

SISTEMA EXPERTO DE ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS ANTE LA AMENAZA DE SISMO PARA LA REGIÓN DE CENTROAMÉRICA Y EL CARIBE

Octavio Hinojoza Gabriel⁽¹⁾, Mario Ordaz Schroeder⁽²⁾, Benjamín Huerta Garnica⁽³⁾, Mario Salgado⁽⁴⁾

¹ Coordinador experto, ERN-Evaluación de Riesgos Naturales, Vito Alessio Robles No 179, México, C.P 01050.
octavio.hinojoza@ern.com.mx

² Instituto de Ingeniería UNAM, Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 04510, *mordazs@iingen.unam.mx*

³ Gerente de Modelos de riesgo, ERN, Vito Alessio Robles No 179, México, C.P 01050. *benjamín.huerta@ern.com.mx*

⁴ CIMNE, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, *mario.sal.gal@gmail.com*

RESUMEN

Este trabajo describe de forma general las características de una herramienta que realiza evaluaciones de riesgo ante la amenaza de sismo en la zona del Caribe y Centroamérica, asimismo destaca la importancia que tiene en la estrategia de gestión financiera del CCRIF; el modelo de riesgo llamado SPHERA se utiliza para determinar el pago de las pólizas del seguro paramétrico (para los países miembros) ante la pérdida modelada para eventos de terremoto. La herramienta que aquí se describe es el esfuerzo de los grupos multidisciplinarios de ERN y RED formados por expertos en amenaza, vulnerabilidad, exposición, estimación del riesgo y desarrollo de software.

ABSTRACT

The main objective of this paper is to show general characteristics of a risk assessment tool for earthquake hazard from Caribbean and Centro America, as part of the CCRIF financial management strategy. SPHERA is the model risk that the CCRIF uses to determine the payment of insurance policies. This is the effort of an interdisciplinary group formed by experts in hazard, vulnerability, exposure, risk estimation and software development

ANTECEDENTES

La modelación de pérdidas a través de herramientas que intentan reproducir los efectos de los fenómenos naturales en las estructuras y valores asegurados es, hasta el momento, la mejor opción para evaluar el riesgo ante desastres naturales, por ello, los gobiernos y compañías de seguros emplean sistemas de cómputo para conocer, con bases técnicas, cuál es el nivel de pérdida máxima probable (PML por sus siglas en inglés) durante un fenómeno natural, y cuál debe ser el valor que se debe cobrar a los asegurados para establecer así un precio justo para todos los involucrados en la transferencia de riesgo (Huerta *et al.*, 2013).

Desde hace varios años se han desarrollado herramientas de cómputo que permiten estimar las pérdidas ante diferentes fenómenos naturales en México (Ordaz *et al.*, 1999, Ordaz, 2000, Reinoso *et al.*, 2006, Hinojoza *et al.* 2011, Huerta *et al.* 2012, Hinojoza *et al.* 2013, Hinojoza *et al.* 2017), así como también con los gobiernos de varios países latinoamericanos (Huerta *et al.*, 2008) y ahora con los países del Caribe y Centroamérica a través del Mecanismo de Seguros contra Riesgos Catastróficos del Caribe (CCRIF por sus siglas en inglés).

INTRODUCCIÓN

La región del Caribe y Centroamérica es una zona geográfica que ha sido afectada por fenómenos naturales. En esta región y en particular el Caribe Septentrional se han tenido, en más de 500 años, una importante actividad sísmica y tsunamigénica. De hecho se han catalogado más de 100 terremotos fuertes y 28 tsunamis. Todos ellos han producido una importante cantidad de víctimas mortales, cercana al millón; así como también importantes pérdidas económicas (Cotilla, 2012).

La mayor parte de los daños son causados en los países isla del Caribe, cuyas modestas economías son las menos capaces de resistir tales impactos y todos ellos con muy limitados recursos económicos.

En este sentido, los tres eventos más costosos que han ocurrido en la región del Caribe y Centroamérica han sido el sismo de Haití de 2010 y los ocurridos en El Salvador en los años 2001 y 1986, reportando pérdidas por \$8400, \$1410 y \$1351 millones de dólares respectivamente (ERN, 2019).

En la figura 1 se muestra la relación entre las pérdidas reportadas y el Producto Interno Bruto (PIB), como otra forma de medir el impacto económico, donde nuevamente el sismo de Haití de 2010 se encuentra como el evento más catastrófico que ha ocurrido al haber registrado pérdidas económicas muy superiores a su PIB con 151%, le siguen el sismo de Managua en 1972 con 96% y el de El Salvador de enero de 2001 con 91% de pérdidas del PIB de cada país para ese año (ERN, 2019).

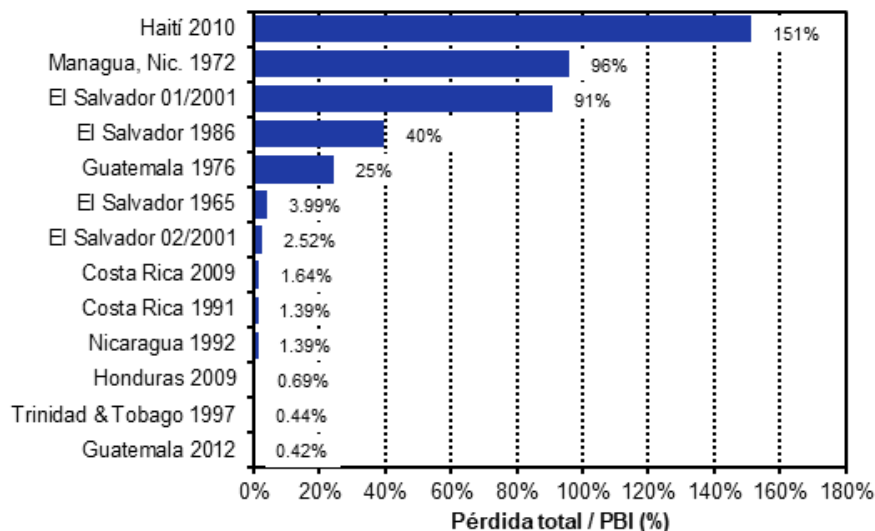
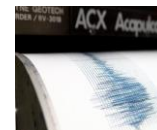


Figura 1 Relación entre las pérdidas reportadas y el Producto Interno Bruto (PIB)

Basado en lo anterior, en el año 2007 se formó el CCRIF tras reconocer que las catástrofes naturales imponen una carga significativa contra la capacidad financiera de los países para seguir funcionando tras un desastre natural.

El CCRIF es un fondo sin fines de lucro que agrupa riesgos y está constituida por los países caribeños. Ofrece seguros paramétricos diseñados para limitar el impacto financiero de terremotos además de huracanes y lluvias extremas que afectan a gobiernos caribeños y centroamericanos mediante el otorgamiento inmediato de recursos líquidos cuando se activa una póliza.

Es el primer fondo regional de agrupación de riesgos catastróficos en el mundo que emite pólizas paramétricas y como tal les otorga a los países miembros la oportunidad de adquirir cobertura contra desastres naturales a un precio mucho más favorable en comparación con el costo que los gobiernos miembros hubiesen pagado por separado y además permite que el pago, en caso de activarse el seguro, se realice de manera muy rápida (CCRIF, 2016).



Los seguros paramétricos son contratos de seguros, cuya indemnización se basa en la intensidad del evento (en este caso la intensidad del terremoto) y en el monto de la pérdida ocasionada por el evento, calculada por un modelo de riesgo predeterminado. El CCRIF utiliza a partir de este año un nuevo modelo de riesgo catastrófico llamado *Sistema para la Evaluación de Riesgos Probabilísticos y la Evaluación de Riesgos*, (**SPHERA** por sus siglas en inglés) que reemplaza al modelo MPRES, que había sido la base para el cálculo de las pólizas desde 2011.

SPHERA es un modelo de riesgo catastrófico que contempla la estimación de pérdidas ante las amenazas de huracán, terremoto y exceso de lluvias para los países del Caribe así como un módulo de seguro para establecer las pólizas de seguro paramétrico (Torres *et al.*, 2018). Como parte de SPHERA, se tiene el sistema experto SPHERA EQ que estima las pérdidas sólo por la amenaza de terremoto. Este sistema permite conocer las pérdidas inducidas mediante estimaciones ex-ante de posibles y futuros terremotos en cualquier país de la zona bajo estudio. Tras la ocurrencia de un terremoto, el sistema también calcula en tiempo casi real si la intensidad del movimiento del terreno, estimada por el módulo de amenaza, podría causar pérdidas significativas en los activos expuestos. Con base en las intensidades del movimiento del terreno, la base de datos de exposición y las funciones de vulnerabilidad, el sistema calcula la pérdida esperada en cada país afectado tras la ocurrencia del evento analizado. Aunque el modelo de riesgo contempla otros peligros, en este trabajo sólo se hace referencia al peligro de terremoto.

El modelo de riesgo catastrófico creado para el CCRIF es similar a otros modelos de riesgo y comprende principalmente los módulos de amenazas, exposición, vulnerabilidad, daños y pérdida, éstos se han descrito a profundidad en varios artículos previos (Jaimes *et al.*, 2008, Jaimes *et al.*, 2009, Reinoso *et al.*, 2009, Reinoso *et al.*, 2012) y como complemento a este trabajo en (Garay *et al.*, 2019) se describe ampliamente el modelo de riesgo usado por SPHERA.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

SPHERA EQ es un software que se ejecuta a través de líneas de comandos en el sistema operativo Windows. Su interfaz gráfica (figura 3) se compone de una sola ventana (tipo consola MS-DOS) con un menú de opciones enumeradas a las cuales el usuario accede a través de teclear el número correspondiente en la pantalla.

Para este sistema, el usuario puede escoger entre dos opciones:

- 1) Cálculo de pérdidas para un evento de sismo cualquiera
- 2) Cálculo de pérdidas por monitoreo automático al portal de la USGS

M 7.0 - Haiti region

2010-01-12 21:53:10 (UTC) | 18.443°N 72.571°W | 13.0 km depth

Moment Tensor

Nodal Planes

Plane	Strike	Dip	Rake
NP1	249°	72°	9°
NP2	157°	82°	162°

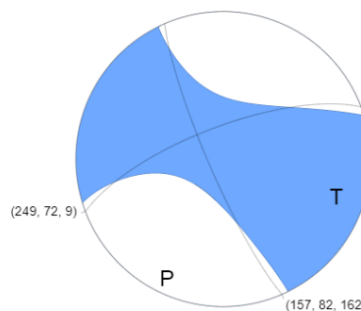
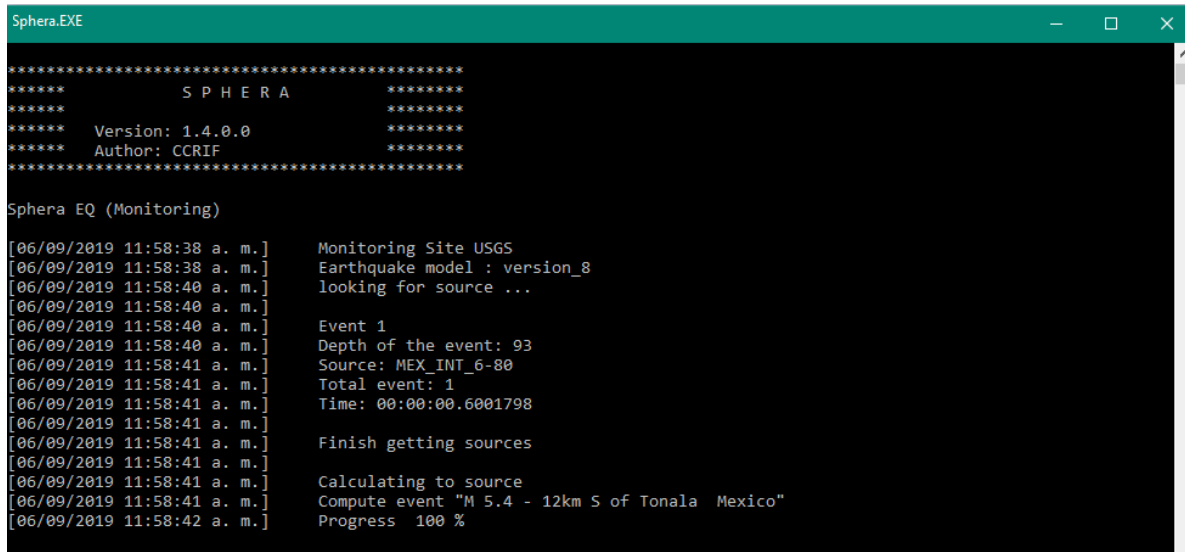


Figura 2 Datos tomados de la USGS para el sismo de Haití 2010 (Id: usp000h60h)

La primera opción le da la posibilidad, al usuario, de ingresar un evento de sismo cualquiera que desee evaluar, basta con ingresar la ruta de un archivo de texto en el cual contiene los valores de magnitud, profundidad, localización y datos del momento tensor del sismo (figura 2). Con esta opción, se pueden evaluar las pérdidas para un evento actual, histórico o bien un evento postulado que permite realizar las pruebas de calibración.

La segunda opción del menú funciona automáticamente, para esto el usuario sólo debe iniciar el proceso y el sistema está configurado para conectarse a cada determinado tiempo al portal del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés) para revisar si existen nuevos avisos de sismos reportados en este sitio. En caso de encontrar un nuevo evento, el sistema descarga los parámetros del sismo, los escribe en un archivo de texto y comienza de forma automática el cálculo de la estimación de pérdidas. En la siguiente figura se puede apreciar el instante en el que el sistema detecta un nuevo sismo y comienza a realizar los cálculos correspondientes.



```
Sphera.EXE
*****
*****      S P H E R A      *****
*****      *****
*****  Version: 1.4.0.0      *****
*****  Author: CCRIF        *****
*****      *****
*****
Sphera EQ (Monitoring)

[06/09/2019 11:58:38 a. m.]  Monitoring Site USGS
[06/09/2019 11:58:38 a. m.]  Earthquake model : version_8
[06/09/2019 11:58:40 a. m.]  looking for source ...
[06/09/2019 11:58:40 a. m.]
[06/09/2019 11:58:40 a. m.]  Event 1
[06/09/2019 11:58:40 a. m.]  Depth of the event: 93
[06/09/2019 11:58:41 a. m.]  Source: MEX_INT_6-80
[06/09/2019 11:58:41 a. m.]  Total event: 1
[06/09/2019 11:58:41 a. m.]  Time: 00:00:00.6001798
[06/09/2019 11:58:41 a. m.]
[06/09/2019 11:58:41 a. m.]  Finish getting sources
[06/09/2019 11:58:41 a. m.]
[06/09/2019 11:58:41 a. m.]  Calculating to source
[06/09/2019 11:58:41 a. m.]  Compute event "M 5.4 - 12km S of Tonalá Mexico"
[06/09/2019 11:58:42 a. m.]  Progress 100 %
```

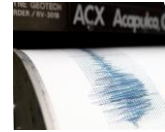
Figura 3 Vista de la interfaz gráfica de SPHERA EQ

Para la opción de monitoreo, se configuraron algunos parámetros como los límites del área donde se deben buscar los nuevos eventos, la magnitud mínima de los sismos a buscar y el intervalo de tiempo en el que se re-conectará el sistema al sitio de la USGS. Una vez iniciada la opción de monitoreo el usuario sólo debe esperar a que SPHERA EQ detecte nuevos sismos y calcule la estimación de pérdidas para cada uno, esto se mantendrá funcionando en un ciclo infinito mientras el sistema esté activo.

El sistema fue desarrollado de tal forma que los archivos de las bases de datos de toda la exposición, las funciones de vulnerabilidad y los efectos de sitio de sismo están pre-cargados dentro del sistema, de tal manera que lo único que cambia en el modelo de riesgo es la creación del archivo de amenaza, que depende directamente de los datos del evento de sismo que se desee evaluar, ya sea de forma directa por el usuario o bien de forma automática por el sistema.

SPHERA EQ se desarrolló como una aplicación de consola porque se enfoca principalmente en el funcionamiento del modelo de estimación de pérdidas y la interacción con el usuario es mínima, su flujo es en una sola dirección, es decir el usuario ingresa la opción que desea ejecutar y el sistema lo hace, comienza a realizar cada uno de los pasos hasta obtener el resultados de la estimación de pérdidas sin mayor intervención del usuario.

En cualquiera de las dos opciones de SPHERA EQ, cuando da inicio el proceso de cálculo el sistema va enviando mensajes en pantalla reportando lo que está ejecutado en ese momento sin que el usuario pueda hacer otra cosa más que esperar. Al finalizar el proceso, el sistema no muestra los valores de pérdidas en pantalla sino que escribe directamente los archivos de resultados.



Como parte de control interno del funcionamiento del sistema, al finalizar la estimación de pérdidas de un evento, SPHERA EQ monitoreo tiene la opción de generar y enviar reportes (figura 4) vía correo electrónico de manera automática colocando los datos del evento, visualizando el mapa de amenazas e indicando el valor de las pérdidas estimadas en cada país.

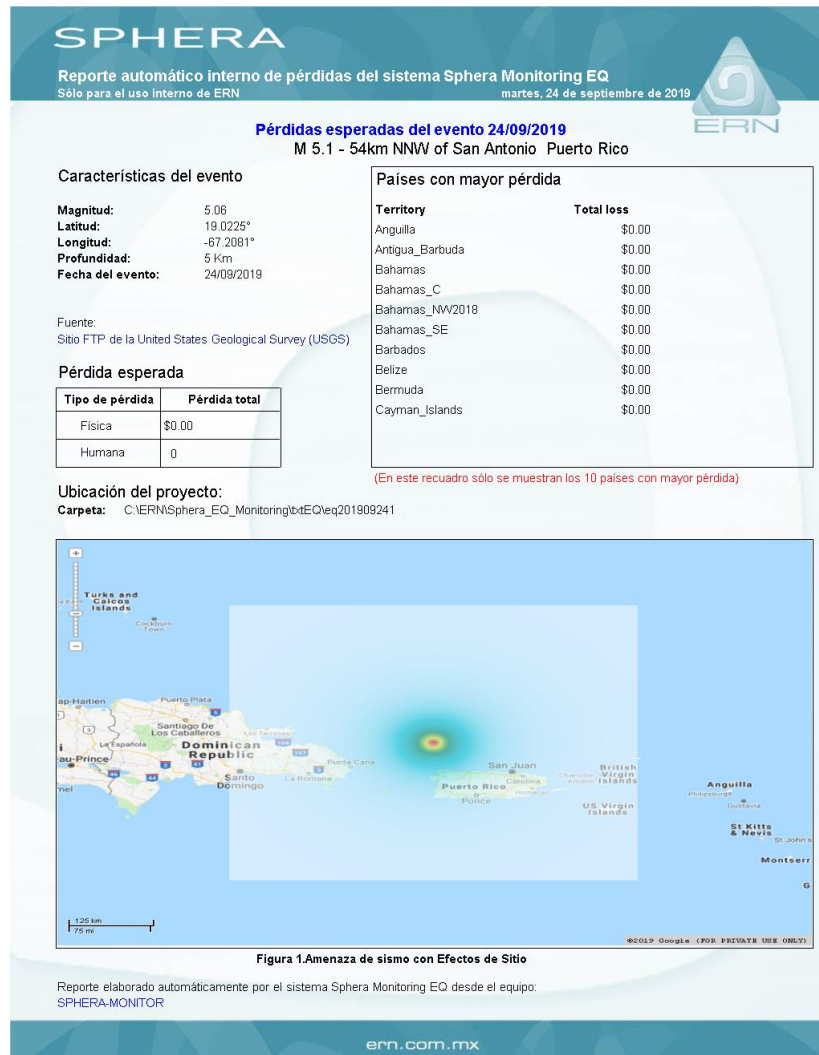


Figura 4 Reporte generado automáticamente por SPHERA EQ

Adicional a esto, SPHERA EQ también puede enlazarse a la plataforma web denominada WeMAp (desarrollada por Risk Engineering Development, RED) a la cual se envían los archivos de resultados al terminar cada evaluación que se esté llevando a cabo de forma automática.

A través de esta plataforma web (figura 5) los países miembros pueden revisar los terremotos que afectan a la zona del Caribe (entre otras amenazas), ver los valores máximos de aceleración del suelo utilizados en el modelo SPHERA para el evento y evaluar su impacto, así como verificar si es probable que se active una póliza de seguro.

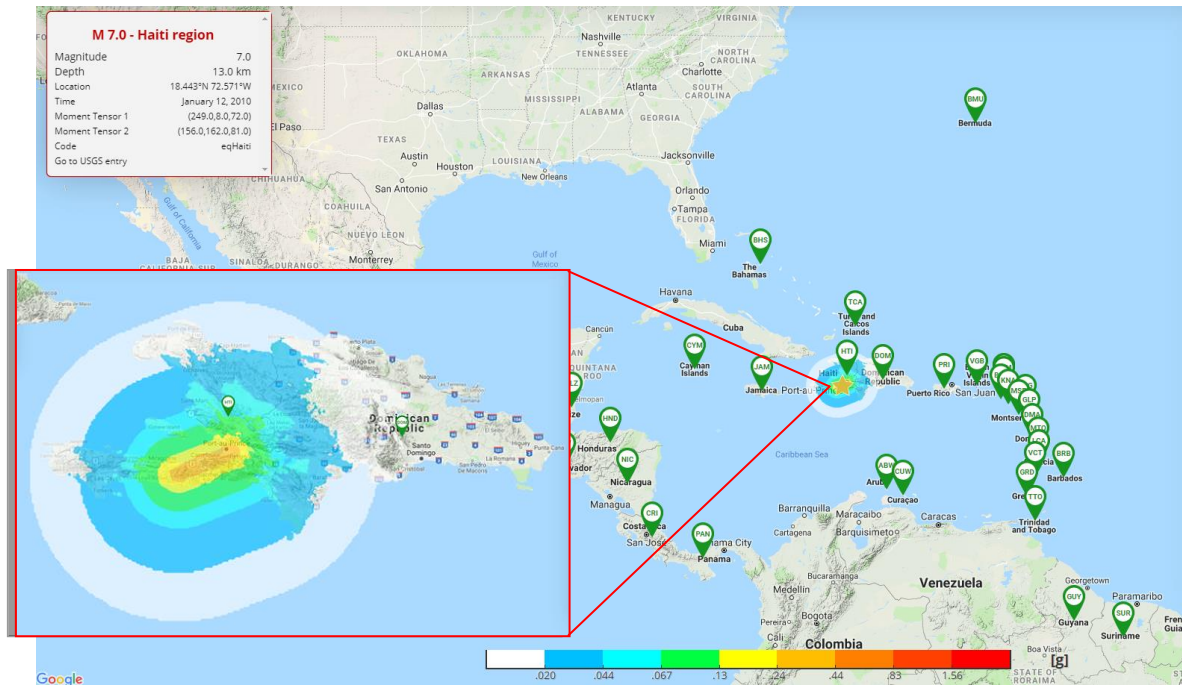


Figura 5 Vista de la plataforma WebMAP

APLICACIÓN DEL SISTEMA

Cuando el modelo de riesgo catastrófico estuvo listo e implementado en el sistema de cómputo, la herramienta se utilizó en primera instancia para diseñar las pólizas del seguro paramétrico.

Para ello, se llevó a cabo una estimación estadística a través de conjuntar un catálogo histórico y estocástico de terremotos para evaluar la frecuencia de ocurrencia de eventos sísmicos futuros con diferentes magnitudes, planos de falla y distribución espacial de las intensidades. El catálogo fue construido a partir de la recolección de información histórica e instrumental con eventos ocurridos en la región de Centroamérica y del Caribe desde el año 1520.

El diseño de las pólizas de seguro por terremoto consistió en determinar los parámetros mostrados en la figura 6 para cada país asegurado considerando diferentes periodos de retorno para el límite del deducible y de cobertura según la capacidad adquirida por cada país de manera individual. Para esto, se realizaron diversas evaluaciones con el sistema para cada uno de los países para cada evento del catálogo estocástico de sismo.

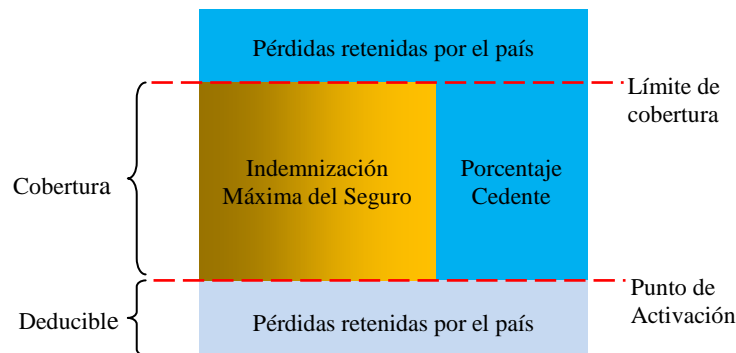
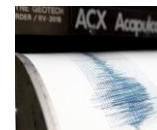


Figura 6 Parámetros de una póliza de seguro del CCRIF



- **Deducible.** Representa la pérdida que un país retiene antes de que comience cualquier pago de seguro y es equivalente a un “deducible” en una póliza de seguro convencional.
- **Límite de Responsabilidad.** Es el valor de pérdida al cual se lleva a cabo el pago total.
- **Porcentaje Cedido.** Es la fracción de la diferencia entre el límite de responsabilidad y el punto de activación que el país asegurado transfiere al CCRIF.
- **Límite de Cobertura o de Póliza.** Es el monto máximo que puede pagarse a un país asegurado en un año de cobertura.

Los valores de estos parámetros, incluidos en las pólizas de seguro, se diseñaron para proporcionar la mejor cobertura posible que satisfaga las necesidades de gestión de riesgo del país dentro del presupuesto de primas deseado. Elegidos el deducible y el límite de cobertura, existe una relación de uno a uno entre el importe de la prima pagada y el porcentaje cedente, un porcentaje cedente más elevado significa una prima más baja.

Cada país decide su propio deducible y límite de responsabilidad de conformidad con su respectivo perfil de riesgos y la prima que desee pagar. Los países más proclives a terremotos podrían decidirse por periodos de retorno más frecuentes. Por ejemplo para el año póliza 2014/2015, los países miembros del CCRIF escogieron puntos de activación con períodos de retorno entre 20 - 100 años y para los límites de responsabilidad escogieron períodos 100 a 250 (CCRIF, 2016).

Al escoger una póliza con punto de activación con períodos de retorno de 20 años, existe una alta probabilidad que la póliza se active con un evento en este lapso (es decir un evento que ocurra con cierta severidad cada 20 años). Si el punto de activación cambia a un período de retorno de 15 años – dejando igual al resto de elementos de la póliza – el valor monetario del punto de activación sería más bajo y se elevaría la probabilidad de que la póliza se active en cualquier año dado en comparación con el período de retorno de 20 años. En efecto, ello significaría que la póliza brinda cobertura para eventos que ocurren con mayor frecuencia. Sin embargo, la prima correspondiente a esta mayor cobertura sería más cara. Asumiendo que el resto de elementos permanezcan inalterados, una póliza con un período de retorno de 15 años costaría más que una de 20 años pero se activaría ante un evento menos severo y por ende el país tendría derecho a una indemnización (CCRIF, 2016).

En operación

Una vez puesto en marcha, el sistema monitorea el sitio en línea del USGS para conocer si hay un reporte nuevo de un evento de terremoto con una magnitud igual o mayor a 5.0 en la región en cuestión, limitada por el recuadro con latitud entre 4° y 34°N y Longitud 95° y 55°. El CCRIF se auxilia de los datos de esta dependencia (USGS) ya que puede estimar con exactitud la ubicación y magnitud de un terremoto y así establecer que los datos provienen de una fuente independiente a los países involucrados.

Al ser detectado un nuevo terremoto, SPHERA EQ obtiene los parámetros del evento y los escribe en un archivo de texto para después comenzar, de forma automática, el cálculo de la estimación de pérdidas; en un primer paso el modelo de amenaza calcula las intensidades del movimiento del terreno de acuerdo con la magnitud, localización, profundidad y datos del momento tensor del sismo y posteriormente estima la pérdida esperada para cada país afectado. La manera de estimar las pérdidas combinando los componentes para el cálculo de riesgo anteriormente listados se han descrito a profundidad en varios artículos que complementan este trabajo (Jaimes *et al.*, 2008, Jaimes *et al.*, 2009, Reinoso *et al.*, 2009, Reinoso *et al.*, 2012, Garay *et al.*, 2019).

Al término de la evaluación se revisan cada una de las pérdidas de los países afectados; la póliza de un país se activa sólo cuando la pérdida modelada (estimada) para el evento es igual o superior al deducible, por lo tanto, no hay pago

por pérdidas por debajo de este punto. El pago máximo que un país asegurado puede recibir después de cualquier evento de terremoto es igual al límite de responsabilidad menos el deducible, multiplicado por el porcentaje cedido.

Las pólizas del CCRIF cubren las “pérdidas gubernamentales” como una proporción de todas las “pérdidas nacionales”. El mecanismo fue diseñado para brindar recursos líquidos en un plazo de 14 días para que los gobiernos solventen las necesidades inmediatas tras un evento catastrófico. El monto exacto de la indemnización depende no solo de las pérdidas modeladas tras un terremoto, sino también de los términos contractuales de la póliza seleccionados por el país – es decir la cantidad de riesgo transferido al CCRIF y el límite máximo de indemnización. Como ejemplo en la tabla 1 se muestran los pagos que el mecanismo ha realizado desde sus inicios hasta la fecha correspondientes a la póliza de terremotos, siendo un total hasta ahora de 9.2 millones de dólares (CCRIF, 2016).

Tabla 1 Indemnización por parte del CCRIF a países afectados para la póliza de Terremoto (CCRIF, 2016)

Evento	País afectado	Indemnización (US\$)
Terremoto, 29 nov 2007	Dominica	528,021
Terremoto, 29 nov 2007	Santa Lucía	418,976
Terremoto, 12 ene 2010	Haití	7,753,579
Terremoto, 9 jun 2016	Nicaragua	500,000

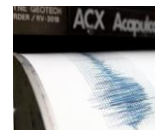
SPHERA EN EL SEGURO PARAMÉTRICO

La importancia del sistema está implícita en la estrategia de gestión financiera del CCRIF, SPHERA es la base del cálculo de las pólizas de los seguros paramétricos que el mecanismo ofrece a los países miembros; con esta herramienta se diseñaron las pólizas pero también el sistema es de suma importancia en la operación ya que el modelo de riesgo catastrófico estima las pérdidas y con ellas se revisa el punto de activación de la póliza, queda de manifiesto que el sistema determina si habrá un pago o no a los afectados.

Para que el sistema pueda funcionar en este esquema es necesario que los seguros sean paramétricos, ya que las indemnizaciones se basan en la intensidad del evento terremoto y en el monto de la pérdida ocasionada por el evento (en este caso), calculada con un modelo predeterminado. Las razones principales por las que se diseñó el CCRIF para ofrecer pólizas de seguros paramétricos fueron:

- El seguro paramétrico es por lo general más económico que los seguros tradicionales equivalentes.
- Las indemnizaciones se calculan y pagan con mayor celeridad porque los ajustadores de pérdidas no dependen de los avalúos de pérdidas “in situ” tras el siniestro, un proceso que podría tomar meses o años.
- Los gobiernos no necesitan facilitar un listado detallado de los activos y demás información antes de que entre en vigencia el seguro. Sólo tienen que firmar un formulario durante todo el proceso de reclamo.
- El cálculo de las indemnizaciones es objetivo en su totalidad, basado en unos cuantos y simples parámetros introducidos dados a conocer de manera amplia ante el dominio público, tomados de organismos mundiales especializados en la estimación de dichos parámetros, así como en un conjunto de fórmulas que forman parte de la póliza. El costo del seguro se puede de inmediato relacionar con la probabilidad del evento y el pago de la indemnización es independiente de cualquier mitigación adoptada después que se haya emitido la póliza.
- El riesgo, determinante del precio de la póliza, está uniformemente definido (es decir, no hay subjetividad en la definición del riesgo).
- Las indemnizaciones se calculan y se emiten de manera rápida porque no existe la necesidad de estimar daños tras el acaecimiento del siniestro.
- La implementación de modelos físicos detallados y su calibración con eventos históricos reduce el riesgo de base de estos instrumentos, es decir, que las estimaciones tienen una correlación alta con las pérdidas.

Para que el seguro paramétrico pueda funcionar es de suma importancia que la pérdida modelada esté diseñada para replicar lo más fielmente posible las pérdidas reales en el campo. Por ello la importancia de SPHERA.



Sin embargo, a pesar de los numerosos beneficios, los productos paramétricos se ven expuestos a un riesgo base, es decir a la posibilidad que la indemnización sea mayor o menor que las pérdidas reales. Si bien éste es un problema significativo en cuanto al desarrollo de un instrumento paramétrico, diseñar de manera cuidadosa los parámetros del seguro y las pérdidas modeladas, tal como lo ha hecho el CCRIF, ayuda a reducir este riesgo.

Los gobiernos pueden utilizar las indemnizaciones para cualquier propósito. En el pasado, los países han utilizado las indemnizaciones del CCRIF para pagar salarios de empleados públicos tras la interrupción de las operaciones normales por el evento; reparar infraestructura como puentes y carreteras; complementar el presupuesto general e instituir medidas de mitigación para elevar la resiliencia del país.

Es importante señalar que las pólizas del CCRIF no están diseñadas para brindar cobertura total de todos los daños y pérdidas gubernamentales, sino que es un seguro catastrófico contra la pérdida de ingresos y costos adicionales incurridos en la respuesta y recuperación. Por ende, se puede aprovechar al máximo cuando se emplean para protegerse contra siniestros que rebasan la capacidad del estado para responder con efectividad, es decir ante eventos de alta intensidad pero de baja frecuencia, en estos casos es necesario complementar estos seguros con algunos otros instrumentos de protección financiera.

De igual forma, el instrumento no está diseñado para cubrir todo el perfil de riesgos de los países como resultado de una catástrofe, sino más bien como un medio para garantizar ciertos recursos líquidos disponibles para los gobiernos mientras movilizan recursos para los procesos de recuperación y reconstrucción a un plazo más largo.

CONCLUSIONES

Se presentaron las características generales del sistema SPHERA EQ para el cálculo de estimación de pérdidas en la zona del Caribe y Centroamérica.

La interfaz gráfica en modo consola MS-DOS es funcional para la operación del sistema, pues la interacción mínima con el usuario es adecuada, dado que el usuario sólo debe hacer funcionar al sistema, esperar un poco tiempo para que se realice la estimación de pérdidas y obtener los archivos de resultados.

La conexión al sitio en línea de la USGS es adecuada y ha detectado correctamente los eventos sísmicos reportados en la zona para automáticamente después realizar la estimación de pérdidas.

Los modelos de riesgo que se han desarrollado en México y en colaboración con otros países se encuentran entre los más avanzados del mundo, han sido punta de lanza en Latinoamérica y ahora en el Caribe y Centroamérica. Así lo demuestra el modelo riesgo SPHERA, pues ahora es la base del CCRIF para la estimación de pérdidas y pago de pólizas de los países participantes.

En los países donde las entidades gubernamentales (tales como provincias o estados) tienen un poder sustancial y responsabilidad en la respuesta financiera a desastres, los grupos de riesgo (grupos donde los contribuyentes y los beneficiarios son gobiernos soberanos) pueden aumentar la capacidad de recuperación financiera de los gobiernos locales. Este enfoque ha sido utilizado recientemente para establecer grupos de riesgo y de esta manera el CCRIF ha ayudado a los países participantes a tener acceso a una póliza de seguro contra desastres naturales (CCRIF, 2016).

Esta estructura resulta en un muy eficiente instrumento de financiación de riesgos que les ofrece, a los países participantes, pólizas al menor precio posible. Los países obtienen cobertura aproximadamente a la mitad del costo que pagarían si la compraran por su cuenta a las reaseguradoras. En el caso de las pólizas, cada país paga una prima directamente proporcional a la cantidad de riesgo que le transfieren al CCRIF.

Durante los 12 años de existencia, el Mecanismo ha demostrado que el seguro contra riesgos de desastres puede proporcionar efectivamente un nivel de protección financiera para los países vulnerables a los terremotos, entre otros. Desde su inicio en 2007, el CCRIF ha realizado 38 pagos por los diferentes peligros de sismo, huracán y exceso de lluvia; por un total de US\$139 millones a 13 de sus 21 gobiernos miembros, todos dentro de los 14 días posteriores al evento, que es una propuesta de valor central, es decir, proporcionar liquidez rápida una vez que una póliza se activa (CCRIF, 2016).

De lo anterior, recae la importancia del modelo de riesgo SPHERA pues a partir del año póliza 2019/2020 se usa este modelo como la base para estimar los pagos de las pólizas del CCRIF.

Esencialmente, estos pagos han apoyado a los gobiernos para ayudar a sus poblaciones después de un desastre natural: comunidades, empresas y sectores clave como la educación y la agricultura, entre otros.

RECONOCIMIENTO

El modelo de riesgo SPHERA, del que forma el sistema SPHERA EQ aquí descrito, es un modelo catastrófico desarrollado en conjunto por los grupos multidisciplinarios de ERN (Evaluación de Riesgos Naturales) y RED (Risk Engineering Development), siendo una labor colaborativa de investigación, desarrollo y calibración de resultados.

El equipo del consorcio ERN/RED proporciona los servicios de gestión de riesgos, planificación financiera, modelos de catástrofes y coordinación de la colocación de reaseguros para el CCRIF. RED, tiene experiencia en modelos de riesgo de catástrofes para terremotos, ciclones tropicales e inundaciones. RED se ocupan de la emisión de bonos de catástrofe para países soberanos y el diseño de productos para la gestión del riesgo de catástrofe de las instalaciones de seguros. ERN es la empresa líder en modelos de riesgo de catástrofe en América Latina, ha desarrollado modelos para varios peligros, incluyendo terremotos, ciclones tropicales y sequías para muchos países del mundo.

REFERENCIAS

Cotilla O. (2012), “Historia sobre la sismología del Caribe Septentrional”, Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

CCRIF SPC. (2016), “Comprendiendo al CCRIF”, Compendio de preguntas y respuestas. Revisión febrero 2016.

ERN (2019), Sismos históricos que más han afectado al Caribe y Centroamérica, Nota de Interés.

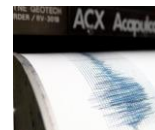
Garay O., Huerta B., Salgado M. y Ordaz M.G., (2019), “Metodología para la estimación del riesgo sísmico en la región del caribe y Centroamérica con énfasis en la calibración del modelo de amenaza”, *XXII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Nuevo León, Monterrey.

Hinojoza O., Ordaz M.G., Huerta B., Reinoso E. y Jaimes M.A. (2011), “Sistema para el monitoreo automático y evaluación de riesgo de huracanes en la República Mexicana”, *XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Aguascalientes, Aguascalientes.

Hinojoza O., Ordaz M.G., Huerta B. y Jaimes M.A. (2013), “Sistema automático de estimación temprana de daños por sismo y tsunami en la República Mexicana”, *XIX Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Boca del Río, Veracruz.

Hinojoza O., Ordaz M.G. y Huerta B. (2017), “Herramientas para la implementación y revisión de modelos de estimación de pérdidas”, *XXI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Guadalajara, Jalisco.

Huerta B., Ordaz, M.G. y Avelar C.E. (2008), “Sistema para la evaluación de riesgos naturales en América Central”, *XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*, Veracruz, Veracruz.



Huerta B., Ordaz, M.G. y Hinojoza O. (2012), “Sistema de estimación temprana de daños por tsunami local en la zona de subducción del Pacífico Mexicano”, *XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*, Acapulco, Guerrero.

Huerta B., Ordaz, M.G. Hinojoza O. Reinoso E. y Jaimes M.A. (2013), “Sistema experto para la evaluación de riesgos naturales en la infraestructura de México”, *XIX Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Veracruz, Veracruz.

Jaimes, M.A., Reinoso, E., Huerta, B. y Zeballos, A. (2008). “Estimación de pérdidas en viviendas en pobreza patrimonial por sismo, inundación y ciclón tropical en la República Mexicana”, *XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*, Veracruz, Veracruz.

Jaimes M.A., Reinoso, E., Ordaz, M.G., Huerta B., Avelar C.E. y Niño M. (2009), “Mapas de pérdidas en la infraestructura en México ante sismos y huracanes”, *XVII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Puebla, Puebla.

Ordaz, M.G., Miranda E., Reinoso E. y Mendoza C. (1999). “Sistema experto para la evaluación de pérdidas por sismo en México”, *XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Morelia-México, 13(5), pp 982-991.

Ordaz, M.G. (2000). “Metodología para la evaluación del riesgo sísmico enfocada a la gerencia de seguros para terremoto”, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.

Reinoso E., Ordaz M.G., Huerta B., Zeballos A., Avelar C.E. y Hernández J.J. (2006), “Metodología para el cálculo de pérdidas en edificios y naves industriales ante fenómenos hidrometeorológicos ocurridos en México”, *XV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*, Puerto Vallarta, Jalisco.

Reinoso E., Ordaz M.G., Jaimes M.A., Huerta B., Avelar C.E. y Martínez J.F. (2009), “Riesgo de las escuelas en México ante sismo y huracanes”, *Revista Ingeniería Civil* No. 482 junio, CICM.

Reinoso E., Ordaz M.G., Jaimes M.A., Niño M. y Huerta B. (2012), “Modelos de ingeniería para estimación de pérdidas por fenómenos naturales”, *Revista Thrive*, volumen 1 número 2.

Torres M. A., Avelar C., Bussi G., Berny E., Ordaz M, y Bazurro P. (2018). “Estimación del riesgo por huracanes considerando múltiples amenazas para la región del caribe como base para el diseño de seguros paramétricos”. *XXI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*, Campeche, Campeche.