

TOMO I
METODOLOGÍA DE MODELACIÓN PROBABILISTA DE
RIESGOS NATURALES

INFORME TÉCNICO ERN-CAPRA-T1-7
MÓDULOS DE SOFTWARE



CEPRENAC



Inter-American Development Bank



opportunities for all



Consortio Evaluación de Riesgos Naturales
- América Latina -
Consultores en Riesgos y Desastres

Consortio conformado por:

Colombia

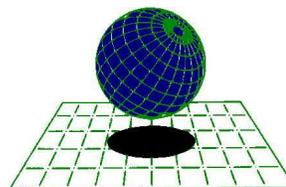
Carrera 19A # 84-14 Of 504
Edificio Torrenova
Tel. 57-1-691-6113
Fax 57-1-691-6102
Bogotá, D.C.



INGENIERIA TECNICA Y CIENTIFICA LTDA

España

Centro Internacional de Métodos Numéricos
en Ingeniería - CIMNE
Campus Nord UPC
Tel. 34-93-401-64-96
Fax 34-93-401-10-48
Barcelona



C I M N E

México

Vito Alessio Robles No. 179
Col. Hacienda de Guadalupe Chimalistac
C.P.01050 Delegación Álvaro Obregón
Tel. 55-5-616-8161
Fax 55-5-616-8162
México, D.F.



ERN Ingenieros Consultores, S. C.

ERN Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina
www.ern-la.com

Dirección y Coordinación de Grupos de Trabajo Técnico – Consorcio ERN América Latina

Omar Darío Cardona A.
Dirección General del Proyecto

Luis Eduardo Yamín L.
Dirección Técnica ERN (COL)

Gabriel Andrés Bernal G.
Coordinación General ERN (COL)

Mario Gustavo Ordaz S.
Dirección Técnica ERN (MEX)

Eduardo Reinoso A.
Coordinación General ERN (MEX)

Alex Horia Barbat B.
Dirección Técnica CIMNE (ESP)

Martha Liliana Carreño T.
Coordinación General CIMNE (ESP)

Especialistas y Asesores – Grupos de Trabajo

Miguel Genaro Mora C.
Especialista ERN (COL)

César Augusto Velásquez V.
Especialista ERN (COL)

Karina Santamaría D.
Especialista ERN (COL)

Mauricio Cardona O.
Asistente Técnico ERN (COL)

Andrés Mauricio Torres C.
Asistente Técnico ERN (COL)

Diana Marcela González C.
Asistente Técnico ERN (COL)

Yinsury Sodel Peña V.
Asistente Técnico ERN (COL)

Andrei Garzón B.
Asistente Técnico ERN (COL)

Carlos Eduardo Avelar F.
Especialista ERN (MEX)

Benjamín Huerta G.
Especialista ERN (MEX)

Mauro Pompeyo Niño L.
Especialista ERN (MEX)

Isaías Martínez A.
Asistente Técnico ERN (MEX)

Edgar Osuna H.
Asistente Técnico ERN (MEX)

José Juan Hernández G.
Asistente Técnico ERN (MEX)

Marco Torres
Asesor Asociado (MEX)

Johner Venicio Correa C.
Asistente Técnico ERN (COL)

Mabel Cristina Marulanda F.
Especialista CIMNE(ESP)

Jairo Andrés Valcarcel T.
Especialista CIMNE(ESP)

Juan Pablo Londoño L.
Especialista CIMNE(ESP)

René Salgueiro
Especialista CIMNE(ESP)

Nieves Lantada
Especialista CIMNE(ESP)

Álvaro Martín Moreno R.
Asesor Asociado (COL)

Mario Díaz-Granados O.
Asesor Asociado (COL)

Liliana Narvaez M.
Asesor Asociado (COL)

Asesores Nacionales

Osmar E. Velasco
Guatemala

Sandra Zúñiga
Nicaragua

Alonso Brenes
Costa Rica

Banco Mundial – Gestión de Riesgo de Desastres / Región Latinoamérica y el Caribe

Francis Ghesquiere
Coordinador Regional

Oscar A. Ishizawa
Especialista

Joaquín Toro
Especialista

Fernando Ramírez C.
Especialista

Edward C. Anderson
Especialista

Stuart Gill
Especialista

Banco Interamericano de Desarrollo – Medio Ambiente / Desarrollo Rural / Desastres Naturales

Flavio Bazán
Especialista Sectorial

Cassandra T. Rogers
Especialista Sectorial

Hori Tsuneki
Consultor Interno

Tabla de contenido

1	Generalidades de los módulos de software.....	1-1
1.1	Introducción.....	1-1
1.2	Descripción general del software.....	1-1
1.3	Formatos de archivos.....	1-4
1.4	Metadatos.....	1-5
1.5	Archivos CAPRA AME.....	1-5
2	CRISIS 2007.....	2-1
2.1	Características y limitaciones.....	2-2
2.2	Resolución en la modelación de la amenaza sísmica.....	2-2
3	ERN-Huracán.....	3-1
3.1	Características y limitaciones.....	3-2
3.2	Resolución en la modelación de la amenaza por huracán.....	3-2
4	ERN-LluviaNH.....	4-1
4.1	Características y limitaciones.....	4-2
4.2	Resolución en la modelación de amenaza de lluvias.....	4-2
5	ERN-Deslizamiento.....	5-1
5.1	Características y limitaciones.....	5-2
5.2	Resolución en la modelación de amenazas de deslizamiento.....	5-3
6	ERN-Inundación.....	6-1
6.1	Características y limitaciones.....	6-1
6.2	Resolución en la modelación de la amenaza por inundación.....	6-2
7	ERN-Volcán.....	7-1
7.1	Características y limitaciones.....	7-2
7.2	Resolución en la modelación de amenazas volcánicas.....	7-2
8	ERN-Vulnerabilidad.....	8-1
8.1	Características y limitaciones.....	8-2
8.2	Resolución espacial.....	8-2
9	Herramientas web CAPRA de exposición.....	9-1
9.1	Características y limitaciones.....	9-2
9.2	Resolución geográfica.....	9-2
10	CAPRA-GIS.....	10-1

10.1 Características y limitaciones	10-2
10.2 Resolución geográfica.....	10-2

Índice de figuras

FIGURA 1-1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SOFTWARE CAPRA	1-2
---	-----

Índice de tablas

TABLA 1-1 SOFTWARE CAPRA	1-3
TABLA 1-2 ANEXOS AL INFORME	1-3
TABLA 1-3 FORMATOS DE ARCHIVOS.....	1-4
TABLA 1-4 FORMATOS DE METADATOS	1-5

1 Generalidades de los módulos de software

1.1 Introducción

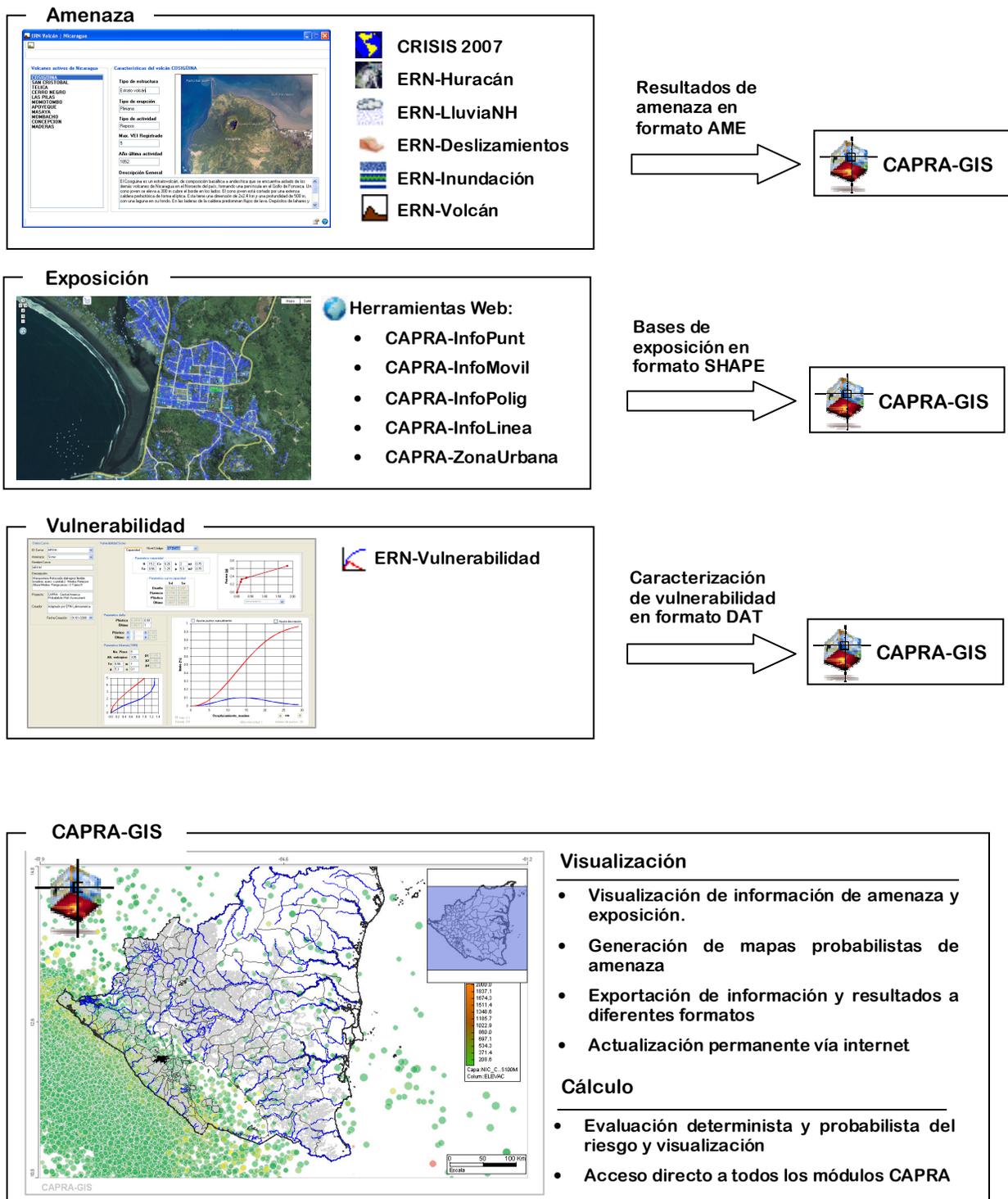
En el marco del proyecto CAPRA, se han desarrollado una serie de módulos de software para el cálculo y definición de amenazas naturales, vulnerabilidad, exposición y riesgo. Estos módulos constituyen un sistema integral de modelación probabilista de riesgos naturales en el país, enfocados a la gestión del riesgo de desastre por medio de formulaciones teóricas modernas, que representan el estado del arte en modelación de fenómenos naturales recurrentes.

El sistema permite realizar cálculos específicos de riesgo, a partir de la flexibilidad en el cálculo de diferentes tipos de amenazas naturales, así como la posibilidad de una constante actualización en la información de exposición y vulnerabilidad tanto humana como de infraestructura. Los resultados de riesgo son presentados en términos de pérdidas probables, que corresponden al punto de partida básico para el desarrollo de estudios de protección financiera de entidades territoriales y administrativas, estudios de relación beneficio costo para validación financiera de medidas de mitigación, planes de ordenamiento territorial de ciudades o zonas, sistemas de alerta temprana, y en general aplicaciones propias de la gestión del riesgo, desde el ámbito institucional y de toma de decisiones, hasta el ámbito académico especializado.

1.2 Descripción general del software

La totalidad del software desarrollado constituye un sistema especializado en la evaluación de riesgos naturales. El sistema integra una serie de procesos de punta en evaluación probabilista de amenazas, caracterización de elementos expuestos, comportamiento y vulnerabilidad social y de infraestructura, y evaluación de riesgo físico y humano.

Los programas se encuentran agrupados en módulos de funcionamiento (amenaza, vulnerabilidad, exposición y riesgo). 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. La información o resultados arrojados por estos módulos, se integra en un sistema central de procesamiento, el cual permite la visualización general de los componentes del análisis, así como la evaluación determinista o probabilista del riesgo. Una descripción de la interacción de los diferentes módulos se presenta en la Figura 1-1. El software CAPRA desarrollado se lista en la Tabla 1-1.



*Figura 1-1
Descripción general del software CAPRA*

Tabla 1-1
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

La ficha técnica de los diferentes programas desarrollados se presenta en las secciones siguientes de este informe.

La Tabla 1-2 presenta un resumen de los anexos al presente informe. No se incluyen los programas del módulo de exposición ya que se trata de aplicaciones desarrolladas para ser operadas en internet, y se encuentran disponibles en el sitio wiki de CAPRA (http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki).

Tabla 1-2
Anexos al informe

Anexo	Tipo	Descripción
ERN-CAPRA-T1-7-1	Documento	Manual del usuario y referencia de CRISIS 2007
ERN-CAPRA-T1-7-2	Documento	Manual del usuario y referencia de ERN-Huracán
ERN-CAPRA-T1-7-3	Documento	Manual del usuario y referencia de ERN-LluviaNH
ERN-CAPRA-T1-7-4	Documento	Manual del usuario y referencia de ERN-Deslizamientos
ERN-CAPRA-T1-7-5	Documento	Manual del usuario y referencia de ERN-Inundación
ERN-CAPRA-T1-7-6	Documento	Manual del usuario y referencia de ERN-Volcán
ERN-CAPRA-T1-7-7	Documento	Manual del usuario y referencia de las herramientas web de exposición

Anexo	Tipo	Descripción
ERN-CAPRA-T1-7-8	Documento	Manual del usuario y referencia de ERN-Vulnerabilidad
ERN-CAPRA-T1-7-9	Documento	Manual del usuario y referencia de CAPRA-GIS
ERN-CAPRA-T1-7-10	Digital	Programa de instalación del sistema CAPRA completo (Todos los módulos)
ERN-CAPRA-T1-7-11	Digital	Programas de instalación de CRISIS 2007
ERN-CAPRA-T1-7-12	Digital	Programa de instalación de ERN-Huracán
ERN-CAPRA-T1-7-13	Digital	Programa de instalación de ERN-LluviaNH
ERN-CAPRA-T1-7-14	Digital	Programa de instalación de ERN-Deslizamientos
ERN-CAPRA-T1-7-15	Digital	Programa de instalación de ERN-Inundación
ERN-CAPRA-T1-7-16	Digital	Programa de instalación de ERN-Volcán
ERN-CAPRA-T1-7-17	Digital	Programa de instalación de ERN-Vulnerabilidad
ERN-CAPRA-T1-7-18	Digital	Programa de instalación de CAPRA-GIS
ERN-CAPRA-T1-7-19	Digital	Código Fuente del programa ERN-Vulnerabilidad (MS Visual Studio 2005)
ERN-CAPRA-T1-7-20	Digital	Código Fuente del programa CAPRA-GIS (MS Visual Studio 2005)
ERN-CAPRA-T1-7-21	Digital	Código Fuente de las siguientes librerías desarrolladas por ERN, e implementadas en los módulos de amenaza y riesgo: <i>ERN.Capra</i> , <i>ERN.FileTypes</i> , <i>ERN.HazardGrid</i> , <i>ERN.LossFunctions</i> , <i>ERN.MetadataCAPRA</i> , <i>ERN.MiniGraph</i> , <i>ERN.RandomFunctions</i> , <i>ERN.SiteEffects</i> . (MS Visual Studio 2005).

1.3 Formatos de archivos

Los formatos empleados en el software CAPRA para el almacenamiento de información de amenaza, vulnerabilidad, exposición y riesgo se presentan en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3
Formatos de archivos

Formato de datos	Descripción
Amenaza	
AME	Archivo ráster binario geo-referenciado de amenaza multiescenario
Exposición	
SHAPE	Archivo vectorial geo-referenciado de localización de activos expuestos y atributos
Vulnerabilidad	
FVU	Archivo de texto con la definición de curvas de vulnerabilidad física y humana.
DAT	Archivo de texto con el listado de curvas de vulnerabilidad asociadas a una base de exposición
Riesgo	
CPV	Proyecto CAPRA con toda la información asociada al proyecto de cálculo de riesgo
SHAPE	Archivo vectorial geo-referenciado con resultados de riesgo por ubicación
RES	Archivo de texto con la curva de excedencia de pérdidas del análisis de riesgo

1.4 Metadatos

Los formatos de archivos presentados anteriormente cuentan con formatos de metadatos correspondientes, de acuerdo a los formatos y estándares presentados en la Tabla 1-4.

*Tabla 1-4
Formatos de metadatos*

Formato de datos	Formato de metadatos	Estándar
Amenaza		
AME	AME	Definido por ERN
GeoTIFF	GeoTIFF	Definido por ERN
Vulnerabilidad		
FVU	FVU	Definido por ERN
Exposición		
SHAPE	XML	Estándar FGDC
Riesgo		
CPV	LOG	Definido por ERN
SHAPE	XML	Estándar FGDC

1.5 Archivos CAPRA AME

Los formatos AME son simultáneamente dos cosas:

- Una forma estandarizada de representar las amenazas por fenómenos naturales
- Una interfaz computacional para crear modelos que describan las amenazas naturales.

Los AME están constituidos por una colección de escenarios posibles de ocurrencia de un evento natural. Se considera que los escenarios que forman la colección son mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos.

La primera característica se refiere a que un evento natural (por ejemplo la ocurrencia de un sismo) puede ocurrir como lo indica el escenario 1 de la colección, o como lo indica el escenario 2, pero no como lo indican ambos al mismo tiempo. En otras palabras, esta condición significa que dos escenarios que formen parte de la colección no pueden ocurrir al mismo tiempo.

La segunda característica, ser colectivamente exhaustivos, se refiere a que la colección de escenarios es completa en el sentido que el evento natural no puede ocurrir de ninguna manera diferente a las descritas en los escenarios de la colección.

Los archivos AME describen ciertas características de los escenarios que son relevantes para el análisis probabilista de riesgo. Estas características son:

- Su frecuencia anual de ocurrencia
- La distribución espacial de las intensidades producidas durante la ocurrencia del escenario

Las intensidades producidas durante la ocurrencia del escenario son medidas locales de la severidad del evento natural. Por ejemplo, la intensidad durante un sismo podría estar medida en términos de la aceleración máxima del suelo, y la intensidad de viento en un huracán podría estar medida con la velocidad máxima de viento que se presente.

Cabe la posibilidad de que la severidad de un escenario no quede correctamente descrita con una sola medida de intensidad. Por ejemplo, en el caso de los sismos no es relevante solamente la aceleración máxima del suelo. Puesto que importa el contenido de frecuencial del movimiento, es necesario describir la intensidad con más de una medida. Los formatos AME permiten entonces que la severidad de un escenario quede definida con más de una medida de intensidad.

En el contexto del análisis probabilista de riesgo, las intensidades durante un escenario no son números que se conozcan con precisión, sino que hay incertidumbres sobre sus valores. Deben, por tanto, ser vistos y tratados como variables aleatorias. Esto conduce a que, para describir cada una de las intensidades que se producen durante un escenario, sea necesario definir los momentos estadísticos que sean necesarios para definir la distribución de probabilidad de la intensidad dado que se presentó el escenario.

En su fase actual, los AMES admiten 4 distribuciones de probabilidad (normal, lognormal, beta y gamma), todas ellas definidas por dos momentos estadísticos. Es necesario entonces definir dos momentos estadísticos de cada una de las medidas de intensidad que se presentan durante la ocurrencia de un evento.

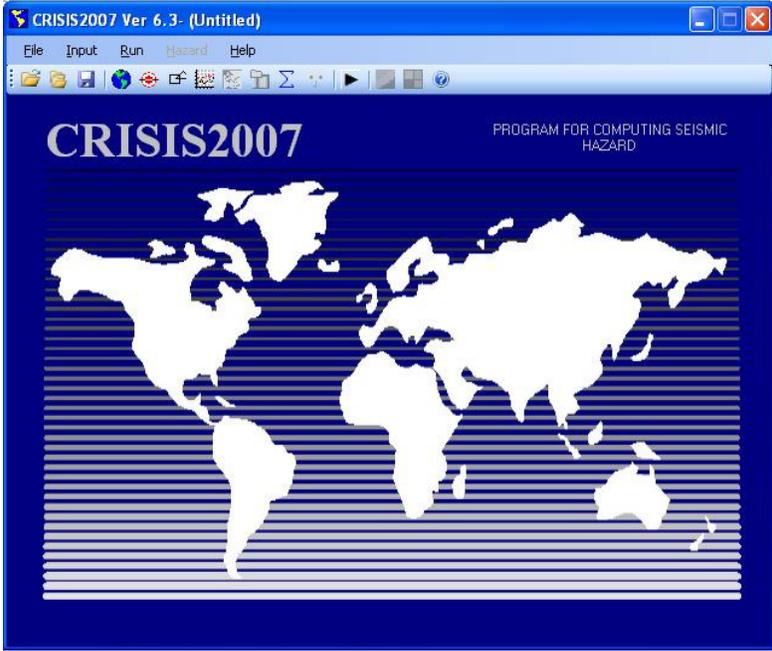
En resumen, un AME describe una amenaza natural mediante un cierto número de escenarios de ocurrencia, cada uno con una frecuencia anual de ocurrencia y una distribución espacial de todas las medidas de intensidad que se consideren relevantes; estas medidas de intensidad son descritas mediante dos momentos de una distribución de probabilidad.

ERN ha desarrollado hasta la fecha tres tipos de AME, cada uno de los cuales tiene características que lo hacen útil en diferentes circunstancias. Los tipos de AME desarrollados son: *normal*, *lineal* y *paramétrico*. Las características particulares de los diferentes tipos de AME se pueden consultar en el sitio Wiki de CAPRA (www.ecapra.org)

2 CRISIS 2007

CRISIS 2007 es el módulo de cálculo de amenaza sísmica y por tsunami de CAPRA. Permite la definición completa de un modelo de amenaza probabilista, la evaluación de amenaza uniforme, y el cálculo de escenarios compatibles con CAPRA. Fue desarrollado en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, por M. Ordaz, A. Aguilar y J. Arboleda.

Las bases teóricas aplicadas en CRISIS 2007 pueden consultarse en el informe ERN-CAPRA-T1-3 (Modelos de evaluación de amenazas naturales, ERN 2009). El manual del usuario y referencia de CRISIS 2007 se encuentra disponible en la ayuda del programa, así como en el wiki de CAPRA (http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki).

FICHA TÉCNICA – CRISIS 2007	
	
Desarrollador	UNAM - Instituto de Ingeniería
Versión	6.4.0.0
Género	Evaluación de Amenazas
Licencia	Libre
Idioma	Español
Sistema Operativo	MS Windows® XP Service Pack 2 o superior
Tipo	Aplicación de escritorio
Lenguaje	Visual Basic
Compilador de desarrollo	MS Visual Studio® 2005
Requerimientos	.NET Framework 2.0

2.1 Características y limitaciones

El módulo de software CRISIS-2007 tiene las siguientes *características*:

- Permite la modelación probabilista de la amenaza sísmica mediante la determinación de escenarios estocásticos en cualquier coordenada del área de estudio.
- La modelación de amenaza se basa en la integración de frecuencias de ocurrencia de cualquier parámetro de intensidad sísmica para el cual se cuente con una ley de atenuación en función de la distancia y la magnitud sísmica.
- Para el análisis se requiere una caracterización regional en la zona de estudio de las fuentes sísmicas principales en términos de magnitud mínima de análisis, magnitud última, frecuencia de ocurrencia de eventos con la magnitud mínima y pendiente de la curva de recurrencia.
- El modelo soporta tasas de ocurrencia de magnitudes como función del tiempo entre eventos.
- Manual de usuario y de referencia técnica involucrado

El módulo de software CRISIS 2007 tiene las siguientes *limitaciones* principales:

- La amenaza se plantea en términos de parámetros únicos tales como aceleración, velocidad, desplazamiento y similares. La representación real de amenazas podría llegar a representarse en términos de registros acelerográficos completos.
- No soporta fuentes tridimensionales.
- Los mecanismos de falla debe incluirse exclusivamente en la ley de atenuación.
- Soporta zonas de ruptura puntuales o circulares y no de otras geometrías.

2.2 Resolución en la modelación de la amenaza sísmica

La modelación espacial de la amenaza se hace mediante la definición de una grilla de cálculo que puede ser tan fina como el usuario desee. La excesiva refinación de la grilla no implica necesariamente una mejora en los resultados. Esto permitiría definir el tamaño de grilla óptimo. La resolución de la grilla debe ser acorde con el tamaño de las fuentes sísmicas que se deseen modelar. La resolución máxima que debe emplearse es aquella que permite aún modelar de manera adecuada la variación espacial del parámetro de amenaza que se está modelando. El modelo permite en el caso límite hacer el análisis en un solo punto. Normalmente, el área de influencia de los fenómenos sísmicos tiene un radio de acción del orden de 200 km, área que debe ser cubierta por la grilla definida. Todos los resultados de amenaza quedan expresados como valores puntuales en cada uno de los nodos de la grilla. La resolución final de la amenaza corresponde al tamaño de la grilla empleada. Esta información se almacena en los formatos tipo AME para ser utilizados posteriormente en los análisis de riesgo.

3 ERN-Huracán

ERN-Huracán es un sistema de modelación probabilista de amenaza por huracán, desarrollado por ERN. El programa toma como dato de entrada las trayectorias registradas de huracanes históricos, y genera trayectorias estocásticas de huracanes que son consistentes con la trayectoria original. Permite calcular escenarios de amenaza por vientos fuertes, marea de tormenta y lluvias intensas.

Las bases teóricas aplicadas en ERN-Huracán pueden consultarse en el informe ERN-CAPRA-T1-3 (Modelos de evaluación de amenazas naturales, ERN 2009). El manual del usuario y referencia de ERN-Huracán se encuentra disponible en la ayuda del programa, así como en el wiki de CAPRA (http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki).

FICHA TÉCNICA – ERN-HURACÁN

Desarrollador	ERN
Versión	1.0.0.0
Género	Evaluación de Amenazas
Licencia	Libre
Idioma	Español
Sistema Operativo	MS Windows® XP Service Pack 2 o superior
Tipo	Aplicación de escritorio
Lenguaje	Visual Basic
Compilador de desarrollo	MS Visual Studio® 2005
Requerimientos	.NET Framework 2.0

3.1 Características y limitaciones

El módulo de software *ERN-Huracán* tiene las siguientes *características*:

- Permite la modelación de viento huracanado, marea de tormenta y lluvias huracanadas.
- Genera grillas de velocidad de viento, marea de tormenta y lluvia de huracán, para familias de huracanes simulados a partir de trayectorias de escenarios históricos ingresados por el usuario.
- Genera grillas de velocidad de viento, marea de tormenta y lluvia de huracán para trayectorias de escenarios históricos ingresados por el usuario.
- Genera grillas de velocidad de viento, marea de tormenta y lluvia de huracán para escenarios simulados a partir de trayectorias históricas ingresadas por el usuario.
- El usuario puede realizar el número de simulaciones que desee.
- El usuario tiene la posibilidad de ingresar la trayectoria estimada para un huracán activo que está por impactar alguna zona de interés.
- El usuario tiene la posibilidad de ingresar el número de trayectorias históricas que sean de su interés.
- El usuario tiene la posibilidad de ingresar al programa la información local generada en universidades, institutos de investigación o agencias nacionales (entre otras), por ejemplo: topografía y batimetría detallada, así como micro-zonificación para usos de suelo.
- Manual de usuario y de referencia técnica involucrado

El módulo de software *ERN-Huracán* tiene las siguientes *limitaciones* principales:

- La amenaza de marea se representa a través de alturas de inundación, la modelación de run-up no está incluida.

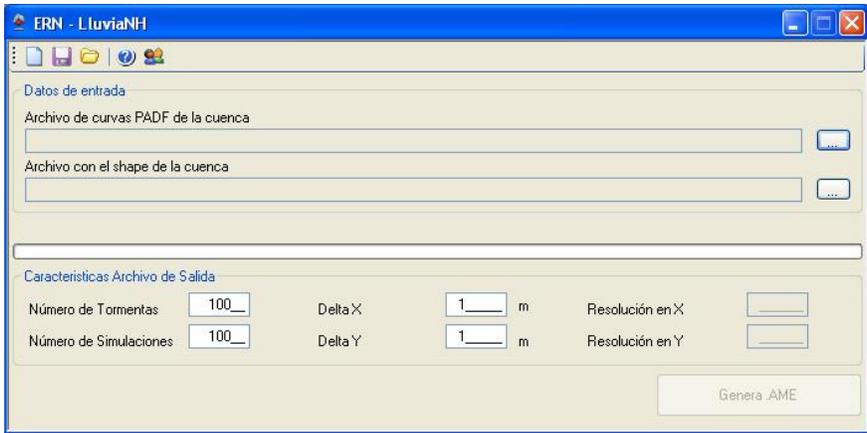
3.2 Resolución en la modelación de la amenaza por huracán

La modelación espacial de la amenaza se hace mediante la definición de una grilla de cálculo que puede ser tan fina como el usuario desee. La excesiva refinación de la grilla no implica necesariamente una mejora en los resultados. Esto permitiría definir el tamaño de grilla óptimo. La resolución de la grilla debe ser acorde con el tamaño del área de estudio que se desee modelar. La resolución máxima que debe emplearse es aquella que permite aún modelar de manera adecuada la variación espacial del parámetro de amenaza que se está evaluando. El modelo permite en el caso límite hacer el análisis en un solo pixel. Todos los resultados de amenaza quedan expresados como valores puntuales en cada uno de los nodos de la grilla. La resolución final de la amenaza corresponde al tamaño de la grilla empleada. Esta información se almacena en los formatos tipo AME para ser utilizados posteriormente en los análisis de riesgo.

4 ERN-LluviaNH

La modelación de las precipitaciones convectivas y en general no asociadas al paso de huracanes por una región, puede efectuarse empleando el programa ERN-LluviaNH, desarrollado por ERN. Este programa permite generar tormentas estocásticas que son compatibles con las condiciones hidrológicas de una determinada cuenca, reflejadas en un juego de curvas PADF particular.

Las bases teóricas aplicadas en ERN-LluviaNH pueden consultarse en el informe ERN-CAPRA-T1-3 (Modelos de evaluación de amenazas naturales, ERN 2009). El manual del usuario y referencia de ERN-LluviaNH se encuentra disponible en la ayuda del programa, así como en el wiki de CAPRA (http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki).

FICHA TÉCNICA – ERN-LLUVIANH	
	
Desarrollador	ERN
Versión	1.0.0.0
Género	Evaluación de Amenazas
Licencia	Libre
Idioma	Español
Sistema Operativo	MS Windows® XP Service Pack 2 o superior
Tipo	Aplicación de escritorio
Lenguaje	Visual Basic
Compilador de desarrollo	MS Visual Studio® 2005
Requerimientos	.NET Framework 2.0

4.1 Características y limitaciones

El módulo de software *ERN-LluviaNH* tiene las siguientes *características*:

- Permite la modelación de tormentas a partir de curvas de PADF.
- Genera el número deseado de tormentas que representan integralmente las características de las tormentas de la cuenca en términos de precipitación, área de cubrimiento, duración y frecuencia de ocurrencia.
- Manual de usuario y de referencia técnica involucrado.
- El análisis se realiza únicamente a nivel de la cuenca seleccionada

El módulo de software *ERN-LluviaNH* tiene las siguientes limitaciones principales:

- Las formas de las tormentas se limitan a formas elipsoidales con diferentes parámetros geométricos generados aleatoriamente.
- No tiene en cuenta condiciones topográficas de la cuenca.
- Requiere un pre procesamiento de los registros de lluvia históricos para obtener las curvas PADF.

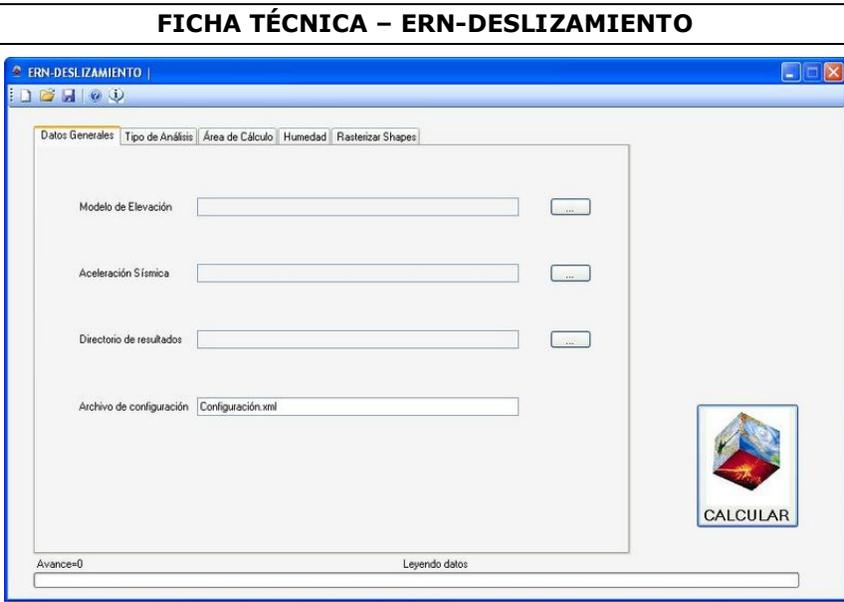
4.2 Resolución en la modelación de amenaza de lluvias

La modelación espacial de la amenaza se hace mediante la definición de una grilla de cálculo que puede ser tan fina como el usuario desee. La excesiva refinación de la grilla no implica necesariamente una mejora en los resultados. Esto permitiría definir el tamaño de grilla óptimo. La resolución de la grilla debe ser acorde con el tamaño de la cuenca. Normalmente, el área de influencia de los fenómenos hidrológicos de precipitación se limita a la línea divisoria de aguas de la cuenca, área que debe ser cubierta por la grilla definida. Los resultados de la amenaza corresponden a valores de profundidad de precipitación puntuales en cada uno de los nodos de la grilla. La resolución final de la amenaza corresponde al tamaño de la grilla empleada. Esta información se almacena en los formatos tipo AME para ser utilizados posteriormente en los análisis de amenaza por inundación o en los análisis de riesgo.

5 ERN-Deslizamiento

ERN-Deslizamiento es un programa de modelación de amenaza por deslizamientos desarrollado por ERN. En función de la información disponible, el usuario puede escoger entre 4 modelos diferentes de evaluación de amenaza: método de Mora-Varhson, método del talud infinito, método de Newmark o método de ruptura esférica. El programa permite considerar los escenarios de terremoto calculados con CRISIS 2007 como detonantes de los escenarios estocásticos de deslizamiento.

Las bases teóricas aplicadas en ERN-Deslizamiento pueden consultarse en el informe ERN-CAPRA-T1-3 (Modelos de evaluación de amenazas naturales, ERN 2009). El manual del usuario y referencia de ERN- Deslizamientos se encuentra disponible en la ayuda del programa, así como en el wiki de CAPRA (http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki).

FICHA TÉCNICA – ERN-DESLIZAMIENTO	
	
Desarrollador	ERN
Versión	1.0.0.0
Género	Evaluación de Amenazas
Licencia	Libre
Idioma	Español
Sistema Operativo	MS Windows® XP Service Pack 2 o superior
Tipo	Aplicación de escritorio
Lenguaje	Visual Basic
Compilador de desarrollo	MS Visual Studio® 2005
Requerimientos	.NET Framework 2.0

5.1 Características y limitaciones

El módulo de software *ERN-Deslizamiento* tiene las siguientes características:

- Tiene involucrados cuatro modelos de análisis diferentes, en términos probabilistas, que son: método Mora-Varhson, método de Newmark, método del talud infinito y método de ruptura esférica.
- El método Mora-Varhson es método heurístico que utiliza indicadores morfodinámicos que permiten estimar la susceptibilidad puntual a los deslizamientos en una grilla con resolución mínima del orden de 1 km. Por ser un modelo de indicadores, la metodología utilizada no captura con rigurosidad, la física del problema, que debe tomarse como un valor relativo de la amenaza por deslizamiento.
- El método de Newmark simula un bloque rígido y friccionante en un talud inclinado e infinito, el modelo estima los desplazamientos permanentes en el talud en función de la información sísmica y las características del terreno, calculando una aceleración crítica del bloque la cual representara el umbral de aceleración requerido para superar la resistencia a cortante y promover el deslizamiento.
- El método de falla plana supone un talud infinito, un mecanismo de falla de naturaleza traslacional con una superficie definida. El nivel de agua se supone a una profundidad constante con respecto a la superficie del terreno. El método proporciona un factor de seguridad basado en la relación entre fuerzas resistentes y fuerzas actuantes que actúan a lo largo del plano de falla.
- El método de ruptura esférica se basa en el modelo de elevación tridimensional y considera superficies de falla esféricas con diferentes centros y radios que permite definir el la superficie de falla más crítica. El nivel freático está a profundidad constante desde la superficie del terreno. El método proporciona un factor de seguridad basado en la relación entre momentos resistentes y actuantes alrededor del centro de la esfera de falla supuesta, teniendo en cuenta la dirección real del deslizamiento.
- Los métodos utilizan como factores detonantes o de disparo la acción sísmica y las lluvias.
- Manual de usuario y de referencia técnica involucrado

El módulo de software *ERN-Deslizamiento* tiene las siguientes limitaciones principales:

- El método Mora-Varhson tiene las limitaciones de cualquier método basado en indicadores. En particular, el resultado del análisis no corresponde a una unidad de medida física, la evaluación depende del criterio del evaluador, los resultados son solo para efectos comparativos y el análisis es de tipo indicativo.
- Ninguno de los métodos considera variación de propiedades del suelo con la profundidad.
- Los métodos arrojan resultados para cada punto de análisis y con base en este se definen los mapas de amenaza por deslizamiento.
- No se considera en ningún caso la acción del material inestable en la zona de acumulación de material.

- No se considera en ningún caso las fuerzas de infiltración dentro de los suelos del talud.
- No incluye el análisis de variación del nivel freático en el tiempo en función del régimen de lluvias locales.

5.2 Resolución en la modelación de amenazas de deslizamiento

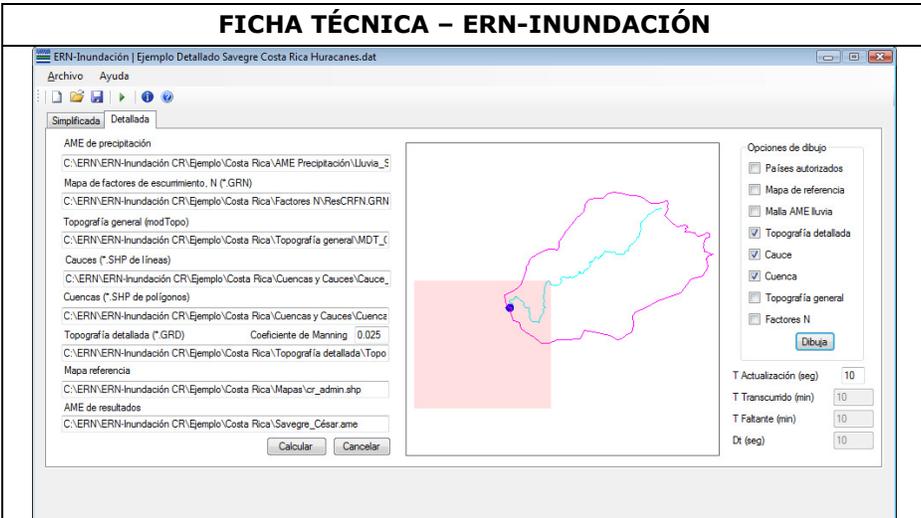
La modelación espacial de la amenaza se hace mediante la definición de una grilla de cálculo que puede ser tan fina como el usuario desee. La resolución de la grilla debe ser acorde con la resolución del modelo de elevación digital de que se disponga (por ejemplo, para un modelo de 30 m, no se justificaría una grilla más fina que esta medida). La excesiva refinación de la grilla no implica necesariamente una mejora en la resolución de los resultados. El tamaño máximo de la grilla debe ser acorde con el grado de resolución que se desee y acorde con el problema que se esté estudiando, a criterio del analista. Los resultados de la amenaza corresponden a valores de susceptibilidad al deslizamiento que arroja cada método, en cada uno de los nodos de la grilla. La resolución final de la amenaza corresponde al tamaño de la grilla empleada en el análisis. Esta información se almacena en los formatos tipo AME para ser utilizados posteriormente en los análisis de riesgo.

6 ERN-Inundación

ERN-Inundación es un programa que permite determinar las profundidades de inundación en una región particular, tomando como entrada los escenarios de lluvia calculados con ERN-Huracán o ERN-LluviaNH, según sea el caso.

Las bases teóricas aplicadas en ERN- Inundación pueden consultarse en el informe ERN-CAPRA-T1-3 (Modelos de evaluación de amenazas naturales, ERN 2009). El manual del usuario y referencia de ERN- Inundación se encuentra disponible en la ayuda del programa, así como en el wiki de CAPRA (http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki).

FICHA TÉCNICA – ERN-INUNDACIÓN



Desarrollador	ERN
Versión	1.0.0.0
Género	Evaluación de Amenazas
Licencia	Libre
Idioma	Español
Sistema Operativo	MS Windows® XP Service Pack 2 o superior
Tipo	Aplicación de escritorio
Lenguaje	Visual Basic
Compilador de desarrollo	MS Visual Studio® 2005
Requerimientos	.NET Framework 2.0

6.1 Características y limitaciones

El módulo de software *ERN-inundación* tiene las siguientes características:

- En función de los datos disponibles es posible utilizar el método simplificado de inundación o el método detallado.
- El método detallado de inundación analiza una cuenca con sus características de topografía, usos de suelo y precipitación. Con esta información construye un

hidrograma unitario a la salida de la cuenca para cada evento de precipitación y analiza la evolución de la inundación que produce este hidrograma en una topografía detallada para obtener alturas de inundación en la zona acotada por esa topografía.

- El método simplificado de inundación analiza una región acotada por el tamaño de la grilla de precipitación y obtiene regiones potenciales de inundación que consideran de manera muy general la topografía y el uso de suelo en cada punto analizado.
- Manual de usuario y de referencia técnica involucrado

El módulo de software *ERN-Inundación* tiene las siguientes limitaciones principales:

- El modelo simplificado considera que las regiones potenciales de inundación serán aquellas donde se tenga una precipitación importante y donde la topografía permita que esta precipitación se acumule. Las estimaciones las realiza mediante factores por lo que los resultados son solo para fines de estimación a gran escala del fenómeno.
- El modelo detallado realiza los análisis a partir de un punto definido por el usuario y para este se debe obtener la cuenca y el cauce principal. El método no toma en cuenta la erosión del terreno que puede ser clave en la determinación de las zonas de inundación. El tiempo de cómputo de este método depende del tamaño de la cuenca y las características de la topografía detallada.
- En ambos métodos se debe proporcionar el factor de escurrimiento en formato ráster, se reconoce que estos factores pueden cambiar con el tiempo.
- Los resultados de inundación, en ambos métodos, están fuertemente influenciados por la topografía, por ello se debe tener cuidado en que ésta represente de manera adecuada a la región acotada por el método empleado.

6.2 Resolución en la modelación de la amenaza por inundación

La modelación espacial de la amenaza se hace sobre la grilla de precipitación para el método simplificado y sobre la grilla de topografía detallada para el método detallado. El usuario no puede modificar directamente la resolución de las grillas de resultados pero puede hacerlo de forma indirecta si modifica la resolución de las grillas de precipitación o topografía detallada, según el caso. La refinación de la grilla puede implicar una mejora en los resultados en especial para el método detallado. Todos los resultados de amenaza quedan expresados como valores puntuales en cada uno de los nodos de la grilla de resultados. Esta información se almacena en los formatos tipo AME para ser utilizados posteriormente en los análisis de riesgo.

7 ERN-Volcán

ERN-Volcán es un sistema especializado en la modelación de amenaza volcánica. El programa permite modelar probabilísticamente la amenaza que un determinado volcán puede generar, en función de su historia eruptiva, la magnitud de sus erupciones (VEI), y los productos volcánicos que pueda generar. ERN-Volcán integra probabilísticamente todas las variables incluidas en el modelo de evaluación de amenaza volcánica de CAPRA, con el fin de generar un conjunto de escenarios estocásticos, cada uno de ellos caracterizado por una frecuencia anual de ocurrencia, para cada tipo de producto (lavas, flujos pirocásticos, cenizas), y que colectivamente son representativos de la amenaza provista por el volcán de análisis

Las bases teóricas aplicadas en ERN- Volcán pueden consultarse en el informe ERN-CAPRA-T1-3 (Modelos de evaluación de amenazas naturales, ERN 2009). El manual del usuario y referencia de ERN- Volcán se encuentra disponible en la ayuda del programa, así como en el wiki de CAPRA (http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki).

FICHA TÉCNICA – ERN-VOLCÁN

ERN-Volcán | Nicaragua

Volcanes activos de Nicaragua

- COSIGÜINA
- SAN CRISTOBAL
- TELICA
- CERRO NEGRO
- LAS PILAS
- MOMOTOMBO
- APOYEQUE**
- MASAYA
- MOMBACHO
- CONCEPCION
- MADERAS

Características del volcán APOYEQUE

Tipo de estructura
Complejo volcánico

Tipo de erupción
Freato-Pliniana

Tipo de actividad
Reposo

Max. VEI Registrado
6

Año última actividad
50 AC

Descripción General



Es un estratovolcán que forma la amplia Península de Chiltepe, la cual se extiende hacia la parte Sur-central del Lago Managua a una distancia de 10 km del centro de Managua, con elevación de solo 420 m. La caldera es de 2.5 km de diámetro y 400 m de profundidad. Fue la fuente de una espesa capa de pómez dacítico que cubre los alrededores del volcán. Contiene una laguna que se encuentra próximo al nivel del mar. Otra laguna cratérica, Jiloá, se ubica al SE. El domo de lava Talpetatl se ubica entre la Laguna de Jiloá

Desarrollador	ERN
Versión	1.0.0.0
Género	Evaluación de Amenazas
Licencia	Libre
Idioma	Español
Sistema Operativo	MS Windows® XP Service Pack 2 o superior
Tipo	Aplicación de escritorio
Lenguaje	Visual Basic
Compilador de desarrollo	MS Visual Studio® 2005
Requerimientos	.NET Framework 2.0

ERN América Latina

7-1

7.1 Características y limitaciones

El módulo de software *ERN-Volcán* tiene las siguientes *características*:

- Permite la modelación de eventos de caída de cenizas, flujo de lava y flujos piroclásticos.
- Permite opción de modelación determinista y probabilista
- Soporta diferentes maneras para la localización geográfica de las ventosas (centros de emisión de productos volcánicos).
- Se basa en modelos de cálculo simplificados de distribución de productos volcánicos.
- Manual de usuario y de referencia técnica involucrado

El módulo de software *ERN-Volcán VI.0* tiene las siguientes limitaciones principales:

- No incluye fenómenos importantes tales como proyecciones balísticas, flujo de lodos, lahares ni otros fenómenos complementarios.
- El modelo de flujos de lavas utilizado se basa en criterios de escurrimiento en función de la topografía sin considerar parámetros como temperatura o viscosidad del flujo.
- El modelo de flujos piroclásticos utilizado se basa en la estimación de la energía potencial de la columna eruptiva sin considerar parámetros como temperatura, densidad, viscosidad o interacción convectiva con el aire circundante.
- El modelo de transporte y caída de cenizas volcánicas requiere la definición de parámetros de distribución granulométrica de cenizas en la columna eruptiva cuya determinación requiere de un estudio vulcanológico detallado.

7.2 Resolución en la modelación de amenazas volcánicas

La modelación espacial de la amenaza se hace mediante la definición de una grilla de cálculo cuya resolución es la misma que la del modelo de elevación digital empleado. El cubrimiento de la grilla debe ser acorde con la extensión estimada de los productos volcánicos particulares. Los resultados de la amenaza corresponden a valores de intensidad de cada uno de los productos en cada uno de los nodos de la grilla. La resolución final de la amenaza corresponde al tamaño de la grilla finalmente utilizado en la modelación. Esta información se almacena en los formatos tipo AME para ser utilizados posteriormente en los análisis de riesgo.

8 ERN-Vulnerabilidad

El programa ERN-Vulnerabilidad es un sistema experto en la creación y edición de funciones de vulnerabilidad para diferentes tipos constructivos, y ante el efecto de diferentes amenazas naturales. ERN-Vulnerabilidad trae una base de datos de funciones de vulnerabilidad propuestas por diferentes autores y por ERN, y permite su modificación dependiendo de las características propias de los tipos constructivos a modelar, siempre en formatos compatibles con CAPRA

Las bases teóricas aplicadas en ERN-Vulnerabilidad pueden consultarse en el informe ERN-CAPRA-T1-5 (Vulnerabilidad de Edificaciones e Infraestructura, ERN 2009). El manual del usuario y referencia de ERN- Vulnerabilidad se encuentra disponible en la ayuda del programa, así como en el wiki de CAPRA (http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki).

FICHA TÉCNICA – ERN-VULNERABILIDAD

The screenshot displays the 'FICHA TÉCNICA – ERN-VULNERABILIDAD' window. It includes a 'Datos Curva' section with fields for ID Curva (2011), Amenaza (Sismo), Nombre Curva, and Descripción. The 'Vulnerabilidad Sismo' section shows 'Capacidad' and 'Nivel Código' (High Code). Two graphs are visible: a 'Parametros capacidad' graph showing Force (F) vs. Deriva (D) and a 'Parametros curva capacidad' graph showing Force (F) vs. Desplazamiento_maximo (cm). The 'Parametros daño' section includes 'Plástico' and 'Último' values. The 'Parametros Miranda (1999)' section includes 'No. Pisos', 'Alt. entrepiso', and 'Te' values.

Desarrollador	ERN
Versión	1.0.0.0
Género	Vulnerabilidad de infraestructura
Licencia	Libre
Idioma	Español
Sistema Operativo	MS Windows® XP Service Pack 2 o superior
Tipo	Aplicación de escritorio
Lenguaje	Visual Basic
Compilador de desarrollo	MS Visual Studio® 2005
Requerimientos	.NET Framework 2.0

8.1 Características y limitaciones

El módulo de software *ERN-Vulnerabilidad* tiene las siguientes *características*:

- Tiene una librería de funciones de vulnerabilidad sísmica conformada por 27 funciones para las edificaciones típicas regulares más utilizadas en Latinoamérica.
- Permite generar funciones de vulnerabilidad sísmica a partir de curvas de capacidad de cualquier tipo constructivo.
- Permite la modificación de los parámetros sísmicos de entrada, así como diversas medidas de intensidad para la salida tales como: aceleración máxima, aceleración espectral, velocidad máxima, desplazamiento máximo, desplazamiento espectral.
- Permite definir curvas de vulnerabilidad de inundación según las características particulares de los tipos constructivos.
- Permite definir funciones de vulnerabilidad para diferentes tipos amenazas con gran diversidad de comportamientos y dos puntos de control.
- Permite introducir modificaciones punto a punto a las funciones definidas a partir de parámetros.
- Genera archivos en formato (*.fvu) para utilización en el módulo *CAPRA-GIS*
- El módulo genera la desviación estándar de la pérdida en función del nivel de pérdida mediante la definición de pocos parámetros.
- Manual de usuario y de referencia técnica incluido.

El módulo de software *ERN-Vulnerabilidad* tiene las siguientes *limitaciones* principales:

- Para vientos, deslizamientos y volcanes el usuario deberá suministrar la forma completa de la función basado en una forma genérica y el módulo no tiene implementada una guía para su determinación (parámetros relacionados con la amenaza).
- El módulo solo tiene una opción para la forma de la desviación estándar del valor de la pérdida (función beta).

8.2 Resolución espacial

La vulnerabilidad como tal no tiene relación con la resolución espacial.

9 Herramientas web CAPRA de exposición

Aquí se presentan las herramientas web desarrolladas para el levantamiento de información básica para la conformación de bases de datos de exposición. En general las aplicaciones permiten levantar la localización y geometría general de la infraestructura expuesta, y permiten realizar una caracterización básica de los elementos en términos de las principales variables de exposición.

Las herramientas web de CAPRA, para el levantamiento de información de exposición están disponibles en el wiki de CAPRA, en los siguientes links:

1. CAPRA-InfoPunt (<http://www.ecapra.org/poi.php>)
2. CAPRA-InfoMovil (<http://www.ecapra.org/camera.php>)
3. CAPRA-InfoPolig (<http://www.ecapra.org/exposure.php>)
4. CAPRA-InfoLinea (<http://www.ecapra.org/exposure.php>)
5. CAPRA-ZonaUrbana (<http://www.ecapra.org/zonhu.php>)

FICHA TÉCNICA – HERRAMIENTAS WEB DE CAPRA

Desarrollador	Rómulo Cantor J. y ERN
Versión	2.0.0.0
Género	Levantamiento de información
Licencia	Libre
Idioma	Español
Sistema Operativo	Internet
Tipo	Aplicación de internet
Lenguaje	PHP – Java

9.1 Características y limitaciones

Las herramientas web CAPRA de exposición tienen las siguientes *características*:

- Ofrecen gran versatilidad para el levantamiento de información con base en Google Maps.
- Permite el levantamiento de información a nivel de puntos, poli líneas y polígonos.
- Permite introducir información particular para cada elemento geográfico levantado
- Permite visualizar el avance del trabajo.

Las herramientas web CAPRA de exposición tienen las siguientes *limitaciones* principales:

- No permite interacción con Google Earth que en ocasiones tiene mejor calidad de imágenes y fotografías.
- Los programas se accesan de manera remota mediante conexión con un servidor central donde se almacena la información generada por el usuario. Esto trae en ocasiones, problemas operativos.
- El formato de campos es fijo y para su modificación debe realizarse mediante modificación de software. Esto impide el levantamiento de tipos de infraestructura diferentes a edificaciones, a menos que se realicen modificaciones en el código fuente.
- La creación de una nueva base de exposición exige la modificación del software.

9.2 Resolución geográfica

La resolución de la exposición se refiere a la unidad geométrica básica que se utilice para caracterizar el bien o grupo de bienes expuestos (por ejemplo el levantamiento de los bienes expuestos en una ciudad puede hacerse predio a predio, por manzanas homogéneas o por zonas homogéneas, y esto corresponde al nivel de resolución de la exposición). Por otro lado la calidad de la información depende de la calidad de las imágenes utilizadas para el levantamiento de la información y esta no define el nivel de resolución.

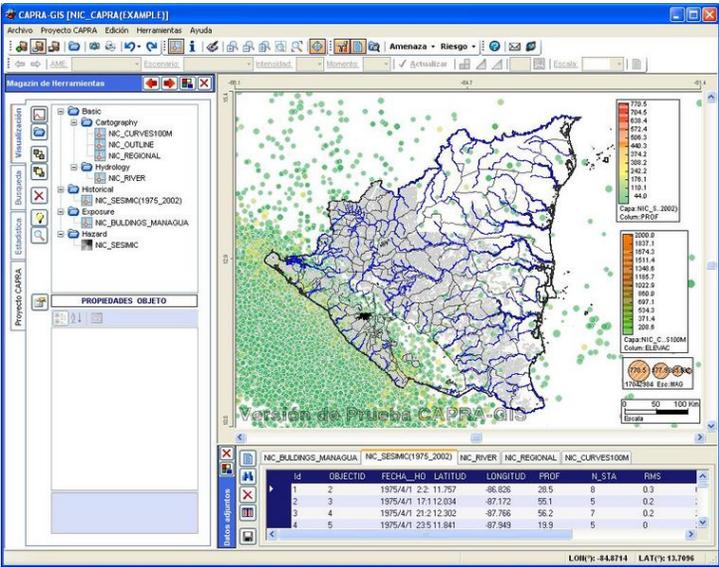
La resolución con que se levante la información de exposición con este software, define la resolución final de los análisis de riesgo, ya que los parámetros de riesgo se asignan a cada uno de los bienes expuestos.

10 CAPRA-GIS

El programa CAPRA-GIS es un sistema de información geográfica desarrollado por ERN, el cual está orientado al cálculo de riesgos por amenazas naturales, consistentemente con todas las metodologías CAPRA. Permite la visualización de toda la información de amenaza y exposición, y ejecuta los análisis de riesgo a partir de dicha información. Constituye el núcleo central del conjunto de programas CAPRA.

Las bases teóricas aplicadas en CAPRA-GIS pueden consultarse en el informe ERN-CAPRA-T1-6 (Metodología de Análisis Probabilista de Riesgos, ERN 2009). El manual del usuario y referencia de CAPRA-GIS se encuentra disponible en la ayuda del programa, así como en el wiki de CAPRA (http://www.ecapra.org/capra_wiki/es_wiki).

FICHA TÉCNICA – CAPRA-GIS



The screenshot displays the CAPRA-GIS application window. The main map area shows a geographical region with a network of roads and rivers, overlaid with green circular markers representing risk points. The interface includes a menu bar (Archivo, Proyecto CAPRA, Edición, Herramientas, Ayuda), a toolbar, and a 'Magasin de herramientas' (Toolbox) on the left. The toolbox contains categories like Basic, Cartography, Hydrology, Historical, Exposure, Hazard, and Statistics. A 'PROPIEDADES OBJETO' (Object Properties) panel is also visible. At the bottom, a data table is shown with the following columns: ID, OBJECTID, FECHA_HO, LATITUD, LONGITUD, PROF, N_STA, and RMS.

ID	OBJECTID	FECHA_HO	LATITUD	LONGITUD	PROF	N_STA	RMS	
1	2	1975/4/1	2.2	11.757	-86.826	28.5	8	0.3
2	3	1975/4/1	17.112.034	-87.172	55.1	5	0.2	
3	4	1975/4/1	21.2.12.302	-87.768	56.2	7	0.2	
4	5	1975/4/1	23.9.11.941	-87.949	19.9	5	0	

Desarrollador	ERN
Versión	1.0.0.0
Género	Vulnerabilidad de infraestructura
Licencia	Libre
Idioma	Español
Sistema Operativo	MS Windows® XP Service Pack 2 o superior
Tipo	Aplicación de escritorio
Lenguaje	Visual Basic
Compilador de desarrollo	MS Visual Studio® 2005
Requerimientos	.NET Framework 2.0

10.1 Características y limitaciones

El módulo de software *CAPRA-GIS* tiene las siguientes *características*:

- Es un visualizador de información geográfica vectorial y ráster orientado al análisis de riesgo.
- Permite visualización de archivos tipo Shape, AME y GRD.
- Permite la edición de las propiedades gráficas de la información visualizada.
- Permite la adición de atributos a formatos Shape mediante operaciones matemáticas entre bases de datos disponibles.
- Gran variedad de ventanas para edición de formatos de gráficas y mapas
- Vincula los diferentes tipos de archivos de amenaza, exposición y vulnerabilidad
- Vincula las diferentes aplicaciones de cálculo de amenaza y vulnerabilidad
- Permite realizar el análisis multirisgo a bases de exposición
- Manual de usuario y de referencia técnica involucrado

El módulo de software *CAPRA-GIS* tiene las siguientes *limitaciones* principales:

- No permite la edición de los archivos tipo AME o GRD
- No permite edición de los componentes geográficos de los archivos tipo Shape.

10.2 Resolución geográfica

El nivel de resolución de los archivos de amenaza está definido por diferentes factores tales como la resolución de la información de entrada al modelo (por ejemplo, modelos de elevación digital), de las limitaciones propias del modelo, del criterio del analista y de las condiciones particulares del problema a estudiar.

El nivel de resolución de los archivos de exposición depende de la unidad geométrica básica que se utilice para caracterizar el bien o grupo de bienes expuestos (por ejemplo predios, manzanas o zonas).

El nivel de resolución de los resultados del riesgo, los cuales se asocian a los elementos expuestos, resulta de una combinación entre la resolución de la amenaza y la resolución de la exposición. Cuando el nivel de resolución de la amenaza refleja adecuadamente la variación geográfica de la misma, la resolución final del riesgo es correspondiente a la de la exposición. Sin embargo, si el nivel de resolución de la amenaza no refleja dicha variación geográfica adecuadamente (por ejemplo cuando para el cálculo de la amenaza se utilice una grilla muy espaciada) el nivel de resolución del riesgo, será menor al de la exposición. La resolución final del riesgo, será igual o menor que la de la exposición, y variará para cada bien expuesto, en función de qué tan adecuadamente se representa la variación geográfica de la amenaza en cada punto de exposición.

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-1
Manual del usuario y referencia de CRISIS 2007

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-2
Manual del usuario y referencia de ERN-Huracán

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-3
Manual del usuario y referencia de ERN-LluviaNH

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-4
Manual del usuario y referencia de ERN-Deslizamientos

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-5
Manual del usuario y referencia de ERN-Inundación

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-6
Manual del usuario y referencia de ERN-Volcán

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-7
**Manual del usuario y referencia de herramientas web de
exposición**

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-8
Manual del usuario y referencia de ERN-Vulnerabilidad

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-9
Manual del usuario y referencia de CAPRA-GIS

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-10
Programa de instalación del sistema CAPRA

(Anexo digital)

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-11
Programa de instalación de CRISIS 2007

(Anexo digital)

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-12
Programa de instalación de ERN-Huracán

(Anexo digital)

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-13
Programa de instalación de ERN-LluviaNH

(Anexo digital)

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-14
Programa de instalación de ERN-Deslizamientos

(Anexo digital)

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-15
Programa de instalación de ERN-Inundación

(Anexo digital)

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-16
Programa de instalación de ERN-Volcán

(Anexo digital)

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-17
Programa de instalación de ERN-Vulnerabilidad

(Anexo digital)

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-18
Programa de instalación de CAPRA-GIS

(Anexo digital)

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-19
Código Fuente del programa ERN-Vulnerabilidad

(Anexo digital en formato de solución de MS Visual Studio 2005)

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-20
Código Fuente del programa CAPRA-GIS

(Anexo digital en formato de solución de MS Visual Studio 2005)

ANEXO ERN-CAPRA-T1-7-21
Código Fuente de bibliotecas de clases desarrolladas por
ERN

(Anexo digital en formato de solución de MS Visual Studio 2005)
