montero; 1994; Kinematics Associated With Late Tertiary and Quaternary Deformation in Central Costa Rica. Western Boundary of the Panamá Microplate, *Geology*, V. 22, p. 263-260.
- Goes, S. D. B., A. A. Velasco, S. Schwartz and T. Lay, The April 22, 1991, Valle de la Estrella, Costa Rica (Mw=7.7) earthquake and its tectonic implications: a broadband seismic study, *J. Geophys. Res.*, 98, 8127-8142, 1993.
- Güendel, F., Seismotectonics of Costa Rica: an analytical view of the southern terminus of the Middle American Trench, doctoral dissertation, University of California, Santa Cruz, 1986.
- Güendel, F., and J. Pacheco, The 1990-1991 seismic sequence across central Costa Rica: evidence for the existence of a micro-plate boundary connecting the Panama deformed belt and the Middle America trench, *Eos Trans. Am. Geophys. Un.* 73, 399, 1992.
- Jacob, K. H., and J. Pacheco, The M-7.4 Costa Rica earthquake of April 22, 1991: tectonic setting, teleseismic data, and consequences for seismic hazard assessment, *Earthquake Spectra*, 7, Suppl. B, 1991
- Lee, W.H.K., T.C. Shin, T.L. Teng; 1995; A Prototype Earthquake Warning System in Taiwan: Operation and Results; IUGG, IASPEI XXI General Assembly, Boulder, Co.
- Marshall, J. S., D. M. Fisher and T. W. Gardner, Western margin of the Panama microplate, Costa Rica: kinematics of faulting along a diffuse plate boundary, *Geol. Soc. Am. Abstracts with programs* 25, 6, A-284, 1993
- Nakamura, Y.; 1985; Earthquake Alarm System of the Japanese National Railways, *Journal of Railway Engineering Research* 42, No. 10, 371-376.
- Nishenko, S. P., Seismic Potential for large and great interplate earthquakes along the Chilean and southern Peruvian margins of South America: a quantitative reappraisal, *Jour. Geophys. Res.*, Vol. 90, No. B5, p. 3589-3615, 1985.
- Ponce, D. A., and J. E. Case, Geophysical interpretation of Costa Rica, in Mineral resources assessment of the Republic of Costa Rica, U.S. Geol. Surv. Misc. Invest. Folio, I-1865, 8-17, 1987.
- Protti-Quesada, J. M.; Correlation between the age of the subducting Cocos plate and the geometry of the Wadati-Benioff zone under Nicaragua and Costa Rica; MSc dissertation,

- University of California, Santa Cruz, 66 p. 1991.
- Protti-Quesada, J. M., The Most Recent Large Earthquakes in Costa Rica (1990 Mw 7.0 and 1991 Mw 7.6) and Three-dimensional Crustal and Upper Mantle P-wave Velocity Structure of Central Costa Rica, Ph.D. dissertation, University of California, Santa Cruz, 116 p. 1994.
- Protti, M.; and Schwartz, S.; Mechanics of back arc deformation in Costa Rica: Evidence from an aftershock study of the April 22, 1991, Valle de la Estrella, Costa Rica, earthquake (Mw=7.7); *Tectonics*, Vol. 13, No. 5, p. 1093-1107, 1994.
- Protti, M.; Güendel, F.; and McNally, K.; The geometry of the Wadati-Benioff zone under southern Central America and its tectonic significance: results from a high-resolution local seismographic network, *Phys. of the Earth and Planet. Inter.*, 84, p. 271-287, 1994.
- Protti, M.; and 14 other co-authors; The March 25, 1990 (Mw=7.0 MI=6.8) earthquake at the entrance of the Nicoya Gulf, Costa Rica: its prior activity, foreshocks, aftershocks and triggered seismicity; *Jour. Geophys. Res.*, Vol. 100, No. B10, pp. 20345-20358, 1995.
- Protti, M., V. González, E. Malavassi, E. Hernández, F. Guendel, 1998, Potential for the Installation of a System in Northern Costa Rica for Early Warning to the Capital City of San José, from Large Subduction Earthquakes Under the Nicoya Peninsula; Intern. IDNDR-Conference on Early Warning Systems for the Reduction of Natural Disasters; Potsdam, Germany, p. 75.
- Protti, M., F. Güendel y E. Malavassi; 1999; Lo que Sabemos y lo que Podríamos Esperar de la Brecha Sísmica de Nicoya; manuscrito en preparación.
- Silver, E. A., D. L. Reed, J. E. Tagudin, D. J. Heil, Implications of the north and south Panama thrust belt for the origin of the Panama orocline, *Tectonics*, 9, 261-281, 1990.