

Sesión Especial

**Sistemas de alerta temprana
ante riesgos por terremotos,
tsunamis y volcanes**

Organizadores:
Arturo Iglesias
Daniel García

SE01-1

ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS EFECTIVOS DE ALERTA TEMPRANA PARA FENÓMENOS NATURALES

Guevara Ortíz Enrique

Centro Nacional de Prevención de Desastres

ego@cenapred.unam.mx

Parte importante y necesaria en las acciones de prevención de desastres y la gestión de riesgos, es el monitoreo de los fenómenos naturales y los sistemas de alertamiento temprano. Las redes de monitoreo por un lado permiten obtener información necesaria para comprender y mejorar el conocimiento científico de amenazas y riesgos, como punto de partida para la implementación de políticas efectivas de prevención y mitigación. Por otro lado, diferentes instrumentos y tecnologías empleadas en el monitoreo y vigilancia de los fenómenos permiten detectar, dar seguimiento y pronosticar las amenazas naturales que puedan impactar a la población. Por lo tanto los sistemas de monitoreo contribuyen a la toma efectiva de decisiones ante situaciones de riesgo y permiten el alertamiento oportuno. Así, los sistemas de alertamiento tienen como objetivo "el facultar a las personas y a las comunidades que se encuentren en peligro, para actuar con tiempo suficiente y de manera adecuada para reducir daños personales, evitar la pérdida de la vida y reducir daños a las propiedades y el medio ambiente".

En el año 2006 la Secretaría de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (ISDR) presentó los resultados de una investigación realizada, con el objetivo de conocer los avances en los sistemas de alertamiento y cuáles son los vacíos y defectos que aún tienen. El informe señala que se han realizado progresos importantes en el desarrollo del conocimiento científico sobre las amenazas y riesgos, así como en el desarrollo de tecnologías de la información y comunicación, sin embargo, es necesario mejorar los pronósticos y predicciones, así como considerar los mecanismos para comunicar los alertamientos y la preparación de la población para actuar de manera adecuada. Asimismo se hace énfasis en la importancia de contar con sistemas de alertamiento centrados en la gente.

En el presente trabajo se presentan varias de las recomendaciones emanadas de diferentes iniciativas internacionales y nacionales, algunas consideraciones adicionales para el diseño e implementación de sistemas efectivos de alertamiento temprano, así como algunos elementos para lograr su sustentabilidad.

SE01-2

DEFINICIÓN DEL SISMO DE DISPARO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE CONTROL SÍSMICO APLICADO A LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD CÓRDOBA-MÁLAGA, ESPAÑA

Sánchez Dulcet Francisco¹, Herraiz Sarachaga Miguel¹,
Rodríguez Rodríguez José Luis², García Herraiz Ana¹,
Mejuto González Javier¹ y Córdoba Barba Diego¹

¹Universidad Complutense de Madrid, España

²Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, ADIF

fjsanche@fis.ucm.es

Los Sistemas de Alerta Temprana, SAT, constituyen una poderosa herramienta para disminuir las pérdidas humanas y

daños materiales ante la ocurrencia de terremotos. Ligados desde sus inicios al ferrocarril de Alta Velocidad en Japón, proporcionan un tiempo de reacción suficiente como para permitir la activación de protocolos automáticos para el frenado urgente, en condiciones de seguridad, de los trenes.

En esta comunicación se presentan las metodologías empleadas en las diferentes fases del Convenio entre la Universidad Complutense de Madrid y el organismo Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, Adif, para el desarrollo de un prototipo de SAT de aplicación en líneas de Alta Velocidad, así como los principales resultados obtenidos hasta la fecha.

SE01-3

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DIFUSIÓN DE ALERTAMIENTO DE EMERGENCIAS PARA LA CIUDAD DE MEXICO

Ruiz Velázquez Mario Alvaro y Alcantar Arrizón Fernando

Universidad La Salle

marioruizve@gmail.com

La exposición de los peligros generados por eventos naturales o creados por el hombre son una premisa que día a día vive la humanidad, la cual se agudiza por varios factores, siendo dos de ellos el desarrollo poblacional y el cambio climático crónico y maligno que vive nuestro planeta.

La reacción mundial ante calamidades como huracanes, sismos, erupciones volcánicas, tsunamis, explosiones, lluvias torrenciales entre otras, ha sido la de observar los fenómenos que pueden ser previsible, o en su caso avisar lo más rápido posible, tomando de la mano a la ciencia y a la tecnología para disminuir los riesgos de pérdidas humanas o bienes patrimoniales.

El tema de investigación tiene como hilo conductor el establecimiento de un Modelo de análisis de las tecnologías relacionadas con el Monitoreo de los Fenómenos, las Telecomunicaciones, el Cómputo y los Medios de Difusión de Alertamientos de Emergencias para los habitantes de la Ciudad de México.

El Modelo que se presenta en la investigación se basa en normas y estándares establecidos, pero con una innovación tecnológica que da viabilidad a la propuesta, tomando como requerimiento primordial que cumpla con avisos tempranos de fenómenos tan catastróficos como los sismos.

Como resultado de la investigación se propone el Sistema de Alertamiento de Emergencias para la Ciudad de México, cuyo objetivo es difundir mensajes de emergencia en tres momentos fundamentales: antes(alerta temprana), durante y después del evento, con los menores costos de infraestructura tecnológica y mejor aún, costos bajos de los equipos receptores para la ciudadanía.

SE01-4

A SIMPLE SEMI-ANALYTICAL MECHANISM FOR GENERATION OF TSUNAMI WAVES

González González Rodrigo¹ y Ortiz Figueroa Modesto²¹Universidad de Sonora²División de Oceanología, CICESE

rgonzlz@gauss.mat.uson.mx

The generation of tsunami type-waves due to disturbing seismic source acting on a hydro-elastic system is described mathematically by a relatively simple model using a semi-analytical approach for the determination of the solution, mainly near the rupture area. Several tsunamigenic parameters are analyzed in detail obtaining important conclusions. The accelerations computed with this method are used as initial condition of the numerical model "Tsunami Tool-Box" developed at CICESE for the simulation of synthetic tsunamis and the results are compared with registered data from real events implying a promising perspective that can be applied for prevention and warning of future tsunami events. In addition, it is possible to get in advance an early conclusion on the Geophysical term "Tsunami Earthquakes".

SE01-5

ESTIMACIÓN RÁPIDA DE PARÁMETROS CRÍTICOS DE LA FUENTE: UNA ESTRATEGIA ANTE GRANDES TEMBLORES DE SUBDUCCIÓN EN MÉXICO

Singh Shri Krishna¹, Pérez Campos Xyoli¹,
Iglesias Arturo¹ y Pacheco Alvarado Javier²¹Instituto de Geofísica, UNAM²Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica

krishna@ollin.igeofcu.unam.mx

Para una estimación oportuna del potencial de daño y tsunami asociado a los grandes temblores de subducción en México, resulta crítica la determinación rápida y confiable de parámetros sismológicos como lo son la magnitud de momento (Mw), la energía sísmica radiada (Es) y la localización y el tamaño de la ruptura. Para alcanzar este objetivo, la red sismológica de banda ancha mexicana necesita ser complementada con estaciones GPS permanentes localizadas a lo largo de la costa del Pacífico mexicano espaciadas, por lo menos, cada 65 km. Los datos de esta red GPS requieren ser transmitidos a una estación central y procesados en tiempo real para monitorear la posición de las estaciones. Asumiendo que lo anterior estuviera implementado, en este trabajo desarrollamos una metodología para la estimación rápida de parámetros críticos de la fuente sísmica y demostramos su viabilidad aplicándola al análisis del sismo de Colima-Jalisco de 1995 (Mw=8.0) y de Sumatra-Andamán de 2004 (Mw=9.0-9.3). Para este par de temblores, la metodología propuesta arrojó valores de Mw y Es que son muy similares a los reportados anteriormente, obtenidos a partir de análisis detallados. En el caso del sismo de Colima-Jalisco la localización estimada y el tamaño del área de ruptura están de acuerdo con los valores que se pueden inferir a partir de las localizaciones de las réplicas. Actualmente existen 13 estaciones GPS permanentes a lo largo de la costa del Pacífico mexicano con un espaciamiento promedio de ~200 km, las cuales operan de manera autónoma. Es urgente incrementar este número de estaciones a #28

(logrando un espaciamiento de #65 km), así como transmitir los datos y determinar la posición de las estaciones en tiempo real (preferiblemente cada segundo).

SE01-6

EL SISTEMA DE ALERTA SÍSMICA MEXICANO: EVOLUCIÓN Y FUTURO

Espinosa Aranda Juan Manuel, Cuéllar Martínez Armando,
García González Armando, Ibarrola Álvarez Gerardo,
Islas Vázquez Roberto y Maldonado Caballero Samuel

Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A. C.

espinosajm@cires.org.mx

México es el pionero de la difusión pública de señales de alerta sísmica para mitigar la vulnerabilidad de su población. En 1991 inició el servicio del Sistema de Alerta Sísmica de la ciudad de México (SAS), que cuenta con 12 estaciones sismo sensoras distribuidas a lo largo de la costa de Guerrero, entre Papanoa y Punta Maldonado, capaces de reconocer la peligrosidad de un sismo con el análisis de la energía sísmica que desarrollan sus ondas durante el lapso variable "2(S-P)" y asignar rango al aviso de alerta sísmica que se radio comunica y difunde automáticamente en el Distrito Federal, distante a poco más de 320 km. La oportunidad promedio de los avisos del SAS es de 60 segundos, gracias a que la velocidad de las ondas sísmicas de cortante en esta región es de 4 km por segundo. Hasta junio de 2008, con un índice de disponibilidad de servicio superior al 99.9%, el SAS ha logrado evaluar las aceleraciones de casi 2000 sismos y discriminar los 63 eventos cuyos efectos fueron más importantes, advertidos con: 50 señales de Alerta Preventiva, para sismos moderados, enterados a poco más de 250 usuarios con receptores dedicados a captar señales del servicio del SAS y 13 señales de Alerta Pública para sismos fuertes, difundidas gracias al desinteresado apoyo de la mayoría de estaciones comerciales de radio y TV de la Asociación de Radiodifusores del Valle de México.

En Oaxaca, después de los sismos Mw 7 de "Tehuacán, Puebla" y Mw 7.5 de "Puerto Escondido, Oaxaca" en 1999, su Gobierno promovió la aplicación de la tecnología del SAS y en 2003 inició el servicio del Sistema de Alerta Sísmica de Oaxaca (SASO), con 36 estaciones sismo sensoras distribuidas en regiones de su costa, montaña y fronteras al norte de su territorio, preparadas para el reconocimiento eficaz y eficiente del peligro sísmico, que según la profundidad de su foco determinan el rango del aviso de alerta con dos criterios: uno cuyo tiempo "2(S-P)" es variable y otro que en sólo 3 segundos lo determina, con el análisis de una banda de la energía vertical de su movimiento. El SASO es un sistema eficaz que ha logrado emitir 8 avisos de alerta, 3 Públicos y 5 Preventivos, pero que por falta de continuidad en la asignación de presupuesto para su operación y conservación su función pública ha sufrido prolongadas interrupciones.

Actualmente, con el apoyo y coordinación del Gobierno Federal, el Sistema de Alerta Sísmica Mexicano (SASMEX), puede iniciar su conformación convenida mediante la integración del servicio y funciones del SAS y el SASO. También desarrollar la conveniente y necesaria extensión de su cobertura sobre las regiones simogénicas del litoral pacífico entre los Estados de Jalisco y Chiapas, para reducir la vulnerabilidad sísmica de sus pobladores.

SE01-7

ESTIMACIÓN AUTOMÁTICA DE INTENSIDADES SÍSMICAS EN EL VALLE DE MÉXICO

Pérez Yáñez Citlali, Ordaz Schroeder Mario, Alcántara Nolasco Leonardo y Ruiz Gordillo Ana Laura

Instituto de Ingeniería, UNAM

cpy@pumas.ii.unam.mx

El sistema de publicación de mapas de intensidad sísmica (SAPS-II) realiza una estimación de los valores de aceleración generados en el valle de México en forma automática y casi inmediata a la ocurrencia de un temblor sin la intervención humana. Los mapas que se presentan indican los distintos niveles de intensidad sísmica en el Distrito Federal, esto es, medidas locales de la severidad del movimiento que se experimentaría en el suelo o en la azotea de edificios de diferentes alturas; cuanto mayores las intensidades, mayores las fuerzas que el sismo impondrá a las estructuras. Si bien es cierto que el daño que sufren las edificaciones depende también de la resistencia de las mismas, su diseño y la calidad de construcción, la ubicación de las zonas donde el sismo se sentiría más intensamente puede proporcionar una localización aproximada de los sitios donde las estructuras pueden ser afectados en mayor o menor medida.

El sistema está integrado por dos acelerógrafos instalados en la estación sísmica CUIP, que opera el Instituto de Ingeniería de la UNAM en Ciudad Universitaria, dichos instrumentos registran y envían, en tiempo real, las señales que reciben a una computadora en donde la información es evaluada para determinar si se trata de un evento sísmico y en su caso si generó un determinado nivel de aceleración para que se realice la estimación de 4 mapas de intensidad. El primero corresponde a la aceleración máxima que experimentaría un observador al nivel del suelo, el siguiente a las aceleraciones que se producirían en la azotea de un edificio de alrededor de 2 pisos, el tercero se refiere a edificaciones de entre 10 y 12 niveles y el último se asocia a aceleraciones en la parte superior de edificios de 20 a 25 pisos.

Hoy en día el sistema SAPS-II se encuentra funcionamiento satisfactoriamente y durante este 2008 se generaron mapas para el evento del 12 de febrero (M=6.6) ocurrido cerca de Unión Hidalgo, Oaxaca y el del 28 de abril (M=5.6) próximo a Toluca en Guerrero.

SE01-8

ESTIMACIÓN RÁPIDA DE LA MAGNITUD EN EL SERVICIO SISMOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO: REVISIÓN Y NUEVA CALIBRACIÓN DE MA

García Jiménez Daniel, Castillo Maldonado Mariana y Iglesias Arturo

Instituto de Geofísica, UNAM

danielg@geofisica.unam.mx

En la última década el Servicio Sismológico Nacional (SSN) ha empleado dos escalas de magnitud para estimar el tamaño de eventos moderados o grandes ($M > 5$): ME, basada en la energía sísmica, y MA, que utiliza la amplitud (Singh y Pacheco, 1994).

La escala MA está basada en la amplitud de las trazas de velocidad registradas en Ciudad Universitaria (CU), México D.F., filtradas con un paso de banda de 15 a 30 s, y ha sido usada frecuentemente desde su aparición. Sin embargo, para su

elaboración se utilizó un conjunto de sismos bastante limitado, tanto en número, como en magnitud, ubicación y tipo de eventos.

La necesidad de desarrollar algoritmos confiables para estimar la magnitud en tiempo casi real de cualquier tipo de sismo, junto con la existencia actualmente de una base de registros de banda ancha del SSN en CU mucho más amplia, han motivado la revisión y nueva calibración de esta escala.

Esta labor pretende determinar la influencia sobre el cálculo de MA de:

- la ubicación y profundidad del evento, y las diferencias en atenuación hacia CU;
- el tipo de mecanismo y profundidad del evento.

A partir de estos resultados se pretende establecer la fiabilidad, homogeneidad y limitaciones de esta escala para su uso en sismos de la zona centro de México.

SE01-9 CARTEL

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA CONTRA EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS PARA LA COSTA TAMAULIPECA

Jiménez Hernández Sergio, Sosa Pérez Felipe, Piñero Hernández Dulce, Barrientos Cisneros Julio y Padilla Hernández Roberto

Universidad Autónoma de Tamaulipas

sjimenez@uat.edu.mx

La implantación de sistemas de prevención ante desastres naturales, como inundaciones catastróficas provocadas por huracanes en los municipios costeros mexicanos es una nueva realidad de nuestros días. Su aparición se explica en el contexto urbano que manifiesta México, donde más del 80% de la población vive en áreas urbanas. Este efecto ha provocado en determinadas áreas litorales del país cierta saturación y afectación de las playas, lagunas y desembocaduras de los ríos. Precisamente en México el crecimiento urbano insostenible de las zonas litorales, como el Golfo de México, ha favorecido que las consecuencias del paso de un huracán generen mayores desastres e importantes pérdidas materiales y humanas. En este contexto, es necesaria la ordenación de las zonas urbanas litorales y fomentar la cultura de la prevención ante posibles desastres naturales, como huracanes e inundaciones, en los municipios de este país.

El estudio aborda las repercusiones que en el mundo y, principalmente, en México tienen los desastres provocados por las inundaciones. Asimismo, se centra en la importancia de la prevención ante desastres naturales (huracanes) en los municipios mediante el Sistema de Alerta Temprana contra Eventos Meteorológicos Extremos (SATEME) para las Costas Tamaulipecas, que es un conjunto de herramientas de simulación y predicción hidrometeorológica, que determinan las condiciones de riesgo por marejadas de tormenta y avenidas extremas de la cuenca baja del Río Pánuco para la costa sur del estado de Tamaulipas. De manera específica, determina para un Evento Ciclónico TROPICAL; las llanuras de inundación en la Zona Metropolitana Costera de los municipios de Tampico, Madero y Altamira, en Tamaulipas (ZMCTMA) y parcialmente en Pueblo Viejo y Pánuco, Veracruz.

La meta que persigue esta investigación es proporcionar una herramienta de predicción efectiva, que alerte con tiempo suficiente a la población de Tampico, Madero y Altamira ante los efectos de una inundación por marea de tormenta y/o avenida

extrema en la cuenca baja del Río Pánuco. En este sentido, la visión es convertirse en un elemento básico para las autoridades de Protección Civil, en los trabajos de prevención y atención a contingencias por Eventos Meteorológicos Extremos en la Costa de Tamaulipas.

SE01-10 CARTEL

**PROGRESS IN TSUNAMI EARLY DETECTION,
FORECAST AND PREVENTION ACTIVITIES
FOR THE WESTERN COAST OF MEXICO**

Ortiz Figueroa Modesto¹, Ferreras Sanz Salvador¹, González Navarro Juan Ignacio¹ y Montoya Rodríguez José Miguel²

¹Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, CICESE

²Instituto Mexicano del Transporte

ortizf@cicese.mx

The highly vulnerable Pacific southwest coast of Mexico has been repeatedly affected by local, regional and remote source tsunamis. Mexico does not presently have a national tsunami warning system in operation. The implementation of key elements of a National Program on Tsunami Detection, Monitoring, Warning and Mitigation are in progress. For local and regional events detection and monitoring, a robust and low cost high frequency sea level tsunami gauge, sampling every minute and equipped with 24 hours real time transmission to the Internet, was developed by CICESE. With the cooperation of Secretaria de Marina and Instituto Mexicano del Transporte, 12 of these gauges were installed along the Pacific ocean coast of Mexico, and are currently in operation. It is intended to extend in the future the coverage of this network to the Mexican Caribbean and Gulf of Mexico coastal areas.

A Tsunami Tool-Box for synthetic tsunamis generated by interplate earthquakes in the Middle American Trench along the Pacific Coast of Mexico was also developed. It consist in a base of forecast estimated tsunami arrival heights and times numerically computed from groups of impulse functions of a collection of segmented rupture area tsunami sources of prototype earthquakes. The predicted height and time arrivals of the tsunamis are obtained every 10 kilometers of the above mentioned coast. In a real case, by means of this tool-box, a rapid estimation of these tsunami parameters is obtained from early determinations of the magnitude of the coseismic dislocation and the location of the rupture segments.

Statistics allow identification of low, medium and extreme hazard categories of tsunamis arriving to Mexico. These categories are used as prototypes for computer simulations of coastal flooding, with linear wave theory for the deep ocean propagation, and shallow water non-linear one for the near shore and interaction with the coast. Non-fixed boundaries for flooding and recession at the coast, are used. For prevention purposes, tsunami inundation maps for several coastal communities along the Pacific ocean coast of Mexico, are being produced in this way.

SE01-11 CARTEL

**SISTEMA AUTOMÁTICO DE CÁLCULO DE TENSOR
DE MOMENTOS PARA SISMOS MEXICANOS**

Iglesias Arturo¹, Franco Sánchez Sara Ivonne² y Rivet Diane³

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Servicio Sismológico Nacional

³Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM

arturo@geofisica.unam.mx

En este trabajo presentamos la nueva versión del Sistema Automático de Cálculo de Tensor de Momentos para Sismos Mexicanos.

El sistema dispara automáticamente con el arribo del correo informativo del Servicio Sismológico Nacional (SSN). Si en el correo se reporta un sismo de magnitud $M \# 4$, entonces se inicia el procedimiento cuya primera etapa consiste en determinar cuales son las estaciones válidas para el cálculo del tensor. Con estas estaciones se forman una serie de combinaciones que son pesadas de acuerdo a su distribución azimutal con respecto al epicentro. Con un proceso iterativo se lleva a cabo la inversión para cada combinación y, en función de un criterio combinado entre la distribución azimutal y el ajuste obtenido, se conserva la mejor solución.

Esta solución actualiza una base de datos que puede ser consultada a través de una interfase web (<http://laxdoru.igeofcu.unam.mx/cmt>).

Dicha interfase permite realizar búsquedas ordenadas de soluciones para sismos de magnitud $M \# 4$ de los cuales se despliegan los ajustes de las formas de onda obtenidos durante la inversión, la información del tensor de momentos, y un mapa con la solución gráfica que permite al usuario relacionar el sismo en cuestión con un ambiente tectónico.

El desempeño del sistema es demostrado a través de un análisis estadístico de la calidad de las soluciones obtenidas en el intervalo 2000-2008 y a través de un comparativo de dichas soluciones con respecto de las reportadas rutinariamente por el SSN y por el "Global CMT".

SE01-12 CARTEL

**PRUEBAS DE UN SISTEMA DE ALERTA SÍSMICA
TEMPRANA EN CUATRO SITIOS DE CONTROL**

Leyva Contreras Amando¹, Araiza Quijano Mario R.², Valdés Barrón Mauro¹, Segovia Aguilar Nuria¹ y Valenzuela Wong Raúl¹

¹Instituto de Geofísica, UNAM

²Instituto de Astronomía, UNAM

aleyva@geofisica.unam.mx

El área de preparación de los sismos fuertes ($M > 5$) ha sido estimada por diferentes autores como aquella zona sobre la superficie terrestre donde, ante la formación de un volumen dentro de la litosfera que será el hipocentro de un inminente terremoto, sufre deformaciones y movimientos cuya detección y análisis pueden servir para alertar sobre su evolución en el tiempo y en el espacio. En el presente trabajo se muestran los resultados del seguimiento de la sismicidad regional observada por el Servicio Sismológico Nacional durante el período Jun.2006 – Jun.2007. El diagnóstico se prueba para 4 sitios: Cayaco, Gro.,

Comitán Chis., Ciudad Universitaria, D.F., y Ahuacatlán, Nay. Dado un evento sísmico, de magnitud M que tiene lugar a una distancia D_i del sitio de control i , el coeficiente de impacto sísmico local (LSI) de dicho evento se calcula como el cociente del radio de su área de preparación $\#(M)$ y la distancia D_i de su epicentro al sitio de control: $LSI = \#(M)/D_i$. Desde este punto de vista, los eventos sísmicos observados y reportados por el SSN del IGEF, pueden caracterizarse por valores LSI altos en dos situaciones: o bien por que fueron causados por eventos fuertes ($M > 5$) y ocurrieron a distancias moderadas del sitio o, porque teniendo magnitudes $M < 5$, ocurren a distancias relativamente cortas del sitio de control. Los datos de LSI calculados, son analizados para estimar las funciones de distribución de probabilidades (PDF) de diferentes grupos de la población, encontrándose que los coeficientes $LSI < 0.4$, a diferencia del resto de los valores, tienen una distribución casi uniforme, por lo que pueden considerarse como representativa del LSI de fondo de la sismicidad regional. El análisis de los casos de $LSI > 0.4$ permitió identificar eventos precursoros, y la necesidad de implementar un método de alerta sísmica temprana, combinando diagramas de control de LSI con mapas de la zona de observación, para ubicación del área más probable de localización del epicentro del evento principal.