

HERRAMIENTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y REVISIÓN DE MODELOS DE ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS.

Octavio Hinojoza Gabriel ⁽¹⁾, Mario Ordaz Schroeder ^(1,2) y Benjamín Huerta Garnica ⁽¹⁾

¹ ERN, Evaluación de Riesgos Naturales. Vito Alessio Robles No.179, México, D.F, 01050, octavio.hinojoza@ern.com.mx,
benjamin_huerta@ern.com.mx

² Instituto de Ingeniería UNAM. Ciudad Universitaria, México, DF, 04510, MOrdazS@iingen.unam.mx

RESUMEN

En este trabajo se hace una recopilación de varios trabajos de grupos de expertos que presentan herramientas de implementación de modelos de riesgo. Por otro lado, se presentan varias herramientas para la revisión de los componentes del riesgo: *amenaza, vulnerabilidad y exposición*. Se describen las herramientas de cómputo desarrolladas especialmente para el manejo y creación de archivos de amenaza y funciones de vulnerabilidad y se menciona cómo estas herramientas han permitido desarrollar mejores modelos de estimación de pérdidas, al interactuar con los expertos en la visualización y revisión de valores de los archivos desarrollados.

ABSTRACT

This paper presents a compilation of several works of groups of experts that present tools of implementation of risk models. On the other hand, several tools are presented for the revision of the risk components: hazard, vulnerability and exposure. This paper describes the computational tools specially developed for the handling and creation of archives.

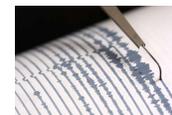
INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años, tanto para nuestro país como para otras partes del mundo, se han desarrollado modelos para la estimación de riesgo ante diversos fenómenos naturales como sismo, tsunami, huracán, inundación, deslizamiento, entre otros con la finalidad de proporcionar, al sector de seguros catastróficos y a los gobiernos, mecanismos de apoyo para la toma de decisiones mediante el entendimiento del problema y la obtención de resultados usados en los análisis financieros (Huerta *et al.*, 2015).

Estos modelos se implementan en herramientas de cómputo que hoy en día, y con los avances exponenciales en el sector tecnológico, permiten realizar grandes cantidades de operaciones en un menor tiempo.

La modelación de pérdidas a través de herramientas que reproduzcan 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 (Huerta *et al.*, 2013).

De forma general podemos mencionar tres componentes importantes en los modelos de riesgo: *la amenaza, la vulnerabilidad y la exposición*. Cada uno de estos componentes 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).



HERRAMIENTAS DE IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS DE RIESGO

A lo largo de varios años se han desarrollado herramientas para la implementación de los modelos de riesgo. A continuación hacemos una breve recopilación de tres de estos sistemas descritos en trabajos anteriores. Cabe mencionar que estas herramientas sólo implementan los tres componentes del modelo de riesgo mencionados anteriormente para realizar en un post-proceso el cálculo de la pérdida.

CAPRA

El sistema CAPRA (ERN Latinoamérica & ITEC Ltda, 2011) fue desarrollado, con el apoyo técnico y financiero del Banco Mundial. CAPRA es una metodología y una plataforma de información técnico-científica, que la integran una serie de herramientas para la evaluación y comunicación de riesgo en diferentes niveles territoriales. Este modelo permite la evaluación de pérdidas en elementos expuestos utilizando métricas probabilistas tales como la curva de probabilidad de excedencia, la pérdida anual esperada y la pérdida máxima probable; medidas útiles para análisis del riesgo multi-amenaza. (Giraldo, 2017)

Este sistema está integrado por varios programas que se encuentran agrupados en módulos de funcionamiento. Los módulos de amenaza, vulnerabilidad y exposición permiten realizar las evaluaciones preliminares al análisis de riesgos, como son la evaluación de la amenaza, y la caracterización de los elementos expuestos y su vulnerabilidad (Giraldo, 2017). En la Tabla 1 se presentan los diferentes módulos que conforman el software CAPRA.

Tabla 1. Módulos del software CAPRA

Módulo	Programa	Descripción
Amenaza	CRISIS 2007	Programa de cálculo de amenaza sísmica
	ERN-Huracán	Programa de cálculo de amenaza por huracán
	ERN-LluviaNH	Programa de cálculo de amenaza por lluvias no huracanadas
	ERN-Deslizamientos	Programa de cálculo de amenaza por deslizamientos
	ERN-Inundación	Programa de cálculo de amenaza por inundación
	ERN-Volcán	Programa de cálculo de amenaza volcánica
Vulnerabilidad	ERN-Vulnerabilidad	Programa de cálculo y edición de funciones de vulnerabilidad
Exposición	CAPRA-InfoPunt	Aplicación para captura de datos de exposición tipo punto
	CAPRA-InfoMovil	Aplicación para captura de datos de exposición tipo punto con equipos móviles
	CAPRA-InfoPolig	Aplicación para captura de datos de exposición tipo polígono
	CAPRA-InfoLinea	Aplicación para captura de datos de exposición tipo línea
	CAPRA-ZonaUrbana	Aplicación para captura de datos de exposición tipo polígono-Zonificación Urbana
Riesgo	CAPRA-GIS	Sistema CAPRA de cálculo de riesgo y visualización

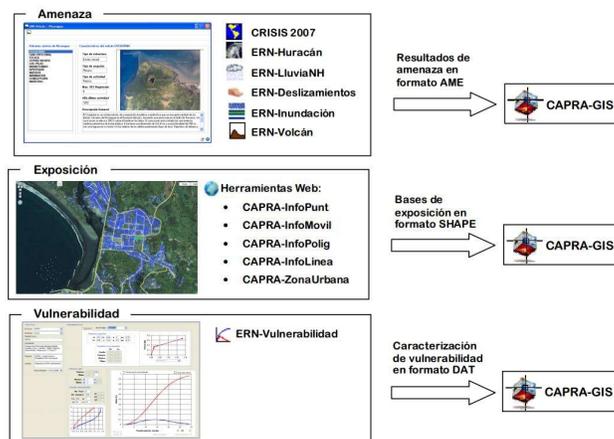


Figura 1 Descripción general del software CAPRA

R-FONDEN

Es una herramienta encargada de la evaluación de riesgo o modelación financiera que sirve para llevar a cabo la transferencia del riesgo de la infraestructura pública e identificar escenarios críticos en la República Mexicana.

La aplicación está diseñada para agregar o modificar información de exposición y vulnerabilidad en cada evaluación y seleccionar sólo las amenazas que sean de interés. La importancia de esta herramienta es analizar, para cada caso particular de bienes expuestos, el riesgo en términos monetarios, tanto para los inmuebles como para el conjunto de ellos, el escenario más desfavorable de acuerdo a cierto criterio y la evaluación de escenarios postulados. Los resultados están sustentados por modelos confiables, lo que permite optimizar recursos sobre las zonas y bienes con mayor riesgo (Huerta *et al.*, 2013).

Esta herramienta contiene una interface gráfica para el sistema operativo Windows y permite mostrar la localización de las exposiciones, amenazas y zonas de agrupación que se emplean en dicha evaluación. Permite al usuario elegir las exposiciones, amenazas y funciones de vulnerabilidad, para después comenzar el cálculo de la evaluación sin necesidad de complicados cuadros de diálogo. (Huerta *et al.*, 2013).

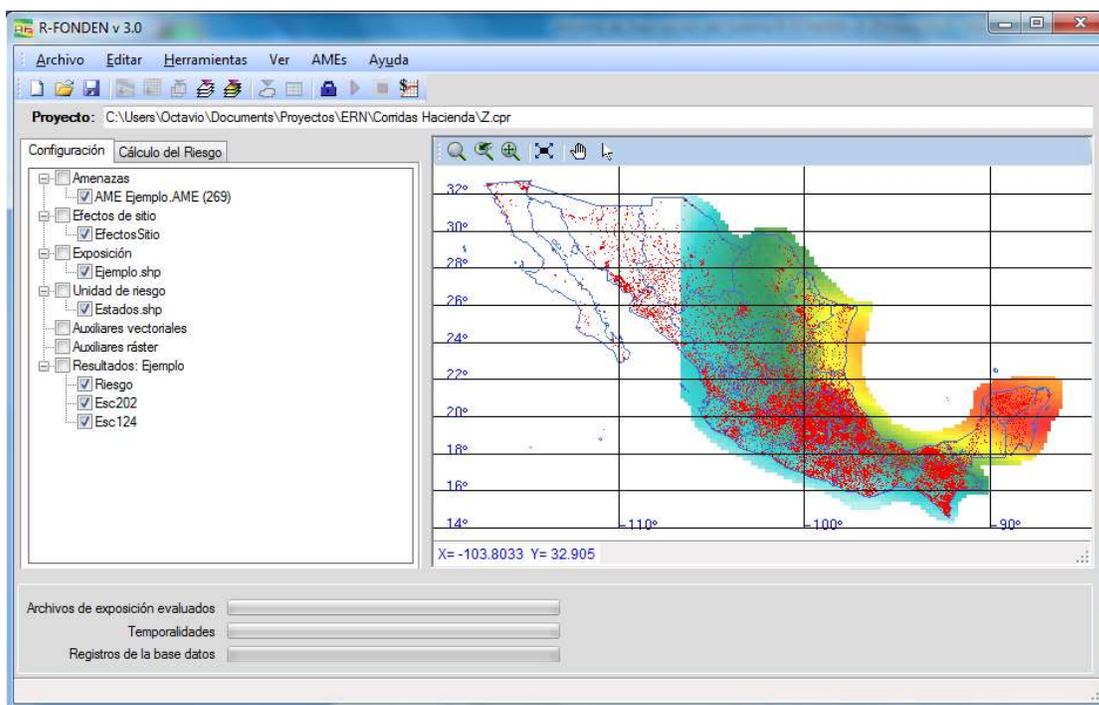


Figura 2 Ventana principal del sistema R-Fonden

SISTEMA R

Es considerado un sistema experto en la evaluación del riesgo; desde hace ya varios años se ha desarrollado como una plataforma modular que permite la implementación de información de diversas regiones y peligros (UNAM, 2008 y ERN, 2009). Constantemente se mejora para implementar modelos de diferentes países tanto de América Central, América latina y Europa.

Este sistema está diseñado para que sea usado como una herramienta de escritorio (ver figura 3), esto permite su operación por uno o varios usuarios interesados en la evaluación del riesgo de bienes asegurados que son parte de su responsabilidad. El sistema permite leer información de los inmuebles a partir de una base de datos que

proporciona las características de ubicación, uso, características estructurales, valores asegurados y consideraciones financieras; con esta información es posible determinar el peligro y la vulnerabilidad de cada inmueble y realizar la estimación de riesgo con los últimos avances computacionales desarrollados en México a través de varios años de trabajo en este tema (Huerta *et al.*, 2015).

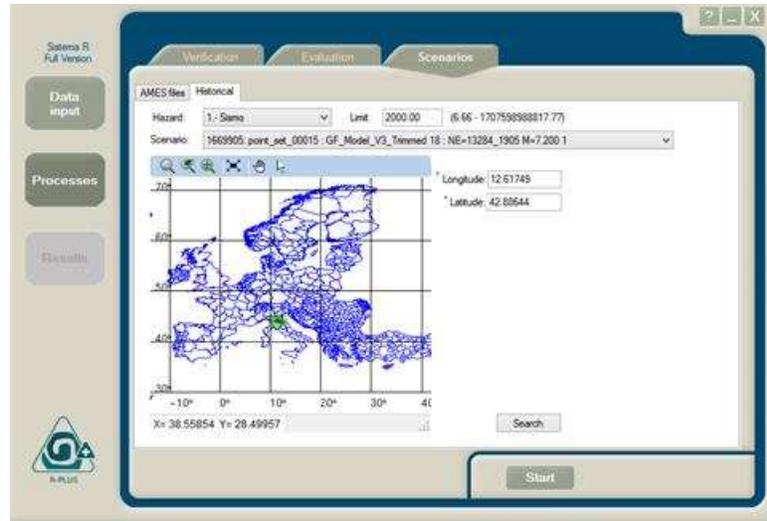


Figura 3 Ventana principal del sistema R

El sistema R es usado en nuestro país por el sector asegurador como un sistema regulado por la CNSF, además actualmente se encuentra en un proceso de incorporación de diferentes modelos de riesgo para países como Perú, Colombia, entre otros.

HERRAMIENTAS PARA LA REVISIÓN DEL MODELO

En la sección anterior se mostraron tres herramientas que implementan los modelos de riesgos; en general estas herramientas incorporan los tres componentes del modelo: *amenaza*, *vulnerabilidad* y *exposición*; y realizan el cálculo de la pérdida.

En este sentido, el valor de pérdida obtenido estará en función de los datos de cada componente del riesgo que se hayan introducido a los sistemas, de tal forma que si alguno de estos tres componentes tiene valores irreales de intensidad, daño, financieros o cualquier otro valor erróneo el usuario se dará cuenta de esto hasta el final de cada evaluación.

Para ayudar a los expertos de cada tema, se han desarrollado algunas herramientas para facilitar la revisión de cada uno de los componentes del modelo de riesgo. A continuación se describen las herramientas que se han desarrollado.

Amenaza

En trabajos anteriores (Jaimes *et al.*, 2008, Jaimes *et al.*, 2009, Reinoso *et al.*, 2009, Reinoso *et al.*, 2012) se han descrito con mayor detalle los archivos de amenaza.

De manera breve podemos decir que estos archivos pueden ser de diferentes formatos dependiendo del tipo de fenómeno del que se trate (sismo, viento, lluvia, inundación, etc.). Sin embargo, cualquiera que sea el archivo de amenaza tiene la característica de contener la intensidad del fenómeno que representen para varios eventos; por ejemplo, en sismo representa la aceleración del suelo y en viento la velocidad máxima en cualquier punto que se genera a partir de la trayectoria de un huracán.

Un archivo de amenaza es por lo general un archivo en formato binario que contiene sólo datos numéricos. En el modelo de estimación de riesgo no es necesario visualizar el archivo de amenaza, pues de éste sólo se obtiene la intensidad del fenómeno para una coordenada geográfica dada. No obstante, el visualizar los eventos de un archivo de amenaza representa una gran ayuda al momento de revisar cada uno de los eventos de la amenaza.

En la figura 4 se muestra la representación gráfica de un evento para diferentes amenazas. Esta visualización se logró por medio del sistema *AME Exploit*, que se desarrolló especialmente para revisar y editar archivos de amenaza (AME) proporcionando a los expertos una herramienta con la cual pueden revisar más fácilmente los archivos AME que generan.

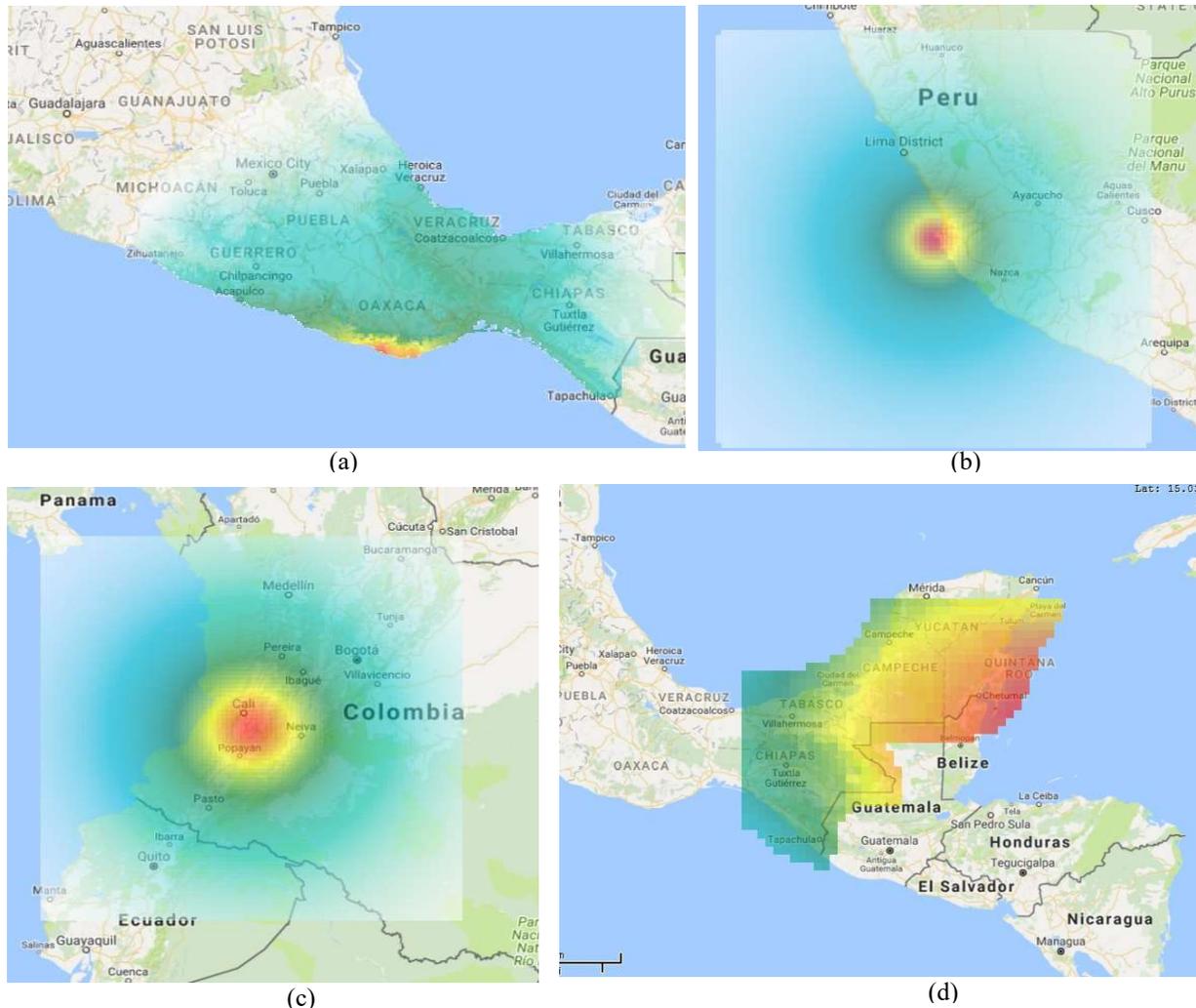


Figura 4 (a) Lluvia en México, (b) Sismo en Perú, (c) Sismo en Colombia y (d) Viento en México

El sistema *AME Exploit* es una herramienta de escritorio desarrollada para S.O. Windows, tiene el objetivo de mostrar gráficamente los archivos AME pero además contiene varias funciones para editar estos archivos, incluyendo funciones para extraer información de uno o varios eventos que componen al archivo de amenaza. En la figura 5 se muestra la ventana principal del sistema *AME Exploit* y a continuación se describe cada componente de la ventana.

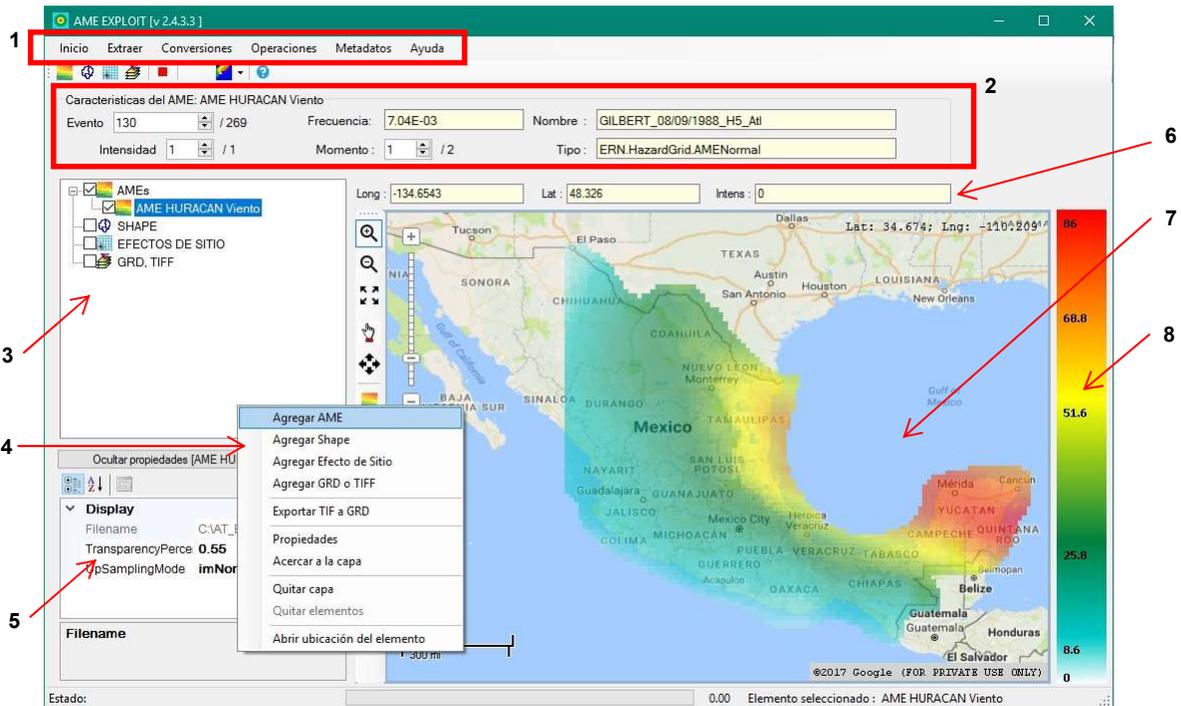
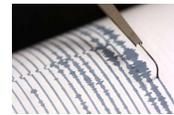


Figura 5 Sistema AME Exploit

1. Barra de menús. Es una de las dos principales ventajas que tiene el sistema, esta barra contiene diversas funciones que pueden editar al archivo AME, desde extraer información, filtrar un evento en particular, cambiar parámetros, cambiar formato, separar, unir con otros archivos AME, modificar los metadatos e incluso opciones para generar mapas de amenazas.
2. Información del evento seleccionado. En esta parte, el sistema muestra la información del evento que está seleccionado (un archivo AME está compuesto por varios eventos). Entre los datos, se muestra la frecuencia del evento, el nombre y el tipo de AME que se definió en el archivo.
3. Área de capas. El sistema funciona a través de capas, es decir la herramienta permite cargar varios archivos AME al mismo tiempo, incluso puede cargar archivos de tipo Shape, efectos de sitio, archivos GRD y TIFF con georreferencia. El sistema acomoda los archivos cargados en forma de capas, una encima de la otra, y el usuario puede seleccionar que archivos desea activar o visualizar.
4. Menú secundario. El área de capas contiene un menú secundario con opciones para cargar o quitar las capas, acercar a la capa en el área del mapa y exportar archivos TIFF a formato GRD.
5. Área de propiedades. En esta sección el sistema muestra algunas propiedades de los archivos AME que permiten mejorar la visualización en el área de mapa.
6. Intensidad en un punto. Con estas opciones, el usuario puede saber cuál es la intensidad en una coordenada específica dentro del AME.
7. Área de mapa. La segunda característica principal del sistema es el área de dibujo, en ésta se muestra una extensión de la aplicación google maps pero en la cual se dibujan las capas (AME, Shape, efectos de sitio y GRD) que se hayan cargado en el sistema. Todas las capas deben estar georreferenciadas

para poder ubicarlas en el mapa. La resolución del mapa es la misma que google maps presenta en internet.

8. Escala de intensidades. La escala de intensidades está representada por colores en forma gradual de color verde claro (baja intensidad) a rojo (máxima intensidad) para cada evento. Esto permite visualizar rápidamente el rango de valores que contiene cada evento del AME o GRD seleccionado.

Dentro de sus funciones principales, el sistema cuenta con una opción para generar los **mapas de amenaza** (ver figura 6) a partir de un archivo AME con varios eventos en su catálogo. Estos mapas de amenaza se generan en archivos tipo GRD para diferentes resoluciones y para diferentes periodos de retorno que seleccione el usuario.

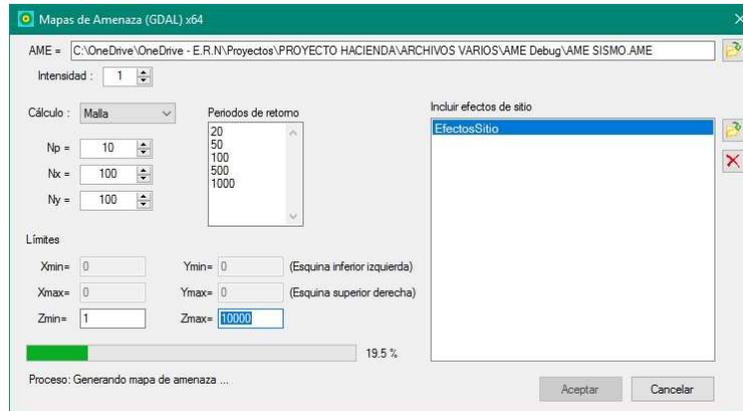


Figura 6 Opción para generar Mapas de amenaza

Como se mencionó en el área de capas, el sistema *AME Exploit* también está programado para cargar y visualizar archivos de tipo Shape. En la figura 7 se muestra una sección de dibujo que contiene dos ejemplos de archivos shape en un formato de puntos (color rojo) y otro más en formato de polígonos (color azul).

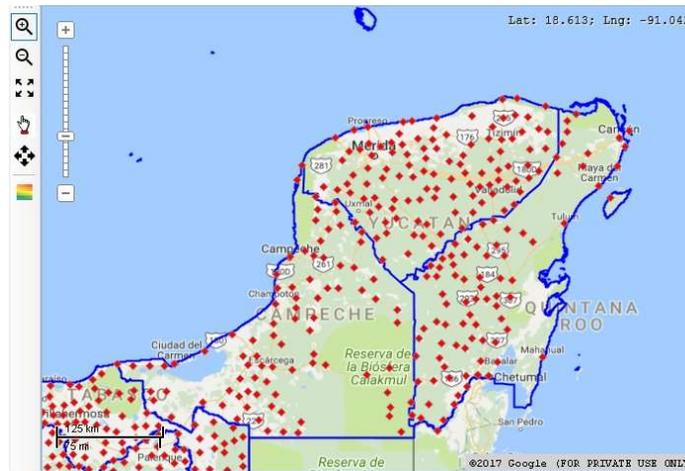


Figura 7 Visualización de archivos Shape

A diferencia de los archivos AME, los archivos shape no pueden ser editados desde este sistema, sólo es posible cargarlos como un archivo de referencia para ayuda del usuario.

Vulnerabilidad

Al igual que la amenaza, la vulnerabilidad se ha descrito con mayor detalle en trabajos anteriores (Jaimes *et al.*, 2008, Jaimes *et al.*, 2009, Reinoso *et al.*, 2009, Reinoso *et al.*, 2012)

En forma resumida podemos decir que una función de vulnerabilidad (FV) es una gráfica que relaciona el porcentaje de daño (Y) de un inmueble con un valor de intensidad (X) a la que esté sometida, ver figura 8.

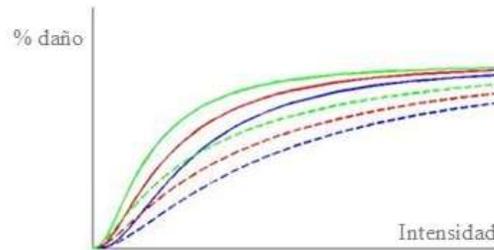


Figura 8 Ejemplo de funciones de vulnerabilidad

En el modelo de estimación de riesgo, se definen dos tipos de FV: *por puntos* y *por parámetros*. El primero de estos tipos contiene a la FV en un arreglo simple de puntos XY (Intensidad, daño); el segundo tipo de FV es un poco más complejo, dado que estas FV se calculan en el momento que se introducen los parámetros necesarios para su construcción, esto significa que el cambio de un parámetro puede derivar en una FV completamente diferente.

Si bien es cierto que para graficar las FV por puntos no es requerida una herramienta especial, pues existen programas como Microsoft Excel para tales fines, para las FV paramétricas se vuelve más complejo el asunto dado que debemos introducir los parámetros necesarios. Para estos casos se diseñó la herramienta *Visualizador de FV*, se trata de un programa de escritorio para S.O. Windows que permite al usuario cargar diversos archivos que contienen FV tanto por puntos como por parámetros.

En la figura 9, se muestra un ejemplo de tres FV que corresponden al mismo tipo estructural sin embargo cada FV se graficó con diferentes parámetros, por lo tanto el sistema Visualizador permite comparar al mismo tiempo diferentes FV.

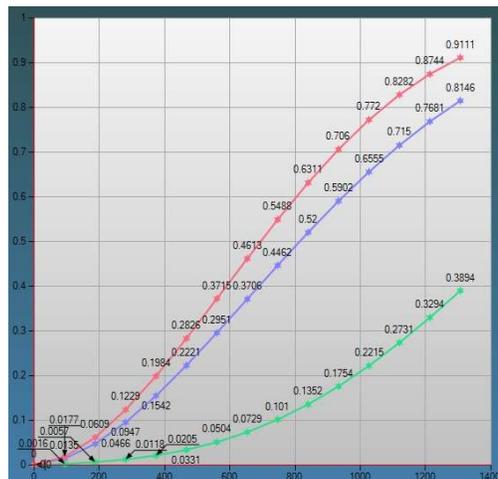
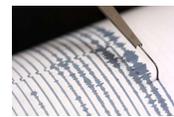


Figura 9 Funciones de vulnerabilidad



En la figura 10 se muestra la ventana principal del sistema *Visualizador de FV* y a continuación se describe cada componente de la ventana.

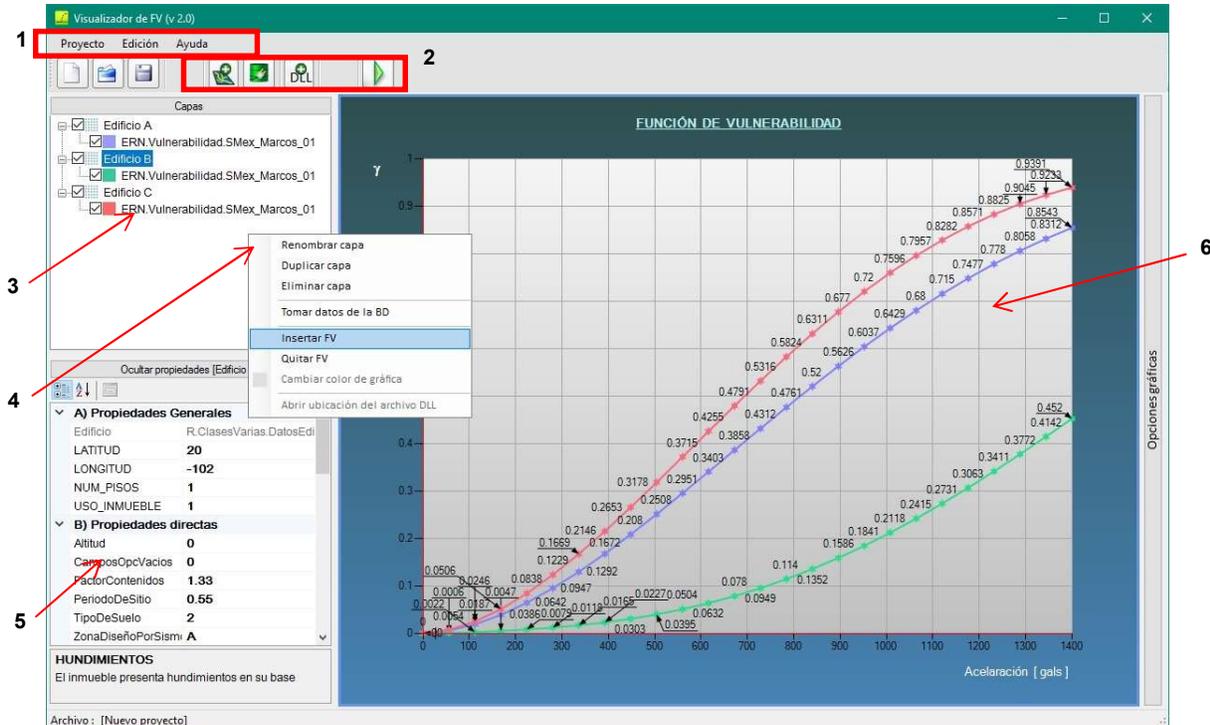


Figura 10 Sistema Visualizador de FV

1. Barra de menús. En esta barra se encuentran las opciones para abrir y/o guardar los proyectos del sistema, cargar los archivos de FV tanto por puntos como por parámetros y bases de datos.
2. Íconos de configuración de proyectos. Con estas opciones el usuario puede definir varias capas de *Edificios* que representan a un inmueble al cual será aplicada una o varias funciones de vulnerabilidad; también desde estas opciones es posible cargar las FV por parámetros y por último se tiene la opción para calcular la FV
3. Área de capas. El sistema funciona a través de capas de *Edificios*, es decir un *Edificio* representa a un inmueble con características de localización, tipo estructural, tipo de material, información de daños previos etc. a la cual será aplicada una o varias funciones de vulnerabilidad. Por lo tanto, para visualizar una FV siempre es necesario que se cargue a una capa. El usuario puede cargar tantas capas como sea necesario y a cada capa puede aplicar tantas FV como requiera.
4. Menú secundario. El área de capas contiene un menú secundario que le ayuda al usuario a manejar más fácilmente las capas que haya ingresado, puede renombrar, duplicar y borrar la capa que haya seleccionado, aún más importante desde este menú puede agregar las funciones de vulnerabilidad que seleccione desde un archivo que haya cargado previamente. También puede quitar FV que no desee incluir en dicha capa.
5. Área de propiedades. En esta parte, el sistema muestra todos los parámetros de la FV que se haya seleccionado en el área de capas, desde este control el usuario puede modificar los parámetros de la

FV y ver el efecto que tienen estos cambios en la función. Por otro lado, también se muestran las características de la capa *Edificio* que se haya seleccionado en la misma área, en este caso el usuario también puede modificar las características del edificio y de igual manera ver el efecto que tienen estos cambios en todas las funciones de vulnerabilidad que estén cargada en esa capa.

6. Área gráfica. Es sin duda la parte más importante del programa, pues aquí es donde se observan y revisan las gráficas de las funciones de vulnerabilidad que el usuario haya cargado y seleccionado en el área de capas. Esta área gráfica tiene varias opciones para una mejor visualización como por ejemplo se pueden habilitar los valores de cada punto, incrementar el número de puntos de las gráficas, modificar los límites (mínimos y máximos) de cada uno de los ejes, incluso es posible exportar una imagen para guardar la gráfica que estamos viendo. A su vez, es posible dibujar tanto la gráfica que representa el daño que sufrirá el inmueble o bien el valor de la dispersión de dicha gráfica.

En algunos modelos de riesgo, las funciones de vulnerabilidad vienen integradas en archivos por cada país, de tal forma que cada archivo puede llegar a contener varias decenas de FV, el formato de los archivos generalmente es binario lo que complica un poco el manejo de estos archivos para poder graficar las funciones con programas comerciales.

En la siguiente ventana (figura 11) se muestra la información de un archivo de funciones de vulnerabilidad para México, en esta ventana se puede apreciar la versión del archivo y su fecha de última actualización, pero lo importante está en la parte baja de la ventana donde se muestra un listado de todas las FV que contiene el archivo, al hacer clic sobre cada FV se mostrará en la parte derecha los parámetros de cada FV, incluyendo su descripción técnica. En esta ventana se pueden cargar varios archivos de FV, tantos como sean necesarios.

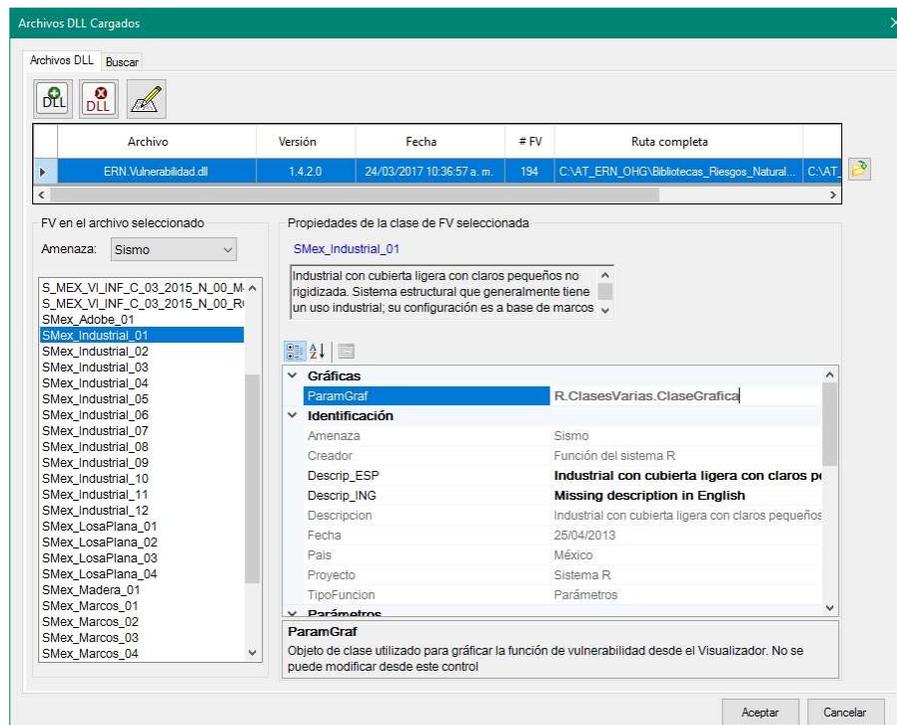


Figura 11 Contenido de un archivo de FV

El sistema proporciona al desarrollador de funciones de vulnerabilidad una herramienta muy útil para revisar gráficamente su archivo, ver si los parámetros que se definieron para cada función son correctos y se comportan como lo esperado.

Exposición

En el modelo de riesgo la exposición se genera y revisa principalmente en dos tipos de archivos: *Shape* (SHP) y *Base de Datos de Access*.

En el primer caso, el archivo SHP nos permite conocer, entre otras cosas, la ubicación geográfica de cada inmueble que esté contenido dentro del mismo archivo, además en su tabla de atributos (*.dbf) asociada al archivo SHP contiene varios campos con información referente a las características de cada registro o inmueble contenido por ejemplo, valor monetario, prima, deducible, datos correspondientes a una póliza de seguro, datos de localización, datos estructurales, datos del material y tipo de construcción.

Para manejar este tipo de archivos se hace a través de los sistemas de información geográfica SIG que son adecuados para la manipulación, creación y edición de estos tipos de archivos. La herramienta más conocida para esto es el sistema llamado ARCGIS no obstante esta herramienta es comercial y tiene un costo.

Una opción gratuita es el programa QGIS (ver figura 12) que se puede descargar desde internet; dicha herramienta es de uso muy sencillo pues sólo se requiere conocimientos básicos para el manejo de sistemas de información geográfica.

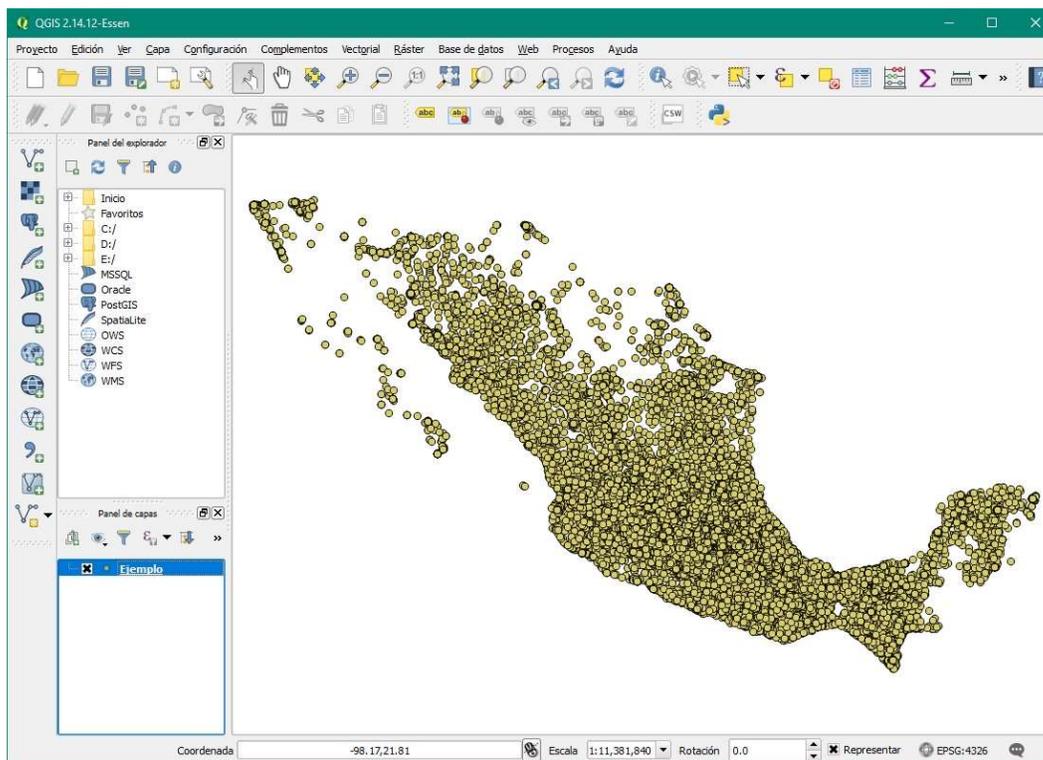
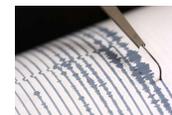


Figura 12 Visualización de un archivo Shape

Otro tipo de archivos que se maneja en el modelo de riesgo, son los archivos de bases de datos (BD) de Microsoft Access, estos archivos contienen sólo la información de las características de cada uno de los inmuebles (ver figura 13), siendo la misma información que se maneja en el archivo DBF, aquí también se encuentran las coordenadas para ubicar el inmueble, no obstante el formato del archivo no permite ser dibujado directamente.



NUM_POLIZA	RAMO	FECHA_INIC	FECHA_FIN	INM_VALOR	CONT_VALC	CONSEC_VA
A100134006976	SISMO	05/12/2014	05/12/2015	586000	0	0
A100134006977	SISMO	05/12/2014	05/12/2015	586000	0	0
A100134006979	SISMO	05/12/2014	05/12/2015	586000	0	0
A100134006980	SISMO	05/12/2014	05/12/2015	415000	0	0
A100134006997	SISMO	05/12/2014	05/12/2015	415000	0	0
A100134006998	SISMO	05/12/2014	05/12/2015	415000	0	0
A100134007066	SISMO	04/12/2014	04/12/2015	4500000	540000	0
A100134007363	SISMO	02/12/2014	02/12/2015	600000	300000	50000
A100135000167	SISMO	15/01/2015	15/01/2016	0	1500000	0
A100135000202	SISMO	20/01/2015	20/01/2016	1000000	500000	150000
A100135000202	SISMO	20/01/2015	20/01/2016	1000000	0	100000
A100135000358	SISMO	09/01/2015	09/01/2016	1495000	750000	100000
A100135000585	SISMO	08/02/2015	08/02/2016	2500000	1250000	200000
A100135000598	SISMO	16/02/2015	16/02/2016	1200000	0	1200000
A100135000854	SISMO	04/02/2015	04/02/2016	400000	200000	0
A100135000979	SISMO	31/01/2015	31/01/2016	1500000	1000000	5500000
A100135001043	SISMO	09/02/2015	09/02/2016	1200000	2000000	100000
A100135001137	SISMO	10/02/2015	10/02/2016	1000000	700000	2060000
A100135001151	SISMO	10/02/2015	10/02/2016	0	10143180	0
A100135001234	SISMO	31/03/2015	30/03/2016	1000000	500000	0
A100135001259	SISMO	14/03/2015	14/03/2016	2000000	4300000	0
A100135001259	SISMO	14/03/2015	14/03/2016	2000000	2000000	0

Figura 13 Archivo de base de datos

No descartamos que en un futuro muy cercano desarrollaremos también una herramienta para el manejo de los archivos de exposición, aunque los programas SIG y los programas de BD manejan correctamente la información lo que necesitamos es una herramienta que nos permita manipular los campos, propios del modelo de riesgo, para rápidamente obtener información estadística tanto de los archivos en las etapas de pre y post proceso. Esta última se refiere al manejo de los archivos de resultados que son del mismo tipo SHP y BD.

Con una herramienta de este tipo, los diseñadores de BD podrán revisar y cuantificar más rápidamente los archivos de exposición así como los valores monetario y demás de cada uno de los campos que contiene los archivos.

CASOS DE ESTUDIO: MÉXICO, PERÚ Y COLOMBIA

Derivado de las herramientas para la revisión de modelos de riesgo, los expertos en cada tema han podido revisar los archivos de amenaza, vulnerabilidad y exposición de una forma más rápida y sencilla. Esto ha dado pie a generar más eficientemente los modelos de México, Perú y Colombia.

MÉXICO

Desde hace 20 años se tiene un sistema de referencia (CNSF y AMIS). Dicho sistema se actualizó en 2012 y se realizará otra actualización este año. La herramienta *AME Exploit* ha aportado información valiosa para la verificación de la amenaza (áreas de ruptura, intensidades y espectros) que ha derivado en una revisión más completa de los archivos de amenaza así como también de los archivos de efectos de sitio (ver figura 14).

Además, se han obtenido espectros de respuesta muy similares al obtenido de forma determinista con el acelerograma registrado. En la figura 15 se puede apreciar la comparación del espectro real y obtenido del AME para el sismo ocurrido el 19 de septiembre de 1985 y que fue registrado en el edificio de la SCT de la ciudad de México.

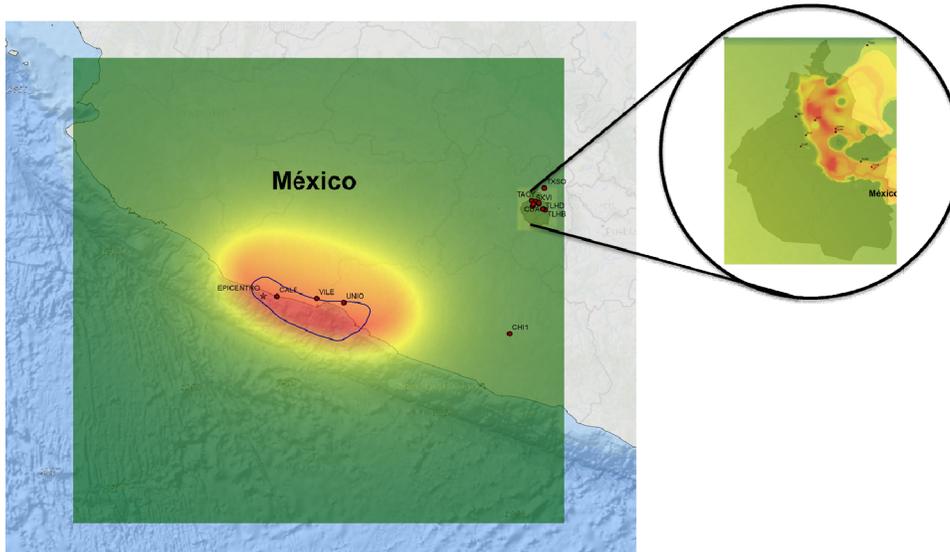


Figura 14 Visualización de la amenaza y efectos de sitio en la ciudad de México a partir del archivo AME, se observa en línea continua el área de ruptura estimada y algunas estaciones acelerográficas

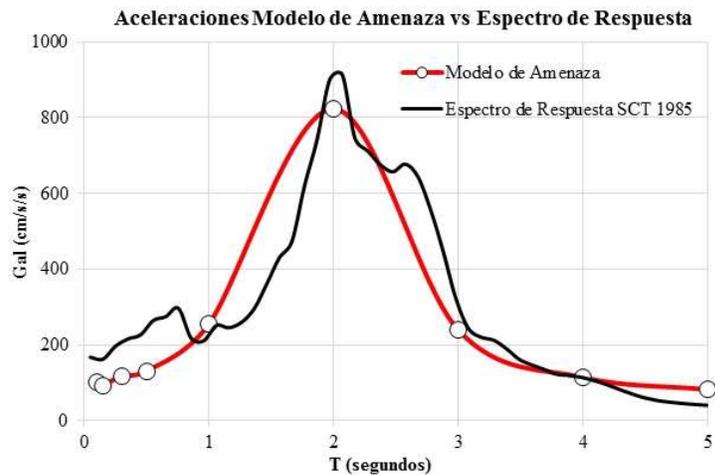


Figura 15 Espectros de respuesta, real y obtenido con herramienta AME Exploit, sismo 19 de septiembre de 1985

PERÚ

En el caso de Perú, el uso de las herramientas permitió desarrollar el modelo de riesgos para este país donde se realizan evaluaciones para las compañías de seguros con fines regulatorios desde 2007. En la figura 16 se encuentra un fragmento de los documentos oficiales obtenidos con las evaluaciones del modelo desarrollado para Perú. Sin las herramientas presentadas en este trabajo no hubiera sido posible completar dicha tarea en un tiempo y forma estipulados.

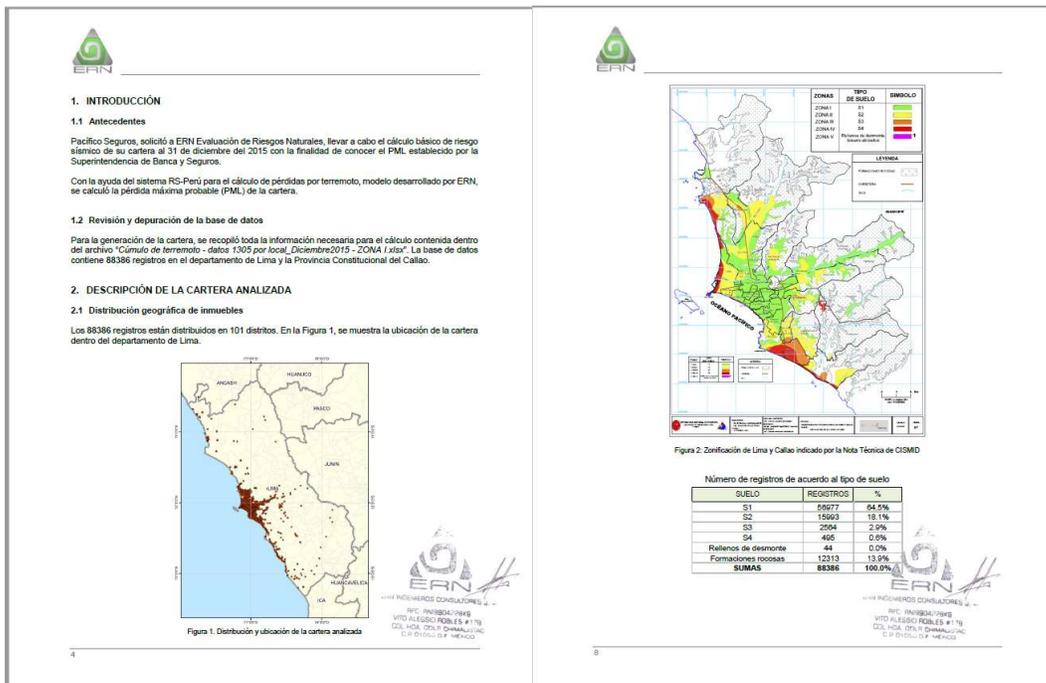
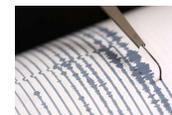
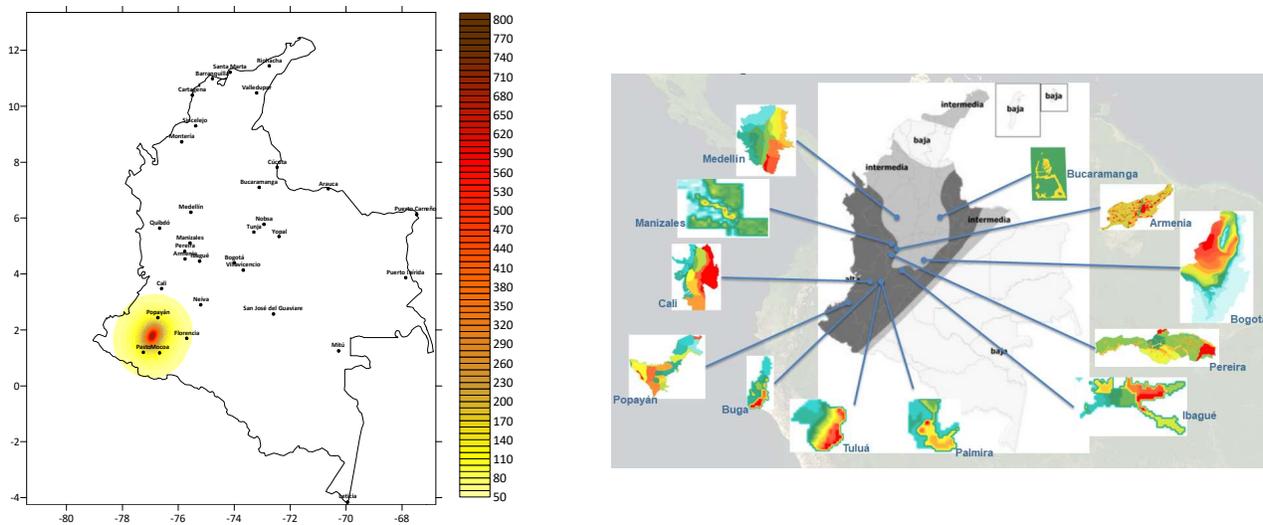
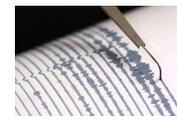


Figura 16 Documento del modelo de Perú

COLOMBIA

En este caso, el gobierno de este país llevó a cabo un extenso trabajo de revisión de los modelos disponibles por varias compañías de estimación de riesgo, en los cuales las herramientas fueron de gran ayuda para las verificaciones internas de nuestros modelos, encontrando área de optimización del mismo en varios de los componentes del riesgo.





CONCLUSIONES

Se presentaron tres herramientas para la implementación del modelo de riesgo, cada una de estas herramientas maneja los tres componentes de dicho modelo: *amenaza*, *vulnerabilidad* y *exposición*. Estos sistemas se han desarrollado desde hace ya varios años y por consiguiente se han mejorado constantemente lo que nos llevo a realizar las herramientas para la revisión de cada uno de los componentes del riesgo, para proporcionar a los expertos una manera más fácil y rápida de revisión de sus archivos.

Se demuestra que con el uso de estas herramientas obtenemos un mejor modelo de riesgo. La herramienta *AME Exploit* ha aportado información valiosa para la verificación de los archivos de amenaza. Asimismo el *Visualizador de FV* ha permitido revisar y calibrar de mejor forma las funciones de vulnerabilidad con los parámetros que los expertos han desarrollado durante varios años. En cuanto a la exposición se presentaron dos sistemas comerciales para la edición de estos archivos, no obstante pretendemos en un futuro desarrollar una herramienta especializada para el mejor manejo de archivos Shape y bases de datos.

En la medida que se continúe mejorando el modelo de riesgo se deberán también mejorar las herramientas tanto para implementación del modelo como para la revisión de los componentes del riesgo, por lo tanto debemos continuar trabajando en la mejora e inclusión de nuevas tecnologías que permitan al usuario desarrollar su trabajo de una mejor manera en un tiempo más corto.

REFERENCIAS

ERN, Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina. (2009), “Evaluación Probabilística de Riesgos para América Central”, Banco Mundial, ONU/EIRD, CEPREDENAC.

ERN Latinoamérica, & ITEC Ltda. (2011). CAPRAGIS Versión 2.0.0.0. Proyecto CAPRA.

Giraldo S. (2017) “Evaluación de la amenaza y el riesgo sísmico en el sub-sahara africano”, Tesis de maestría, Programa de maestría y doctorado en ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

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.

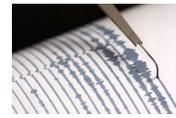
Jaimes M.A., Reinoso, E., Ordaz, M.G., Huerta B., Avelar C.E. y Niño M. (2009), “Mapas de pérdidas en la infraestructura en México ante sismos y huracanes”, *XVII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Puebla, Puebla.

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 en México”. *XIX Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Boca del Río, Veracruz.

Huerta B., Ordaz, M.G. Bazzurro P., Faga E., Hinojoza, O., y Algalán R. (2015). “Sistema experto para la evaluación de riesgo sísmico en bienes asegurados de los países de Europa”. *XX Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Acapulco, Guerrero.

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*



UNAM, Instituto de Ingeniería (2008), “Integración, análisis y medición de riesgo de sismo, inundación y ciclón tropical en México para establecer los mecanismos financieros eficientes de protección al patrimonio del fideicomiso FONDEN del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS)”, SHCP.