

CENTRO DE LEVANTAMIENTO AEROESPACIAL Y APLICACIONES SIG PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS NATURALES

Curso de perfeccionamiento profesional

"EVALUACIÓN DE AMENAZAS Y RIESGOS PARA DESASTRES NATURALES"

GESTIÓN 2009



Associated Institution







Ejercicio 1: Introducción a ILWIS y a los datos de RiskCity

Tiempo previsto: 2	2.5 horas
Datos: S	Subdirectorio: RiskCity_exercises/exercise01
Objetivos: D	Después de este ejercicio, usted debe estar en la capacidad de:
-	Entender las funciones básicas y los elementos del programa ILWIS
-	Desplegar segmentos, polígonos e imágenes raster y analizar sus propiedades
-	Desplegar y analizar los histogramas de un modelo de elevación de alta resolución
-	Llevar a cabo cálculos simples en mapas.

Introducción

En primer lugar este ejercicio brinda un repaso general de los principales aspectos del programa ILWIS y un acercamiento a la estructura del mismo y los iconos que usa. En segundo lugar el ejercicio brinda la oportunidad de explorar los datos que serán usados para los casos de estudio y muestra algunos aspectos de la aplicación RiskCity y las amenazas y riesgos asociados a ella.

Cada uno de los ejercicios usara su propio set de datos. Por favor asegúrese de copiar los datos para cada ejercicio a su disco duro en subdirectorios separados. No use los datos para un ejercicio previo, ya que algunas partes serán cambiadas con el fin de adecuarlas para el siguiente ejercicio.

ILWIS es un acrónimo para el Sistema de Información Integrado de Agua y Suelo. Es un *Sistema de Información Geográfico* (SIG) con capacidades para *procesamiento de imágenes.*

ILWIS ha sido desarrollado por el *International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences* (ITC) en Enschede, Holanda. Su versión 3.4 es un programa de libre acceso que puede ser descargado libre de costos desde **52 North:** http://52north.org/



Como todo paquete SIG, ILWIS permite entrar, manejar, analizar y mostrar datos geográficos. A partir de los datos usted puede generar información con patrones temporales y espaciales de los procesos que tienen lugar en la superficie terrestre.

Este ejercicio brinda una introducción a las funciones básicas de ILWIS, ya que creemos que la mejor manera de aprender es 'haciendo'. ILWIS usa datos en formato vector (segmento) y raster, sin embargo la mayoría del análisis se lleva a cabo en este último formato. Abajo encontrara una revisión de las principales características del programa ILWIS.

Principales Características del ILWIS

- Diseñado para integrar formatos vector y raster
- Admite importar y exportar formatos de datos usados por otros SIGs
- Permite digitalizar desde pantalla y tabla digitalizadora
- Comprende un amplio catálogo de herramientas para el procesamiento de imágenes
- Permite crear ortofotos así como geo-referenciar, transformar y crear mosaicos de imágenes

Ejercicio 1: Introducción a ILWIS y a los datos de RiskCity

- Tiene un avanzado modulo para modelación y análisis de datos espaciales
- Permite visualización tridimensional (3D) y edición interactiva para introducir hallazgos que optimicen los resultados.
- Amplia librería de sistemas de proyecciones y coordenadas
- Permite análisis geo-estadísticos con métodos como el 'Kriging' el cual ayuda a mejorar interpolaciones
- Permite la creación de visualización de pares estereográficos
- Comprende un modulo para Análisis Multi-Criterio (SMCE)

Iniciando el ILWIS

Este ejercicio le mostrara la interfase básica de ILWIS, así como los Objetos y Dominios de uso frecuente.

Los ejercicios están escritos de tal forma que en el momento en que usted tenga que llevar a cabo una acción en SIG la encontrara escrita en una caja verde clara. Algunas veces encontrara un texto externo que contiene descripciones y explicaciones pertinentes al ejercicio en desarrollo.

Ē

Ver instrucciones DEMO 1: (en ingles) RiskCity_exercises \Demos_RiskCity

- Para iniciar el programa ILWIS de un doble clic encima del icono en la pantalla de su computador. Una vez desplegado el pantallazo de presentación usted vera la ventana principal de ILWIS (ver figura en la parte inferior). En esta ventana usted podrá manejar los datos e iniciar todas las operaciones.
- Use el navegador de ILWIS (Panel de Navegación) para ir a la carpeta de primer ejercicio. El Navegador presenta un listado de los drives y directorios (Ej. carpetas) en una estructura de árbol de datos

Selección de Objetos:

Indica los objetos visibles en el catalogo de datos Línea de comandos: Barra de Barra del Menú: Usada para ejecutar la mayoría de los cálculos con ma herramientas Usada para ejecutar la mayoría de las operaciones - 8 File Edit Operal və 💽 🖬 🗈 (Flooding G Landside_par (ReturnP TopoDEM Flooding
 Flooding
 High_res_image
 Go Landslide_bounds
 Landslide_bounds on-Tree Operation-List Navigator activit andslide Biven Canduse Canduse Canduse Guatemas Data building may mbuilding may Biver Exercise 01Introduction to the data
 Exercise 02 Image interpretation
 Exercise 03 Statistical susceptibility Exercise 04 Determinisis susceptibility
 Exercise 05 Landslide risk assessmer Building_map_s oad Building map Landslide data Inder DEM -Building_map_se Contours Contours Flood_100_year (andside_ID (mapping (Stoad 00 E Landslide_ID mapping @E slides Landslide_ID Sides Landslide pa Some @G: I ARAM 1 i i Panel de Navegación:

Despliega los datos en forma de árbol o lista de operaciones

Catalogo de Datos:

Indica por medio de iconos los diferentes tipos de datos

Nota: Un click derecho en un icono presentara un listado de las operaciones disponibles

La ventana de ILWIS contiene varios elementos:

- Catálogo de datos: Despliega los nombres e iconos de los objetos contenidos en el directorio seleccionado.
- **Barra de herramientas estándar**: Brinda acceso rápido (shortcut) a los comandos de uso frecuente en el menú.

Ejercicio 1: Introducción a ILWIS y a los datos de RiskCity

 Panel de Navegación: Agiliza la navegación y puede modificarse para que despliegue todas las operaciones.



 Barra del Menú: Este es el Punto de partida principal para llevar a cabo la mayoría de operaciones en ILWIS. La ventana principal de ILWIS contiene seis menús: File (Archivo), Edit (Edición), Operations (Operaciones), View (Ver), Window (Ventana) y Help (Ayuda).



 Línea de Comandos: Esta es una utilidad central en ILWIS. En ella usted puede escribir formulas o expresiones de calculo (llamados MapCalc) las cuales le permitirán llevar a cabo un sinnúmero de procedimientos y análisis con mapas raster. Al realizar una operación, el comando de ILWIS relacionado con ella también se desplegará.



 Selección de Objetos: Le permite seleccionar los objetos que seran desplegados en el catalogo de datos.



- Ayuda: Le ayudaa obtener información desde cualquier lugar adentro del programa. El menú de Ayuda difiere de acuerdo a la ventana. Las opciones son:
 - Ayuda en esta ventana. Sirve para obtener ayuda en la ventana en la cual se encuentra. Dependiendo de la ventana desde la cual usted seleccione esta opción puede obtener ayuda en la Ventana Principal, la ventana del mapa, la ventana de una tabla, la ventana de información de la celda (pixel) etc.
 - **Temas Relacionados**: Al seleccionar esta opción una ventana de dialogo despliega una lista de temas que están relacionados con la ventana actual.
 - **Contenidos**: Despliega el Contenido de Ayuda. Al hacer clic en los enlaces de la Tabla de Contenido usted puede accede cualquier tema

de su predilección.

- Índice: Despliega el Índice de la Ayuda de ILWIS. puede teclear una palabra clave o hacer clic en cualquiera de las palabras claves desplegadas en la lista para obtener ayuda en el tema buscado.
- Búsqueda: Abre el visor de la Ayuda de ILWIS con el comando de Ayuda seleccionado. Teclee los caracteres de la palabra o frase clave en la cual usted desea obtener ayuda y presione Entrar, o haga clic en el botón Listado de Temas para obtener una lista de los temas relacionados con la palabra buscada. En la ventana que despliega la lista de Selección de Temas puede escoger el tópico acerca del cual usted desea obtener información y luego hacer clic en el botón Desplegar o presionar la tecla Entrar.



Objetos en ILWIS

Antes de intentar desplegar mapas vector y raster y de investigar los diferentes tipos de dominios, se hace necesario explicar los diferentes objetos usados por ILWIS.

- Objeto de Datos. Los mapas Raster al igual que los de poligonos, segmentos, puntos tablas y columnas son llamados objetos de datos ya que de hecho son ellos los que contienen los datos.
- Objetos Servicio. Son aquellos usados por los objetos de datos; ellos contienen accesorios que los objetos dato necesitan para funcionar ademadamente además de los datos. Dominios, representaciones, sistemas de coordenadas y geo-referencias hacen parte de los Objetos Servicio.
- Caja de objetos. Son colecciones de objetos datos y o anotaciones por ejemplo listas de mapas, colecciones de objetos, vistas de mapas, formatos (layouts) y anotaciones.
- **Objetos Especiales.** Corresponden a histogramas, muestras de datos, tablas bi-dimensionales, matrices, filtros, funciones personalizadas y scripts.

Un mapa vector necesita un sistema de coordenadas, un dominio y una representación. Los mapas raster también usan estos Objetos Servicio pero ademas requieren otro tipo de objeto servicio como es una Georeferencia. En este capitulo nos enfocaremos en los objetos Datos y Servicio.



Los iconos en el **Catálogo de Datos** del ejercicio se refieren a algunos de los varios objetos que existen en ILWIS. Estos se despliegan al hacer doble clic sobre un objeto del Catálogo.



1. Objetos para la referenciación espacial:

Definen los sistemas de coordenadas, los parámetros de la proyección, tamaño del mapa y de la celda (pixel) de los mapas raster. Normalmente todos los datos espaciales tienen el mismo sistema de coordinadas y todos los mapas raster comparten la misma georeferencia.



- De un clic derecho sobre la Georeferencia Somewhere en le Catalogo de Datos (*Data catalog*); después seleccione: *Properties.* En la ventana de las propiedades de la Georeferencia, se vera las coordenadas de las esquinas de la ventana de la Georeferencia y el sistema de coordenadas desconocido (*Unknown*). Esto significa que el sistema de coordenadas de RiskCity es desconocido para el ejercicio. También encontrara indicaciones del tamaño de celda, en este caso 1 m.
 Seleccione la etiqueta *Used by.* Ahora usted vera una lista de todos los mapas raster que usan esta misma Georeferencia. Lo que significa que todos ellos tienen el mismo sistema de coordenadas, cubren la misma
- área geográfica y tienen el mismo tamaño de celda.
 Note que no hay un icono visible para el Sistema de Coordenadas en el Catálogo de Datos. Esto se debe a que el Sistema de Coordenadas Unknown, el cual es un sistema estándar, esta siendo usado.
- Seleccione el icono *help* para mayor información acerca del objeto Georeferencia.



2. Objetos para datos Espaciales:

Puede tratarse de datos Vector (puntos, líneas llamadas segmentos y polígonos los cuales constan de puntos y líneas) o de datos raster (los cuales pueden ser imágenes, datos temáticos obtenidos al pasterizar mapas vector o valores interpolados como los Modelos de Elevación Digital). Ver el recuadro amarillo en la página siguiente para más información acerca de la diferencia entre puntos, líneas y área de representación entre los formatos vector y raster.



æ

Ver instrucciones DEMO 3: (en ingles)

- De un clic derecho sobre el mapa de Segmentos **Rivers** en el Catálogo de Datos y después seleccione *Propiedades*. En la ventana de Propiedades del Mapa de Segmentos usted encontrará el Sistema de Coordenadas Desconocido y el Dominio Ríos. Un dominio define el contenido de los datos, Mas tarde en el ejercicio se suministrará más información sobre este Objeto, el cual es característico del programa ILWIS.
- Seleccione la etiqueta *Used by*. Usted notará que el mapa de segmentos no esta siendo usado por otros mapas.
- Despliegue el mapa de segmentos **Rivers** haciendo doble clic sobre el icono en el Catálogo de Datos. Note que en las Opciones de Desplegado de la ventana del Mapa de Segmentos se usa la Representación **Rivers** para asignar colores las diferentes clases de segmentos. Mas información sobre este tópico es suministrada en el numeral 3.Dominios (ver abajo).
- Repita los pasos anteriores para el Mapa de Segmentos Roads.
- Seleccione el Icono *Help* para obtener más información en los Objetos para Datos Espaciales.

Los aspectos espaciales son representadas en ILWIS así:

- Puntos. Muchos aspectos pueden ser representados como puntos en un mapa. Un Punto puede designar estaciones pluviométricas, casas, observaciones de campo, sitios de muestreo etc.
- Líneas. Designan elementos lineales tales como vías, drenaje o curvas de nivel.
- Áreas. Elementos que ocupan un área dada por ejemplo unidades de uso del suelo (Ej. bosque), unidades geológicas etc.

Las entidades espaciales descritas arriba pueden representarse en forma digitales de dos maneras (ver figura): modelos vectores o raster.

Ambos modelos almacenan detalles de la ubicación de estos aspectos y su valor, clase o identificador. La principal diferencia entre los dos modelos de datos esta en la forma como almacenan y representan los datos.



Representaciones Vector y Raster de puntos, líneas y áreas. El código de los objetos puede ser una clase, un identificador (ID) o un valor.

3. Dominio.



Constituye el componente central de ILWIS. Un dominio define el contenido de los datos. Están representados por cinco tipos así:

- **Dominio Identificador (ID)**: Un dominio en el cual cad unidad tiene un código separado
- Dominio de Clase (Class): Todas las unidades con la misma clase tienen el mismo nombre, por ejemplo unidades litológicas en un mapa geológico.
- Dominio Valor (Value): Cada unidad tiene un valor, por ejemplo en el caso de Modelos de Elevación Digital. El dominio tiene un rango de valores entre -9999999.9 y 9999999.9
- Domino Imagen (Image): Los valores encontrados varían entre 0 a
 256 para las imágenes de satélite de 8 bits
- Dominio Color (Color): Usados por imágenes tales como fotos aéreas e imágenes escaneadas (Ej. mapas)

El concepto de dominios en ILWIS es diferente de otros SIGs y puede llegar a confundir un poco, especialmente al principio. Sin embargo con la práctica usted encontrara que este es un componente muy útil.

Los Dominios están ligados a representaciones, las cuales definen como los datos espaciales son presentados. Usted puede crear sus propias representaciones pero solo para dominios Valor y Clase, o por el contrario puede usar las representaciones estándar disponible en ILWIS.



4. Tablas e Histogramas:



En ILWIS los atributos de los datos son almacenados en forma de Tablas, las cuales están ligadas a los datos espaciales a través de los Dominios. Sin embargo, solo los dominios ID y Clase pueden tener una Tabla.

Información estadística acerca de los datos espaciales es almacenada en Histogramas, los cuales contienen información acerca de la Frecuencia (Área, número de celdas, número de puntos, líneas etc.). Las tablas tienen columnas las cuales tiene también dominios bien sea de Clase, ID o Valor (sin embargo se pueden presentar algunas excepciones).

ILWIS también tiene Iconos separados para organizar los datos para analisis espacial (SIG), procesamiento de imágenes y para la visualización de datos, pero estos se explicaran mas tarde



Use la ayuda par más información en Histogramas. Ninguno de estos objetos será usado en esta fase del ejercicio.

Dependencia en ILWIS

ILWIS es un SIG orientado hacia el trabajo con objetos y el procesamiento de imágenes. Esto significa que todos los objetos mencionados anteriormente esta relacionados unos con otros. Por lo tanto para definir, por ejemplo, un mapa raster temático se necesitan varios de ellos, asi:

- o Sistema de Coordenadas
- o Georeferencia
- Segmentos de líneas (digitalizados)
- Puntos que contengan información de las unidades
- Polígonos constituidos por segmentos y puntos
- Un mapa raster obtenido al rasterizar el mapa de polígonos y
- Una tabla.
- C

P

æ

Cuando un objeto es producido desde otro objeto, ILWIS almacena la historia de cómo el archivo fue producido. Esto es conocido en ILWIS como **Dependencia**.

El concepto de Dependencia es una de las características claves de ILWIS. Por cada archivo el programa almacena la historia de cómo fue hecho, por lo tanto el usuario puede fácilmente actualizar un mapa o tabla después que alguno de los objetos originales ha sido modificado.

- De un clic derecho sobre el la Tabla Landslide_ID en el Catálogo de Datos. Seleccione Propiedades y allí el panel Used by. Como podrá notar la tabla esta siendo usada por el mapa de polígonos Landslide_ID.
- Las otras Dependencias fueron removidas en esta primera serie de datos, mas adelante sin embargo, en la última fase del ejercicio, usted deberá crear algunas.

Algunos puntos importantes acerca del manejo de archivos en ILWIS:

Existen algunos puntos que es necesario conocer acerca del manejo de archivos de datos en ILWIS, con el fin de evitar problemas cuando usted este usando los diferentes archivos y datos durante el curso. Debido a la dependencia y la estructura orientada hacia el manejo de objetos del programa las filas individuales estan ligadas unas con otras y, como se menciono anteriormente, varios archivos son necesarios al momento de desplegar o abrir los mapas, tablas y otros objetos. Por lo tanto usted debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- NO use Windows Explorer para copiar, borrar o cambiar el nombre a archivos individuales. A cambio use estas mismas opciones presentes en ILWIS (bajo el panel Edit) para copiar o borrar archivos.
- De un clic derecho sobre el archivo Mapping units en el Catálogo de Datos. Seleccione *Copy* y luego usando el Navegador de ILWIS vaya otro directorio y seleccione *Paste*. Notara que no solo la fila del mapa de polígonos es copiada sino también todos los otros objetos que son necesarios para desplegar este mapa (Dominio, Representación, Sistema de Coordenadas, Tabla etc).

- Las dependencias entre varios objetos se pueden explorar al seleccionar el panel Propiedades de un archivo. Esto se lleva a cabo haciendo un clic derecho en un icono y seleccionando *propierties* del menú desplegado.
- ILWIS tiene una **Ayuda** bastante extensa y útil. Por favor consúltela para resolver preguntas específicas acerca de las funciones del programa.

Exploración de los datos de entrada

En el Catálogo de Datos encontrara los iconos de la información de los datos de entrada o mapas base, disponible para el ejercicio de introducción al caso de estudio. La tabla siguiente presenta un vistazo general de los datos temáticos y como fueron derivados.

Nombre	Тіро		Descripción
Imágenes			
High_Res_image	Imagen Raster	Rep der ha pan su (re	vresenta una imagen a color de alta resolución ivada de una imaginen IKONOS. Esta imagen sido ortorectificada además la banda cromática fue unida con las bandas a color y tamaño de celda ajustado a 1 metro sample).
Datos de Elevació	n		• •
LidarDEM	Mapa Raster	Mo sido láse un	delo Digital de Superficie (DSM) el cual ha o derivado de un sobrevuelo usando escaneado er. Los puntos originales fueron interpolados en mapa con una celda de 1 metro de resolución.
Contours	Mapa de segmentos	Con met seri	tiene curvas de nivel a intervalos de 2.5 tros. Los contornos fueron digitalizados de una e de mapas topográficos a escala 1:2000
ТороDEM	Mapa Raster	Mo des inte nive	delo Digital del Terreno (DTM) que pliega la elevación del terreno a partir de la erpolación de los segmentos de las curvas de el en un mapa raster.
Elementos en Ries	sgo		
Wards	Mapa de Poligonos	Cor den con edif	itiene las unidades administrativas (Barrios) tro de la ciudad. La tabla acompañante tiene información acerca del número de ficaciones y el número de personas residentes.
Mapping_units	Mapa de Poligonos y Tabla	Rep el r rep unio (ID se unio por par eml nun La del cad	presenta las Unidades de Mapeo usadas para napeo de elementos en riesgo, pero esta vez resentados como polígonos. Cada una de las dades de mapeo tiene un Identificador Único) de tal manera que en la tabla acompañante peda almacenar información acerca de cada dad. Las unidades pueden estar representadas edificios individuales de gran tamaño o por celas con un uso de tierra determinado. Sin bargo generalmente lo que agrupan son un nero determinado de edificaciones. Tabla acompañante brinda información acerca numero de edificaciones y de personas en a unidad
Building_Map	Mapa Raster	Mar ciuc 199 edif des hur	pa del contorno de las edificaciones de la dad anterior al Huracán Mitch ocurrido en 8. El mapa aun contiene el polígono de las ficaciones que fueron destruidas por los lizamientos e inundaciones detonados por el acán.
Roads	Mapa de segmentos	Des ciuc	pliega las calles, caminos y senderos de la lad digitalizados de mapas topográficos

Datos de Amenaza	a	
Landslide_ID	Mapa Raster	Contiene los deslizamientos en el área de estudio. Esta ligado a una tabla de atributos que contiene información de los mismos.
Flood_100_year	Mapa de Poligonos	Mapa del contorno de una inundación con un período de retorno de 100 años, obtenido a partir de un modelo hidrológico generado en el programa HEC-RAS
Rivers	Mapa de segmentos	Despliega el mapa de la red de drenajes de la ciudad, digitalizados de mapas topográficos.

Desplegando los Datos de una Imagen de Satélite

Esta sección inicia visualizando la imagen de alta resolución.

Ċ,	
•	Abra el mapa raster High_res_image en el Catálogo de Datos. Esta acción se ejecuta simplemente haciendo doble clic sobre el icono. Acepte los datos presentados por defecto en la ventana de Desplegar Opciones (<i>Display Options</i>) del mapa raster. Clic: OK. El mapa esta georeferenciado con un sistema de coordenadas UTM. Al desplegar la imagen se pueden observar las coordenadas UTM en la esquina inferior derecha de la ventana:
	2656,1568 (477066.67, 1558845.57)
•	Use las diferentes opciones para acercar, alejar y navegar por la vista actual de la imagen y hágase una buena idea de ella. En estos momentos usted esta observando una pequeña porción de una
	ciudad mucho mas grande. Haga un <i>Zoom</i> en el mapa High_res_image
	nasta que llegue a visualizar edificaciones individuales y aun carros.
•	Despliegue el mapa entero presionando el icono
•	Use el icono Compás 🏋 para medir distancias y ángulos

En ILWIS se pueden personalizar los Catálogos de la siguiente manera:



objetos contenidos en el Catálogo aparecen resaltados. Note que todos los objetos ILWIS aparecen seleccionados. El procedimiento para mostrar solo los objetos

mapa y tabla o por ejemplo los objetos con los iconos 🏛, 🏝 V L m

es el siguiente:

œ

En el panel Selección de Objetos (Object Selection) haga clic en el primer tipo de objeto (por ejemplo en el mapa raster 📖, mantenga presionado el botón izquierdo del ratón y mueva el apuntador hacia el ultimo objeto que desee seleccionar. Suelte el botón del ratón y haga clic en OK.

Ejercicio 1: Introducción a ILWIS y a los datos de RiskCity

Como notara el Catalogo ha cambiado y ahora solo los objetos mapa y tabla se observan desplegados en el Catálogo Actual (**Current Catalog**). La ventana principal de ILWIS puede desplegar más de un Catálogo lo cual le ayudara a mantenr sus datos organizados en diferentes directorios.

La ciudad que esta mirando ha sido severamente afectada por un gran desastre algunos años antes de que la imagen fuera tomada.



TAREA:

- Haga una caracterización de la utilidad de las imágenes de alta resolución para identificar y mapear señales de un evento desastroso reciente.
- Identifica señales que indiquen potencial amenaza por deslizamientos en la imagen. ¿Cuales? ¿En que lugar de la imagen? (anote las coordenadas X y Y de los sitios)

Que señales de un desastre reciente puede identificar en el area?	x	Y

Desplegando los Datos de Amenaza

æ

Como se mencionó la ciudad ha sido afectada por un Huracán que generó altas precipitaciones (equivalentes a un período de retorno de 100 años); las cuales detonaron deslizamientos e inundaciones en el área.

Estos fenómenos fueron mapeados por lo cual dentro de los datos encontrara mapas disponibles para ambos eventos.

La opción **Transparency** le ayuda a desplegar un mapa encima de otro para poder evaluar los dos al mismo tiempo. En algunos computadores esta opción puede no funcionar si no se ha ajustado antes la pantalla a 32 bits

- Superponga el mapa de Poligonos **Landslide_ID** a la imagen de alta resolución **High_Res_Image** de la siguiente manera: en el panel Display (desplegar) seleccione: *Layers>Add layer* y señale el mapa Landslide_ID. En la ventana Display Option (opciones de desplegado) seleccione: Transparency: 50. deje las otras opciones como están.
 - De un doble clic en el polígono de un deslizamiento cualquiera y vera como los atributos correspondientes al mismo son desplegados en una ventana. Estos datos son tomados de la Tabla **Landslide_ID**. Busque polígonos que indiquen deslizamientos recientes y reactivados.

La opción **Display attributes** le permite desplegar la información almacenada en Tablas asociadas al mapa. Información acerca de la Actividad de los deslizamientos (**Activity**) se puede desplegar también como un atributo en una ventana separada. Para hacer esto de un doble clic sobre la capa **High_Res_Image** en el panel de Manejo de capas (Layer Management) a la izquierda y seleccione Display Options y después **Landslide_ID**. En la ventana de desplegar opciones (Display Option) seleccione el panel *Attribute* (Atributo) y después *Activity*. Seleccione también la opción *Representation* y después la representación *Activity*. Cuando termine presione OK.

TAREA:

La actividad de los deslizamientos ha sido evaluada para cuatro años diferentes 1977, 1998, 2001 y 2006. Revise y compare la actividad para cada año.

æ

• Superponga también el mapa de polígonos **Flood_100_year** a la imagen **High_Res_Image** (con la opcion *Transparency* al 50%). Compare las características de esta amenaza con las señales de daño de las cuales tomo nota anteriormente.

Desplegando los Datos de Elementos en Riesgo

Para poder llevar a cabo una evaluación de riesgo para RiskCity se requiere información acerca de los elementos expuestos o en riesgo. Para RiskCity esta información se tiene disponible en tres niveles diferentes así:

- Barrios (Wards): alguna de la información estadística tanto de las edificaciones como de los residentes se encuentra disponible a nivel de barrio para una gran parte de la ciudad. Sin embargo el archivo es demasiado grande para llevar a cabo la evaluación de riesgo
- Unidades de Mapeo (Mapping_Units): este es el nivel principal al cual se llevara a cabo la evaluación de riesgo. Contiene grupos más o menos homogéneos de edificaciones. Para la evaluación de Riesgo se necesita tener disponible información acerca del número de edificaciones, tipo de construcción y numero de personas para cada unidad de mapeo.
- Mapa de Edificaciones (Building_Map): también llamado mapa del contorno de las edificaciones para el área de estudio. Este mapa se obtuvo antes de la ocurrencia del desastre generado por el Huracán Mitch (1998) por lo cual también contiene el contorno exterior de las edificaciones destruidas. Los contornos digitalizados de todas las edificaciones se encuentran en el mapa Buiding_map_segments
- Vias (Roads): Contiene la red de vías de la ciudad.
- Abra la imagen High_Res_Image de nuevo.

TAREA:

Ŧ

Haga una caracterización de la utilidad de las imágenes de alta resolución para mapear elementos de riesgos.

Ejercicio 1: Introducción a ILWIS y a los datos de RiskCity

¿Cree que seria posible mapear edificaciones individuales y digitalizar los contornos directa mente en la pantalla? Discuta este tema con un compañero.

- Superponga el mapa de segmentos **Building_map_segments** a la imagen de alta resolución seleccionando: *Layers*>*Add Layers* (adicionar capa). En el panel Display Options seleccione para el Mapa de Segmentos la Representación: **Building_map_segments.**
- Haga el zoom en los contornos de las edificaciones de las edificaciones individuales.
- Superponga también el mapa de polígonos Mapping_Units usando solo los contornos. Para hacer esto seleccione la opción *Boundaries Only* en la ventana Display Options del mapa de polígonos. Para los contornos seleccione Boundary color: verde y para el espesor de la línea Boundary Width: 2 para obtener una representación de línea gruesa.
- Haga zoom para acercar la imagen y revise el contenido de la tabla de atributos del mapa **Mapping_Units**.
- El uso del suelo urbano (urban land use) puede desplegarse como un atributo, de la siguiente manera: de un clic derecho en el mapa Mapping_Units, seleccione Display Options y seleccione Mapping_Units. En la ventana Display Options deseleccione la opción Boundaries Only y seleccione Attribute y Pred_Landuse. Seleccione la representación Landuse.
- Finalmente despliegue el mapa de poligonos **Wards** y el mapa de segmentos **Roads.** Revise sus contenidos.
- Cierre la ventana de mapas.

Datos de Elevación

æ

Modelo de Elevacion Digital (DEM) : Término general para designar Mapas de Digitales de Elevación DTM: Modelo Digital del Terreno despliega la elevación del terreno. DSM: despliega la altitud de objetos en el terreno por ejemplo edificaciones y vegetación. La Evaluación de riesgos de RiskCity requiere también información acerca de la elevación del terreno, y la altitud de objetos como edificaciones y vegetación. A este respecto se cuenta con la siguiente información:

> Contornos (<u>Contours</u>): curvas de nivel digitalizado a partir de mapas topograficos a escala detallada Los mapas usados par



mapas topograficos a escala detallada. Los mapas usados para el ejercicio de RiskCity tienen curvas de nivel cada 2.5 metros.

- Modelo de Elevacion Digital (<u>TopoDEM</u>): Despliega la elevación del terreno obtenida a partir de la interpolación de las curvas de nivel en un mapa raster.
- Modelo Digital de la Superficie (<u>LidarDEM</u>): este es un modelo de la superficie que ha sido derivado de un sobrevuelo con escaneado Laser. Los datos puntuales originales se interpolaron en un mapa raster de un metro de resolución.

Además de las curvas de nivel digitalizadas también se ha usado un Modelo Digital de la Superficie (DSM) que fue derivado de un sobrevuelo con escaneado Láser también conocido como LIDAR (*Light Detection and Ranging*).

El termino Image

stretching se usa para determinar la forma en la cual los valores de un mapa son desplegados en un rango de colores optimo. En ILWIS al 'extender' una imagen se esta definiendo el valor mínimo del rango de tonos disponible que será desplegado en un extremo (Ej. en negro) y el máximo valor que será

desplegado en el otro extremo (Ej. en blanco)

El Filtrado (Filtering) es una técnica para el procesamiento de imágenes que puede ser aplicada también a mapas de superficie como los DEMs. Un filtro es una matriz impar que se mueve a lo largo del mapa y aplica ciertas funciones a determinadas celdas (Ej. El filtro avg3x3 evalúa 9 celdas al tiempo hasta que todo el mapa es filtrado. La respuesta de la función es asignada en el mapa resultado a la celda encontrada usualmente en el centro de la matriz. El valor de salida para cada celda dependerá entonces del valor de la misma y de los valores de las celdas vecinas.

Map Calculation puede considerarse como la base de ILWIS. Esta característica opera para mapas y permite usar formulas escritas en la línea de comandos por ejemplo:

Mapa_resultado:= Mapa A - Mapa B

Las ecuaciones pueden ser de diferente tipo, algunas de las mas usadas hacen uso de ecuaciones tipo IFF (condicional), THEN (entonces), ELSE (de lo contario) cuya notacion seria: Mapa_resultado:=iff

æ

(A,B,C) o sea: si A es verdadero, entonces B, de lo contrario C.

CP-

- Abra el mapa de segmentos **Contours** y asegúrese de seleccionar la opción *Info* en la ventana *Display Options* del mapa de segmentos. Use la Representación: *Pseudo*. Clic OK. Investigue los valores de las curvas de nivel en metros sobre el nivel del mar haciendo un clic sobre ellas con el Mouse.
- Superponga el mapa **TopoDem** al mapa de contornos. Acepte los valores *stretching* presentados por defecto (entre 900 y 1315). Use el Mouse para consultar algunos de los valores de elevación (metros sobre el nivel del mar). Cambie la representación a gris ('**Gray'**) (de un clic derecho en el mapa, seleccione: *Display Options>Seg contour*, y seleccione la representación Gray).
- En el Catálogo de Datos haga clic derecho en el ícono del mapa raster **Topo_DEM** y seleccione: *Statistics > Histogram*. Cuando el Histograma se abre se despliegan los valores de frecuencia de distribución de los valores de elevación como en la imagen inferior.



- En este diagrama, cual puede considerarse como la elevación mas común? Cual seria la altitud promedio?
- Cierre el histograma.
- Despliegue el mapa raster LidarDem usando la representación 'Gray'.Acepte los valores stretching presentados por defecto (900.1) y (1294.8).
- Acerque la imagen hacia el centro de la ciudad. Como notara en este caso usted difícilmente puede diferenciar edificaciones individuales. Esto se debe al 'estiramiento' usado para la imagen ya que 900.1 y 1294.8 m constituyen la mínima y máxima elevación en el mapa.
- Use diferentes opciones de stretching (Ej entre 900 y 950). ¿Que observa?

Para ver todos las edificaciones usted también puede crear una imagen de aspecto (*hillshading image*) por medio de un filtro. Un filtro **Shadow** (sombra) aplica una iluminación artificial (desde el NorOeste) a un DEM. Como resultado las partes más elevadas en el DEM se desplegaran mas pronunciadas ya que ellas obtendrán mayor sombreado.

- Genere una imagen de aspecto (*hillshading image*) a partir del mapa Lidar. Use *Operations > Image Processing > Filter*. Seleccione el mapa raster LidarDEM y el filtro linear **Shadow**. Nombre el mapa resultado: **Shadow**. En este caso use una precision de 1.
- Despliegue el mapa Shadow usando una representación *gray* un *stretching* entre -25 y +25. Al acercar la imagen usted podrá reconocer de nuevo las edificaciones individuales.
- Abra la imagen de alta resolución High_Res_Image y compárela con la imagen de aspecto Shadow. Haga un zoom al estadio en ambas

Ejercicio 1: Introducción a ILWIS y a los datos de RiskCity





Ver instrucciones DEMO 6: (en ingles) imágenes y notara como es posible reconocer en detalle las mismas características.

En principio al sustraer Modelo Digital del el Terreno (TopoDEM obtenido al interpolar las curvas de nivel) del Modelo Lidar Digital de la Superficie (el cual representa la altura de todos los objetos, incluidos edificaciones y vegetación) se obtendrá la altura de los objetos



en el área. Por lo tanto se podrán analizar la altura de las edificaciones al sustraer los dos Modelos Digitales de Elevación (ver figura).

Este procedimiento se llevara a cabo escribiendo la fórmula **MapCalc** en la línea de Comandos, así:

(P

æ

P

• En la linea de comandos de la ventana principal de ILWIS escriba la siguiente fórmula:

Altitude_dif:=LidarDEM-TopoDEM

- Despliegue el mapa resultado usando una representcion *pseudo* y haga un *stretching* entre 0 y 10. Al acercar la imagen usted podrá reconocer edificaciones individuales y leer la altura de las mismas.
- Haga un histograma del mapa **Altitude_dif** y analice los resultados. ¿Cuales serían la media y la mediana de dichos valores?

Puede explorar igualmente las otras capas de datos disponibles. La opcion **Pixel Information** (datos de la celda) le permite ver toda la información que se halla disponible para la una ubicación (celda) dada.

- Abra la imagen High_res_image
- Haga clic en el icono Pixel Information 🖳 en la pantalla principal
 - En la ventana que se despliega adicione (Add) los mapas: Mapping_Units, Wards, Landslide_ID, etc y seleccione Options > Always on top. Ahora navegue a traves de la imagen y trate de encontrar, en su opinión, cual de los barrios presenta el mayor riesgo a deslizamientos.

Información para usuarios experimentados de ILWIS:



Este es un ejercicio opcional, que le permite evaluar su nivel de manejo de ILWIS. Si el programa es nuevo para usted, o si el tiempo del curso no es suficiente, esta parte se puede dejar por fuera.

Ver instrucciones DEMO7: (en ingles)

Calculando el numero de edificios destruidos

 En el Catálogo de un clic derecho sobre el icono del mapa de poligonos Mapping_Units y seleccione vector operations > attribute map. Seleccione Pred_landuse como atributo y nombre el mapa resultante Pred_landuse.

Cross operations lleva a cabo la superposición de dos mapas. Las celdas que ocupan la misma posición en ambos mapas pueden ser comparadas. Las combinaciones de mapas dan como resultado mapas y tablas resultados. Las touro-cruzados. Las touro-cruzadas incluyen la tán de los valores, clases o IDs de entrada (dependiendo del Dominio usado), el número de celdas encontradas para cada combinación y el área de cada combinación.

- Convierta el mapa de poligonos a un mapa raster. En la ventana principla de ILWIS vaya a operations > rasterize > polygon to raster. Seleccione el mapa de poligonos Pred_landuse. Nombre igual el mapa raster resultante y use la GeoReferencia Somewhere. Haga clic en el boton Show para empezar el procedimiento de rasterizacion.
- Abra el mapa raster **Pred_landuse** y evalue los resultados; cierre el mapa.
- Vaya a Operations > Raster operations > Cross y seleccione los mapas Buiding_Map y Pred_landuse. Llame la tabla resultante landuse_ Buidings. NO ignore los valores indefinidos.

Ahora se necesita saber cuantos edificaciones resultaron dañadas durante el desastre. Esta operación se lleva a cabo agregando las edificaciones pertinentes al área que resulto 'despejada' como consecuencia de los daños (vacant damage area) en el mapa de usos del suelo.

Aggregate functions Es
una funcionalidad muy
importante y util de
ILWIS. Se pueden
obtener valores
agregados por ejemplo
del promedio de una
suma o de toda una
columna, o valores
individuales por Grupo o
por Clase. Mas acerca de
las funciones 'agregar' se
puede encontrar en la
guía de ILWIS.

Ē

- Abra la tabla landuse_ Buidings.
- En el menu de la tabla vaya a *Column > aggregations* y seleccione la columna Buiding_Map, use la función Count y agrupe de acuerdo a Pred_landuse. Cree una tabla de atributos llamada Buiding_Distribution y nombre la columna resultante Nr_Buildings.
- Abra la tabla Buiding_Distribution y analice los resultados. El numero de edificaciones dañadas es el valor correspondiente a Vac_damaged.

Ejercicio 2: Creación e interpretación multi-temporal de las imágenes estéreo

Tiempo estimado: 2.5 horas

Datos: Objetivos: Los datos se encuentran en el subdirectorio: *Riskcity_exercises/exercise02/data* Este ejercicio muestra cómo se pueden generar imágenes de estéreo digital de fotografías aéreas y Modelos Digitales de Elevación. Las imágenes estéreo se pueden visualizar utilizando el método anaglifo y se sirven para interpretar el desarrollo urbano y la actividad de los deslizamientos en RickCity, para diferentes periodos (1977, 1998, 2001 y 2006).



Visualización estéreo en ILWIS: Un par estéreo, permite ver mapas raster, fotografías escaneadas o imágenes estéreo; utilizando un estereoscopio montada en su monitor o gafas (anaglifos) rojo-verde o rojo-azul. Un par estéreo se puede calcular

- Con la operación par estéreo Epipolar (Epipolar stereo pair) se requiere dos mapas raster como entrada, que se sobrepongan entre si, por ejemplo dos fotografías aéreas escaneada con superposición entre si, que permiten ver el área de sobreposición en estéreo;
- Con la operación par estéreo de DTM (Stereo pair from DTM) se requiere un solo mapa raster como entrada, por ejemplo una fotografía escaneada o una imagen y un modelo digital del terreno (DTM); en el par de salida estéreo, se puede ver todo el mapa la zona de la entrada encima del DTM en estéreo.

El par estéreo, se calcula automáticamente cuando se abre para desplegarlo. El par estéreo luego contiene:

- dos mapas raster remuestreados de salida,
- donde cada mapa raster utiliza una nueva georeferencia, la cual conserva las coordenadas originales.

Un par estéreo se puede ser desplegado:

- en una ventana estereoscópica, mediante la utilización de un estereoscopio,
- en una ventana como un mapa, el cual puede ser visto claramente solo con gafas anaglifos de color rojo-azul o rojo-verde.

En este ejercicio se va generar sólo una imagen estéreo con la opción "Stereopair de DTM", debido a que se cuenta con un DEM (LidarDEM) muy bueno, que incluye también los edificios y provee resultados óptimos.

Ejercicio 2: Creación e interpretación multi-temporal de las imágenes estéreo

Datos de entrada

Los siguientes datos de entradada muestran una apreciación global de los datos temáticos y como estos se derivan.

Nombre	Tipo	Significado
Image data		
Airphoto_1977_origina I	Raster	Foto aérea escaneada de 1977 importada al ILWIS
Airphoto_1977_ortho	Raster	Foto aérea Ortorectificada, después de una georeferenciación directa lineal y remuestreada a una georeferencia común del área.
Airphoto_1977	Estereopar	Estereo par generado de la Airphoto_1977 y el DEM de Lidar. Este puede ser desplegado usando la pantalla para estereoscopia o usando los anaglifos.
Airphoto_1998_ortho	Raster	Aéreo foto Ortorectificada de 1998 tomada justo después del desastre de deslizamiento e inundación. Generada mediante una georeferenciación linear directa y remuestreada a una referencia común del área.
Airphoto_1998	Estereopar	Estereo par generada de la Airphoto_1998 y del DEM Lidar. Este puede ser desplegado usando la pantalla para estereoscopia o usando los anaglifos.
Image_2001_ortho	Imagen Raster	Imagen a color de alta resolución derivada de una imagen IKONOS. La imagen fue ortorectificada y remuestreada a 1 metro. La imagen a color original fue convertida a blanco, a fin de poderla ver mediante el uso de los anaglifos.
Image_2006_Original	Imagen Raster	Imagen de alta resolución obtenida de Google Earth, la cual puede ser georeferenciada y remuestreada, a fin de utilizarla para la interpretación de la imagen estéreo.
Datos de altitud		
LidarDEM	Mapa Raster	Se trata de un Modelo Digital de Superficie que se ha derivado de un vuelo de exploración láser. Los datos originales han sido los puntos interpolados en un mapa raster de 1 m.
Landslide data		
Landslide_boundaries	Segmentos	Deslizamientos en el área de estudio, interpretados a partir de las imágenes disponibles.
Landslide_ID	Mapa de puntos	Puntos en cada uno de los deslizamientos de tierra interpretarse atributo asociado con el cuadro
Landslide_ID	Tabla	Tabla de atributos con información de los deslizamientos en la zona.
Otros datos		
Building_map_1997	Segmentos	Límites de los edificios de la zona. Puede utilizarse para evaluar la calidad de las ortoimágenes.

Georeferenciación de una imagen y desarrollo de una orto imagen

Georeferenciación lineal directa: Es recomendable crear una georeferenciación lineal directa cuando se tiene fotografías en un formato sencillo; es decir, las fotografías tomadas con la cámara normal y fotografías sin marcas fiduciales. El terreno cubierto por la foto, tiene diferencias claras de altura; es decir, se necesita corregir la inclinación y el desplazamiento de la fotografia y se tiene disponible un Modelo Digital del Terreno (DTM) de la zona. Mediante la creación de una georeferencia lineal directa y desplegando la fotografía; por ejemplo, puede digitalizar directamente en ppantalla una fotografia no rectificada. La georeferencia lineal directa, esta calculada mediante una transformación lineal directa (DLT): Fila = (ax + by + cz + d) / (eX + fy + gz + 1)Col = (HX + iy + jz + k) / (eX + fy + gz + 1)Una georeferencia lineal directa, requiere un mínimo de 6 tiepoints (llamados también, puntos de control). Para cada tiepoint, el número de fila y columna y las coordenadas XY del mundo real, son implicitamenta almacenadas.

Altura (Z) pueden ser introducida por el usuario, de lo contrario estos datos se obtienen a través del DTM mediante las coordenadas XY. La altura de vuelo, la proyección central de la cámara (X0, Y0, Z0), el eje de los ángulos de cámara (a, b, g), conjuntamente a los ejes X, Y, Z, se calculan a partir de los tiepoints. <u>Nota</u>: Si no está interesado en aprender cómo generar un ortoimagen, simplemente omita esta parte del ejercicio y vaya se a la parte a la generación de las imágenes estéreo.

Un georeferencia define la relación entre filas y columnas en un mapa raster y coordenadas XY. Por lo tanto, la posición de los píxeles en un mapa raster, esta definida por la georeferencia. Se aconseja que todos los mapas raster de la misma zona, utilicen la misma georeferencia. La georeferencia implícitamente utiliza un sistema de coordenadas que pueden contener información de la proyección. Los mapas de Polígono, segmento y punto, simplemente utilizan un sistema de coordenadas. La georeferencia es un objeto es un servicio, usualmente para varios mapas raster.

Hay cinco tipos principales de georeferencia:

- Georeferencia de esquinas: Georeferencia orientada Norte, que se utiliza durante rasterización de datos vectoriales o georeferencia orientada Norte para remuestrear los mapas;
- Georreferencia tiepoints: Georeferencia no orientada Norte que sirve para adicionar coordenadas de referencia a una imagen satelital o a una fotografia, mapa escaneado, etc., sin usar un modelo digital del terreno (DTM).
- Georeferencia lineal directa: Sirve para adicionar coordenadas a una fotografía escaneada, mediante el uso de un modelo digital del terreno (DTM).
- Georeferencia ortofoto: Sirve para adicionar coordenadas a una fotografía aérea escaneada, mediante el uso de un modelo digital del terreno (DTM) y los parámetros de la cámara.
- **Georeferencia 3D**: Sirve para crear una vista tridimensional de los mapas.

Normalmente, el uso de Ortoimágenes es lo mejor para la generación de imágenes estéreo. Una ortofoto es una fotografía escaneada fotogramétricamente rectificada (mapa raster, orientada al Norte con píxeles cuadrados) con las correcciones de inclinación y desplazamiento. Una ortofoto se obtiene mediante un resampleo de una fotografía que tiene una ortofoto georeferencia de esquinas.

Con el fin de generar una específica información de la cámara para una ortoimagen, es necesario un vuelo de fotos aereas. Lamentablemente esta información no está disponible en nuestro caso. Por lo tanto vamos a usar la otra opción, la georeferenciación lineal directa.

Ē

- Abra la imagen **Airphoto_1977_original**.
- Selecione File/Create/Georeference. Selecione Georeference Direct

Ejercicio 2: Creación e interpretación multi-temporal de las imágenes estéreo

GeoR	eference Name	Airphoto_199	7		
Descri	ption:			1	
C Ge	oRef Tiepoints			1	
• Ge	oRef Direct Lin	ear			
C 60	oRef Ortho Pho	ito			
C 66	oRef Parallel Pr	ojective			
DTM	idarDEM		-		
IT SL	b-Pixel Precision	n			

Linear. Selecione: *DTM*: **LidarDEM**. *Georeference name*: **Airphoto_1977**.

- Se despliega la ventana de georeferencia. Tambien se abre el mapa Image_2001_ortho, y organizar las ventanas de una manera similar como se indica en la figura que aparece en la página siguiente.
- Encontrar un punto similar en las dos imágenes. Acercar lo suficientemente grande para seleccionar el punto en la imagen de la derecha; a continuación, seleccionar el mismo punto en la imagen a la izquierda. Posteriormente, haga clic en el botón Z de la ventana de Addison de *tiepoint*. Haga clic en OK
- Repita este mismo procedimiento minimamente para 10 tiepoints. Verificar que el signa sea aceptable (Idealmente debe ser menor a 1).

Distribución de los Tiepoints: Es importante distribuir por igual los puntos sobre la imagen, no dejar zonas vacías y ligar puntos en las zonas cerca de la esquina de la imagen. Usted puede ver en la siguiente imagen para tener una idea de cómo distribuir los Tiepoints. En este ejercicio vamos a utilizar sólo 10 puntos de amarre, pero debería ser un buen hábito de utilizar cerca de 20 puntos.



Ver Demo 8 para las instrucciones

(Instrucciones en

ingles)



Después de generar un georeferencia lineal directa con la suficiente precisión, se puede proceder a remuestrear la airphoto de 1977 con la georeferencia común utilizada para todos los datos. Esta georeferencia se llama "**Somewhere**".



Generar un estéreo par de un DEM/DTM/DSM.

Estereo par de DTM/DTM/DSM: Ángulo de mirada: Este mapa raster de entrada será proyectado dos veces sobre el terreno, el mapa de entrada será remuestreado a un mapa de rater de salida de izquierda y a un mapa raster de salida a la derecha, El desplazamiento entre el mapa de salida de la izquierda y la derecha, estará determinado por un específico ángulo de mirada. El ángulo de mira, determina el ángulo con el cual el mapa de salida de la izquierda y la derecha es proyectado

La operación del estéreo par del DTM crea un estéreo par de un solo mapa raster y un Modelo de Elevación Digital, que puede ser del terreno (DTM) o pueden ser un modelo de superficie, que incluya objetos (DSM). En este caso se utilizara un DSM (LidarDEM). Como mapas de entra se necesitan:

- un mapa raster que se desea desplegar sobre terreno, por ejemplo, una fotografía aérea escaneada, una imagen de satélite, o un mapa "normal" raster;
- un Modelo Digital del Terreno (DTM); es decir, un mapa raster con valores de altura. El DTM es también conocido como Modelo Digital de Elevación (DEM).

Ejercicio 2: Creación e interpretación multi-temporal de las imágenes estéreo

Ē

(F

- Selectione Operations/Image Processing/Stereopair from DTM. Seleccione Raster Map: Airphoto_1977_ortho. Seleccione DTM: LidarDEM Output stereopaire: Photo_1977. Accept the default settings. Clic show.
- El cálculo tomara algo de tiempo. El resultado final, en primer lugar, se desplegara como una ventana doble. Cerrar esto y seleccione el estereo par **Photo_1977** en el catalago, hacer clic con el botón derecho, *visualization, as anaglyph*. Use la opción: **Red-Blue**.
- Despliegue el resultado final como Anaglyph y sobreponga el mapa de building_map_ 1997, sseleccionando Layers/Add Layer y verifique si se ajusta correctamente.
- Modulo de mira: Puede optar por dividir el ángulo de mirada igual a lo largo de los dos mapas (Look modus Both); es decir, cuando el ángulo de mirada es 30°, el mapa de salida de la izquierda se proyecta a 15° sobre el terreno a la izquierda, y a 15° hacia la derecha. Se necesita proporcionar una altura de referencia, que es la altitud (del DTM) que deben aparecer en la parte superior de la pantalla cuando se despliega el estéreo par. Al desplegar el estéreo par, aparecerán valores altos de altura en el DTM 'fuera de su monitor', mientras que los valores más pequeños de altura en el DTM aparecerán dentro de su monitor.
- Repita el mismo procedimiento para los otros 3 periodos: 1998, 2001 y 2006. Despliegue las dos imágenes anaglifos del misma área una a lado de la otra (ver abajo), para que puedan ser óptimamente comparadas.

Despues de haber optenido los 4 estereo pares para RiskCity: Photo_1977, Photo_1998, Image_2001 y Image_2006; se pueden utilizar para interpretar las imágenes.



Generar un estéreo par de una imagen LIDAR

También es posible crear un estereo par de una imagen utilizando solamente LIDAR como DEM. Como imagen vamos a utilizar el *Hillshade* del LIDAR, posteriormente se convertira en una imagen y a partir de ello, se creara un estereo. Este procedimiento generará imágenes estereo pares, las que se utilizaran para interpretar fácilmente la morfología de la zona.

Ŧ

- En el menú *operations / image processing / filter* y seleccione el mapa de entrada **LidarDEM**, tipo de filtro **linear** y el monbre del filtro **Shadow**. Nombre el mapa de salida **Hillshade_lidar**.
- Para desplegar el mapa Hillshade_lidar, usar una representación gray.
- Esjoja la function de **Stretch**, y asigne valores que usted crea que son los que major despliegan las formas de un objeto (Puede utilizar entre -20 y 20).

De todos modos, esta función de Strech, es sólo de la visualización y por tanto, es solo temporal. Esto significa que si cerramos el mapa y abrimos nuevamente, se va a perder la aplicación de Strech que se realizo anteriormente. Para tener una imagen con la función aplicada, se necesita aplicar la función de Strech permanentemente.

- En el menú operations / image processing / stretch. Seleccione el mapa Raster Hillshade_lidar, la function de linear stretch, y seleccione stretch entre -20 to 20, escoja dominio image, y nombre el mapa de salida como: stretch_hillshade_lidar.
 - Despliegue el mapa resultante.
 - Ahora, se puede crear el estereo par. Del menu Operations/ Image processing/ Stereo Pair from DTM. Seleccione el mapa raster stretch_hillshade_lidar, el lidarDEM como DTM y nombre el mapa de salida como: Lidar_stereopair.
 - Despliegue los resultados y trate de reconocerlos.

Comparando el set de datos de los diferentes datos



Con ILWIS, es posible comparar Ortoimágenes, desplegadas en la misma ventana, solo haga clic en el botón de visualización y desactive la imagen que desee. Realice este procedimiento para las tres imágenes: Airphoto1977_ortho, Airphoto_1998_ortho (tomadas justo después del desastre) y Image_2001_ortho.

P

æ

- Despliegu la imagen **Airphoto_1977_ortho**. Haga un stretch entre 22 y 170.
- En el menu selecione *layer*, *Add Layers* y seleccione la imagen **Airphoto_1998_ortho.** Haga un stretch entre 19 y 170.
- En el menu selecione *layer*, *Add Layers* y seleccione la imagen **Image_2001_ortho.** Haga un stretch entre 25 y 245.
- Deseleccione en la parte izquierda de la ventana, el cuadro (ver figura) para ver las ultimas dos imágenes. Now you only see Airphoto_1977_ortho. Encendiendo y apagando el cuadro de Airphoto_1998_ortho se puede comparar la misma área en las dos imágenes.
- Realize lo mismo para **Image_2001_ortho**, para hacer una comparación optima de los datos.
- También se puede adicionar el mapa de segmentos Building_map_1997 y el de Landslide_boundary

n cambios entre las tres imágenes:

	1977 a 1998	1998 a 2001
Principales diferencias en las zonas urbanas		

Ejercicio 2: Creación e interpretación multi-temporal de las imágenes estéreo



Mapeo desde un estereo par digital

æ

Los estéreo pares generados anteriormente, se pueden utilizar para interpretar el crecimiento y desarrollo urbano y por otra parte para interpretar los deslizamientos. Nos centraremos solamente en las fotos de 1977 y 1998.

La imagen de 1977 ofrece el mejor panorama de la situación antes de los derrumbes y debido a que la densidad de las edificaciones no era tan alta, permite mapear de mejor manera los deslizamientos antiguos del área. La foto de 1998, fue tomada justamente después de desastre y es la que muestra de mejor manera los resultados para una interpretación óptima de los deslizamientos.

Interpretación digital del estereo par: Desde que las imágenes estereo par tienen una georeferencia es posible sobreponer información vector y utilizar la información en 3D para la interpretación. Puede digitalizarse en pantalla directamente sobre la imagen en 3D. Esto podría causar algunas dificultades en los casos en que existe una gran diferencia en la elevación. Los archivos vectoriales proyectados sobre el terreno no poseen valores de altura y parecen estar situados en el mismo nivel. En esos casos se aconseja digitalizar los archivos vectoriales sobre orto imagen y comparar con la imagen estéreo.

• Abrir el estereo par **Airphoto_1977** como anaglifo con *Red-Blue colour*. Use los anaglifos.

- Sobreponga el mapa de segmentos: **Landslide_boundary**. Compare los deslizamientos que puede ver en la imagen con aquellos que fueron interpretados en el mapa de deslizamientos.
- Tambien despliegue el mapa de puntos **Landslide_ID**, selecione *single symbol* y despliegue los puntos en color amarillo. Cada punto está relacionado con un componente de los deslizamientos (pendientes escarpadas o bloques de masa).
- Al hacer doble clic sobre un punto, la información de atributos de los deslizamientos se despliega. Ahora puede verificar la información sobre la actividad y se puede ajustar cuando sea necesario.
- Abrir el estereo par **Airphoto_1998**. Compare, ahora los deslizamientos y las inundaciones para ambos periodos y ajuste la información de los atributos.
- Discuta la interpretación con su compañero y marque los deslizamientos en los cuales no están de acuerdo con la clasificación.

Opcional: Descarga de una imagen de alta resolución de Google Earth



Nota: si usted no está interesado en aprender cómo descargar una imagen de Google Earth, o si no hay conexión a Internet, simplemente puede omitir esta parte del ejercicio y vaya a la parte de generación de las imágenes estéreo.

La evaluación de la amenaza y el riesgo debe basarse en la interpretación multi-temporal de imágenes y trabajos de campo extensos. Es importante tratar de obtener la mayor cantidad de imágenes de distintas fechas. Las imágenes antiguas son muy útiles, ya que representan la situación que ya no puede ser verificada en situ.

También la interpretación de las imágenes antiguas permite identificar mucho mejor las características del terreno, como los deslizamientos antiguos en áreas ya urbanizadas, debido a que no existía una expansión urbana. También, las recientes imágenes son muy importantes, por que sirven de base para el trabajo de campo y la recopilación de los datos. Una importante fuente de información puede ser Google Earth, que contiene imágenes de alta resolución de muchas partes del mundo, incluida la zona RiskCity (Tegucigalpa).

•	Abra	Gooale	Earth
	7,010	Googie	Laiti

(F

• Si no tiene instalado y le gustaría probar la versión de prueba de Google Earth Pro, que permite descargar imágenes de alta resolución. Vaya a:

http://earth.google.com/intl/en/product_comparison.html

- Navegue hasta Tegucigalpa/ Honduras.
- Ampliar de forma en que la pantalla cubra la misma área, como la que se usa para los ejercicios. Asegúrese de excluir la opción de terreno (terrain) y todos los textos.
- Antes de guardar la imagen, asegúrese que el comando de navegación este deseleccionado. Vaya a *View, show Navigation*, y seleccione *never*.
- Selecione *File/Save/ Save Image* (Si usted esta usando Google Earth Pro seleccione el archivo mas grande). Guarde el archive como Google_earth.jpg
- Cambie la extensión de la imagen raster Google_earth.jpg a Google_earth.TIF, o Google_earth.BMP. Para este propósito, se puede utilizar algunos programas como el "paint" por ejemplo.
- Sálgase de Goolge.Earth y abra ILWIS. Importe el archivo Google_Earth y conviértalo a un formato de ILWIS (*import, map*, y seleccione la extensión que se necesita)
- Usar la opcion de georeferenciación de ILWIS georeference para hacer una georeferencia de tiepoints.
- El procedimiento es el mismo que de el anterior ejercicio, en vez de utilizar la imagen Airphoto_1977_original, se puede usar la imagen Google_earth.

Para usuarios expertos del ILWIS:

Si nunca ha digitalizado con Ilwis antes de que sea mejor no hacerlo ahora. Habrá otro ejercicio en el que se digitalizan (4A ejercicio en la generación de una base de datos de elementos en riesgo), que le explicará el procedimiento de digitalización en detalle.	 Editar el mapa de deslizamientos y actualizar. Puede mejorar el registro de los deslizamientos editando el mapa de segmentos Landslide_boundary, y también cambiando las etiquetas del mapa de puntos de Landslide_ID. Para editar los segmentos, verifique el archivo de ayuda de ILWIS tener una idea de los errores mas recurrentes. Asegúrese de que todas las líneas estén bien conectadas. Use la opción de <i>Check segments</i> para comprobar que no existan errores, antes de continuar. Para la edición de los datos puntuales (puntos), asegúrese de que cada parte de los deslizamientos tendrá un número de identificación único. Para los nuevos deslizamientos se deberán añadir nuevos ID al dominio Landslide_ID, mientras va digitalizando los nuevos puntos. Asegúrese de saber cual es el ultimo valor de ID, antes de crear uno nuevo. También actualice la información de la tabla de atributos. Una vez que se haya editado los archivos de segmentos y de puntos, genere el mapa de polígonos y posteriormente rasterizarlo.
Edición de datos vectoriales: Es posible editar los mapas de polígono, segmento de mapas, mapas y punto. Un polígono mapa es creado por una polilínea cerrada y una etiqueta en el mismo punto. El punto que hay que tener en cuenta los atributos del polígono. Ilwis Por favor, consulte la guía para una explicación más detallada.	 Sobreponga el mapa de landslide_boundary, y el mapa de landslide_id sobre las imágenes estereo par. Para editar el mapa de segmentos Landslide_boundary, vaya al menu Edit / Edit layer y seleccione Landslide_boundary. Seleccione Insert Mode para empezar a digitalizar los nuevos segmentos. Tambien se puede dividir un segmento existente en nuevos segmentos, y después de esto use la función de "snapping" para unir los segmentos ya existentes. Use la función de Move Point para cambiar de posición cualquier punto Use la función de Select Mode para seleccionar objetos (segmentos o puntos) Clic en el botón de salida del editor Exit cuando haya terminado.
	segmentos e etiquetarlo. Es muy importante los segmentos formen un polígono y estén perfectamente unidos entre si.

 Para editar un mapa de puntos, en el menu Edit / Edit layer y seleccione el mapa landslide_id. Use los mismos botones que se usaron para editar los segmentos. Después de insertar un nuevo punto, se abrirá una ventana automáticamente, en la cual se tiene que etiquetar con un nuevo ID. Seleccione en esta ventana los atributos del deslizamiento, los cuales estarán representados por el punto que justamente termina de añadir.

Segment Map	andslide_boundary	•
🗌 Mask 🔽 Topologu		
 Label Points 	Candslide_ID	1
C Unique Identifiers		
Auto Correction		
Dutput Polygon Map	landslide_user	
Description:		

F

Antes de poligonizar un mapa de segmentos con la etiqueta del punto, es de extrema importancia comprobar que el mapa de segmentos no tenga errores, en el caso de que tenga errores se tiene que eliminar cuidadosamente y muchas veces consume mucho tiempo.

Existen 4 tipos de errores posibles al digitalizar segmentos:

Dead end in segment: El segmento no está conectado (snapped) a otro segmento.

Intersection without node: El

segmento se solapa a otro segmento sin tener un nodo de conexión.

Segment is digitized twice: El mismo segmento se digitalizo dos veces: esto puede ocurrir en los grandes archivos o en los archivos que son adquiridos de otras personas.

Self Overlap: El mismo segmento se puede sobreponer.

En el catalogo haga clic con el botón derecho sobre el mapa de landslide_boundary y seleccione *edit*. En el menú del editor, vaya a *File / check Segment* y seleccione el Self Overlap. Corrija los errores usando los botones de edición.

- Verifique también los otros tipos de errores, verifique que el mapa de segmentos, no tenga errores.
- Cuando ya no existan más errores, se puede convertir el mapa de segmentos a un mapa de polígonos. En el catalogo haga clic con el botón derecho sobre en mapa de landslide_segment, vectorize / segment to polygon. Nombre el mapa de salida Landslide_user. Ver la anterior imagen.

Ejercicio 3a. Analisis de frecuencia

Tiempo previsto:	: 3 horas
Datos:	Subdirectorio: RiskCity_exercises/exercise03A
Objetivos:	Calcular el periodo de retorno y la probabilidad de excedencia de un evento, calcular el
	valor de distribución extremo mediante el método Gumbel, determinar las relaciones
	de intensidad – duración – frecuencia y ploterar e interpretar los graficas de
	Gutenberg-Richter.

Inundaciones

Paso 1: Periodo de retorno y probabilidad de excedencia

Percentage probability of the N-year flood occurring in a particular period

	N = Return period in years					years		
Number of years in period	5	10	20	50	100	200	500	1000
1	20	10	5	2	1		-	-
2	36	19	10	4	2	1		_
5	67	41	23	10	5	2	1	
10	89	65	40	18	10	5	2	1
20	99	88	64	33	26	10	4	2
50	-	99	92	64	39	22	9	Š
100	-	_	99	87	63	39	18	าดั
200			-	98	87	63	33	18
500	-			-	99	92	63	30
1000				_	-	99	86	63

(j)

- ¿Qué puede decir, acerca de la probabilidad de la ocurrencia de Q50 durante los próximos 100 años y durante los próximos 5 años?
- ¿Qué pasa con la probabilidad de la ocurrencia de Q500 durante los próximos 2 años?
- Calcular esta probabilidad con la siguiente fórmula:

$$\mathsf{R} = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{r}$$

• Donde:

R = Probabilidad de ocurrencia

- T = Periodo de retorno
- n = Periodo en el cual ocurra por lo menos una vez

Paso 2: Distribución extrema de los valores por el método de Gumbel

En este ejercicio cada uno hace la distribución Gumbel. Los resultados ayudan a determinar los diferentes periodos de retorno para lluvias y las descargas. En primer lugar, se mostrara un ejemplo, con el fin de enseñar el procedimiento, seguido por un ejercicio.

Se tiene los siguientes datos:

Fecha	Descarga	Fecha	Descarga	Fecha	Descarga	Fecha	Descarga
6-May-11	34600	23-May-19	52000	7-May-31	40800	17-May-39	36400
17-May-11	29400	18-May-20	43600	14-May-31	36500	12-May-40	37100
4-Jun-11	35900	16-Jun-20	42900	16-May-31	36500	25-May-40	29600
13-Jun-11	39500	23-Apr-21	35200	14-Apr-32	28500	13-May-41	28900
21-May-12	55200	20-May-21	69700	14-May-32	72100	14-Apr-42	28900
20-May-12	61900	19-May-22	60600	21-May-32	62200	21-Apr-42	28900
21-Jun-12	38000	26-May-22	52100	13-Jun-32	35100	26-May-42	37100
20-Apr-13	29400	6-Jun-22	62400	15-Jun-32	35100	20-Apr-43	43200
27-Apr-13	30700	8-May-23	38800	27-Apr-33	35800	1-May-43	29600
11-May-13	45800	10-May-23	38800	4-Jun-33	71200	29-May-43	52200
26-May-13	76600	26-May-23	49600	10-Jun-33	81400	11-Jun-43	37100
18-May-14	42200	12-Jun-23	43200	23-Dec-33	43600	19-Jun-43	43200
23-May-14	41500	4-May-24	45600	30-Mar-34	32300	22-Jun-43	40100
3-Jun-14	30700	13-May-24	58900	14-Apr-34	37800	16-May-44	34200
19-May-15	28200	17-Apr-25	41800	25-Apr-34	45900	6-May-45	44400
28-Apr-16	30000	7-May-25	44800	8-May-34	34300	31-May-45	38400
7-May-16	44400	20-May-25	59800	24-May-35	44000	20-Apr-46	33300
5-Jun-16	36600	19-Apr-26	35900	31-May-35	34400	26-Apr-46	33700
9-Jun-16	36600	1-May-26	35900	6-Jun-35	29900	6-May-46	36600
19-Jun-16	56000	21-May-26	32400	19-Apr-36	50600	19-May-46	30000
29-Jun-16	36600	28-Apr-27	46400	5-May-36	49800	28-May-46	36100
15-May-17	63600	17-May-27	64200	15-May-36	63200	4-Jun-46	28300
30-May-17	69700	8-Jun-27	68600	28-May-36	34300	15-Dec-46	33900
9-Jun-17	56800	5-Nov-27	43900	1-Jun-36	32900	8-May-47	69900
17-Jun-17	70500	26-Nov-27	29200	19-May-37	34300	27-May-47	37600
29-Dec-17	37300	9-May-28	65700	28-May-37	32200	9-Jun-47	31200
30-Dec-17	37300	26-May-28	72100	19-Apr-38	63400	18-Apr-48	29400
5-May-18	52800	24-May-29	52700	1-May-38	39400	22-Apr-48	32600
15-May-18	35200	1-Jun-29	28500	17-May-38	31500	8-May-48	33800
10-Jun-18	52800	9-Jun-29	35800	28-May-38	60800	22-May-48	86500
29-Apr-19	30700	25-Apr-30	31000	4-May-39	46400	29-May-48	99000
						22-Jun-48	29600

Tabla 1: Datos originales

Las inundaciones máximas anuales del río Clearwater en Idaho EE.UU. son seleccionados (1911-1948) N = 38 años.

- Ordenar los valores de las inundaciones máximas anuales de menor a mayor y asignar en la celda continua al valor más bajo rango de 1 y así sucesivamente hasta el valor más alto N a más bajo valor de datos y asignar la más alta categoría N. Algunos autores aplican al dato mas alto (rango = 1) y al mas bajo (rango = N).
- 2. Calcular para cada observación la probabilidad de la izquierda,

Ejercicio 3a. Analisis de frecuencia

mediante la siguiente ecuación:	
$P_L = \frac{R}{N+1}$	(Ecc. 1)
Dónde:	
PL = Probabilidad de la izquierda (Probabili valores en la serie) R = Rango	dad de tener menos
N = Número de observaciones	
 Determinar el periodo de retorno para cada ob 	servación:
$T = \frac{1}{1} = \frac{1}{1}$	
$P_R = 1 - P_L$	(Ecc. 2)
4. Determinar la posición de la variable Y, para c	ada observación:
$y = -\ln(-\ln P_L)$	(Ecc. 3)

- Se tiene en total 38 años de datos.
- Extraer el caudal máximo para cada año de los datos originales.
- En una hoja de cálculo de Excel, calcular la variable Y.
- Ver el calculo a continuación:

Año	Max. Des. anual	Orden	Rango	Probabilidad izquierda	Periodo de retorno	$y = -\ln(-\ln P_L)$
1911	39500	28200	1	0.03	1.03	-1.30
1912	61900	28900	2	0.05	1.05	-1.09
1913	76600	31000	3	0.08	1.08	-0.94
1914	42200	34200	4	0.10	1.11	-0.82
1915	28200	34300	5	0.13	1.15	-0.72
1916	56000	35900	6	0.15	1.18	-0.63
1917	70500	36600	7	0.18	1.22	-0.54
1918	52800	37100	8	0.21	1.26	-0.46
1919	52000	37100	9	0.23	1.30	-0.38
1920	43600	39500	10	0.26	1.34	-0.31
1921	69700	40800	11	0.28	1.39	-0.24
1922	62400	42200	12	0.31	1.44	-0.16
1923	49600	43600	13	0.33	1.50	-0.09
1924	58900	44000	14	0.36	1.56	-0.02
1925	59800	44400	15	0.38	1.63	0.05
1926	35900	45900	16	0.41	1.70	0.12
1927	68600	46400	17	0.44	1.77	0.19
1928	72100	49600	18	0.46	1.86	0.26
1929	52700	52000	19	0.49	1.95	0.33
1930	31000	52200	20	0.51	2.05	0.40
1931	40800	52700	21	0.54	2.17	0.48
1932	72100	52800	22	0.56	2.29	0.56
1933	81400	56000	23	0.59	2.44	0.64
1934	45900	58900	24	0.62	2.60	0.72
1935	44000	59800	25	0.64	2.79	0.81
1936	63200	61900	26	0.67	3.00	0.90
1937	34300	62400	27	0.69	3.25	1.00
1938	63400	63200	28	0.72	3.55	1.10
1939	46400	63400	29	0.74	3.90	1.22
1940	37100	68600	30	0.77	4.33	1.34
1941	28900	69700	31	0.79	4.88	1.47
1942	37100	69900	32	0.82	5.57	1.62
1943	52200	70500	33	0.85	6.50	1.79
1944	34200	72100	34	0.87	7.80	1.99

Ejercicio 3a. Analisis de frecuencia

_							
	1945	44400	72100	35	0.90	9.75	2.22
	1946	36600	76600	36	0.92	13.00	2.53
	1947	69900	81400	37	0.95	19.50	2.94
	1948	99000	99000	38	0.97	39.00	3.65

Tabla2. Valores ordenados y valores para la grafica de Gumbel

- Construya el grafico de probabilidades; donde en el eje Y, representa la probabilidades y el eje X, representa las descargas máximas anuales.
- Agregue una línea de tendencia (correlación linear).
- Vea a continuación la grafica.



Finalmente, los valores de Y, están directamente relacionados con la probabilidad o el período de retorno, los valores son intercambiables. El siguiente paso es sustituir estos valores del eje Y, por el correspondiente P y Tr.

Ŧ

P

• Calcular la probabilidad y la periodo de retorno, utilizando las siguientes ecuaciones:

$$P_L = e^{-e^{-y}}$$
 y $T = \frac{1}{P_R} = \frac{1}{1 - P_L}$

• Ver la tabla a continuación.

Plot=y	Probabilidad	Periodo de retorno
4.0	0.981851073	55.09968
3.8	0.977877598	45.20305
3.6	0.973046194	37.10051
3.4	0.967177474	30.46688
3.2	0.960057401	25.03593
3.0	0.951431993	20.58969
2.8	0.941001954	16.94971
2.6	0.928417664	13.96993
2.4	0.913275261	11.53074
2.2	0.895114927	9.53425
2.0	0.873423018	7.90033
1.8	0.847640317	6.56341
1.6	0.817179487	5.46984
1.4	0.781455585	4.57572

1.2	0.739934055	3.84517
1.0	0.692200628	3.24887
0.8	0.638056167	2.76286
0.6	0.577635844	2.36762
0.4	0.511544834	2.04727
0.2	0.440991026	1.78888
0.0	0.367879441	1.58197
-0.2	0.294816321	1.41807
-0.4	0.224961794	1.29026
-0.6	0.161682814	1.19287
-0.8	0.108008978	1.12109
-1.0	0.065988036	1.07065

Ejercicio:

La precipitación máxima diaria anual para el área de RiskCity fue seleccionada entre 1951 a 2001, cuya cantidad de registros es N = 50 años. Ver la hoja de cálculo en el subdirectorio: RiskCity_exercises/exercise03A y buscar el archivo: ExerciseFA-RiskCity

Calcular la cantidad de lluvia para los siguientes periodos de retorno:

Rain for Tr = 10 years	Tr for rain = 65 mm
Rain for Tr = 40 years	Tr for rain = 80 mm
Rain for Tr = 100 years	Tr for rain = 90 mm

- ¿Existe algún valor extremo en la serie?
- Suponiendo que no hay ningún error en la medición, ¿qué significa esta "Anomalía"?
- ¿Cómo puede se puede tratar un valor extremo?

Paso 3: Relación Intensidad – Duración - Frecuencia

Determinar la intensidad y la profundidad de lluvia, para una tormenta de 20 minutos de duración, con un periodo de retorno de 5 años. Ver el ábaco a continuación.



Figura 1: Curvas IDF, calculadas para una estación especifica y no pueden ser extrapoladas para otras áreas.

Ejercicio 3a. Analisis de frecuencia

(F

- De las curvas IDF, la intensidad para 5 años con una duración de tormenta de 20 minutos es i=3.5 plg/hr.
- La profundidad de precipitación o lamina de agua esta dada por la siguiente ecuación: P= i*Td con Td = 20 min = 0.333 h. Por lo tanto:

P = 3.50 * 1.17 = **1.17 plg**.

Ejercicio:

Los datos de RiskCity se puede encontrar en subdirectorio: RiskCity_exercises/exercise03A, buscar el archivo: ExerciseFA-RiskCity.

- 1. Determinar de intensidad de lluvia y la profundidad, para una tormenta de 80 minutos de duración para un período de retorno de 20 años para la zona RiskCity.
- 2. Determinar de intensidad de lluvia y la profundidad, para una tormenta de 10 minutos de duración para un período de retorno de 50 años para la zona RiskCity.

Terremotos

Relación de Gutenberg-Richter

Graficando en una escala logarítmica, el número de sismos mayores o iguales a una determinada magnitud, para un periodo de tiempo dado; se puede determinar el valor de "b" que es una característica básica de la tasa de sismicidad de la zona.

Beno Gutenberg y Charles Richter fueron dos de los pioneros de la sismología moderna; cada uno contribuyo en gran medida al desarrollo de la ciencia moderna cuantitativa. En la década de 1930, un instrumento de grabación de los terremotos se estaba convirtiendo en una realidad en muchas zonas del mundo, estos dos científicos describen un modelo en el que los datos sísmicos se relacionan con el número de terremotos en una zona determinada (o en todo el mundo) durante un determinado período de tiempo y una cierta magnitud. Con el uso de la escala de magnitud de Richter desarrollada recientemente y los nuevos equipos de grabación, descubrieron que el número de terremotos con una magnitud mayor a 6, se producirán en una zona determinada durante, digamos, 10 años; y será proporcional al número de terremotos de magnitud mayor a 5 en zona, que fue proporcional al número mayor de magnitud 4, y así sucesivamente.

Este ejercicio consta de dos partes, destinadas a familiarizar con la "relación de Gutenberg-Richter", modelo que llego a ser conocido, debido a que fueron los primeros sismólogos que describieron la metodología. Estos ejercicios se exponen a continuación. Cada uno tiene su propio conjunto de instrucciones y preguntas de repaso. Desarrollar cada ejercicio como se indica.

En el primer ejercicio se le dará un conjunto de datos para graficarlos, una vez que haya determinado qué tipo de gráfico se puede usar y se han ploteado los datos, será de gran utilidad para averiguar la ecuación que describe la relación de Gutenberg-Richter.

En el segundo ejercicio, que utilizará el catálogo de terremotos de USGS NEIC, para que trabajen con su propio conjunto de datos de Honduras.

Ejercicio 1:

California y El Mundo

La introducción las graficas de Gutenberg-Richter serán relativamente fáciles. Los datos serán proporcionados, sólo tendrá que determinar qué tipo de gráfico que quiere realizar y a continuación plotear el conjunto de datos predefinido.

(h

- Graficar la serie de datos desde el sur de California y el total de terremotos de todo el mundo y compararan ambos.
- Para el sur de California, los datos que figuran a continuación se elaborarán de acuerdo a las siguientes directrices:
 - Fecha de inicio: 1 de enero de 1987.
 - Fecha de finalización: 31 de diciembre de 1996.
 - El area del "sur de California" se encuentra entre 32° y 36.25 ° de latitud norte y 114.75 ° y 121 ° de longitud oeste.
- Sólo los terremotos de igual y mayor a una magnitud a 2.5, fueron utilizados; debido a que la Red Sísmica del Sud de California (SCSN), para magnitudes menores no tiene los datos completos, como se ha señalado anteriormente.
- Ver tabla a continuación.

Rango de la magnitud (M)	Frecuencia	Acumulado total, por encima de rango inferior de la Magnitud
2.5 - 2.9	9471	13590
3.0 - 3.4	2784	4119
3.5 - 3.9	912	1335
4.0 - 4.4	285	423
4.5 - 4.9	90	138
5.0 - 5.4	32	48
5.5 - 5.9	10	16
6.0 - 6.4	3	6
6.5 - 6.9	2	3
7.0 - 7.4	1	1

Tabla 3. Números terremoto en el sur de California, 1987 a 1996

Antes de que usted realice algún gráfico, tendrás que decidir qué tipo de escala grafica va utilizar.

(P

• Elija un grafico simple xy, magnitud M en el eje x y el número acumulado de terremotos con la magnitud mayor, en el eje y.

Tenga en cuenta que el eje "x", los datos de la magnitud están en escala muy lineal, con un incremento de media unidad. Sin embargo; si se observa el eje "y" del acumulado total de la magnitud, vera como sufre cambios a gran escala yendo, desde el numero 1 hasta el 13590. Si usamos una escala lineal proporcional a cada eje, puede observarse que en el eje "y" será enorme, mientras que el eje "x" sería minúsculo.

Tenga en cuenta que los números que desea trazar en el eje "y" deberán saltar con un factor de diez por cada unidad de incremento en su magnitud. Esto sugiere que se
podría utilizar un eje basado en potencias de 10 o de una escala **logarítmica**, y para el eje "x" se podría usar una escala lineal.

() I		
	•	Introducir los datos anteriores en una hoja Excel. Plotear el rango de magnitud en el eje "x" y el acumulado total en el eje "y". Recuerde que debe prestar atención a la escala para cada eje. Cuando termine de plotear los datos, responda las siguientes preguntas.
		 De una forma sencilla: ¿Indique si sus puntos siguen alguna distribución o tendencia? (de que tipo o forma) o ¿son completamente randomicos, sin ninguna tendencia?
	•	Se observa que el conjunto de puntos tiene una tendencia lineal.
	•	Agregue la línea tendencia que se ajusta al conjunto de puntos graficados. La línea, no necesariamente tiene que tocar el centro o pasar por todos los puntos.

Ahora se tiene una línea que representa el número de terremotos con respecto a la magnitud, para un periodo de 10 años para el sur de California (1987-1996). Ahora, usted está listo para describir la relación de Gutenberg-Richter al igual que hicieron los dos sismólogos, hace décadas.

La ecuación de una línea en un gráfico simple xy es: $\mathbf{y} = \mathbf{bx} + \mathbf{a}$, donde \mathbf{a} es la intersección en "y" y \mathbf{b} representa la pendiente de la línea. Pera mantener el valor de \mathbf{b} positivo, se puede utilizar la ecuación anterior como líneas de pendiente positiva (que suben de izquierda a derecha), y la ecuación estaría dada por: $\mathbf{y} = \mathbf{a} - \mathbf{bx}$ como ocurre con las líneas de pendiente negativa.

¿Es la pendiente de la línea, de tu grafico, positiva o negativa?

Ē

• El eje "y" del grafico, esta en escala logarítmica. Por lo tanto una línea de pendiente negativa va estar descrita por la siguiente ecuación:

$$og y = a - bx$$

- De hecho, en vez de llamar al eje "y", mejor pensar como una función de N de la magnitud M, la cual puede se sustituida por "X" (debido a que el eje "x" es la magnitud).
- Realice estas sustituciones en la ecuación de arriba. ¿Qué es lo que consiguió?

Se tiene una expresión matemática que representa la relación de Gutenberg-Richter; es decir, la relación entre la magnitud de los terremotos y su relativo numero. Dicha ecuación debe estar representada de la siguiente manera:

$$\log N(\mathbf{M}) = a - b\mathbf{M}$$

 $\grave{}$ Todos los conjuntos de datos para terremotos, tienen la misma tendencia linear de acuerdo a su magnitud?

 $\grave{c}Si$ todos, tienen una tendencia linear, la diferencia de la pendiente varia significativamente?

Ejercicio 3a. Analisis de frecuencia

Para responder estas preguntas, trazar otro conjunto de datos; esta vez, los valores promedios anuales de sismicidad de todo el mundo. Utilizar la misma grafica y el conjunto de datos dados en la siguiente tabla y realizar el mismo procedimiento:

Rango de la magnitud (M)	Frecuencia	Acumulado total, por encima de rango inferior de la Magnitud
3.0	100000 +	
4.0	15000	
5.0	3000	
6.0	100	
7.0	20	
8.0	2	

Tabla 4. Promedio anuales de sismicidad de todo el mundo para un año.

¿Este conjunto de datos como tiene una tendencia lineal también?¿Cómo es la pendiente de esta nueva línea (sismicidad en todo el mundo), comparando con los datos del sur de California?

Ŧ

- Mida la pendiente de las dos líneas que se graficaron. Seleccione un pedazo de cada segmento y esboce un triangulo rectángulo, cuyas bases deberán ser paralelas a los ejes y la línea de la recta, formara la hipotenusa.
- Para obtener la pendiente de la línea, mida la altura del triangulo y divida por la base. Este valor representa el valor de la constante **b**.
- Otra forma para hallar el valor del valor b es: Sabiendo que el valor de N(M) a lo largo de la línea para dos puntos continuos, tiene exactamente una separación de cierta unidad de magnitud (por ejemplo, en la dirección "x"). Divida el número mayor (el punto a la izquierda) por el número más pequeño (el punto a la derecha) y luego tomar el logaritmo de este cociente. Este valor hallado es el valor de b, para esa línea.

¿Que método prefiere?

¿Cuáles fueron los valores que obtuvo usted para b, para cada línea?

Como acotación, cuando las graficas de Gutenberg-Richter están hechas para distintos conjuntos de datos en todo el mundo, la mayoría acaban teniendo un valor de **b** valor muy cercano a 1, por lo general ligeramente inferior. Esta relación básica parece ser una propiedad universal de la sismicidad.

Ejercicio 2:

Amenaza sísmica en Honduras

En este ejercicio, se debe realizar nuevamente la grafica de Gutenberg-Richter para Honduras. Esta vez, sin embargo, no se le proporcionará un conjunto de datos ordenados y tabulados, usted debe ordenar y realizar un análisis de frecuencia. Los datos se encuentran en el subdirectorio del ejercicio y el nombre del archivo es: Honduras_EQ.xls.

Usted tendrá que utilizar la función de histograma, dicha función se encuentra "*Herramientas / análisis de los datos*". Si no esta instala, por favor, vaya a "*Herramientas / complementos /* seleccione "*Herramientas de análisis (analysis toolpack)*". Ahora se encuentra la herramienta de análisis de datos en el cuadro de herramientas.

Ē

- Cree en la hoja de Excel, una hoja separada de rangos de magnitud que usted quisiera utilizas, como ejemplo puede tomar los usados en el ejercicio 1.
- Seleccione la opción del Histograma. *Herramientas / Análisis de datos / histograma.*
- Seleccione como los datos de entrada, los datos que los datos que se desea investigar (magnitud), seleccione el rango y los valores que usted ha creado. La salida de los resultados, puede ser hecha en una hoja separada o en la misma.
- Una vez terminado este procedimiento, calcule de la misma manera la relación de Gutenberg-Richter para todo el catálogo.

Determine el valor de ${\bf b},$ para el conjunto de datos (a la décima). Comparar estos valores observados con los del sud de California y los del mundo.

Calcular ahora la relación de Gutenberg-Richter para:

- 1. período hasta 1980
- 2. período entre 1980 hasta 1990
- 3. período entre 1990 y 2000
- 4. período de 2000 hasta la actualidad

¿Se observan en general las diferencias de la actividad sísmica para distintos períodos (en términos de exhaustividad)? Ver los valores b?

Ejercicio 3C. Modelamiento de la subsidencia del suelo y elevación del nivel del mar en la ciudad de Semarang, Indonesia

Tiompo provicto	1.2.5 horas
nempo previsto	. 2.5 10185
Datos:	Subdirectorio: RiskCity_exercises/exercise03c
Objetivos:	Después de este ejercicio usted será capaz de: Analizar las zonas inundadas con una
	imagen Landsat ETM, comparar la línea de costa de 2001 con la digitalizada en 1871,
	analizar e interpolar los datos de puntos de altitud y la tasa de subsidencia y modelar
	con DEMs multi-temporales la futura elevación relativa del nivel del mar para
	diferentes escenarios.

1. Introducción

Este ejercicio utiliza SIG para el estudio del impacto de la subsidencia del suelo y la elevación del nivel del mar en la ciudad de Semarang, Java Central, Indonesia. La ciudad de Semarang, sufre dos tipos de inundaciones: Una provocada por el desbordamiento de los ríos y la otra por cause de las mareas altas. La extensión y la magnitud de las inundaciones se han incrementado seriamente en los últimos años. Esto parece estar relacionado directamente con los actuales procesos de subsidencia del suelo y aumento mundial del nivel del mar. La tasa de subsidencia en la ciudad, en algunos lugares, se encuentra hasta un máximo de 12 cm/año. El promedio de las estimaciones de elevación del nivel del mar en la región indican que el nivel del mar en Indonesia aumentará en un 9, 13, y 45 cm para los años 2010, 2019 y 2070, respectivamente. Para evaluar el efecto combinado de estos fenómenos y su distribución espacial, debe aplicarse un procedimiento que combina la geo-información a tiempo real sobre las fuentes de elevación del terreno y el uso de la tierra.

En el ejercicio, un Modelo de Elevación Digital (DEM) se genera usando un del punto mapa fotometrico, derivado de los datos. El actual uso del suelo en la zona pueden ser evaluado utilizando de imágenes alta resolución espacial de Landsat-7 ETM +. También está disponible un mapa escaneado de la topografía del lugar. En este ejercicio se como pide mapas resultado, subsidencia



del suelo y el nivel del mar. La metodología para el ejercicio se ha obtenido a partir de: - Sutanta Patrimonio (2002) "Spatial modeling of the Impact of Land Subsidence and Sea Level Rise in a Coastal Urban Setting", ITC –MSc. Study.

Ejercicio 3C. Modelamiento de la subsidencia

2. Verificación de los datos de entrada

Name	Туре	Meaning
ETM01b1,b2,b3,b4, b5,b8	Raster	Imagen del mapeo temático mejorado del 2 de Agosto de 2001, banda 1 →5 y banda 8.
		Resolución de las bandas 1 \rightarrow 5 es 30m y de la banda 8: 15 m.
Торо_1871, Торо_1908, Торо_1937, Торо_1992	Raster	Mapa topograficvo escaneado de los años 1871, 1908, 1937 y 1992 con una resolución de 5 m.
Administration	Segmento	Subdivisión administrativa de la ciudad de
	Poligono	densidad de poblacional.
	Tabla	
Benchmarks	Puntos	Mapa de puntos de referencia con de la tasa de subsidencia conocidos, en mm por año
Eleva01	Puntos	Mapa de puntos de las elevaciones en el 2001, en la parte central de Semarang, en metros
Coastlines	Segmento	Digitized Coastlines based on the topographical maps of 1871 and 1992.
Waterbodies	Segmento	Cuerpos de agua: Mar de Java, ríos y canales (Digitalizados del mapa topográfico)
	poligono	
Roads	Poligonos	Mapa de polígonos de las principales carreteras
SubsMask	Raster	Mascara del área de estudio para la subsidencia
	Poligono	
StudyArea	Segmento	Limite del área de estudio

En el catálogo de ILWIS, los datos de entrada disponibles para este estudio de caso, son:

3. La comparación de la imagen Landsat ETM del 2001, con la línea costera digitalizada en 1871

En primer lugar mostrar la imagen Landsat "*Thematic Mapper*" del año 2001, con una composición a color. En el Catálogo de la ventana principal, se observa la lista de bandas de la imagen Landsat, que se despliega con un icono raster.

Ŧ

- Doble clic con el ratón sobre la imagen **ETM01b5**. Acepte los valores por defecto de la ventana "*Display Options- Raster Map"* y presione ok.
 - Navegar a través de la imagen con el puntero del ratón y tratar de reconocer ciertas características de la superficie, por ejemplo la diferencia entre la tierra y la zona marítima, la infraestructura de Semarang, etc. Acercar en ciertas áreas.
 - Haga lo mismo para ETM01b8. Compare el resultado en las ventanas de la pantalla, poniendo una alado de la otra. Como se puede apreciar, la imagen ETM01b5 tiene una resolución espacial baja (30 m de tamaño de píxel) en relacion a la imagen pancromática ETM01b8 (15 m de tamaño de píxel).

 Crear una composición a color red, green y blue, con las bandas de "Enhanced Thematic Mapper (ETM)": 4, 5 y 3. Guarde el resultado como: ETM01b453

Para hacer esto seleccione de la barra de menu:

- Operations, Image Processing, Color-Composite...
- Seleccione en la ventana de Colour-Composite window las siguientes bandas: Red – Green – Blue: ETM01b4 – ETM01b5 – ETM01b3
- Nombre el mapa de salida como: ETM01b453
- Acepte los valores por defecto y haga clic en Show
- Analize los colores de la imagen y amplie los sitios seleccionados.

Comparación de la línea costera de 1871 con la línea costara durante la adquisición de imagen

La línea costara de Semarang y sus alrededores; como es visible en la imagen a composición a color ETM, puede compararse con la línea costera histórica, digitalizada a partir de un mapa topográfico de 1871

P

- Primero despliegue la imagen a color, Landsat ETM.
- Adicione la mapa de datos de **Coastlines** seleccionando en la ventana del mapa: *Layers / Add Layer.*
- En la ventana de adición de mapas, seleccione el mapa de segmentos: **Coastlines**, y presione *OK*. En la ventana *Display Options* acepte los valores por defecto y presione *OK*.
- Amplíe hasta la costa y compare con la línea costera histórica (1871 Color naranja) y con la línea reciente (1992 color rojo).

4. Visualización de datos puntuales de elevación y de los mapas topográficos

En primer; revisar la tabla, el mapa de los distritos y el mapa de puntos de las elevaciones; con cuyos datos se elaborará el Modelo Elevación Digital.

(F		
	•	Abra el mapa de poligonos administration . En la ventana <i>Display Options</i> , acepte todos los valores por defecto y seleccione <i>OK</i> .
	•	Haga doble clic con el raton en las unidades administrativas ("desas") de Semarang. Se desplegara la ventana de atributos, con la información de la de la densidad de la población en esa unidad. (= PopDens).
		Note, que la densidad de la población en Mar Java es, por supuesto 0; no se conocen los datos de la población de los alrededores de Kabupaten (= ?) y todos los datos poblacionales están guardados en la tabla Administration .

Para añadir otros mapas, como una imagen satelital o un mapa topográfico; solo se tienen que desplegar los bordes del mapa de los distritos.



Para desplegar el mapa el puntos que representan la altura en metros, con precisión en milímetros y el mapa de puntos de referencia de la tasa de subcidencia del suelo (cm/año), se puede hacer de la siguiente manera:

Ē

- Abrir el mapa, por ejemplo: La imagen Landsat ETM o el mapa topográfico de 1992.
- Adicione el mapa de puntos **eleva01** y/o **benchmarks.** Haga clic sobre los puntos y revise los valores.
- Para mejorar la visualización de los puntos, seleccione: *Layers / Display Options / 2pnt_eleva01*.
- En la ventana de *Display Options*, presione el boton de *Symbol* y cambie la representación. Use la función de *Help*, para mayor información de las diferentes opciones de despliegue.

5. Interpolación de los puntos de elevación y los puntos de referencia del subsidio del suelo:

Para acelerar el procedimiento de la interpolación, sólo el centro de la ciudad de Semarang se utilizará como zona de prueba. Para ello, un mapa especial **georefer_subsidence** está disponible con un tamaño de píxel de 30 m. Para realizar el DEM del 2001, se utilizara un algoritmo de interpolación simple: Media

Móvil con Distancia Inversa. Cabe resaltar que ILWIS tiene funciones de interpolación mucho mas avanzados, por ejemplo kriging, pero tomaría mucho tiempo para este ejercicio.

Ŧ	
•	En la ventana principal del ILWIS, en la barra del menu Bar seleccione: <i>Operations / Interpolation / Point Interpolation / Moving Average</i> . En la ventana <i>Moving Average</i> , seleccione o escriba:
	 Weight Function: Linear Decrease
	 Weight Exponent: default value
	 Limiting Distance: 1500 (Valores en metros)
	 Output raster Map: Eleva01 (value in meters)
	 Georeference: Georef_Subsidence (30m pixels)
	 Value Range: default values
	 Precision: 0.01 (valor en cm)
	 Type for Description: Elevación 2001 en metros
	 Seleccione: Show
	 Acepte todos los valores por defecto de la ventana de Display Options.
-	Navegue en el mana y verifique las elevaciones
•	Navegue en el mapa y vernique las elevaciones
•	Adicione algún mapa, por ejemplo roads , waterbodies y/o administration

Para obtener el mapa raster **SubsRate**, en el cual la tasa de subsidencia esta dada en cm por año, tenemos que interpolar mapa de los puntos de referencia. Para ello, siga básicamente el mismo procedimiento que para la interpolación el mapa **Eleva01** (Ver el cuadro anterior).

También se utiliza **Georef_Subsidence** (misma área que para el mapa eleva01). La única diferencia es que los datos que se van a interpolar, están almacenados en una tabla y <u>no en un mapa</u>. La segunda diferencia es la limitación de distancia, por defecto se establece en 15000 metros, para cubrir el amplio espacio entre los puntos de referencia.

(B)	
•	En la ventana principal del ILWIS, en la barra del menu Bar seleccione: <i>Operations / Interpolation / Point Interpolation / Moving Average</i> . En la ventana <i>Moving Average</i> , seleccione o escriba:
	 Point Map: benchmarks
	 Selecione: Subs-cmyr (<u>Nota</u>: haga clic para seleccionar la pequeña caja con un el símbolo de "+" que esta en frente del mapa)
	 Weight Function: Linear Decrease
	 Weight Exponent: default value
	 Limiting Distance: 15.000 (Valores en metros)
	 Output raster Map: SubsRate (valores en cm/año)
	 Georeference: Georef_Subsidence (30 m pixels)
	 Value Range: Valores por defecto
	 Precision: 0.01 (valores en cm)
	 Descripcion: Tasa de subciodencia cm/año
	 Seleccione: Show
	 Acepte todos los valores por defecto de la ventana de Display Options. Browse
•	Navegue en el mapa y verifique las elevaciones
•	Adicione algún mapa, por ejemplo roads , waterbodies y/o administration

6. Modelamiento <u>relativo</u> a futuro del aumento del nivel del mar

Para cada escenario en este ejercicio (2010, 2019 y 2070), se realizaran mapas con las estimaciones <u>relativas</u> del nivel del mar. Esto significa que el nivel del mar es relativo a las elevaciones de la tierra, teniendo en cuenta la subsidencia del suelo y el incremento de la elevación del nivel del mar.

La predicción del estudio realizado por el "Asian Development Bank" (1994), se toma

como base absoluta del nivel del mar, para modelar los diferentes escenarios en Semarang. Para el ejercicio, los valores <u>promedios</u> para los años 2010, 2019 y 2070 han sido

Escenario	2010	2019	2070
Bajo [cm]	3	6	15
Moderado [cm]	9	13	45
Alto [cm]	15	25	90

seleccionados en los cálculos de la subsidencia la futura relativa del suelo para determinar el incremento de la elevación del nivel del mar. Esto significa un aumento de 9 cm en el año 2010, de 13 cm en 2019 y de 45 cm en 2070.

El cálculo para el DTM para el año **t1** (= 2010, 2019 o 2070), comenzando en el año **t0** (= 2001) es (*Sutanta H., 2002*):

$$ELEVA_{t1} = ELEVA_{t0} - (SLR_{t1} + (SUBSRATE * t_1 - t_0))$$

Donde:

(F

- $ELEVA_{t0}$ = Elevación inicial (**Eleva01**)
- $ELEVA_{ti}$ = Estimación de la elevación para un determinado año (Eleva10, Eleva19, Eleva70)
- SLR_{t1} = Estimación del nivel del mar para un determinado año (2010, 2019 y 2070)
- SUBRATE = Mapa de la tasa de la subsidencia del suelo (SubsRate)

En ILWIS, los cálculos que se necesitan para el desarrollo de fórmula anterior, pueden realizarlos utilizando la función *Map Calculations*, o escribiendo las ecuaciones en la línea de comandos. Las ecuaciones son las siguientes:

Eleva10 = Eleva01 - (0.09 + 9xSubsRate/100)Eleva19 = Eleva01 - (0.13 + 18xSubsRate/100)Eleva70 = Eleva01 - (0.45 + 69xSubsRate/100)

Nota: Los valores SubsRate se dividen por 100, para que las unidades estén en metros en lugar de centímetros.

• Para obtener el mapa **Eleva10**, El siguiente calculo tiene que realizarse. Escriba en la línea de comando:

Eleva10 = Eleva01 -(0.09+9*SubsRate/100)

Acepte los valores por defecto y presione Show.

- Realice los cálculos para los otros dos mapas: Eleva19 y Eleva70
- Verifique los resultados y adicione los mapas, por ejemplo **Administration**.
- Como se puede observar, la interpolación de los puntos no termina en línea costera. Para lograr esto, se tiene que combinar los mapas resultantes con una máscara que no contengan los cuerpos de agua del 2001. Para esto, utilizar el mapa **SubsMask**, en el cual la línea costera es digitalizada en base a la imagen Landsat ETM del 2001.
- Despliegue el mapa: SubsMask
- Para cortar o realizar un enmascaramiento de los mapas de elevación

interpolados (2010, 2019 y 2070), en los cuales solamente se muestra el suelo, escriba en la línea de comando de la ventana principal del ILWIS:

ElevaMask10 = iff(SubsMask="Land", Eleva10,0)

<u>Significado</u>: Crear un mapa con el nombre de **ElevaMask10** sólo para las zonas que son "suelo" y de valor de 0 a todo lo demás.

- Acepte los valores por defecto.
- Cree de la misma manera, siguiendo el procedimiento de arriba, los siguientes mapas: ElevaMask19 y ElevaMask70.
- Verifique los resultados y adicione los mapas que desee.

Para tener una mejor idea, como el agua ha ido avanzando en 2010, 2019 y 2070, comparando con el 2001 o con el mapa topográfico de 1992, primero desplegar los mapas y navegar con *Pixel Info* a través de los mapas, no olvide adicionar en la ventana de *Pixel Info* los mapas de los tres próximos años.

F

- Despliegue el mapa topográfico **Topo_1993** (O la imagen satelital 2001)
- Abra *Pixel Info* de la barra de herramientas estándar
- Adicione los mapas Eleva01, ElevaMask10, ElevaMask19, ElevaMask70, SubsRate a la ventana de *Pixel Info*, seleccionando: *File / Add Map.*
- Analice los resultados

7. Desplegar los datos resultantes

El paso final, es desplegar los mapas **ElevaMask 10, ..19, ..70** por rangos, de tal manera, que la subsidencia esta representada en rangos de colores, de forma agradable y clara.

Para esto; el dominio ya fue creado, con los pasos de nivel o rangos y la tabla de representación de colores, también tiene el mismo nombre. Los mapas de salida tendrán los siguientes nombres: **Elevation 2010**, **Elevation 2019** y **Elevation 2070**.

()	
•	Seleccione la función: <i>Slicing</i> del menu de <i>Operations List</i> (Ventana izquierda de su pantalla). En la ventana de <i>Slicing</i> , adicione los siguientes parámetros:
	• Raster Map: Elevamask10
	 Output Raster Map: Elevation2010
	• Domain: Elevation
	 Description: Elevation Map 2010
	• Seleccione: Show
•	Acepte los valores por defecto. Verifique y analice el mapa resultante.
•	Haga el mismo procedimiento para los mapas Elevation2019 y Elevation2070

Ejercicio 03C4. Monitoreo de los cambios delta del rio Solo al este de Java, Indonesia

con imágenes de satélite multi-temporales y un mapa topográfico histórico

Tiempo previsto: 1.5 horas Datos: Subdirecto

Datos: Subdirectorio: RiskCity_exercises/exercise03C4 Objetivos: Desplegar multi-temporal y multi-resolución, las imágenes del medio ambiente de la costa del delta; analizar los procesos que conducen a los cambios de la superficie y cuantificar la superficie usando imágenes de satélite multi-temporales y el mapa topográfico histórico. Finalmente, se quiere tener los resultados en un grafica.

1. Introducción:

El delta del río Solo, en Indonesia es uno de los más grandes de isla de Java, situada en la parte norte de la costa. El sistema delta puede caracterizarse por estar dominado por lodos y rápidas clasificaciones. Los monzones provenientes del este, generan corrientes costeras y olas, y debido a estrecha salida, se desvía hacia el este. El delta del sistema esta constituido por un gran canal recto pronunciado con diques naturales y afluentes del río. El tamaño de la cuenca hidrográfica del río Solo cubre 16.000 km² y la longitud total del río es de 550 km.

El régimen de flujo del río es altamente influenciado por los monzones. La mayoría de las descargas se producen durante la estación de lluvias (diciembre - marzo). El promedio anual de caudal es de 1350 m³/seg (máx. 4000 m³/seg - min. 80 m³/seg). La concentración de sedimentos suspendidos pueden variar de > 5000 mg/l en periodos de lluvias, a menos de 50 mg/l en periodos secos. Casi el 95% de la materia en suspensión tiene un tamaño de grano <50 micras.



2. Verificación de los datos de entrada

En el catálogo, verifique los datos de entrada disponibles de este estudio de caso.

Nombre	Тіро	Significado
Solo_Topomap_1883	Raster	Mapa topográfico escaneado de 1883
Solo_MSS_1972	Raster	Imagen Landsat MSS. Fecha de adquisición: 27-09-1972
Solo_MSS_1982	Raster	Imagen Landsat MSS. Fecha de adquisición: 11-09-1982

Ejercicio 03C4. Monitoreo de los cambios delta

Solo_ETM_2002	Raster	Imagen Landsat ETM. Fecha de adquisición: 23-08-2002
Solo_Aster_2003	Raster	Imagen Aster VNIR. Fecha de adquisición: 22-09-2003
Polygon maps of the c	oastline:	
Solo_Coastline_1883	Polígono	Curvas de nivel costeras, digitalizadas del mapa topográfico de 1883
Solo_Coastline_1972	Polígono	Curvas de nivel costeras, digitalizadas de la imagen Landsat MSS de 1972
Solo_Coastline_1982	Polígono	Curvas de nivel costeras, digitalizadas de la imagen Landsat MSS de 1982
Solo_Coastline_2002	Polígono	Curvas de nivel costeras, digitalizadas de la imagen Landsat ETM de 2002
Solo_Coastline_2003	Polígono	Curvas de nivel costeras, digitalizadas de la imagen Aster VNIR de of 2003

3. Despliegue y analice cada imagen satelital individualmente

Despliegue las imágenes satelitales del delta del río Solo.

Desplegar las imágenes satelitales con composición de colores. Realice esto para todas las imágenes y despliéguelas una a lado de la otra.

- Analice las imágenes y trate de reconocer la línea costa, los ríos, etc. Analizar las diferencias en el respeto al suelo y características del agua, materiales suspendidos en el mar y en el agua de los ríos.
- Responder la pregunta 1

Pregunta 1.

Ŧ

¿Cuales son las cinco o seis clases de terreno que se puede reconocer? Nómbrelas:

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	

(F

- Despliegue las bandas de la imagen Landsat MSS de 1972 (o 1982) una a lado de la otra (en escala de grises)
- Explore con el ratón los valores de los pixeles de la imagen de las zonas de mar y el suelo
- Despliegue el histograma de todas las bandas
- Responda la pregunta 2a.
- Realice el mismo procedimiento para la Landsat ETM y Aster VNIR
- Responda las preguntas 2b and 2c.

Pregunta 2a.

¿Que banda de la imagen Landsat MSS discrimina mejor entre un área que es suelo y el agua de mar? ¿Y cuál es el máximo valor de la DN de agua de mar?

Banda de la imagen:máximo valor ND de agua de mar:.....

Pregunta 2b.

¿Que banda de la imagen Landsat ETM discrimina mejor entre un área que es suelo y el agua de mar? ¿Y cuál es el máximo valor de la DN de agua de mar?

Banda de la imagen:máximo valor ND de agua de mar:.....

Pregunta 2c.

¿Que banda de la imagen Aster VNIR discrimina mejor entre un área que es suelo y el agua de mar? ¿Y cuál es el máximo valor de la DN de agua de mar?

Banda de la imagen:máximo valor ND de agua de mar:....

Tarea opcional

Creación de una mascara digital del las zonas de suelo y del mar

Ŧ

- Crear las mascaras digitales de las zonas de suelo y de mar, usando las operaciones para el calcuelo de mapas de ILWIS. Use el máximo valor ND para discriminar las áreas de con agua de mar (responda la pregunta 2). De valores de 1 a las áreas de suelo y 0 para las zonas de marinas (agua)
- Empezar con la imagen Landsat ETM
- Trate de hacer dichas mascaras para las otras imágenes satelitales.

4. Análisis del cambio del delta del río Solo

Analizar el cambio del delta del río Solo, usando los datos de diferentes años.

() I		
	•	Desplegar lado a lado, la imagen satelital mas reciente con composición de colores, juntamente con el mapa topográfico de 1883.
	•	Responda la pregunta 3a.
	•	Despliegue el archivo de segmentos de 1883 de las líneas costeras, encima de la imagen satelital mas reciente.
	•	Responda la pregunta 3b.
	•	Calcule la superficie de suelo para todos los años que se tiene mapas de polígonos disponibles.
	•	Responda la pregunta 3c.

<u>Pregunta 3a</u>

¿Dónde podemos encontrar los mayores cambios del delta, respecto a su superficie, en el río, su morfología, etc.?

<u>Pregunta 3b</u>

¿Cuáles son las tendencias ve usted en el desarrollo del delta?

.....

<u>Pregunta 3c</u>

Calcule la superficie de suelo para todos los años que se cuenta con datos.

Year	Surface area (km ²)
1883	
1972	
1982	
2002	
2003	

Ejercicio 3E: Evaluación de la amenaza sísmica

Tiempo aprox.: Data:4 horas datos en la carpeta: Riskcity exercise/exercise03E/data al finalizar el ejercicio usted estará en capacidad de:Objectives:-Evaluar la información sobre localización, magnitud y profundidad de sismos disponible en un catálogo sísmico -Evaluar la completitud del catálogo sísmicoEstablecer relaciones entre profundidad y magnitud -Establecer la distancia entre epicentros y el centro de interés (ciudad bajo análisisEstimar la aceleración máxima (PGA) en roca esperada en la ciudad analizada (risk city) para varios sismos históricos (registrados en el catalogo sísmicos).Uso de varias funciones de atenuación para evaluar sus diferencias. -Seleccionar un sismo histórico (scenario sísmico) que será utilizado en el calculo de la aceleración máxima en roca (PGA) para la ciudad analizada -Utilizar el mapa de geología superficial para definir rangos para la amplificación del sueloGenerar el mapa de PGA a MMI (Intensidad modificada de Mercali) -Calcular la frecuencia atural del suelo en la ciudad bajo análisis (RiskCity)Relacionar la frecuencia del suelo con la frecuencia natural de las edificacionesPreparar un mapa de zonificación de edificaciones de acuerdo con su altitud		
	Tiempo aprox.: Data: Objectives:	 4 horas datos en la carpeta: Riskcity exercise/exercise03E/data al finalizar el ejercicio usted estará en capacidad de: Evaluar la información sobre localización, magnitud y profundidad de sismos disponible en un catálogo sísmico Evaluar la completitud del catálogo sísmico Representar sismos en un mapa de acuerdo con su magnitud y profundidad Establecer relaciones entre profundidad y magnitud Establecer la distancia entre epicentros y el centro de interés (ciudad bajo análisis Estimar la aceleración máxima (PGA) en roca esperada en la ciudad analizada (risk city) para varios sismos históricos (registrados en el catalogo sísmicos). Uso de varias funciones de atenuación para evaluar sus diferencias. Seleccionar un sismo histórico (scenario sísmico) que será utilizado en el calculo de la aceleración máxima en roca (PGA) para la ciudad analizada Utilizar el mapa de geología superficial para definir rangos para la amplificación del suelo Generar el mapa de aceleración máxima (PGA) en roca Convertir el mapa de PGA a MMI (Intensidad modificada de Mercali) Calcular la frecuencia natural del suelo en la ciudad bajo análisis (RiskCity) Relacionar la frecuencia del suelo con la frecuencia natural de las edificaciones Preparar un mapa de zonificación de edificaciones de acuerdo con su altitud

Introducción

Un método utilizado frecuentemente para evaluar y mapear la amenaza asociada con la ocurrencia de terremotos es la zonificación de amenaza sísmica. Este método consiste en la división de un territorio en áreas pequeñas expuestas al mismo nivel de amenaza. Hay dos métodos de zonificación de la amenaza sísmica: el método general de macrozonificación (mapeo de la amenaza a escalas pequeñas) y el método detallado de microzonificación (mapeo a escalas detalladas). Este último permite tener en cuenta condiciones geológicas locales y los posibles efectos de sitio. La macrozonificación se basa generalmente en los registros de recurrencia sísmica y la magnitud esperada y no considera las condiciones locales.

Este ejercicio es sobre el uso de SIG para la evaluación de amenaza sísmica a escala detallada utilizando dos métodos diferentes:

- Un primer método, siguiendo la metodología RADIUS, en la cual la aceleración máxima (PGA-**Peak Ground Acceleration)** es calculada para un escenario sísmico (terremoto esperado), y la amplificación del suelo es calculada de acuerdo con una multiplicación simple de valores. Con este método se obtiene una aproximación muy general a la amenaza
- A segundo método, en el cual se analiza con detalle el registro sísmico (earthquake spectra) y se calcula la frecuencia natural del suelo. Esta última es utilizada para delimitar áreas de acuerdo con la amplificación de la vibración del suelo que experimentaran a determinadas frecuencias. Información que luego es contrastada con la frecuencia natural de las edificaciones de interés.

En un proyecto real de microzonificación real, el Segundo método debe ser complementado con el cálculo del espectro de respuesta para diferentes perfiles de suelo., utilizando registros de sismos fuertes y descripciones detalladas de perfiles de suelo y sus propiedades. Este proceso requeriría una considerable cantidad de información y tiempo para su procesamiento, situación que esta por fuera del alcance de este estudio de caso. En este ejercicio no se considerará en detalle las condiciones geológicas del área de estudio (RiskCity). Para este ejercicio es importante saber que el suelo del centro de la ciudad bajo estudio (RiskCity) esta conformado por un relleno de depósitos lacustres, terrazas aluviales y coluviones (depósitos de ladera). El valle esta rodeado de montañas con vertientes muy empinadas.

Explorando los datos

En el catálogo de datos se presentan los iconos que indican los datos disponibles para ser utilizados en este ejercicio. En la siguiente lista se presenta un resumen general de la información temática y la forma como se genera.

Name	Туре	Meaning				
Image data – imagenes						
Country_Anglyph	Raster image	Imagen anaglifo de la región (país) en donde se localiza la ciudad bajo estudio (RiskCity), que ha sido derivada de un modelo de elevación digital (DRTM).				
Geological data – d	latos sobre g	eología				
Geology_country	Polygon map	Un mapa geológico de la región en la cual se localiza RiskCity. El mapa tiene una tabla de atributos con información geológica sobre las diferentes unidades				
Faults_country	Segment map un mapa con las principales zonas de falla del área estudiada					
Seismic_zones	Polygon map	Zonas sismo-tectónicas, regiones en las cuales pueden ocurrir sismos con características similares; estas zonas se consideran como las fuentes sismogénicas. Cada una de estas zonas esta caracterizada por su correspondiente relación de magnitud-frecuencia.				
Earthquakes - sismos						
Earthquakes_countrty	Point map	Un mapa de puntos vinculada a una tabla de atributos con información sobre la localización, profundidad, magnitud y tiempo de ocurrencia para los sismos ocurridos en Honduras en el periodo 1973- 2008				
Local data for Risk	City – datos d	detallados para "Risk city"				
City_Centre	Point map	Localización del centro geográfico de la ciudad RiskCity				
Soildepth	Raster map	Mapa de suelos de la ciudad				
Lithology	Polygon map	Mapa geológico de RickCity				
Altitude_dif	Raster map	Altura de las edificaciones				

El ejercicio se compone de las siguientes secciones:

- Parte 1: Evaluación del catálogo sísmico & calculo de la relación magnitudfrecuencia.
- Parte 2: Estimación de PGA en roca en RiskCity para los diferentes sismos en el catálogo.
- Parte 3: Generación de los mapas de PGA para la ciudad RiskCity
- Ejercicio opcional: microzonificación sísmica utilizando espesor de las formaciones superficiales.

Parte 1: Evaluación del catálogo sísmico & calculo de la relación magnitud-frecuencia.

Tiempo estimado: 2 horas

Objetivos:

- Evaluar el catálogo sismico analizando la información sobre localización, magnitude y profundidad de los sismos
- Desplegar los sismos de acuerdo con la magnitude y profundidad
- Establecer la relación entre profundidad y magnitud
- Definir la distancia de los epicentros con respecto al centro de la ciudad RiskCity
- Evaluar la completitud del catálogo sismico.
- Estimar PGA en roca en RiskCity para los sismos en el catalogo.

Una mirada al contexto geológico

Iniciaremos hacienda un reconocimiento general de las características de la región donde se localiza el área de estudio. Se dispone de un anaglyfo complete del país (obtenido de SERVIR en:

http://www.servir.net/index.php?option=com_content&task=view&id=46). También se dispone de un mapa geológico obtenido del sitio Web del USGS, además se dispone del mapa con los principales sistemas de fallas en la región. Este último fue obtenido de la siguiente publicación, la cual es recomendada como lectura complementaria para realizar este ejercicio:

Cáceres, D. and Kulhánek, O. (2000) Seismic Hazard of Honduras. Natural Hazards 22: 49–69, 2000.

(F	
•	Despliegue la imagen Country_Anaglyp
•	Agregue la capa Geology_country . Utilice la opción "Display boundaries only", utilice el color blanco y un grosor de línea de 1.
•	Agregue también el mapa de puntos City_centre
•	Abra la ventana "Pixel Information" y agregue la capa Geology_country.
•	Use los lentes para visualizar el anaglifo del modelo de elevación y explore el mapa geológico mientras se mueve con el cursor sobre el mapa.
•	Agregue el mapa de fallas Faults_country. Observe la relación entre

Ejercicio 3E: Evaluación de la amenaza sísmica

la topografía y las fallas. Algunas de ellas tienen rasgos topográficos muy bien definidos.

Despliegue los sismos de acuerdo con su magnitud

(F

Ē

æ

- Agregue (opción "overlay") el mapa de puntos Earthquakes_country.
 - En la ventana de dialogo seleccione OK.

Como puede apreciarlo, todos los sismos son representados utilizando un símbolo del mismo tamaño.

- Haga doble clic sobre un punto en el mapa. La información (atributos) sobre el sismo señalado se desplegara en una ventana emergente denominada "Attributes".
- Amplíe el tamaño de la ventana de tal manera que sea posible leer toda la información. Repita esta operación para otros sismos.
- Que significan los diferentes atributos?

El catalogo sísmico también se puede desplegar utilizando los valores de la columna "Magnitude".

Clic derecho sobre el nombre del mapa (Earthquakes_country) en el panel "Layer Management" (a la izquierda del mapa) o sobre el mapa mismo, seleccione "Display options". La ventana "display options" se despliega.
Seleccione "Attribute", y seleccione el atributo Magnitude.
Haga clic sobre la opción Symbol. La ventana de dialogo "Symbol" se abre.
Cambie el color de la línea a rojo (red)
Seleccione la opción "stretch". Escriba los valores para la opción "stretch" entre 4 y 8.0. En la opción "Size (pt)" escriba entre 1 y 20. Haga clic en OK dos veces

Ahora puede apreciar que los sismos son desplegados con tamaños diferentes de acuerdo con su magnitud.

- Experimente con otras opciones, e.g. despliegue los sismos de acuerdo con su:
 - Magnitud: muestre solamente aquellos cuya magnitude es mayor a 5 (Tip: puede utilizar las opciones "Symbols" y "stretch" usando los

valores entre 5 y 8, o también puede crear una nueva columna en la tabla, que solamente muestre los sismos mayores a 5).

- Year (año): muestre los que ocurren después de 1990.
- Despliegue los sismos de acuerdo con su profundidad
- Cierre el mapa de puntos **Earthquakes_country**.

Algunas veces es mucho más conveniente evaluar la información en una tabla que sobre el mapa.

Ŧ

- Abra la tabla Earthquakes_country.
- Haga clic sobre el icono de gráficos (graph icon". Seleccione la columna Year para el eje X- y Magnitude para el eje Y
- Porque es 1988 tan diferente de los demás?
- Despliegue también la profundidad en relación a la magnitud.
- Experimente creando otros gráficos.
- Cierre la ventana de gráficos (graph windows).

Calculo de la distancia de los epicentros a RiskCity

Uno de los factores que se requiere conocer para el cálculo de la aceleración máxima del suelo esperada (PGA) de los sismos, es la distancia entre Risk City y los epicentros de los sismos históricos. Para calcular este valor, generaremos un mapa de distancia a partir del centro de la ciudad RiskCity; utilizando este mapa se calculara la distancia al centro de RiskCity para cada uno de los sismos en el catálogo sísmico.

Ŧ

- Rasterize el mapa de puntos City_center. Use la georeferencia (georeference): Country y use el valor 20 para la opción "pointsize".
- El mapa que se genera tendrá 20x20 pixeles con el valor "city center" y el resto de pixeles tendrán el valor "undefined".
- Genere el mapa de distancia utilizando la rutina (programa) "distance" con el mapa raster City center. Asigne el nombre Distance al mapa a generar. Use una precisión de 1.
- Despliegue el catálogo sísmico sobre el mapa de distancia. Ahora es posible obtener para cada sismo, la distancia a RiskCity.
- Cierre el mapa.

El próximo paso es calcular la distancia al centro de RiskCity para cada uno de los sismos en el catálogo sísmico. Para esta operación usamos una función especial de ILWIS.

Abrir un mapa de puntos como una tabla: es posible abrir un mapa de puntos como una tabla, puesto que este es básicamente una lista de coordenadas У su correspondiente identificador. Lo anterior permite hacer operaciones especiales. En este caso, calculamos la distancia desde cada punto hasta el centro de RiskCity, utilizando los valores estimados para el mapa "distance". La operación se realiza utilizando el comando: Mapvalue. El cual lee a para cada punto la distancia, a partir del mapa "distance", usando información de la coordenadas de los puntos. El resultado es dividido por 1000 para convertir de metros a kilometros.

- Clic derecho sobre el mapa Earthquakes_country, seleccione Open as table. Asegúrese de marcar la opción "command line" en el menú view
- En la línea de comando, escriba:

Distance=(mapvalue(distance,coordinate))/1000

- Asegúrese de utilizar una precisión de 1 (queremos conocer el valor de distancia únicamente con una exactitud de 1 km). Como puede observar, un gran número de sismos del catálogo están localizados muchos por fuera del país y no se ha calculado un valor de distancia para estos sismos.
- Cierre la tabla generada a partir del mapa puntos y abra la tabla
 Earthquakes_country. Utilizando la funcionalidad "Join", integre en la tabla Earthquakes_country la columna "distance" del mapa de puntos (Earthquakes_country)
- Dibuje en un gráfico la relación **Distance** Vs **Magnitude**. Que puede concluir?

Calculo de la relación Log N (M) = a- b M

æ

En este ejercicio se utilizará el catalogo sísmico para estimar la relación Log N (M) = a - b M. N(M) es el numero de sismos de magnitud M mayor o igual que M, que ocurren en una región en un periodo de tiempo determinado (M). a y b son constantes que tienen que ser calculadas.

Abra la tabla Earthquakes_country. Ordene los valores de la columna Magnitude en orden ascendente (seleccione las opciones "Columns", y luego "Sort" del menu). Podrá apreciar que hay un gran número de registros que no tienen un valor de magnitud asociada. Estos registros no pueden utilizarse en el análisis.

Procederemos a clasificar las magnitudes en clases. Dado que la columna "Magnitude" tiene un dominio "value" y se quiere clasificarla en un dominio "class", se utilizará un dominio "class/group" para ello. El dominio "domain/group" se llama **Magnitude_class**.

P

(F

- Abra el dominio **Magnitude_class** y revise el método de clasificación utilizado.
- Clasifique los valores de magnitude utilizando el dominio de grupo **Magnitude_class**. Para ello utilice la formula:

```
Magn_class = CLFY(magnitude, Magnitude_class)
```

• Ahora contaremos cuantos sismos hay en cada una de las clases. Utilice la función "Column", opcion "Aggregate". Seleccione la columna **Magn_class**, seleccione la function de agregación **Count**, seleccione "group by" **Magn_class**. Seleccione la opcion "output table" y asigne el nombre **Magnitude_class** a la nueva tabla, y nombre la columna: **number**.

• Cierre la tabla Earthquakes_country, y abra la tabla que acaba de crear Magnitude_class.

Cuanto registros no tienen un valor de magnitud asignado? Cual es el número total de registros en la tabla? Para las siguientes operaciones, trabajaremos solo con los registros que cuentan con un valor de magnitud.

Ŧ

- Abra la tabla Magnitude_Class. De manera manual cambie el valor en los registros que no tienen valor de magnitud asignado (No_data) a 0 (cero). Asegúrese de romper la dependencia de la columna antes de realizar la operación (break the dependency of the columna).
- Agregue una columna "Magnitude" (dominio "value", con 1 decimal) and give for each class the maximum Magnitude.
- Dado que se quiere calcular el valor acumulado desde el máximo al mínimo y no de la manera inversa, se requiere crear una columna que llamaremos Order, que será utilizada posteriormente para ordenar la tabla. Para calcular los valores de la nueva columna utilice la formula Order:=9.0-Magnitude
- Ordene la tabla (Función "Column", opcion "Sort") utilizando la columna "Order", de tal forma que los valores son ordenados de mayor a menor magnitud.
- Ahora calcule el número acumulado de sismos que tienen un valor mayor o igual que cierta magnitud. Use "Column", "Cumulative", seleccione la columna Number, y ordene utilizando la columna: Order. Asigne el nombre N a la nueva columna.
- El resultado es el número de sismos que tienen una magnitud mayor o igual que un cierto valor. Calcule log N:

LogN = log(N)

- Despliegue en un gráfico los valores de la columna Magnitude en el eje X y los valores de la columna LogN en el eje Y. Calcule la función "Least square fit" utilizando una función polinomio con dos términos.
- Que puede concluir acerca de los valores "a" y "b" ? Y que puede concluir con respecto al ajuste de la curva?
- Puede mejorarla creando una nueva columna que solamente contenga los valores LogN para magnitudes > 4.5, grafique el resultado y obtenga el "least square fit".
- Cual es la relación entre LogN Magnitude?
- Cierre el mapa y las tablas.

NOTA: se puede mejorar el gráfico si se omiten los valores de magnitud bajos. También es posible realizar el análisis de frecuencia para los valores de magnitude utilizando directamente una hoja de calculo, tal como se explico en el ejercicio presentado en el Guide book.

	number	Magnitude	order *>	N	logN
7.5_to_8.0	5	8.0	1.0	5	0.6990
7.0_to_7.5	3	7.5	1.5	8	0.9031
6.5_to_7.0	16	7.0	2.0	24	1.3802
6.0_to_6.5	25	6.5	2.5	49	1.6902
5.5_to_6.0	69	6.0	3.0	118	2.0719
5.0_to_5.5	183	5.5	3.5	301	2.4786
4.5_to_5.0	768	5.0	4.0	1069	3.0290
4.0_to_4.5	1118	4.5	4.5	2187	3.3398
3.5_to_4.0	3 6 3	4.0	5.0	2550	3.4065
3.0_to_3.5	67	3.5	5.5	2617	3.4178
2.5_to_3.0	36	3.0	6.0	2653	3.4237
2.0_to_2.5	10	2.5	6.5	2663	3.4254
< 2.0	2	2.0	7.0	2665	3.4257
NO_data	0	2	?	0	?
Min	0	2.0	1.0	0	0.6990
Max	1118	8.0	7.0	2665	3.4257
Avg	190	5.0	4.0	1208	2.5147
StD	341	1.9	1.9	1246	1.0448
Sum	2665	65.0	52.0	16909	32.6909

Figure: resulting table of Magnitude-frequency calculation.

Para usuarios avanzados de ILWIS

El análisis de frecuencia-magnitud que se ha presentado utiliza todo el catalogo sísmico del país. En un estudio real de amenaza sísmica, se requiere subdividir las áreas donde se generan los sismos en zonas sismo tectónicas, y calcular la relación Magnitud-frecuencia para cada una de estas zonas. Las zonas sismo tectónicas son descritas en el articulo mencionado previamente,

y también están disponibles en el mapa de polígonos **Seismic_zones**.

P

- Seleccione para cada una de las zona sismo tectónicas los sismos del catalogo Earthquakes_country que están localizados al interior de cada zona. Cree un archivo independiente para cada uno de ellos.
- Use el método descrito en el ejercicio anterior para generar la relación Magnitud-Frecuencia para cada una de las zonas sismo tectónicas.

Una vez culminado este ejercicio, tendremos la relación magnitude-frecuencia para cada una de las zonas sismo tectónicas. El próximo paso es calcular PGA utilizando curvas de atenuación.

Part2 2: Calculo de PGA en roca en RiskCity para los sismos del catalogo sísmico.

Tiempo estimado: 2 horas Objetivos:

- Calculo de PGA en roca en RiskCity para los sismos del catalogo sismico.
- Uso de varias funciones de atenuación y evaluación de las diferencias en los resultados obtenidos.

Dado que ahora conocemos, para los sismos registrados en el catalogo sísmico, la distancia con respecto a RiskCity, así como también la magnitud y la profundidad (solo para aquellos sismos para los cuales hay información disponible), es posible hacer el cálculo de la aceleración máxima en roca PGA esperada en RiskCity como resultado de estos eventos. Los datos de entrada para el cálculo de un escenario sísmico son localización, profundidad, magnitud y tiempo de ocurrencia del evento (hora durante el día o la noche en que sucede el evento) (ver figura en la parte inferior)



La relación entre PGA, distancia epicentral o hipocentral y Magnitud, puede ser estimada utilizando una función de atenuación. Una función de atenuación establece las relaciones entre Aceleración Máxima del suelo (PGA), y un conjunto de factores relacionados con la distancia al epicentro, la profundidad del sismo y, en algunas casos, la presencia de roca o suelo. Las funciones de atenuación se derivan a través de análisis estadísticos de un gran numero de registros de movimientos fuertes (Strong motion records) para el mismo sismo, provenientes de diferentes estaciones localizadas a distintas distancias del evento. El tipo de sismo es muy importante (ej. Sismos profundos o superficiales), así como el contexto estructural (funciones distintas para sismos originados en zonas de subducción, fallas laterales y sismos superficiales)

En el método RADIUS, el valor de PGA puede ser calculado utilizando una de las tres formulas de atenuación presentadas a continuación: Joyner & Boore (1981), Campbell (1981) or Fukushima & Tanaka (1990). Ver tabla siguiente para la descripción de las funciones.

Table 3 Attenuation Equations							
AttnID	Source			Attenuation Equation			
1	Joyner & Boore - 1981		PGA=10^(PGA=10^(0.249*M-Log(D)-0.00255*D-1.02, D=(E^2+7.3^2)^0.5			
2	2 Campbell - 1981		PGA=0.01	85*EXP(1.28*M)*D^(-1.75), D=E+0.	147*EXP(0.	.732*M)	
3	Fukushima & Tanaka - 1990 PGA=(10			(0.41*M - LOG10 (R + 0.032 * 10^(0	.41*M)) - O.	.0034*R +	1.30))/980
		Note:	EEpice	entral distance	RHypoc	central dista	ance
				-			
The MMI will be	calculated by the fo	ormula:					
	log(PGA*980)=0.30*MMI+0.014						
or MMI=1/0.3*(log10(PGA*980)-0.014)			-				
by Trifunac & Br	ady (1975). PGA ur	nit is G.					

Para el área de estudio hay otras curvas de atenuación propuestas por Cáceres, D. y Kulhánek (2000). La primera funcion de atenuación fue derivada por Climent et. al. (1994) a partir de registros de movimientos fuertes en El Salvador, Nicaragua y Costa Rica, con registros adicionales de Guerrero, México:

^D In PGA = −1.687 + 0.553**M* − 0.537* In *R* − 0.00302**R* + 0.327**S*

nde **M** es la magnitud momento, **R** es la distancia hypocentral en kilómetros (km) y **S** es un factor de sitio (cero para sitios en roca y 1 para sitios en suelo). El error presenta una distribución normal, con una media de cero y una desviación estándar de 0.6.

Una segunda relación de atenuación es propuesta por McGuire (1976) para a costa oeste de Estados Unidos:

PGA = 472 x $10^{0.28M}(R + 25)^{-1.31}$; $\sigma_{(logPGA)} = 0.222$

error presenta una distribución normal y σ es la desviación estándar de la regresión con una media igual a cero.

La tercera relación de atenuación fue preparada por Schnabel y Seed (1973) para el noroccidente de los Estados Unidos (Tabla I). Finalmente, la cuarta relación de atenuación fue calculada por Boore et al. (1997), para sismos superficiales en el occidente de America del Norte:

```
 = -1.08 + 1.036(M - 6) - 0.032(M - 6)^2 - 0.798 \ln \sqrt{(R^2 + 8.41)^2} + 0.429 \sigma; \ln(PGA) = 0.06
```

este ejercicio utilizaremos la función de atenuación de Joyner & Boore – 1981, cuya formula es:

```
PGA=10^(0.249*M-Log(D)-0.00255*D-1.02)
D=(E^2+7.3^2)^0.5
```

distance epicentral, M = Earthquake Magnitude La distancia fue calculada en el ejercicio previo.

С	2	ŝ	7	
1	•	7		

- Abra la tabla Earthquakes_country. Una utilizando la función "Join" el mapa de puntos Earthquakes_country, y revise los valores en la columna Distance.
- Calcule una nueva columna "D" utilizando la siguiente formula en la línea de comando

```
D=(distance^2+7.3^2)^0.5
```

- (Use una precisión de 0.001 y 3 decimales. Ajuste estos valores en la ventana de calculo antes de aceptar el resultado)
- Luego calcule PGA usando la formula:
 - PGA=10^(0.249*Magnitude-Log(D)-0.00255*D-1.02)
- (Use una precisión de 0.001 y 3 decimales. Ajuste estos valores en la ventana de calculo antes de aceptar el resultado)
- Despliegue en un gráfico los valores de distancia contra los valores de PGA.
- Despliegue los valores de the PGA para los diferentes sismos en el mapa, y agregue el mapa de distancia.

Preguntas:

- Que puede usted concluir con respecto a los valores de PGA que pueden esperarse de acuerdo con los cálculos realizados teniendo como base el catalogo sísmico?
 - Son realistas estos valores?
 - Que puede concluirse sobre la completitud del catalogo?

NTambien se tratara de calcular las curvas de atenuación utilizando la función establecida por Climent (ver arriba)

۲. ۲		
	•	Calcule la distancia hypocentral usando la formula:
		R:=SQRT((Depth^2)+(Distance^2))
	•	(Use una precisión de 0.001 y 3 decimales. Ajuste estos valores en la ventana de calculo antes de aceptar el resultado)
	•	Calcule la function de atenuación de Climent:
		LNPGA:= -1.687 + (0.553*Magnitude) - (0.537* ln(R)) - (0.00302*R) + (0.327*0)
	•	(Use una precisión de 0.001 y 3 decimales. Ajuste estos valores en la ventana de calculo antes de aceptar el resultado)
	•	Luego calcule PGA usando la formula:

PGA_Climent:=EXP(LNPGA)

- (Use una precisión de 0.001 y decimales. Ajuste estos valores en la ventana de calculo antes de aceptar el resultado)
- Haga un gráfico para desplegar la distancia contra los valores de PGA. Compare estos valores con los obtenidos utilizando la función de atenuación de Joyner y Boore. Que puede concluir?

Ejercicio avanzado. Para usuarios con conocimiento avanzado de ILWIS:

- Calcule la distancia hypocentral basado en la distancia epicentral y la profundidad. Asigne el nombre R
- Trate de implementar las otras funciones de atenuación mencionadas
- Compare las diferencias.

Parte 3: Generación de los mapas de aceleración máxima para (PGA) para RiskCity

Tiempo estimado: 2 horas Objetivos:

- Seleccione un escenario sísmico (un sismo) para el cual se calculará los valores de PGA en roca
- Use la información sobre formaciones superficiales para determinar los rangos de amplificación asociados al tipo de suelo
- Genere el mapa de aceleración (PGA) para la ciudad
- Convierta el mapa de Aceleración máxima en uno de intensidad (MMI)

Además del catalogo sísmico (el cual es incompleto), podemos utilizar otras fuentes de información, específicamente resultados del Programa de Evaluación Global de la Amenaza Sísmica (Global Seismic Hazard Assessment Program, GSHAP). El Programa de Evaluación Global de la Amenaza Sísmica fue lanzado en 1992 por el Programa Internacional para La Litosfera (International Lithosphere Program, ILP) con el apoyo del International Council of Scientific Unions (ICSU), y presentado como un programa piloto en el marco del Decenio Internacional Para la Reducción de Desastres Naturales auspiciado por la Naciones Unidas (International Decade for Natural Disaster Reduction, UN/IDNDR). Con el propósito de mitigar el riesgo asociado con la recurrencia de terremotos, el GSHAP promueve un enfoque homogéneo, coordinado regionalmente para la evaluación de la amenaza sísmica. Los beneficios del programa se traducirían en una evaluación más confiable de la amenaza sísmica nacional y regional, la cual seria utilizada por los encargados de la toma de decisiones e ingenieros en la formulación de los planes de uso del suelo y en diseño y construcción de edificaciones más seguras. En la página Web del GSHAP http://seismo.ethz.ch/GSHAP/ se encuentran disponibles reportes regionales, reportes anuales del GSHAP, compendios y mapas de sismicidad, zonas fuentes y amenaza sísmica. También se puede utilizar la información suministrada por el siguiente estudio:

Cáceres, D. and Kulhánek, O. (2000) Seismic Hazard of Honduras. Natural Hazards 22: 49–69, 2000.

Teniendo como referencia este documento, en el ejercicio se utilizaran los siguientes valores de PGA para la ciudad RiskCity:

Periodo de retorno	PGA g)
100 years	0.2 g
475 years	0.4 g

En este ejercicio, el escenario sísmico se calcula utilizando un sismo con una magnitude de 7.7 ocurriendo a una distancia de 80 km de la ciudad y a una profundidad de 30 km.

(P

Calcule el valor de PGA correspondiente a este escenario utilizando la

Ejercicio 3E: Evaluación de la amenaza sísmica

siguiente formula:

D=(distance^2+7.3^2)^0.5

PGA=10^(0.249*M-Log(D)-0.00255*D-1.02)

Amplificación del suelo

La amplificación relacionada con condiciones locales del suelo es calculada utilizando los resultados obtenidos en los pasos anteriores, combinados con un mapa simple de tipos de suelos. Para cada tipo de suelo se utilizará un valor general de amplificación obtenido de la tabla presentada mas abajo (los valores corresponden al método RADIUS). Usted podría decidir adaptar estos valores, basado en conocimientos específicos del grupo de trabajo

Table Soil Type							
Code	Description	Amplification Factor					
0	Unknown	1.00					
1	Hard Rock	0.55					
2	Soft Rock	0.70					
3	Medium Soil	1.00					
4	Soft Soil	1.30					

Información sobre los tipos de suelo puede ser obtenida del mapa geológico (llamado Geological units).

P

- Rasterice el mapa Lithology. Use la georeferencia Somewhere.
- Cree una tabla de atributos para el mapa, y agregue una columna para almacenar los valores de amplificación del suelo.
- En la tabla presentada en la parte superior, determine para cada unidad litológica los valores de amplificación que le corresponden
- Reclasifique el mapa de unidades geológicas utilizando la columna con los valores de amplificación, nombre el nuevo mapa: Amplification_factor
- Multiplique el mapa de amplificación (Amplification_factor) con el mapa de valores PGA calculado en el paso previo. Nombre el mapa: PGA

Nota:

Debe señalarse que este método es una simplificación y que presenta importantes limitaciones:

• La aceleración sísmica no debe ser presentada como un único valor de PGA, porque la frecuencia natural para las edificaciones con distinto numero de pisos, debe ser relacionada con aceleraciones en dichas frecuencias especificas, como condición para causar resonancia de la edificación. Como regla general, la frecuencia para la resonancia de la

edificación puede ser calculada con la formula: f = 10/N (donde N = número de pisos). En consecuencia espectros de respuesta deben ser utilizados en lugar de un simple valor de PGA.

• Los factores de amplificación presentados en la tabla son solo una aproximación general. Además del tipo de material, la profundidad del suelo juega un papel muy importante en la amplificación.

Convertir PGA a MMI

Para convertir los valores de aceleración máxima del suelo (PGA) a valores en la escala Modificada de Mercali (Modified Mercalli Intensity, MMI), se utiliza la función general de Trifunac & Brady (1975).:



MMI=1/0.3*(log10(PGA*980)-0.014)

Ŧ

- Cree una formula, utilizando la function Mapcalc (utilice la línea de comando), para la conversión de PGA en MMI. Aplique esta formula al mapa PGA calculado previamente. Nombre el mapa: MMI
- Clasifique el mapa de **MMI** en clases de 1 unidad (e.g. de 0.5 1.5 será la clase 1, etc).

Ejercicio opcional: microzonificación sismica utilizando espesor de la formación superficial

Tiempo estimado: 2 horas Objetivos:

- Calcular la frecuencia natural del suelo en Riskcity
- Relacionar dicha frecuencia con la frecuencia natural de las edificaciones
- Preparar una zonificación de las edificaciones de acuerdo con su altura

Un factor muy importante en la respuesta del subsuelo ante un evento sísmico es el espesor de la cobertura de suelo (blando). Coberturas de suelo (sedimentos) blando presentan una frecuencia natural especifica que depende principalmente de sus propiedades internas (rigidez and strength) y de su espesor. Fuertes movimiento del suelo en la superficie, son a menudo observados como resultado de que el suelo empieza resonar con su frecuencia natural bajo el efecto de un sismo.

Este ejercicio demuestra como el espesor del suelo o de la formación superficial puede ser utilizado para la delimitación de áreas que experimentaran fuertes amplificaciones (de la vibración sísmica) en frecuencias especificas, las cuales pueden corresponder con las frecuencias naturales de cierto tipo de edificaciones. De esta forma se puede obtener un mapa de micro zonificación sísmica para diferentes tipos de edificaciones, principalmente basado en el mapa de espesores de las formaciones superficiales.

Calculo de la respuesta en superficie y la amenaza sísmica

Calculo del periodo caracteristico local para las formaciones superficiales.

En esta parte se evaluara el periodo característico local basado en la utilización del mapa de espesor del suelo (formaciones superficiales) y asumiendo algunas de las propiedades de los materiales (suelo, sedimentos).

- Lea los conceptos teóricos presentados mas abajo
- Calcule, utilizando la function MapCalc el periodo caracteristico del sitio (local) para el espesor de la cobertura superficial (Soildepth). Considere dos condiciones diferentes del suelo de acuerdo con la ecuación 3:

$$f_0 = \frac{V_s}{4H}$$

• Calcule el mapa raster "T250" con el periodo característico local para una velocidad promedio de la onda de corte de (Vs) of 250 m/s

(suelo blando).

- Calcule el mapa raster "T500" con el periodo característico local para una velocidad promedio de la onda de corte de (V3) 500 m/s (suelo rígido).
- Analice cual es la diferencia de estos dos mapas de periodo local en términos de la amenaza para los diferentes tipos de edificaciones, i.e. edificios altos vs. Edificios bajos?

Teoría

Efectos en suelos no consolidados ("blando")

En su trayecto desde el hipocentro (fuente sísmica) hacia la superficie, en la primer parte de este recorrido las ondas sísmicas viajan a través de rocas. La parte final, generalmente no mayor de varias decenas de metros, se realiza a través de los suelos (sedimentos) que cubren el basamento rocoso. Fue reconocido en la antigüedad por el científico Griego Aristotle (350 BC), que el suelo blando (depósitos no consolidados) vibra de manera mas intensa que la roca dura.

Los incrementos de intensidad causados por este efecto pueden representar algunas veces hasta 2 a 3 grados en la Escala Modificada de Mercali, MMI (Bard, 1994). Debido a que gran parte de las áreas urbanizadas están a menudo localizadas a lo largo o cerca de suelos fértiles, generalmente de origen aluvial o volcánico, este tipo de efectos locales es de gran importancia en la evaluación de la amenaza sísmica a nivel mundial.

Amplificacion en suelos no consolidados (blandos)

El principal fenómeno responsable por la amplificación del movimiento en sedimentos blandos es el confinamiento (entrapment) de las ondas sísmicas "body waves" en los materiales suaves. Esto es causado por el contraste de impedancia que existe entre los sedimentos suaves y el basamento rocoso. La impedancia de un material es definida como:

 $I = V_s \cdot \gamma$

[1]

Donde:

I = Impedancia, en kgm-2s-1

Vs = Velocidad onda cortante, en m/s

 γ = Densidad de masa, en kg/m3

La Velocidad de onda cortante es un parámetro del suelo muy importante en ingeniería sísmica. Intuitivamente, uno puede entender que un suelo muy duro o rígido (o un suelo con una velocidad de onda cortante alta) se comporta de manera diferente bajo la vibración causada por un terremoto. La velocidad de onda es dependiente del modulo de esfuerzo cortante máximo. El modulo cortante puede ser determinado en condiciones de laboratorio. Varias relaciones teóricas y empíricas existen para relacionar velocidad de onda de corte con el modulo cortante

 $G_{\max} = \gamma \cdot V_s^2$ Donde:

 γ = Densidad de masa (kg/m3) V_s = Velocidad onda cortante (m/s) [2]

El contraste en impedancia determina la cantidad de energía de la onda que es reflejada cuando la onda sísmica pasa una frontera entre dos capas que tienen propiedades diferentes. Esto es expresado por la ecuación de Zoeppritz' (Drijkoningen, 2000):



Figura. Energía reflejada y transmitida (Adaptada de Drijkoningen, 2000)

Usando algunos valores estándar para roca((γ =2700 kgm⁻³, V_s =1000 ms⁻¹) y suelo(γ =1750 kgm⁻³, V_s = 1000 ms⁻¹), se puede concluir que cuando una onda pasa del basamento rocoso a los sedimentos blandos, aproximadamente el 50% de la energía de la onda es reflejada. En la superficie, toda la energía es reflejada porque en el aire la velocidad de onda cortante Vs es cero. Además del confinamiento (entrapment), también se presentara interferencia de las ondas. Independiente de la onda inicial, la ondas reflejadas también se convierten en fuentes de movimiento. Si consideramos una estructura de capas horizontales, el problema se simplifica a una sola dimensión, incorporando únicamente las ondas de cuerpo atrapadas (the trapping waves) que viajan hacia arriba y hacia abajo en las capas blandas superficiales. Cuando se presentan discontinuidades laterales en la estructura, las ondas superficiales son también influenciadas, creando situaciones muy complejas.

Ondas confinadas (Trapped waves) interfieren, causando amplificación del movimiento y patrones de resonancia. Resonancia ocurre cuando los picos de las ondas coinciden, trayendo como resultado una adición de las amplitudes y una mayor amplitud para el movimiento causado por las ondas. Resonancia no ocurre en una frecuencia específica sino en varias, resultando en patrones específicos de acuerdo a las características del sitio y de los materiales. La explicación matemática es presentada a continuación (tomado de Kramer, 1996): El espectro de resonancia para un suelo uniformemente amortiguado (damped) sobre roca rígida se parecerá al presentado en la Figura 3.3.2.



Figure Resonance spectrum for uniform damped soil on rigid rock (From Kramer, 1996).

Mientras que la amplitud varia con la amortiguación, no sucede lo mismo con las frecuencias naturales. Las frecuencias naturales de un depósito de suelo están dadas por:

$$f_0 = \frac{V_s}{4H}$$
 (fundamental) [3]

$$f_n = (2 \cdot n + 1) \cdot f_0$$
 (harmonics)

Donde:

 f_0, f_n = frecuencia para la primera y n-th cresta, en Hz

Vs = velocidad de onda de corte, en ms-1

H = espesor de la capa de suelo, en m

Como puede ser observado en la Figura 4.3.2, los picos de amplificación rápidamente decrecen en tamaño debido al amortiguamiento. Por esta razón, la amplificación mas importante ocurre en la frecuencia fundamental. La frecuencia fundamental o el asociado periodo característico del sitio (characteristic site period) suministra una indicación muy valiosa sobre la frecuencia o periodo de vibración para el cual puede ser esperada la amplificación mas importante.

Movimiento superficial

A su llegada a la superficie, las ondas sísmicas causan un movimiento vibratorio de esta superficie. El aspecto mas importante de este movimiento es la aceleración. Cuando una estructura es sometida a cierta aceleración, el resultado es una fuerza actuando sobre dicha estructura. El comportamiento físico detrás de este fenómeno puede ser explicado de manera simplificada utilizando la segunda ley de movimiento de Newton:

$$F = m \cdot a$$

[5]

Donde:

F = Fuerza, ie Newton

m = Masa del objeto, en kg

a = Aceleración a la cual es sometida el objeto, en m/s^2

Dado que la masa del objeto permanece constante, la fuerza ejercida sobre el objeto es directamente proporcional a la aceleración, convirtiendo este factor en el mas importante en un estudio de micro zonificación.

Además de la aceleración, la frecuencia en la cual ella ocurre es otra propiedad

[4]

del movimiento superficial de gran interés en la generación del daño estructural. Cada objeto posee su propia frecuencia natural (f_N) principalmente determinada por su rigidez (k) y masa (M). La relación es presentada en la siguiente ecuación:

$$f_N = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M}}$$

[6]

En términos generales, una edificación alta es menos rígida (mas flexible) que una edificación pequeña, un edificio alto es generalmente mas pesado que uno pequeño. Intuitivamente, pero también considerando la ecuación previa, es posible decir que en general edificaciones altas tienen una frecuencia natural menor en comparación con edificaciones pequeñas.

La determinación exacta de la frecuencia típica de un objeto es asunto complejo, y en consecuencia the International Conference of Building Officials ha publicado una serie de reglas generales para su cálculo. La mas comúnmente usada, aunque originalmente diseñada para moment frames y no para edificaciones de concreto y mampostería, es:

$$T = 0.1 \cdot N$$
 or $f_N = \frac{10}{N}$ (Day, 2001) [7]

en la cual N representa el numero de pisos de una edificación. T y fN representan el periodo en segundos y la frecuencia natural en Hertz, respectivamente.

Analisis del espectro de respuesta

Como ha sido mencionado, la frecuencia a la cual cierta aceleración ocurre es un factor muy importante en el análisis del movimiento superficial. Para obtener una idea clara sobre la amenaza sísmica causada por el movimiento superficial, la respuesta superficial puede ser ploteada contra la frecuencia, generando un grafico como el ilustrado en la figura



Figure. Frequency dependency of spectral acceleration combined with maximum sustainable acceleration of a building.

Como puede observarse en la figura, el riesgo de colapso de una edificación capaz de soportar aceleraciones de hasta Amax depende de la frecuencia en la que ocurre la vibración. El espectro de respuesta es de tal importancia, que es generalmente el elemento clave en cualquier estudio de micro zonificación.

Clasificación del periodo característico local en un mapa de zonificación de la amenaza

Si el período natural de una edificación corresponde al período natural de la formación superficial en el sitio, hay una amenaza potencial de que dicho edificio experimentara daños severos. Lo anterior se debe a los valores altos de aceleración que se presentan como resultado de la resonancia del suelo

(P

- Utilizando la ecuación 7, y el mapa de altura de las edificaciones de la ciudad (Altitude_dif), calcule el mapa con la frecuencia natural de las edificaciones. Nombre el mapa: Building_freq.
- Cree un dominio tipo class (Building class) con base en esta tabla
- Re-clasifique los mapas T250 y T500 (use: *Slicing*) en los mapas raster T250_class y T500_class, respectivamente. Compare estos con el mapa building_freq map. En que areas podría esperarse resonancia?

Table 1

Buildin g class	N _{ma} x	Description	Natural period (s)	Natural frequency (Hz)
Ι	1	Single storey buildings		
II	2	Single family houses		
III	5	Offices, apartment buildings		
IV	10	Shopping malls, hospital		
V	>10	High rise buildings		

Ē

- Compare los dos mapas clasificados. Corresponde a lo que usted esperaba? Cuales son sus conclusiones?
- Que tipo de información adicional sería necesaria para realizar una evaluación de riesgo tomando como base el mapa de zonificación de la amenaza creado previamente?

References

- Bard, P. 1994. Local effects of strong ground motion: Basic physical phenomena and estimation methods for microzoning studies. Laboratoire Central de Ponts-et-Chausees and Observatoire de Grenoble.
- Day, R.W. 2001. Geotechnical Earthquake Engineering Handbook. McGraw-Hill, 700 pp.
- Kramer, S.L. 1996. Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Yersey 07458. 653 pp.

Ejercicio 3F1. Evaluación de la amenaza de inundación utilizando un modelo de salida de inundación de propagación 2D

Tiempo esperado: 3 horas

Datos: Objetivos: Datos en el subdirectorio: /Exercise 3 Hazard assessment/Flood hazard El objetivo de este ejercicio es el de mostrar como extraer parámetros a través de la simulación de diferentes periodos de retorno de eventos de inundación. Se extraerán la profundidad de inundación, la velocidad, y el tiempo para cada evento de periodo de retorno simulado usando el modelo de propagación de inundación 1D-2D.

Información base: morfología del río y forma del terreno

La geomorfología del río consiste en formas del terreno complejas, producidas por erosion/sedimentación de los ríos que varían desde la fuente hasta la salida. Todo el río puede ser dividido en tres secciones principales (Fig. 1).



Fig. 1: Secciones longitudinales del río

Empezando desde la fuente, las cabeceras representan un estado inicial del rio: aqui la corriente fluye de las áreas altas con un alto relieve interno; el régimen es torrencial: la velocidad de flujo es muy alta debido al alto gradiente de la pendiente, mientras que las bajas descargas ó incluso la falta de agua se da en la temporadas de estiaje y las altas descargas se dan en las temporadas de lluvia. Debido a la alta velocidad de flujo, el modelo dominante es el canal recto seguido del fondo del valle. La erosion del río es el dominante en la deposición y es mayor durante los períodos de alta descarga, el río crea con su actividad valles en forma de V muy empinados, y cuando los cambios de pendiente cambian abruptamente a la salida de las cadenas montañosas, el río se ensancha en forma de abanicos y se los denomina abanicos aluviales, que son cuerpos de deposición cóncava formados por sedimentos gruesos (gravas y arenas gruesas).

La zona deposicional cercana a la salida representa la fase terminal del curso del río: el río forma luego amplios meandros en la zona baja en las áreas planas; las descargas son mayores y más constantes en el transcurso del año. Las áreas inundables próximas al curso de agua están cerca de la elevación del río o incluso más bajos en los sistemas anegables; la región expuesta a las inundaciones se identifica como llanura de inundación. Parte de la llanura de inundación puede ser protegida por diques artificiales o naturales. La las inundaciones. Cuando el río sobrepasa las condiciones de los bancos de desposición el agua se extiende a grandes areas en la llanura de inundación deposición es dominante, y aumenta durante, donde se deposita la carga de sedimentos, que en su mayoría es limo suspendido y arcilla. El colchón de disipación (arena - arena fina) es depositado al lado del río y la forma diques naturales a lo largo del curso principal. La compactación de arcilla en la planicie de inundación produce un hundimiento en aquellas áreas que son más bajas que el canal del río. Las características del flujo son las siguientes: velocidad de flujo baja; alta carga suspendida, y altas tasas de deposición especialmente durante las inundaciones. La posición y la anchura del meandro cambia lentamente durante los períodos de descarga normal, donde ocurren simultáneamente la erosión y la deposición.

La zona de transferencia (Transfer Zone), representa la sección de transición de las áreas de aguas arriba a las áreas de aguas abajo. El patrón del canal puede ser recto (característica del área de aguas arriba), meándrico (presente en la áreas de aguas arriba), ó trenzado. Este patron consiste de una seroe de canales secundarios que se encuentran y se re-dividen entre ellos. Los canales trenzados tienen gradientes mas empinadas que los ríos meándricos pero tienen canales menos rectos; los canales se mantienen estables durante el flujo normal mientras cambian de forma y dirección durante las inundaciones.
Información básica: definiciones de inundaciones y clasificaciones

- <u>Una inundación</u> es un evento natural en los ríos y afluentes. El exceso de agua proveniente de agua de deshielo, lluvia ó tormenta es acumulada y desbordada a los planos de inundación y a los bancos adyacentes. Los planos de inundación son tierras bajas, adyacentes a los ríos, lagos (y oceanos) que están sujetos a las inundaciones recurrentes (FEMA, 2001).
- <u>Una inundación</u> es un gran caudal que sobrepasa los bancos naturales ó artificiales de un río.
- <u>Una inundación</u> es un cuerpo de agua que inunda el suelo que no es frecuentemente sumergido y que por ello, causa ó amenaza daño y pérdidas de vidas.
- Una inundación es un evento natural y recurrente que ocurre en un río o sus afluentes.

El término de inundación incluye a los diferentes eventos; las diferencias primarias entre los tipos de inundación se establecen considerando los factores desencadenantes y las características morfológicas de las áreas afectadas, las cuales determinan la duración e intensidad de las inundaciones.

Las inundaciones en las planicies aluviales son el resultado de una lluvia persistente e intensa por varios días ó incluso semanas sobre grandes áreas. Las inundaciones de las planicies aluviales se dan en las tierras que tienen poco relieve (transición-zona de deposición), donde el río es trenzado ó que frecuentemente posee un patrón meándrico; estas áreas propensas a inundaciones se las conoce como planicies de inundación. La profundiad de las inundaciones varian de acuerdo a la morfología del área. La extension de la inundación puede ser tan grande como la planicie de inundación durante los eventos severos extremos. La velocidad de flujo es generalmente baja y rápidamente decrece mientras se aleja del canal principal. La tasa de crecimiento del agua es baja y la duración de la inundación, ó si el agua sobrepasa los sistemas de diques. Las predicciones del tiempo y las condiciones de borde (condiciones de las cuencas aguas arriba-aguas abajo y las contribuciones de los tributarios) son importantes en las alertas tempranas de inundaciones de las planicies aluviales.

Las inundaciones repentinas son en su mayoría eventos locales y dispersos en el tiempo y en el espacio. Son el resultado de una lluvia intensa sobre áreas pequeñas de aguas arriba dentro de un periodo corto (usualmente menos de 6 horas) causando que el agua se eleve y que desborde rápidamente. Generalmente afectan áreas con gradientes de pendientes de moderadas hacia altas. Las inundaciones repentinas son extremadamente peligrosas por su naturaleza imprevista; la velocidad de flujo es alta y el nivel del agua crece rápidamente. La carga de sedimentos es abundante y puede incluir desde sedimentos finos, hasta gravas y bloques, debido a la gran capacidad de transporte del cuerpo de agua, incrementado al poder destructivo de la inundación repentina. La duración de la inundación es corta y los sistemas de alerta temprana se basan en las predicciones de las precipitaciones

Post procesamiento del modelamiento de inunación



Figure. Ventana de presentación de SOBEK

Se puede usar un software de simulación hidraúlica, por ejemplo, el SOBEK que sirve para analizar el flujo de agua a gran detalle. Se pueden usar especialmente en modelos de 2D para caracterizar eventos de inundación sobre sobre una topografía compleja, como es el caso de un ambiente urbano. En este ejercicio se trabajará con datos que has sido generados por este software.

Los datos de salida del modelo consisten en series de profundidad del agua y mapas de velocidad de flujo a diferentes intérvalos. En este caso los mapas se han generado en intérvalos de una hora.

El modelo también crea un set de mapas que resumen la simulación; estos incluyen un mapa de profundidad maxima del agua (**maximum water depth** - este representa el valor máximo de profundidad del agua que se ha alcanzado en algún punto durante la simulación), un mapa de velocidad máxima de velocidad de flujo (**maximum flow velocity map** – este representa el valor máximo de velocidad de flujo que se ha alcanzado en algún punto durante la simulación), además de **dos mapas** que indican el tiempo en el cual se alcanzó tanto la máxima profundidad como la maxima velocidad de flujo; además de **un mapa** que muestra el tiempo en el cual un pixel ha empezado a ser inundado.

Este ejercicio consta de dos partes: la parte 1 es un análisis de amenaza de inundación clásico. Aquí se combinarán los mapas de profundidad máxima de agua de los escenarios de inundación con diferentes periodos de retorno en un mapa que muestra la probabilidad anual de inundación. La parte 2 está enfocada en un evento simple y es una demostración de como los resultados de una simulación de inundación puede ser usada para calcular los mapas derivativos que caracterizan el evento de inundación de una forma mas entendible.

PARTE 1: Mapa de amenaza de inundación

Datos:

Nombre	Significado
Max_h_5y	Profundidad maxima del agua, periodo de retorno de inundación = 5 años
Max_h_10y	Profundidad maxima del agua, periodo de retorno de inundación = 10 años
Max_h_20y	Profundidad maxima del agua, periodo de retorno de inundación = 20 años
Max_h_50y	Profundidad maxima del agua, periodo de retorno de inundación = 50 años
Max_h_100y	Profundidad maxima del agua, periodo de retorno de inundación = 100 años
Max_h_200y	Profundidad maxima del agua, periodo de retorno de inundación = 200 años
Building_map_seg	Mapa de vectores con los manzanos
ments	
DEM10	Georeferencia (10m)
Building_map_seg	Dominio y representación del mapa de vectores
ments	

(F		
•	,	Abra los mapas max_h_5y y max_h_200y y revise el contenido de los mismos. Ambos contienen profundidad del agua en metros.
		Pregunta 1: ¿Qué mapa muestra la extension inundada y la profundiad de agua más grande? ¿Por qué?
•	•	Cierre ambos mapas.

La amenaza se define como la probabilidad de que un evento de una cierta magnitud pueda acontecer en un área determinada dentro de un cierto periodo. Si se quiere calcular la probabilidad anual, es decir, la posibilidad que una inundación de cierta magnitud ocurra en el siguiente año, entonces se debe dividir 1 sobre el periodo de retorno.

Max_h_5y5 añosMax_h_10y10 añosMax_h_20y20 añosMax_h_50y50 añosMax_h_100y100 añosMax_h_100y200 añosCree un mapa con la probabilidad anual para la inundación con un per tetorno de 5 años escribiendo la siguiente operación en la línea de con Prob_5y:=iff(max_h_5y>0, xxx, 0)Donde xxx es la probabilidad anual que usted calculó en la tabla.Pregunta 2: Cuál es el significado de esta operación en ILWIS?	Мара	Period de retorno	Probabilidad anual
Max_h_10y10 añosMax_h_20y20 añosMax_h_50y50 añosMax_h_100y100 añosMax_h_100y200 añosCree un mapa con la probabilidad anual para la inundación con un peretorno de 5 años escribiendo la siguiente operación en la línea de construction de suguente operación en la línea de construction de suguente anual que usted calculó en la tabla.Prob_5y:=iff(max_h_5y>0, xxx, 0)Onde xxx es la probabilidad anual que usted calculó en la tabla.Pregunta 2: Cuál es el significato de esta operación en ILWIS?	Max_h_5y	5 años	
Max_h_20y20 añosMax_h_50y50 añosMax_h_100y100 añosMax_h_100y200 añosCree un mapa cor la probabilidad anual para la inundación con un peretorno de 5 años escribiendo la siguiente operación en la línea de corProb_5y:=iff(max_h_5y>0, xxx, 0)Onde xxx es la probabilidad anual que usted calculó en la tabla.Pregunta 2:Cuál es el significado de esta operación en ILWIS?	Max_h_10y	10 años	
Max_h_50y50 añosMax_h_100y100 añosMax_h_100y200 añosCree un mapa con la probabilidad anual para la inundación con un peretorno de 5 años escribiendo la siguiente operación en la línea de con 	Max_h_20y	20 años	
Max_h_100y100 añosMax_h_100y200 añosCree un mapa con la probabilidad anual para la inundación con un per etorno de 5 años escribiendo la siguiente operación en la línea de con Prob_5y:=iff(max_h_5y>0, xxx, 0) Donde xxx es la probabilidad anual que usted calculó en la tabla.Pregunta 2: Cuál es el significado de esta operación en ILWIS?	Max_h_50y	50 años	
Max_h_100y 200 años Cree un mapa con la probabilidad anual para la inundación con un peretorno de 5 años escribiendo la siguiente operación en la línea de con Prob_5y:=iff(max_h_5y>0, xxx, 0) Ponde xxx es la probabilidad anual que usted calculó en la tabla. regunta 2: Cuál es el significado de esta operación en ILWIS?	Max_h_100y	100 años	
Cree un mapa con la probabilidad anual para la inundación con un pe etorno de 5 años escribiendo la siguiente operación en la línea de co Prob_5y:=iff(max_h_5y>0, xxx, 0) Donde xxx es la probabilidad anual que usted calculó en la tabla. Pregunta 2: Cuál es el significado de esta operación en ILWIS?	Max $h = 100y$	200 años	
Pregunta 2: Cuál es el significado de esta operación en ILWIS?		la probabilidad anual para la	inundación con un pe
Pregunta 2: .Cuál es el significado de esta operación en ILWIS?	Cree un mapa con retorno de 5 años	<pre>rob_5;=iff(max_h_5;</pre>	i inundación con un per ación en la línea de cor 0, xxx, 0)
	Cree un mapa con retorno de 5 años Donde xxx es la pi	a la probabilidad anual para la escribiendo la siguiente oper Prob_5y:=iff(max_h_5y> robabilidad anual que usted c	i inundación con un per ación en la línea de cor 0, xxx, 0) alculó en la tabla.

Ahora tenemos 6 mapas con la probabilidad anual. Para combinar los mapas en una integración de mapas de amenazas, debemo seguir una aproximación de paso a paso.

P		
	•	Escriba la siguiente operación en la línea de comando:
		Hazard_a:=max(prob_5y,prob_10y,prob_20y)
	•	Luego <enter>; revise el mapa intermedio. Luego escriba:</enter>
		Hazard_b:=max(prob_50y,prob_100y,prob_200y)

• Combine ambos mapas, escribiendo lo siguiente en la línea de comando:

Hazard:=max(hazard_a,hazard_b)

- Revise el resultado.
- Cierre todos los mapas.

Para combinar este mapa con otras capas de datos, por ejemplo, los datos topográficos, deberíamos transformar el formato raster del mapa de amenazas al formato vector.

(h	
	Pregunta 3a:
	¿Por qué no es posible transformar mapas con este tipo de dominio al formato de
	vector?

Para poder hacer la conversion al formato vector, tenemos que clasificar el mapa de amenazas. En ILWIS esta operación se llama "slicing". El primer paso es crear un dominio para definir los límites de clase; luego aplicamos el "slicing" al mapa de amenazas.

٢ • • • • • •	Cree un dominio " <i>doi</i> Llame al nuevo domi Asegúrese que la caja tiqueada Clic <i><ok></ok></i> La ventana del Nuevo se abre La tecla <i><</i> insert <i>></i> abr domain item". Escriba para Upper B "less than 1/200". Cl Adicione las siguiente	main". nio "hazard" a de "group" esta o dominio clase grupo re la ventana "add ound: 0.004 y en Na ic <ok>. es clases:</ok>	D me:	Denkin Source Source
	Upper Boundary	Name	Color	
	0.004	Less than 1/200		
	0.009	1/200		
	0.019	1/100		
	0.049	1/50		
	0.099	1/20		
	0.19	1/10		
	1	1/5		
• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	Después de que se h group". En la ventana catal cambie los colores co Haga clic con el botó <i>image processing</i> y lu Nombre al nuevo ma Seleccione para el Do Clic <i><ok></ok></i> . Abra el nuevo n " building_map_seg Guarde en el disco la Haga clic con el bo " <i>Vectorize</i> " y luego " <i>i</i>	a adicionado el class logue de ILWIS abi omo se indica en la ta on derecho sobre el r uego <i>slicing</i> . pa: hazard_cla omain: " hazard " napa y luego ad jments " vista como " hazard otón derecho sobre <i>raster to polygon</i> "	boundary ra class abla. mapa "ha dicione ". el mapa	 /, cierre la ventana "domain representation "hazard" y zard" y seleccione la opción el mapa de segmentos hazard_cla y seleccione
•	Acepte los valores po	or defecto y nombre a el resultado	al mapa d	e salida: hazard_cla.

PARTE 2: Mapas Indicadores

Datos:

Nombre	Tipo	Significado
RiskCity DSM	raster	Modelo digital de elevación
import	Script	Importa archivos ascii de a ILWIS, reemplaza datos de
		no value con valores cero y adiciona una georeferencia
		estándar a todos los mapas.
slicina		Clasifica los manas máximos
classify		Clasifica los mapas nor hora para crear man lists
rising		Calcula la velocidad de elevación del nivel del aquaen m/h
imnulse		Calcula el impulse máximo en m^2/s
duration		Estima la duración de inundación
sediment		Estima la sedimentación relativa/notencial de eliminación
Seament		de la inundación
Building man segment	vector	Contiene los manzanos de RiskCity
Building man cogmont	Domain /	
bunung_map_segment	representation	
Duration	representation	Grupo dominio para clasificar ol mana do duración
Mayo		Grupo dominio para clasificar el mapa de fluie de
MAX		volocidad máxima y los manas do volocidad do fluio nor
		velociuau maxima y ios mapas de velociuau de hujo por
Maxh		Idántico para la profundad del aque
Maxi		Idéntico para la profundad del agua
Maxi		Identico para impuiso
Maxr		Identico para el incremento del nivel del agua
Sealment		Identico para la estimación del sedimento
ttr		Identico para la propagación de la inundación (tiempo de
D = 144.0	<u> </u>	
DEM10	georeference	Georeferencia estandar para todos los mapas raster
	Ascii maps	Resultados de SOBEK (mapas resumen)
DM1MAXDU.ASC		Mapa que contiene la profundidad maxima de agua
		durante el escenario
DM1MAXC0.ASC		Mapa que contiene la velocidad de flujo maximo duante el
		escenario
DM1TMAXC.ASC		Mapa que contiene el tiempo en el cual el se ha alcanzado
		el flujo de velocidad máxima.
DM1TMAXD.ASC		Mapa que contiene el tiempo en el cual se ha alcanzado la
		profundidad máxima de agua
DM1TWT00.ASC		Mapa que contiene el tiempo en el cual un pixel es
		inundado por vez primera.
DM1C0000.asc	Ascii maps	Resultados de SOBEK en intervalos por hora
DM1C0001.asc		DM1C son los mapas de velocidad
DM1C0002.asc		DM1D son los mapas de profundidad
DM1C		
DM1C0048.asc		
DM1D0000.asc		
DM1D0001.asc		
DM1D0002.asc		
DM1D		
DM1D0048.asc		

Los datos de salida del modelo consisten en series de mapas, los cuales representan la profundidad de inundación y velocidad de flujo a diferentes intervalos. Ellos están en formato ascii.

El objetivo de este ejercicio es derivar muchos mapas indicadores que pueden ser usados para caracterizar la complejidad de eventos de inundación. Necesitamos seguir los siguientes pasos:

- Importar los archivos en ILWIS;
- Cambiar la georeferencia;
- Clasificar el mapa en un número limitadi de clases;
- Crear los mapas indicadores.

Importando los archivos de salida del SOBEK a ILWIS

El primer paso en el análisis es la importación de los archivos de datos (datafiles) en ILWIS. Haremos uno de ellos manualmente y luego usaremos un script para importar el resto.

P

 Abra el archivo ascii Dm1d030.asc en el editor de texto (notepad) y luego chequee el contenido del archive (contiene la profundidad de agua en metros). Cierre de Nuevo.

- Desde el menu de file seleccione *Import / Maps*.
- Seleccione la opción ArcInfo.ASC o .NAS (Non-compressed ASCII raster)
- Importe el ascii-file **DM1d0030.asc** y nombrelo para el ILWIS file name **d30**
- Abra el mapa **d30** (manipule el stretch para obtener un major resultado en la
- pantalla) y luego revise el resultado.

Sería posible importar todos los mapas de esta forma; sin embargo, tomaría mucho tiempo. Por lo tanto tenemos un script que se llama **Import** que hace toda la importación de una sola vez. El script esta dado mas abajo, con una descripción de las actvidades en itálica.

Corra el script *Import* escribiendo lo siguiente en la línea de comando: *run import*. Esto toma cierto tiempo.
 Revise algunos de los mapas resultantes.

Puede verificar que los mapas tienen un tamaño de pixel mayor que los otros mapas en el set de datos (dataset), 10 metros en lugar de 1 metro y además ellos cubren un area diferente. Esto se hizo para reducir el tiempo de cálculo en el modelo SOBEK.

Script	Descripción
rem import waterdepth files	
import arcinfonas(dm1d0000.asc, h000x) import arcinfonas(dm1d0001.asc, h001x) 	Importa los archivos de la profundidad del agua por hora de los mapas ASCII usando la opción ArcInfo NAS import para archivos ASCIII. Se crea un archivo ILWIS con el nombre h000x.
import arcinfonas(dm1d0047.asc, h047x) import arcinfonas(dm1d0048.asc, h048x)	
rem import flow velocity files	
import arcinfonas(dm1c0000.asc, c000x) import arcinfonas(dm1c0001.asc, c001x) 	Idem para los mapas de velocidad de flujo por hora
import arcinfonas(dm1c0047.asc, c047x) import arcinfonas(dm1c0048.asc, c048x) rem georeferencing	
setgrf c*.mpr dem10.grf	Todos los archivos importados tienen la misma georeferencia dem_10m.grf
seight in thip dentro.gri	Se borraron los otros archivos de georeferenci
del -force h*.grf del -force c*.grf	
rem ongedfinieerd wordt 0	Los valores indefinidos en todo el mapa han sido reemplazados por valores de cero
h000:=ifundef(h000x,0,h000x) h001:=ifundef(h001x,0,h001x) 	
h047:=ifundef(h047x,0,h047x) h048:=ifundef(h048x,0,h048x)	
c000:=ifundef(c000x,0,c000x) c001:=ifundef(c001x,0,c001x)	Idem para los archivos de velocidad
c047:=ifundef(c047x,0,c047x) c048:=ifundef(c048x,0,c048x)	Se borran todos los manas intermedios
del -force h???x.mpr del -force c???x.mpr	
	Se important los mapas resumen
<pre>import arcinfonas(dm1maxd0.asc, max_hx) import arcinfonas(dm1maxc0.asc, max_cx)</pre>	
<pre>import arcinfonas(dm1twt00.asc, ttfx) import arcinfonas(dm1tmaxc.asc, tmax_cx) import arcinfonas(dm1tmaxd.asc, tmax_hx)</pre>	
setorf max hx.mpr dem10 orf	Los mapas resumen asumen la georeferencia
setgrf max_cx.mpr dem10.grf setgrf ttf.mpr dem10.grf setgrf tmax_cx.mpr dem10.grf setgrf tmax_hx.mpr dem10.grf	
	Se han reemplazado valores indefinidos por valores de cero
max_h:=ifundef(max_hx,0,max_hx) max_c:=ifundef(max_cx,0,max_cx) tmax_h:=ifundef(tmax_hx,0,tmax_hx) tmax_c:=ifundef(tmax_cx,0,tmax_cx) ttf:=ibundef(ttfx 999 ttfx)	
dal force may by mpr	Se borran todos los mapas intermedios
del -force max_nx.mpr	
del -force tmax_hx.mpr	
del -torce tmax_cx.mpr del -force ttfx.mpr	
	Se borran todas las georeferencias
del -force max_hx.grf	
del -force max_cx.grf	
del -force tmax_nx.grf	
del -force ttfx.grf	

•	Abra el mapa max_h . (aplique un stretch de 0 – 10 en la ventana de despliegue)
•	Despliegue el mapa de segmentos Buildings_map_segments al tope, de
	esta forma podrá estudiar el mapa conjuntamente con la información topográfica.
•	Haga lo mismo para los siguientes mapas:
	 max_c (aplique un stretch of 0 – 2)
	• ttf (strectch 0 – 15),
	• t_maxh (stretch 10 – 15)
	• t_maxc (stretch (5 – 25)
	Pregunta:
	¿Cuáles son las unidades de estos 5 mapas?

Calculando los mapas de los parámetros de inundación

Mucha información para el análisis de amenaza y riesgo esta contenida dentro de la serie de tiempo de los mapas que contienen la profundidad del agua y la velocidad de flujo. Para analizar estos datos, se realiza un procedimiento de agregación que se ha desarrollado para crear los siete mapas que contienen los parámetros que describen los diferentes aspectos de los eventos de inundación. Estos mapas de parámetros son (ver figura 1):

- Profundidad máxima del agua (Maximum water depth)
- Velocidad máxima del flujo (Maximum flow velocity)
- Características de la progragación de la inundación (Flood propagation characteristics) (también tiempo para la inundación - Time to Flooding)
 Impulso máximo (Maximum impulse)
- Máxima subida ó incremento del nivel de agua (Maximum rising of the water level)
- Duración (Duration)
- Sedimentación (Sedimentation)



Figura 1. Transformación de los mapas de salida del modelo a los mapas de parámetros de la amenaza de inundación

s

Los primeros tres mapas, han sido calculados por SOBEK; estos mapas son **max_h**, **max_c** y **ttf**.

1 Maxima profundidad de agua (unidad: m)

Este mapa muestra la profundidad máxima que ocurre durante la inundación. La justificación de este mapa (parámetro) es que las areas con aguas profundas son más peligrosas para las personas y potencialmente mas dañinas a objetos como casas y carros. Identifica areas donde el segundo piso de las casas, ó incluso el tercer ó cuarto piso, no son refugios seguros. Este mapa también puede server para la calibración del modelo; además de que es uno de los pocos parámetros de inundación que pueden ser fácilmente recuperados después de un evento de inundación debido a la fácil lectura de las marcas de inundación que se quedan sobre las estructuras.

2 Velocidad maxima de flujo (unidad: m/s)

Este mapa muestra la velocidad máxima de flujo que acontece durante la inundación. La justificación de este parámetro es que la velocidad es un componente de la inundación que puede transportar gente intempestivamente al igual que hacer que los carros se vayan flotando. Este mapa muestra donde se puede desarrollar un recorrido de flujo preferencial que podría ser peligroso tanto para los niños, como para adultos y carros.

3 Características de la propagación de la inundación (unidad: h)

Este mapa muestra como la inundación se propaga a través del área. Después de cada intervalo de tiempo el área inundada es identificada y comparada con la situación en el intervalo de tiempo previo. Almacena el tiempo en el cual una celda se inunda por vez primera. La justificación de este parámetro (mapa) es que muestra cuanto tiempo toma para la primera inundación alcanzar una cierta localización y por tanto, cuanto tiempo de prevención la gente tiene para prepararse. Las áreas que se inundan rápidamente son potencialmente más peligrosos que aquellas áreas que se encuentran más lejanas.

El script del ILWIS "**slicing**" clasifica estos tres mapas.



4 Maximum impulse (unidad: m²/s)

Este mapa muestra el impulso máximo que ocurre durante la inundación. El impulso es calculado a cada intérvalo de tiempo multiplicando la profundidad del agua y la velocidad de flujo. Para cada pixel este valor representa la cantidad de movimiento de la masa de agua (por pixel la masa depende solamente de la profundidad del agua, ya que el área de la superficie del pixel y el volumen de peso del agua son constants) La justificación de este parámetro es que la velocidad de flujo por si misma no basta para estimar la cantidad de daño potencial ó peligro para los humanos y para que los carros sean llevados. Las aguas superficiales con una gran velocidad de flujo no tienen mucha energía cinética ó momentum y tampoco tienen profundidad, es agua practicamente estancada. Aguas profundas, de flujo rápido con potencialmente peligrosas para personas y carros además de dañar a objetos como casas y cultivos. Especialmente en ambientes urbanos este parámetro muestra que las calles son recorridas preferenciales de flujo para el agua.

P

- Ejecute el script "impulse"
- Abra el mapa clasificado maxi_cla

5 Aumento máximo del nivel del agua (unidad: m / h)

Este mapa muestra la velocidad máxima en el cual el agua se empieza a elevar hasta, en un momento, hasta cierto. Esto se calcula, haciendo la diferencia entre dos mapas sucesivos de la profundidad del agua, dividido por el intervalo de tiempo que hay entre los dos. El resultado es un aumento en la profundidad del agua por hora. La lógica de este parámetro es que un rápido aumento del nivel del agua es potencialmente peligroso para las personas que no pueden tener tiempo suficiente para buscar un terreno más alto o estructuras elevadas.

(F		
	•	Ejecutar el script " rising " Abra el mapa clasificado maxr_cla

Los parámetros de **profundidad de agua** (*water depth*), **velocidad de flujo** (*flow velocity*), **impulso** (*impulse*) y **Aumento del nivel del agua** (*rising of the water level*), fluctúan en el tiempo. En ILWIS es posible desplegar estos mapas como una animación; pero antes de desplegar los mapas como una animación, primeramente deben ser reclasificados; sino no podrán ser incluidos en la lista de mapas. El script "classify" hace la clasificación.

Ē	
•	Ejecute el script " classify "
•	Cree una lista de mapas. Del menu principal: file / create / map list
•	Nombre la lista como: "velocity"
•	Mueva todos los mapas <i>ccla</i> a la ventana del lado derecho (Use la tecla <ctrl> para hacer selecciones multiples)</ctrl>
•	Cuando todos los mapas ccla estén en la ventana de la derecha, click <ok></ok>
•	En la ventana del catalo de ILWIS vaya al menu <i>view</i> y selecione " <i>customize catalogue</i> ". Seleccione con una marca la caja " <i>hide objects</i> <i>that are member of an object collection</i> ". Click <ok></ok>
•	Abra la lista de mapas velocity

Curso de perfeccionamiento profesional
"EVALUACIÓN DE AMENAZAS Y RIESGOS PARA DESASTRES NATURALES"
Haga clic en el icono open as slide show" en la parte superior de la ventana del la lista de mapas, acepte los valores por defecto y haga clic <0K>.
La animación del flujo de velocidad va empezar.
Cree las lista de mapas para: depth, impulse y rising y adicione los mapas h---_cla, i---_cla y r---_cla respectivamente.

• Despliegue cada serie de mapa, como una animación.

6 Duración (unidad: h)

Este mapa estima el tiempo en que la inundación se mantiene en un cierto lugar. Se basa en varias hipótesis sobre el drenaje de la inundación de la zona inundada. Por ejemplo, en los estudios presentados en este libro, parte del supuesto de que no hay drenaje libre en el punto más bajo de la zona inundada a través de un "canal" de un determinado ancho (1 o más píxeles de ancho). También requiere una simulación a largo plazo que incluye la parte descendente de la onda de las inundaciones. La tasa de cambio de nivel de agua se calcula como dh/dt, donde dh es la diferencia entre la máxima profundidad del agua y la profundidad del agua al final de la simulación y el dt es la diferencia entre el tiempo al final de la simulación y el tiempo el máximo se alcanza la profundidad del agua. La duración se estima extrapolando esta tasa de cambio hasta que el momento de la profundidad de agua de cero - véase la siguiente figura.



Figura. Estimación del parámetro "duración".

La lógica de este parámetro, es dar una primera impresión aproximada de cuánto tiempo permanecerá la inundación de la zona. Este es el plazo mínimo, que la gente tiene que ser reubicada, que las empresas y las industrias están cerradas y que el transporte a través de la zona puede ser imposible o impedido. Es un parámetro importante para evaluar el impacto económico y social de las inundaciones sobre las personas que viven y trabajan en la zona. También es un importante, para estimar los daños agrícolas debido a que muchos cultivos, tales como árboles frutales y viñedos, pueden soportar la inundación de sus tallos por periodos de tiempo cortos (por lo general, algunos días), pero si se convierte en el período demasiado largo de las raíces se saturan y existe un agotamiento de oxígeno y los árboles se mueren.

(j ^a	
	Ejecute el script "duration"
	Abra el mapa clasificado duration_cla
	Pregunta: ¿Cual es la estimación de la duración del evento de inundación? ¿Cuales son sus unidades?

7 Estimación de la suspensión y sedimentación

La estimación de la sedimentación y la suspensión de las partículas, se basa en el número Rouse; que da la ratio de la velocidad de deposición (caída) de una partícula, cortando la velocidad turbulencia (fuerza que mantiene las partículas en suspensión). El método aplicado aquí fue sugerido por Kleinhans (2002).

$$Z = \frac{W_s}{\kappa u^*} -1$$

Donde:

 κ = Constante de Kármàn (=0.4) [-]

- u* = Velocidad de corte [m/s]
- Ws = Velocidad de deposición, de una partícula de cierto tamaño [m/s].

Este parámetro se calcula por cada hora, para los sedimentos con partículas de diámetros de 210 μ m. Cuando Z>0, la sedimentación es posible porque la velocidad de deposición es mayor a la velocidad de empuje. Las partículas presentes en el agua experimentan una red de movimientos descendentes, y se depositaran en la superficie. Cuando Z<0, entonces la velocidad de empuje es mayor a la velocidad de deposición, lo que significa que existe la posibilidad de elevación de las partículas y las partículas permanecerán en

suspensión. La velocidad de deposición de una partícula con un diámetro entre 100 y 1000 μ m (arena fina) está dado por:

$$W_{s} = 10 \frac{\nu}{d} \left(\sqrt{1 + \frac{(0.01(s_{p} - s_{w})/s_{w} g d^{3}}{\nu^{2}}} - 1 \right)$$

Donde:

- v = Viscocidad del agua = 1.2 * 10-6 [m2/s]
- sp = Densidad del cuarzo = 1.65 * 103 [kg/m3]
- sw = Densidad del agua = 1 * 103 [kg/m3]
- d = Tamaño de las particuculas = (in this study) 210 * 10-6 [m]
- g = Aceleración de la gravedad = 9.81 [m/s2]

Debido a que todos los parámetros son contantes, en la ecuación anterior, Ws es aproximadamente 0,01 m/s para partículas cuyo diámetro es de 210 μm . La velocidad de corte esta dada por:

$$u^{*} = \frac{\kappa U}{\ln \left(\frac{0.37 h}{3.97 10^{6} n^{6}}\right)}$$

Donde:

- U = velociadad del flujo [m/s]
- h = Profundidad del agua [m]
- n = Coeficiente de rozamiento de Manning

Velocidad de la corriente y la profundidad del agua son calculadas por el modelo, mientras que la distribución espacial coeficiente de Manning, es una de las condiciones conocidas borde. Todos los parámetros son conocidos por cada hora. El final, la sedimentación/suspensión da los valores horarios acumulados adimensionales Z para identificar las áreas donde la sedimentación o la suspensión de partículas son dominantes. En este procedimiento, valores positivos y negativos puede cancelarse uno al otro: cuanto más alto sea el valor, más posibilidades de sedimentación; cuanto mas bajo sea el valor más alto es potencial de partículas en suspensión. Cero significa que no hay red de sedimentación o suspensión. Para estimar la cantidad de sedimentos, otras tres conjeturas se hicieron:

- La carga de sedimentos en el agua que fluye en la zona de inundación disminuye inversamente con el tiempo (de alta al principio y va bajando hasta sedimentarse por completo);
- el sedimento se distribuye de manera uniforme en el agua y nunca es cero, los flujos de sedimentos son proporcionales a los flujos de agua;
- la sedimentación y la suspensión sólo ocurre en las primeras 150 horas de la inundación (el periodo de tiempo en el cual este parámetro se calculó).

Este estudio no pretende estimar cantidades de sedimentación o suspensión en términos de la deposición o suspensión, pero proporciona una indicación de dónde, el grado que se puede esperar de las partículas en proceso de deposición o suspensión.



Mapas finales: 7 maps: maxh_cla, maxc_cla, maxi_cla, maxr_cla, duration_cla, ttf_cla, sediment_cla

(F	
	Abra cada primer mapa de los 7 que se mencionan arriba.
•	Adicione el mapa de segmentos buildings_map_segment
•	En el menú " <i>file</i> " de la ventana principal, seleccione " <i>create layout"</i>
•	Nombre a la salida a la vista (Ejemplo: maxh para el primero).
•	Use la escala1:5000 y haga clic <ok>.</ok>
•	Haga clic en el mapa, para activar.
•	En la ventana de Layout, debajo del menú "insert", seleccione legend.
•	Seleccione la leyenda apropiada. Clic <ok></ok>
•	Asegúrese que la caja de de transparencia no este miqueada
•	Clic <ok></ok>
•	Si desea, puede adicionar al mapa, mas atributos; como se la escala,
	flecha que indica el Norte, etc.
•	Repita lo mismo para todos los mapas.

Ejercicio 3F2: Monitoreo de la amenaza de inundación utilizando imágenes multitemporales SPOT – XS

En éste ejercicio se usarán imágenes satelitales multitemporales para evaluar el problema de inundación en el área de confluencia de los ríos Ganges y Jahmuna en Bangladesh, al sudoeste de la capital de Dhaka. En ésta área la dinámica de los ríos es impresionante. Los ríos cambian su curso por kilómetros en años.

Se evaluarán las áreas cubiertas por agua durante tres períodos:

- Durante la época seca, usando una imagen SPOT del 1ro de septiembre de 1987.
- Durante una inundación moderadamente severa, usando una imagen SPOT del 7 y 11 de julio de 1987.
- Durante una inundación severa, usando una imagen SPOT del 10 de octubre de 1988.

Introducción

Bangladesh es probablemente el país más afectado en el mundo por catástrofes naturales, especialmente inundaciones. Aproximadamente el 40% del país es sujeto de inundaciones regulares. Contiene más de 250 ríos perennes de los cuales 56 se originan fuera del país en Tibet, India, Buthan y Nepal. El noventa por ciento del caudal de los ríos proviene de ríos principales como el Ganges, Brahmaputra y el Meghna que se originan en otros países.

La causa principal de inundación en Bangladesh está directa ó indirectamente relacionada a la lluvia en las áreas de captación de los sistemas de los ríos mayores. La lluvia junto con el derretimiento de la nieve desde los Himalayas genera una enorme cantidad de escorrentía para ser descargada a través de Bangladesh en la bahía de Bengala.

Mareas semidiurnas moderadamente fuertes prevalecen en la Bahía de Bengala. Debido a la topografía extremadamente plana del país (la mitad del país se encuentra por debajo de los 8 metros en curvas de nivel), la influencia de las mareas afectan de sobremanera en el país. Durante el monzón, la onda expansiva del agua de inundación es retrasada debido al efecto de la marea que irrumpe aguas arriba por los ríos. La inundación ciclónica del mar ocurre debido a la fricción del viento en la superficie del mar surgiendo una tormenta que se desplaza tierras adentro.

Desde 1960-81 Bangladesh a sufrido 63 desastres con una pérdida de 655000 vidas. De estos eventos 37 fueron ciclones tropicales, los cuales mataron a 386200 personas. Las últimas inundaciones mayores fueron en 1987y 1988 y un ciclón en 1999, matando alrededor de 140000 habitantes de la costa de la bahía de Bengala.

La evaluación del riesgo de inundación es un esfuerzo internacional, al igual que el conocer la precipitación y el monitoreo del caudal de los ríos mayores en toda la cuenca, así como los niveles del mar y advertir los sistemas para los ciclones tropicales. Para la determinación de la etapa de mapeo de la

inundación y la dinámica del río, el procesamiento digital de imágenes y el análisis secuencia de imágenes SPOT utilizando SIG puede ser de gran ayuda y uso. El área de estudio cubre la confluencia de los ríos Meghna y Ganges, al sud este de la capital de Dhaka.

Con las imágenes de 3 períodos se pueden evaluar dos cosas:

- > Monitoreo de la extensión de las inundaciones,
- > Monitoreo de la dinámica del río.

Primero el método tiene que ser usado para discriminar las aguas superficiales de los otros tipos de cobertura presente en las imágenes.

Selección de una banda simple en la cual el agua puede ser diferenciada.

Todas las imágenes son imágenes multiespectrales SPOT – XS, con una resolución espacial de 20 metros, consistiendo de 3 bandas:

- ➢ Banda 1: resolución espectral de 0.5 − 0.6 µm: porción verde del espectro visible.
- Banda 2: resolución espectral de 0.6 0.7 μm: porción roja del espectro visible.
- Banda 3: resolución espectral de 0.8 0.9 μm: porción infrarroja cercana del espectro.

Este método puede ser aplicado cuando las bandas individuales son seleccionadas en las cuales el agua tiene una reflectancia específica que no se sobrepone espectralmente con otras clases de coberturas. En éste ejercicio se usan las imágenes SPOT – XS y las curvas de reflectancia para algunos tipos de cobertura se dan en la figura 1 a continuación.



Figura 1. Curvas de reflectancia para algunos tipos de cobertura y la resolución espectral de las 3 bandas de SPOT – XS

Tasa de la banda

Otro método es el uso de tasas de bandas, las cuales son combinaciones de bandas individuales. Este método tiene la ventaja de que si las reflectancias espectrales de los tipos de cobertura en una banda son similares, la tasa de las dos bandas puede ser usadas para diferenciarlas.

3FUT - X3			
Tipo de cobertura	Banda 1	Banda 2	Tasa de la banda 3/1
Agua	Moderado	Bajo	Bajo – moderado
Nubes	Alto	Alto	Moderado
Sombra	Bajo	Bajo	Moderado
Vegetación	Moderado	Alto	Moderado – alto
Suelo desnudo	Alto	Alto	Moderado

Tabla 1. Reflectancia relativa para los diferentes tipos de cobertura para las 3 bandas SPOT – XS

La tabla muestra que el agua tiene el mismo rango de reflectancia si se compara a la vegetación en la banda 1 y a la sombra en la banda 3. Usando una tasa de banda el agua puede ser separada de mejor manera. Por otro lado, las nubes, la sombra y el suelo desnudos son más difícil de distinguir. Depende, por lo tanto, del tipo de investigación que se haga para definir qué método utilizar.

Etapa de mapeo de inundación.

Antes de que las tasas de las bandas sean realizadas, es importante tener una buena idea de las imágenes individuales. Primero se desplegará la banda 1 de la imagen de inundación de moderada severa.

Ē

- Desplegar la imagen Mfl87_1w haciendo doble clic en el ícono del mapa. Quite la selección de **stretch** y seleccione O.K. El mapa se desplegará. Note el color gris en la imagen ó el bajo contraste. Puede encontrar el valor del ND (número digital) de cada píxel haciendo clic sobre cada uno en la imagen.
- Cierre la ventana del mapa.
- Haga doble clic en el histograma del mapa. Observe los valores en la tabla desplegada. Despliegue el histograma en un gráfico seleccionado Options y Show Graph. Seleccione Image Value para el X-axis y Npix para el Y-axis en el cuadro del diálogo del Graph. Haga clic en OK y nuevamente OK en la ventana Edit Graph. Ahora el histograma se despliega como una línea.

El eje horizontal del histograma puede ser interpretado como en una escala de grises, con 256 tipos de gris diferentes. Un valor de reflectancia de cero se despliega en negro, un valor de reflectancia de 255 se despliega en blanco y el resto de los valores dentro de los tipos de grises entre ambos colores. El eje vertical muestra cuantos pixeles en la imagen tienen ese valor.

Nótese que prácticamente todos los pixeles tienen un ND que fluctúa entre los 20 a los 50. Solamente aquellos lugares blancos en la imagen, que en realidad son nubes, pueden tener valores de ND más altos.

Este es el motivo por el cual la imagen es mayormente gris oscura. Para incrementar el contraste en la imagen, necesitaremos cambiar el despliegue para que todos los colores de la paleta sean usados, variando desde negro hasta blanco. Ŧ

(F

- Cierre la ventana del gráfico.
- Baje en la tabla y escriba los valores de los ND para los cuales el porcentaje acumulativo (columna **Npcumpct**) = 1 hasta el 99. Cerrar la ventana de la tabla.
- Haga doble clic en el mapa raster Mfl87_1w nuevamente, pero ahora seleccione el cuadrado de stretch en el cuadro de Display Options, e ingrese los valores que usted recientemente escribió, tanto el valor mínimo como el máximo. Cliquee OK. La imagen está ahora desplegada con mucha más variación en un tono de gris.

La forma más fácil de mejorar la visibilidad de una imagen es utilizando la opción **stretch**. Cuando se la usa, el valor mínimo en la imagen se despliega como el color más bajo en la representación de gris (negro) y el máximo con el color más alto (blanco). Si usamos la opción **stretch** en el despliegue del mapa, los valores actuales del mapa no cambian. Solamente la manera en la cual ellos representan cambios.

Si queremos crear un mapa con valores de ND entre 0 y 255, tenemos que usar la operación de **stretch**, la cual producirá una nueva imagen. En ILWIS existen dos posibilidades para "estirar" (stretching) una imagen: **linear stretching** y el **histogram equalization**. El método más comúnmente usado es el **linear stretch**. El principio del **linear stretching** se muestra en la figura 2. El IN representa los valores originales de la imagen; el OUT, los valores que corresponden a la imagen después del stretching.



Figura 2. Principio de la ténica del linear stretching

- Cierre la ventana del mapa.
- Del menú Operations en la ventana principal del ILWIS, seleccione Image Processing, Stretch. El diálogo del stretch se abre. Seleccione la imagen Mfl87_1w como mapa de entrada. Elija la opción Linear Stretch, y un valor de porcentaje del 1%. Ingrese Mfl87_1s como imagen de salida y haga clic en Show y OK. La imagen se muestra. Se verá igual que la previa, excepto que cuando haga ahora clic en los valores del mapa, verá que ellos ahora están en el rango de 0 255.
- Desde el menú File de la ventana principal, seleccione el Open Píxel Information. Elija los mapas Mfl87_1w y Mfl87_1s, Mueva el ratón dentro de la imagen y observe los diferentes valores antes y después del "estiramiento" (stretching).
- Compare los histogramas antes y después del stretching.
 - Cierre las ventanas del mapa y del *píxel information*.

Creando una composición de falso color.

El primer paso es evaluar los valores del píxel para los diferentes tipos de cobertura. Esto se logrará utilizando una composición a color de una inundación moderada.

() I

> Del menú Operation, seleccione Visualization, Color Composite.

Ingrese para el nombre de la banda roja: Mfl187_3w Ingrese para el nombre de la banda verde: Mfl187_2w Ingrese para el nombre de la banda roja: Mfl187_1w Nombre de la imagen de salida: Mfl87fcc. Apague los 24 bits. Seleccione **Linear Stretching** con un porcentaje de 1.00 para las 3 bandas.

 Haga clic en Show y OK. Después de calcular el mapa se abre el diálogo de Display Options. Clic en OK. La composición de falso color se despliega.

En ésta imagen puede ver más claramente las diferentes unidades de cobertura de suelo. Como puede observar la vegetación se observa en color verde, las nubes en rojo y el suelo desnudo en blanco y las sombras en negro. Ahora usted evaluará como éstas clases se muestran en las 3 bandas individuales.

Ŧ

- Abra la ventana del píxel information y adicione los mapas Mfl87_1w, Mfl87_2w y Mfl87_3w. Mueva el ratón y vea la variación de valores en los tres mapas.
- Amplíe en las zonas que contengan aguas, vegetación, nubes, sombrar y suelos desnudos. Anote en la tabla 2 debajo los valores de los ND por banda de los tipos de cobertura de tierras dadas.
- Calcule la tasa de banda 3/1 usando la calculadora de bolsillo del ILWIS. Por ejemplo, si quiere calcular 34/45, escriba en la línea de comando: ?34/45 (enter). Seleccione al menos 5 pixeles por clase de cobertura.

Tabla 2. Llene los valores de los ND para las bandas indicadas y los tipos de cobertura. También

Cover type	Band 1	Band2	Band3	Band3/Band1
Water				
Vegetation				
Vegetation				
Vegetation				

Curso de perfeccionamiento profesional "EVALUACIÓN DE AMENAZAS Y RIESGOS PARA DESASTRES NATURALES"

Vegetation		
Vegetation		
Clouds		
Shadow		
Bare soils		

Como puede ver de los resultados, no se puede diferenciar el agua de la vegetación en la banda 1. En la banda 3 se pueden diferenciar los dos, pero luego las sombras tendrán también una baja reflectancia. Esta es la explicación del hecho que si tomamos la tasa de la banda 3 y la banda 1, podemos diferenciar el agua.

```
Cierre las ventanas del mapa y del píxel information.
```

Cálculo de las tasas de las bandas.

Ahora calculará la tasa de las bandas 3 y 1.

Ē		
	•	Escriba la siguiente fórmula en la línea de comando: Brmfl=Mfl87_3w/Mfl87_1w
	٠	El diálogo del Raster Map Definition se abre. Haga clic en el
		botón de Create domain , luego se abre éste diálogo.
		Escriba Ratio como nombre del dominio. Seleccione el tipo de
		abre.
	•	Ingrese el valor 0 para el Min y 10 para el May y 0.01 de
	•	ingrese er valor o para er pinn y ro para er pina y oor de
		Precision . Haga clic en OK . Usted regresa al dialogo del Raster
		Map Definition . Cambie también aquí el rango de valor de 0 a 10
		v haga clic en OK .
		Hage deble die en el mana Brmfl. Acequírece que la representación
	•	haga doble cic en el mapa birnin. Asegurese que la representación
		Gray este seleccionada en el dialogo de Display Options. Acepte
		el resto de las alternativas por defecto y haga clic en OK .
	•	El mapa Brmfl se muestra en tonos de grises. Lea los valores en el
		mana v vea si nuede diferenciar el agua del resto. También
		consulto al histograma para este. Encuentre el valor crítico que
		limita el agua de la tierra.

Para encontrar el valor limitante que diferencie el agua de la tierra, es útil crear una representación, con dos colores (azul y verde). Todos los píxeles con valores por debajo del límite se desplegarán en azul (agua) y aquellos con valores mayores en verde (tierra). Cuando cambie el límite al igual que las opciones de desplegado, entonces podrá evaluar si todos los píxeles de agua son clasificados como agua. De ésta forma usted puede encontrar interactivamente el mejor valor para diferenciar tierras de aguas.

Ŧ

- Cuando tenga una idea acerca del valor límite, haga doble clic en el item New Repr del Operation-list. El diálogo de Create representation se abre. Ingrese el nombre de Ratio como nombre de la representación y seleccione el dominio Ratio. Haga clic en OK. El Representation Editor se abre.
- En el menú Edit del Representation Editor, seleccione Insert Limit. Ingrese el valor crítico que diferencia entre tierras y aguas (por ejemplo 0.5) y seleccione el color Blue. Haga clic en OK.
- Active la ventana del mapa y presione el botón derecho del ratón mientras el puntero del mismo se encuentra sobre la imagen. Seleccione el mapa Brmfl del menú context-sensitive. EL diálogo de **Display Options** se abre.
- Seleccione la representación Ratio y haga clic en OK. Ahora el mapa Brmfl es re-desplegado, de acuerdo a la representación Ratio.
- Active la Representation Editor nuevamente. Cambie el color del límite 10 a Green. Haga doble clic en la palabra "stretch" entre los límites hasta que cambie a "upper".

Ŧ

Presione el botón de **Redraw** en la ventana del mapa. Ahora el mapa se muestra en dos colores: azul (agua) ó verde (tierras). Evalúe si el límite 0.5 es correcto para diferenciar agua de tierras. Si no cambia el límite en el **Representation Editor**, entonces presione el botón de **Redraw** nuevamente en la ventana del mapa.

Cuando usted se asegure acerca del valor para diferenciar tierras y aguas, puede usar la operación **Slicing**, para cambiar la tasa de la imagen a mapa de clase. Para la operación del **Slicing**, se requiere un dominio tipo grupo.

Ŧ

- Cree un dominio Mfl. El dominio debe ser clase y group, luego presione OK. Ahora puede ingresar los valores límite y los nombres de las clases. Seleccione Edit, Add Item y llene los valores que usted halló antes como valor límite, y ponga el nombre de Watermfl. Presione OK. Adiciones otra clase: Landmfl como máximo valor límite en el mapa. Cierre el Domain Editor.
- Ahora use la operación de **Slicing**. Mapa de ingreso **Brmfl**, dominio **Mfl** y **Mfl** como mapa de salida.
- Despliegue el mapa Mfl y compárelo con la imagen Brmfl.

Ahora se tiene un mapa clase, indicando el área inundada durante la inundación moderada de 1987.

() I

- Siga el mismo procedimiento para las imágenes de las otras dos fechas: 1-sep-1987 (época seca dando al mapa de la tasa de banda Brdry, el dominio dry, con las clases Waterdry y Landdry y el mapa final como Dry) y 10-oct-1988 (inundación severa, dando al mapa de la tasa de banda Brfl, el dominio fl, con las clases Waterfl y Landfl y el mapa final como Fl).
- Cree una composición de falso color usando las tres bandas del 10oct-1988. El nombre del mapa resultante será **FI88fcc**.
- Despliegue la imagen Fl88fcc y los mapas Dry, Mfl, Fl juntos en la pantalla. Compárelos.
- Cierre la ventana del mapa.

Combinando los tres mapas de los niveles del agua.

Ahora usted tiene los tres mapas que muestran la diferencia en tierras/aguas para los tres períodos: la época seca de 1987, la inundación moderada de 1987 y la inundación severa de 1988. Estos mapas se combinarán en un mapa final, utilizando la operación **Crossing**.

Ē

- Cruce los mapas Dry y Mfl, cree un mapa de cruce y una tabla de cruce, llámelos a ambos **Drymfl**.
 - Cruce los mapas Drymfl y Fl, cree un mapa de cruce y una tabla de cruce, llámelos a ambos **Final**.
 - Convierta el dominio **Final** de **Identifier** a **Class**, presionando el botón de **Convert to Classes** en el diálogo de **Propiertes**.
- Cree una representación **Final**.
- Cree anotaciones para el mapa **Final** y guarde el resultado como una vista.
- Calcule el porcentaje de las diferentes clases del mapa de salida.

Referencias.

- Alexander, D. (1993). Natural disasters. UCL Press Ltd., University College London. 632 pp.
- Maathuis, B.H.P (1993). Flooding Bangladesh: ITC Demo. CZM Toolbox, tools and applications for Coastal Zone Managment, World Coast Conference 1993, pp. 15-18 (+demo diskette).
- van Westen, C.J. (1993). Remote sensing and geographic information systems for geologic hazard mitigation. ITC Journal 1993-4: 393 399.

Ejercicio 3L1. Evaluación de susceptibilidad a deslizamientos utilizando métodos estadísticos

Tiempo estimado:	3 horas
Datos:	del subdirectorio: Riskcity_exercise/exercise03L1/data
Objetivos:	Este ejercicio muestra la forma de realizar un análisis de susceptibilidad de los
	deslizamientos utilizando un método estadístico de dos variables con un número
	limitado de mapas de factores y para un tipo específico de deslizamiento. Se
	utilizará el método de "valor de información", uno de los más sencillos de aplicar en
	Sistemas de Información Geográfica. Se mostrará también el uso de "scripts". El
	mapa final será validado usando el método de la "taza de éxito".

Alguna información de referencia:

En este ejercicio se generará un mapa de susceptibilidad de deslizamientos utilizando un método estadístico básico, sencillo pero útil, llamado "índice de amenaza". Este método está basado en la siguiente formula:

$$W_{i} = \ln\left(\frac{\text{Densclas}}{\text{Densmap}}\right) = \ln\left(\frac{\frac{\text{Area(Si)}}{\text{Area(Ni)}}}{\frac{\sum \text{Area(Si)}}{\sum \text{Area(Ni)}}}\right)$$

donde,

Wi = peso dado a cada clase parámetro (ejemplo: tipo de roca, o valor de pendiente).
 Densclas = densidad de deslizamientos dentro de cada parámetro.
 Densmap = densidad de deslizamientos en el área total.
 Area(Si) = áreas que contienen deslizamientos, para cada parámetro.
 Area(Ni) = área total para cada parámetro.

El método está basado en el cruce de un mapa de deslizamiento con varios mapas de parámetros. El resultado de los cruces es una tabla que puede ser utilizada para estimar la densidad de deslizamientos para cada clase de parámetro. Una estandarización de los valores de densidad puede ser obtenida mediante una relación con la densidad total en el área de estudio. Esta relación puede realizarse por división o por sustracción. En este ejercicio la densidad de deslizamientos por clase es dividida por la densidad total del área de estudio. Se utiliza el logaritmo natural para asignar "pesos negativos" cuando la densidad de deslizamientos es menor que la normal y positivo cuando es mayor a la normal. Al combinar dos o más mapas de "pesos" se puede generar un mapa de amenaza al simplemente añadir los "pesos" individuales. En este ejercicio utilizaremos solamente dos mapas de factores: Litología y pendiente para facilitar el aprendizaje del procedimiento. En la realidad, se deberían evaluar diversos mapas de factores.

Hay dos métodos principales para la evaluación de la susceptibilidad estadísticas de deslizamientos: Múltivariable y bivariado. Ambos requieren un mapa de deslizamientos que debe contener solamente 1 tipo de deslizamiento. Cada tipo de deslizamiento o falla, tiene su propio mecanismo de combinación de los factores causales. El objetivo, es ser capaz de separar los distintos tipos de deslizamientos de la mejor manera posible. Asimismo, sólo debería utilizar las zonas escarpadas y no las zonas de acumulación, porque los factores son ampliamente diferentes.

Evaluación estadística de deslizamientos:

Existen dos tipos principales de evaluaciones estadísticas de susceptibilidad a deslizamientos: multivariable y bi-variables. Ambos métodos requieren un mapa de deslizamientos del mismo tipo ya que cada tipo de deslizamiento o mecanismo de ocurrencia tiene su propia combinación de factores causales. El reto será la capacidad de separar los diferentes tipos de la major manera. Además, se debería utilizar solamente las áreas de escarpe sin incluir las áreas de acumulación ya que los factores que las ocasionan son considerablemente diferentes.

Datos de entrada

En este ejercicio utilizaremos el mapa del inventario de deslizamientos Landslide_ID, el cual ha sido usado en los ejercicios previos y los mapas de los factores, que se describen en la tabla de abajo.

Nombre	Tipo	Características
D	atos de los fa	actores
Slope_cl	Raster	Mapa de pendientes
Aspect_cl	Raster	Mapa de dirección de pendientes
Lithology	Raster	Mapa litológico
Soildepth	Raster	Mapa de profundidad del suelo
Landuse	Raster	Mapa de uso del suelo
River_dis	Raster	Distancia a los ríos
Road_dis	Raster	Distancia a las carreteras
Dato	s de los desli	zamientos
Landslide_ID	Raster	Puntos en cada deslizamiento interpretado con su tabla de atributos asociada
Landslide_ID	Tabla	Tabla de atributos con información de los deslizamientos del área.
Otros datos		
Building_map_segments	Segmentos	Límite de los edificios del área.
High_res_image	Raster	Imagen de alta resolución del área de estudio.

En este ejercicio; el método evaluación de deslizamientos, se lo realizara solamente utilizando un solo factor: Slope_cl (mapa de pendientes clasificado). Los deslizamientos son almacenados en el mapa Landslide_ID, el cual contiene información de varios atributos.

Un mapa de susceptibilidad a deslizamientos indica la susceptibilidad relativa del terreno a sufrir un deslizamiento. Solamente tiene una componente espacial. A diferencia, un mapa de amenaza ante deslizamientos también contiene información relacionada con la probabilidad temporal de ocurrencia. Muchos de los llamados "mapas de amenaza" son realmente "mapas de susceptibilidad" debido a la dificultad de conseguir información temporal para la evaluación de la amenaza.

Susceptibilidad versus

amenaza:

F

Abrir el mapa High_res_image y sobreponerle el landslide_ID. Abrir también varios de los mapas de factores y verificar sus contenidos.

Adicionalmente, se tienen dos mapas de parámetros: litología (unidades geológicas) y pendientes (ángulos de las pendientes).

Para usuarios experimentados de ILWIS: Creando mapas de pendiente y de aspecto.

- Para aquellos interesados en el procedimiento para la generación de mapa de pendiente clasificado y el mapas de aspecto, pueden utilizar el siguiente procedimiento:
 - Crear un DTM por interpolación de contornos (Operations

Filtro DFDX:

Este calcula la primera derivada en la dirección-X (df/dx) por pixel. Los valores en la matriz son: 1 - 8 0 8 -1 Gain factor = 1/12 = 0.0833333 Filtro DFDY: Este calcula primera derivada en la dirección- Y (df/dy) por pixel.

Interpolation / Contour interpolation).

- Para calcular diferencias de altura en la dirección-X: usar la operación Filter, seleccionar el DTM como dato de entrada y escoger el filtro linear dfdx. Nombrar el mapa de salida como DX. Mismo procedimiento para el cálculo en la dirección-Y usando el filtro dfdy. Nombrarlo: DY.
- Calcular la pendiente en grados usando la fórmula en el MapCalc:
- SLOPEDEG = RADDEG(ATAN(HYP(DX,DY)/ PIXSIZE(DEM)))
 - Calcular el aspecto en grados usando la fórmula:
 - ASPECTD = RADDEG(ATAN2(DX,DY) + PI)
- Clasificar el mapa Slope (*File/Create/ Domain*) con clases tipo Group y dominio Slopecl. Por ejemplo, clases para cada 10 grados.
- Seleccionar de la ventana principal: *Operations / Image Processing /Slicing*. Seleccionar el mapa raster Slope, y el dominio **Slopecl**. Nombrar el mapa de salida como **Slopecl**. Usar el mismo procedimiento para el mapa de aspecto.

Hasta ahora solamente hemos explorado el contenido de los mapas. Ahora Empezaremos con el verdadero análisis. Se realizara un análisis estadístico, utilizando deslizamientos con las mismas características. Separaremos los deslizamientos antiguos de los recientes, para lo cual se utilizara una ecuación en el cálculo de mapas.

• Abrir la tabla Landslide_ID.

(F

Se usara solo la clase S (scarp) y las de actividad A (=Active) y R (=Reactivated). Haremos una columna en la tabla en la cual estos tendrán un valor 1 y el resto valor 0. Escribir la siguiente formula en la línea de comando de la tabla:

Active1:=iff(((Activity="a")or(Activity="r"))and (Part="s"),1,0)

- Significado: si la columna Activity tiene clase A (active) o R (reactivated) y la columna Part es S (scarp), entonces el resultado será 1 de lo contrario será 0. ¿Cuantos deslizamientos cumplen estos criterios?
- Cerrar la tabla. Haremos ahora un mapa de atributos. Seleccionar: Operations / Raster Operations / Attribute map. Seleccionar el mapa raster: Landslide_ID, Tabla: Landslide_ID, Atributo: Active1. Nombrar el mapa final como: Active1. Verificar el mapa resultante.
- Se debe cambiar los valores indefinidos a 0. Escriba la siguiente formula en la línea de comando de la ventana principal del ILWIS:

Active:=iff(isundef(Active1),0,Active1)

• Significado: si **Active1** es indefinido, entonces cambie a 0 de lo contrario mantenga el mismo valor.

Nota: Si usted no esta interesado en aprender el procedimiento exacto de cómo se hace el calculo del método del "valor de información", simplemente puede omitir esta parte y pasar a la parte del uso del script que permite automatizar el procedimiento.

Ejercicio 3L1. Evaluación de susceptibilidad a deslizamientos

3L1 - 3

Comanados

condicionales: IFF(a, b, c) Si **a** es verdadera, entonces **b**, y sino **c** IFF de vuelve: si a = verdadero, de vuelve h si a = falso, de vuelve c; si a = indefinido, devuelve valor indefinido La cantidad de condicionantes es ilimitada. Cuando el símbolo = es usado se crea un mapa de salida o una columna adicional: cuando el símbolo:= es usado, se rompe el vínculo de

dependencia del mapa creado o de la columna adicional.

Valores indefinidos:

Estos son indicados con un signo de interrogación (?). Indican ya sea valores faltantes, desconocidos, fuera de rango, o fuera del área de interés.

MapCalc and TabCalc:

Hay fórmulas que se pueden usar en las columnas de tablas (llamadas Table Calculation o TabCalc) y en mapas (llamadas Map Calculation o MapCalc). Ambas en la línea de comando de la ventana principal del ILWIS

Paso 1: Cruzando mapas del factor con el mapa de deslizamientos

Cruce de mapas: Consiste una sobreposición de dos mapas raster en donde se comparan los pixeles correspodientes en ambos mapas. Se almacenan los valores de clases, identificadores o valores de pixels de ambos mapas. Los valores finales se presentan en forma de mapa de cruce y una tabla de cruce. La tabla de cruce incluye la combinación de valores de entrada, clases o Ids, el número de pixeles que ocurren en cada combinación y el área para cada combinación. El mapa de recurrencia de deslizamientos, que muestras solamente los deslizamientos recientes (Activos) puede ser cruzado con los mapas de los factores. En este caso, el mapa **Slope_cl** se selecciona como un ejemplo. Primero, se realiza el cruce entre el mapa de recurrencia con los dos mapas de parámetros.

- P
 - Seleccionar del menu principal ILWIS: *Operations / Raster operations / Cross*.
 - Seleccionar el mapa Slope_cl como primer mapa, el mapa Active como el segundo. Nombre la tabla resultante como: Actslope. (Ignorando los efectos de los valores "indefinidos" ya que han sido eliminados). De-seleccionar la caja Output map. Clic Show y OK. Ahora se cruzarán los dos mapas.
 - Verifique la tabla resultante. Como se observa, la tabla contiene la combinación de los dos mapas de entrada **Slope_cl** con los dos tipos de eventos del mapa **Active**. Cerrar la tabla.

Ahora, la cantidad de pixeles con diferente tipo de actividad en cada clase de pendiente, han sido calculada; también pueden calcularse las respectivas densidades.

Paso 2: Calculando las densidades de deslizamientos

Despues del cruce de mapas, el próximo paso es calcular los valores de densidades. La tabla de cruce incluye las columnas que se usarán durante este ejercicio. Los pasos para el cálculo, se indican a continuación.

Asegúrese de abrir la tabla de cruce Actslope.
Paso 1 : En esta tabla cree una columna en la que se seleccionen solamente el área los deslizamientos activos. Para obtener la nueva columna, escriba en la línea de comando la siguiente expresión:
AreaAct=iff(Active=1,area,0),J
Se realizo esto, para calcular para cada clase de pendiente el área con deslizamientos activos.
Paso 2: Calcular el área total en cada clase de pendiente. Seleccionar del menú de la tabla: <i>Columns / Aggregation</i> . Seleccionar la columna: Area . Seleccionar la función Sum . Agrupar con la columna: Slope_cl . De-seleccionar la caja <i>Output Table</i> e ingresar el nombre de columna de salida Areasloptot . Presionar OK. Seleccionar una precisión de 1.0.
Paso 3 : Calcular el área con deslizamientos activos en cada clase de pendiente. De nuevo seleccione del menú de la tabla: <i>Column / Aggregation</i> . Seleccione la columna: AreaAct , Seleccione la función Sum . Agrupar con la columna Slope_cl . De-seleccionar la caja <i>Output Table</i> , e ingresar la columna de salida: Areaslopeact . Presionar OK. Seleccionar una precisión de 1.0.
Paso 4: Calcular el área total en el mapa. De nuevo, seleccione del menú de la tabla: Columns / Aggregation.Seleccionar la columna: Area. Seleccionar la función Sum. De-seleccionar la caja Output tabla e ingresar la columna de salida: Areamaptot.Presionar OK. Seleccione una precisión de 1.0.

- **Paso 5:** Calcular el área total con deslizamientos en el mapa. De nuevo, seleccione del menú de la tabla: *Columns / Aggregation.* Seleccione la columna: **AreaAct**. Seleccione la función **Sum**. De-seleccionar la caja Output Table e ingresar la columna de salida: **Areamapact**. Presione OK. Seleccione una precisión de 1.0.
- **Paso 6:** calcular la densidad de deslizamientos por clase de pendientes, en la línea de comando escriba:

Densclas=Areaslopeact/Areasloptot↓

Seleccionar una precisión de 0.0001 y usar 4 decimales.

• **Paso 7:** calcular la densidad de deslizamientos para el mapa completo; en la línea de comando escriba:

Densmap=Areamapact/Areamaptot,J

Seleccionar una precisión de 0.0001 y usar 4 decimales.

TIP: Si los valores de *Denclas* y *Densmap* no están calculados con 4 decimales, entonces vaya a la caja de *Properties* y cámbielos.

El resultado se verá como la siguiente figura:

ĺ	Slope_cl	Active	NPix	Area	AreaAct	Areasloptot	Areaslopeact	Areamaptot	Areamapact	Densclas	Densmap	\$
0 - 5 * 0	0 - 5	0	4169438	4169438	0	4173424	3986	14000000	213446	0.0010	0.0152	
0 - 5 * 1	0 - 5	1	3986	3986	3986	4173424	3986	14000000	213446	0.0010	0.0152	
5 - 10 * 0	5 - 10	0	2718437	2718437	0	2723958	5521	14000000	213446	0.0020	0.0152	
5 - 10 * 1	5 - 10	1	5521	5521	5521	2723958	5521	14000000	213446	0.0020	0.0152	
10 - 15 * 0	10 - 15	0	1941860	1941860	0	1952714	10854	14000000	213446	0.0056	0.0152	
10 - 15 * 1	10 - 15	1	10854	10854	10854	1952714	10854	14000000	213446	0.0056	0.0152	
15 - 20 * 0	15 - 20	0	1488289	1488289	0	1502075	13786	14000000	213446	0.0092	0.0152	
15 - 20 * 1	15 - 20	1	13786	13786	13786	1502075	13786	14000000	213446	0.0092	0.0152	
20 - 25 * 0	20 - 25	0	1062314	1062314	0	1086549	24235	14000000	213446	0.0223	0.0152	
20 - 25 * 1	20 - 25	1	24235	24235	24235	1086549	24235	14000000	213446	0.0223	0.0152	
25 - 30 * 0	25 - 30	0	826051	826051	0	854335	28284	14000000	213446	0.0331	0.0152	
25 - 30 * 1	25 - 30	1	28284	28284	28284	854335	28284	14000000	213446	0.0331	0.0152	
40 - 50 * 0	40 - 50	0	407252	407252	0	450340	43088	14000000	213446	0.0957	0.0152	
40 - 50 * 1	40 - 50	1	43088	43088	43088	450340	43088	14000000	213446	0.0957	0.0152	
30 - 40 * 0	30 - 40	0	1017888	1017888	0	1073296	55408	14000000	213446	0.0516	0.0152	
30 - 40 * 1	30 - 40	1	55408	55408	55408	1073296	55408	14000000	213446	0.0516	0.0152	
50 - 60 * 0	50 - 60	0	125097	125097	0	147443	22346	14000000	213446	0.1516	0.0152	
50 - 60 * 1	50 - 60	1	22346	22346	22346	147443	22346	14000000	213446	0.1516	0.0152	
60 - 90 * 0	60 - 90	0	29928	29928	0	35866	5938	14000000	213446	0.1656	0.0152	
60 - 90 * 1	60 - 90	1	5938	5938	5938	35866	5938	14000000	213446	0.1656	0.0152	-

Se calcularon las densidades requeridas para el mapa Slope_cl

Paso 3: Calculando valores de peso

Los valores de pesos finales son calculados al determinar el logaritmo natural de la densidad de clases, dividido por la densidad en el mapa total. Con este cálculo encontraremos que la densidad en el mapa completo es = 213446 / 1400000 = 0.0152

Previamente el cálculo fue hecho al realizar el cruce entre los mapas **Slope_cl** y **Active**. Como puede verse en las tablas de abajo, se generan muchos valores redundantes mientras que nosotros queremos las densidades y pesos para cada clase de pendiente. El resultado más bien debería verse como en la tabla de abajo, en donde a cada clase de pendiente le corresponde un solo registro. Esta es la razón por la que ahora trabajaremos con la tabla de atributos conectada al mapa **Slopecl** y usaremos "table joining" combinado con la función "aggregation" para obtener los datos de la tabla de cruce.

	Areasloptot	Areaslopeact	Areamaptot	Areamapact	densclas
0 - 5	4173424	7972	28000000	426892	0.0020
5 - 10	2723958	11042	28000000	426892	0.0040
10 - 15	1952714	21708	2800000	426892	0.0112
15 - 20	1502075	27572	28000000	42 6892	0.0184
20 - 25	1086549	48470	28000000	426892	0.0446
25 - 30	854335	56568	2800000	426892	0.0662
30 - 40	1073296	110816	28000000	42 6892	0.1032
40 - 50	450340	86176	28000000	42 6892	0.1914
50 - 60	147443	44692	2800000	426892	0.3032
60 - 90	35866	11876	28000000	42 6892	0.3312

Ŧ

- Crear la tabla **Slope_cl** para el dominio **Slope_cl**. Esta tabla no tendrá columnas, a excepción de la columna del dominio. Repetir el procedimiento de arriba pero ahora con con "table joining".
- **Paso 1:** calcular el area total en cada clase de pendiente. Seleccionar Columns, Join. Seleccionar table **Actslope**. Seleccionar column: Area. Seleccionar function Sum. Seleccionar grupo con la columna: **SlopecI**. Seleccionar columna de salida **Areasloptot**. Presionar OK.
- **Paso 2:** calcular el area con deslizamientos activos en cada clase de pendientes. Seleccionar Columns, Join. Seleccionar table: **Actslope**. Seleccionar la columna **Areaact**. Seleccionar función Sum. Seleccionar grupo con la columna **SlopecI**. Seleccionar columna de salida **Areaslopact**. Presione OK.
- **Paso 3:** con ambas columnas calcular la densidad de deslizamientos en cada clase de pendientes usando la fórmula:

Densclas:=Areaslopact/Areasloptot.J

Seleccionar una precision de 0.0001.

 Al observar los resultados se verá que algunas clases tienen una densidad de 0. Esto debería ser ajustado ya que el cálculo de pesos con densidad 0 no será posible. Para eso usar la siguiente fórmula:

Dclas:=iff(Densclas=0,0.0001,Densclas).

- El peso final se puede calcular ahora con:
 Weight:=ln(Dclas/0.0152).
- Verificar los pesos resultantes en la tabla. ¿Que clase de pendientes tiene la
- relación más importante de deslizamientos?
- Cierre la tabla.

Paso 4: Creando los mapas de peso

Los pesos de la tabla anterior ahora pueden ser utilizados para renumerar los mapas.

(F

- Seleccionar del menu principal de ILWIS: Operations, Raster operations, Attribute map. Seleccionar el mapa raster **Slope_cl**, tabla **Slope_cl**. Seleccionar el atributo **Weight**. Seleccionar el mapa de salida **Wslope_cl**. Presionar OK.
- Mostrar el mapa resultante **Wslope_cl**. Hacer "stretch" entre -2.5 and +2.5
- Usar el mismo procedimiento para el otro parámetro Lithology. Nombrar la tabla como Lithology_cl con dominio lithology. El mapa resultante puede ser llamado: WLithology.
- Los pesos para los dos mapas pueden ser añadidos con la siguiente fórmula:

Weight1=Wslope_cl+WLithology.J

 Mostrar el mapa Weight1 y usar la ventana de "pixel information" para chequear la información de los mapas Slope_cl, Wslopecl, Lithology, WLithology y Weight1.

Paso 5: Uso de scripts (para calcular todos los mapas de factor)

Se puede automatizar el procedimiento de cálculo utilizando un "script" el cual contendrá las formulas para las operaciones de ILWIS. Los parámetros pueden ser usados del tipo %1 - %9. Se puede desarrollar un script copiando la (s) formula (s) que se muestran en la línea de commando cuando se ejecutan las operaciones normales y luego pegándolas en el script. El cálculo de formulas de tabla necesitan la palabra TABCALC al inicio. Para mas detalles sobre scripts consultar el ILWIS Help, la guía del usuario de ILWIS.

Script:

Es una lista secuencial de comandos y expresiones de ILWIS. Al crear un script se puede desarrollar un análisis completo personalizado en SIG o sensores remotos. Cada línea del script es una orden que ILWIS ejecuta. A través de un script se pueden hacer operaciones con objetos mostrar (copiar o borrar), objetos (abrir o mostrar), y crear objetos a través de cálculos. Todas las operaciones de mapas y tablas pueden ser utilizadas en un script. Adicionalmente, se pueden invocar otros scripts e iniciar otras aplicaciones de Windows en un script.

Ŧ

- En la siguiente página se muestra un script para automatizar el análisis. Seleccionar *File/Create/Script*, y copiar el texto en la ventana del script. Guardarlo como **Weights**
 - Ahora cierre el script y ejecutelo usando la línea de comando:
 - Run weights Slope_cl
- De igual manera, se puede ejecutar un script para otros mapas de parámetros que se consideren importantes en ocurrencia de deslizamientos tales como litología, uso del suelo, distancia a los ríos, etc.

Run weights aspect_cl Run weights Landuse Run weight River_dis Run weight Lithology etc.

Parámetros en scripts:

Un script puede usar parámetros. Estos reemplazan nombres de operaciones, objetos, etc. Los parámetros en los scripts trabajan como parámetros reemplazables de archivos batch de DOS y deben ser escritos en la Tab Script en el editor %1, %2, %3, hasta %9.

	<pre>//script for Information value method // required parameters: %1 = name of the factor map, which should be a class map</pre>
	del active%1.* -force del %1w.* -force
	//calculation in cross table Active%1.tbt := TableCross(%1,active,IgnoreUndefs) Calc Active%1.tbt
	<pre>//Calculate the area of landslides in the crosstable only for the combinations with landslides Tabcalc Active%1 AAct:=iff(active=1,Area,0)</pre>
	//create an attribute table crtbl %1w %1
	<pre>//calculate the total area of landslides within each class of the factor map Tabcalc %1w Areaclassact:= ColumnJoinSum(Active%1.tbt,AAct,%1,1)</pre>
	<pre>//calculate the total area of the class of the factor map Tabcalc %1w Areaclasstot:= ColumnJoinSum(Active%1.tbt,Area,%1,1)</pre>
	<pre>//calculate the total area of landslides in the map Tabcalc %1w Areaslidetot:= ColumnJoinSum(Active%1.tbt,AAct,,1)</pre>
	//calculate the total area of the map Tabcalc %1w Areamaptot:= ColumnJoinSum(Active%1.tbt,Area,,1)
	//calculate the density of landslides in the class Tabcalc %1w dclass { vr=::0.000001}:=Areaclassact/Areaclasstot
	<pre>//correcting for those areas that have no landslides Tabcalc %1w densclass { vr=::0.000001}:= iff((isundef(dclass))or(dclass=0), 0.000001, dclass)</pre>
Luego de ejecutar cada script se pueden verificar los pesos en la tabla de	//calculate the density of landslides in the map Tabcalc %1w densmap { vr=::0.000001}:=Areaslidetot/Areamaptot
mapa de parámetros es una herramienta útil para predicción de	//calculate the weight Tabcalc %1w weight:=In(densclass/densmap)
deslizamientos. También querrá combinar diferentes parámetros para crear otros	<pre>//generating the weight map active%1:= MapAttribute(%1,%1w.tbt.weight)</pre>
rnas utiles. Este es un proceso iterativo.	Show active%1.mpr

Paso 6: Combinando los pesos en mapa final de susceptibilidad

Luego de ejecutar el script para todos los mapas de factores y de seleccionar los mapas que se quieren usar para la creación del mapa final, solamente se deben sumar para obtener el mapa de peso final.



En la línea de comando escriba la siguiente expresión:

Weight:=activeaspect_cl+activeslope_cl+activelihtology+ activelanduse+activeriver_dis

El mapa Weight tiene muchos valores y no puede ser presentado como un mapa cualitativo de amenazas o susceptibilidad. Será mejor clasificarlo en unidades más pequeñas.

¢ P	Calcular el histograma del mana Weight y seleccionar les valeres
•	limites para clasificar en tres clases: Amenaza Baja, Moderada y Alta.
•	Crear un nuevo dominio: Susceptibility : File, Create, Create domain. El dominio deberá ser de Clases y Group. Ingresar los nombres y los límites de clases del dominio. Al terminar, cerrar la ventana de dominio.
•	El último paso es usar la operación Slicing. Selccionar: Operations, Image processing, slicing. Seleccionar raster map: Weight . Seleccionar mapa de salida: hazard. Seleccionar dominio: hazard . Presionar Show y OK.
•	Evaluar el mapa de salida con Pixel information. Si es necesario, ajustar los valores de los límites del dominio Hazard y correr la operación Slicing de nuevo hasta que se esté satisfecho con el resultado.
Par	a usuarios expertos de ILWIS:
•	Es también importante incluír las áreas ocupadas por deslizamientos antiguos en el mapa de amenaza. Esto puede hacerse con una formula de cálculo. Diseñar el procedimiento y la formula necesaria. Darle el nombre Final

Paso 7: Calculando la tasa de éxito.

El "poder predictivo" de los mapas de peso resultantes pueden ser evaluados y analizados a través del cálculo de la tasa de éxito y tasa de predicción. La tasa de éxito es calculada al ordenar los pixeles del mapa de susceptibilidad en clases, de valores altos a bajos, basados en la frecuencia de la información en el histograma. Luego de esto, se desarrolla un un overlay con el inventario de deslizamientos y entonces se calcula la frecuencia de unión. La tasa de éxito indica que porcentaje de todos los deslizamientos ocurren en pixels con los más altos valores en las diferentes combinaciones de mapas. Por ejemplo, si el 50% de todos los deslizamientos son predecidos por el 10% de los pixeles con los más altos valores del mapa.

Ŧ

- Crear un script para el cálculo de la tasa de éxito usando el ejemplo de script abajo. Nombrarlo: **success**
- Correr el script para tasa de éxito:

Run success weight

- Luego de correr el script abrir la tabla Activeweight. Mostrar la columna percentmap en el eje X y la columna percentlandslide en el eje Y. Evaluar los resultados y escoger los mejores límites de clases para dividir el mapa en susceptibilidad alta, moderada y baja.
- Utilizar estos valores para clasificar de Nuevo el mapa final.





Algunos comentarios finales:

- El método, por rezones didácticas, fue corrido usando solo unos pocos mapas de parámetros. En la realidad, muchos otros parámetros deberían ser utilizados. El método también puede ser usado para diferenciar los parámetros más importantes.
- El análisis debería ser hecho para diferentes tipos de deslizamientos ya que cada tipo tiene su propia combinación de factores causales.
- El método de índice de amenaza es útil y simple. Existen muchos otros métodos que pueden ser más apropiados de acuerdo a los objetivos del estudio, el tamaño del área y la disponibilidad de datos de entrada.

Para usuarios experimentados de ILWIS:

• Hay otro script en el directorio que puede ser usado para un método más complicado: pesos de evidencia. Se puede utilizar si se desea.

rem ILWIS Script for Weights of Evidence //The parameter %1 refers to the name of the factor map. It should be less than 7 characters long. // Make sure that each map has a domain with the same name //FIRST WE WILL DELETE EXISTING RESULT FILES // the crosstable s%1.tbt //The attribute table %1.tbt // and we make a new attribute table del s%1.* del w%1.* del %1.tbt crtbl %1 %1 //NOW WE CROSS THE FACTOR MAP WITH THE ACTIVITY MAP // The landslide map should be called ACTIVE and should have either 0 or 1 values. 1 values mean landslides. // The cross table is called s%1 s%1=TableCross(%1.mpr,active.mpr,IgnoreUndefs) calc s%1.tbt //Now we calculate one column in the cross table to indicate only the pixels with landslides. Tabcalc s%1 npixact=iff(active=1,NPix,0) //NOW WE USE AGGREGATION FUNCTION, WITH OR WITHOUT A KEY TO CALCULATE: //NCLASS = number of pixels in the class. We sum the values from columns Npix and group them by %1//nslclass = number of pixels with landslides in the class. We sum the values from columns Npixact and group them by %1 //nmap = number of pixels with landslides in the map. We sum the values from columns Npix and don't group them //nslide = number of pixels with landslide in the map. We sum the values from columns Npixact and don't group them //THE RESULTS ARE NOT STORED IN THE CROSS TABLE S%1 BUT IN THE ATTRIBUTE TABLE %1 Tabcalc s%1 %1.nclass = ColumnJoinSum(s%1.tbt,Npix,%1,1) Tabcalc s%1 %1.nslclass = ColumnJoinSum(s%1.tbt,Npixact,%1,1) Tabcalc s%1 %1.nmap = ColumnJoinSum(s%1.tbt,Npix,,1) Tabcalc s%1 %1.nslide = ColumnJoinSum(s%1.tbt,Npixact,,1) //NOW WE CALCULATE THE FOUR VALUES NPIX1 - NPIX4 AS INDICATED IN THE EXERCISE BOOK. THIS IS DONE IN THE ATTRIBUTE TABLE // We correct for the situation when Npix1 - Npix3 might be 0 pixels, and change it into 1 pixel Tabcalc %1 npix1 =IFF((nslclass>0),nslclass,1) Tabcalc %1 npix2 = IFF((nslide-nslclass)=0,1,nslide-nslclass) Tabcalc %1 npix3 = IFF((nclass-nslclass)=0,1,nclass-nslclass) Tabcalc %1 npix4 = nmap-nslide-nclass+nslclass //NOW WE CALCULATE THE WEIGHTS IN THE ATTRIBUTE TABLE Tabcalc %1 wplus {dom=value.dom; vr=-10:10:0.00001} = LN((npix1/(npix1+npix2))/(npix3/(npix3+npix4))) Tabcalc %1 wminus {dom=value.dom; vr=-10:10:0.000001} = LN((npix2/(npix1+npix2))/(npix4/(npix3+npix4))) //NOW WE CALCULATE THE CONTRAST FACTOR Tabcalc %1 Cw = wplus-wminus //NOW WE CALCULATE THE FINAL WEIGHT //The final weight is the sum of the positive weight and the negative weights of the other classes Tabcalc %1 WminSum=aggsum(wminus) Tabcalc %1 Wmap=wplus+Wminsum-Wminus //NOW WE MAKE AN ATTRIBUTE MAP OF THE FINAL WEIGHTS w%1.mpr = MapAttribute(%1,%1.Wmap) calc w%1.mpr

Ejercicio 3L2. Evaluación deterministica de amenaza por deslizamiento de terreno

Tiempo estimado:	3 horas
Datos:	datos del subdirectorio:/exercise04
Objetivos:	Este ejercicio le muestra cómo llevar a cabo análisis básico de estabilidad de taludes usando el modelo de pendiente infinita. Se calculará la estabilidad para cada píxel de diferentes escenarios, en relación profundidad de agua subterránea/profundidad de la
	superiicie de faila.

Alguna información teórica:

El objetivo final del análisis de amenaza por deslizamiento de terreno a gran escala (escalar mayores que 1:10,000) es crear mapas de amenaza cuantitativos. El grado de amenaza puede ser expresado por el Factor de Seguridad, el cual es la relación entre las fuerzas que hacen el talud fallar y aquellas que previenen al talud de fallar. Los valores F mayores que 1 indican condiciones estables y valores F menores que 1 inestables. Si F=1 el talud está en punto de fallo.



Alguna información teórica:

Existen muchos modelos diferentes para el cálculo de los Factores de Seguridad. Aquí usaremos uno de los más simples, el llamado **modelo de pendiente infinita**. Este modelo unidimensional describe la estabilidad de los taludes con un plano de falla infinitamente grande. El puede ser usado en un SIG, ya que el cálculo puede hacerse sobre la base de un píxel. Los pixeles en los mapas de parámetros pueden ser considerados como unidades homogéneas. El efecto de los pixeles vecinos no es considerado y el modelo puede ser usado para calcular la estabilidad en cada píxel individual, resultando en un mapa de factores de seguridad. El factor de seguridad es calculado según la siguiente fórmula (Brunsden and Prior, 1979):



El modelo de pendiente infinita puede ser usado en perfiles y en pixeles. El análisis entero requiere primero la preparación de los datos base. La partes sobre la modelación del agua subterránea y la modelación de la aceleración sísmica no se muestran aquí. Para más información ver Van Westen (1993). En este ejercicio se realizará solo el cálculo de los factores de seguridad promedio para diferentes escenarios. Estos mapas de factores de seguridad pueden ser empleados en la creación de mapas de probabilidad de fallo.

Visualización de los datos de entrada

En este ejercicio el análisis de estabilidad de taludes es realizado usando solo dos mapas de parámetros: **Soildepth** (espesor del suelo) y **Slope_map** (ángulo de pendiente en grados).

• Abrir los mapas **Soildepth** y **Slope_map** y verificar los valores de los mapas. Clic *OK* en la cuadro de dialogo *Display Options* y despliegue el mapa.

Nosotros asumimos que:

(F

La profundidad del posible plano de falla, es tomando en cuenta contacto del suelo y el material subyacente meteorizado.

Todos los suelos tienen los mismos valores de cohesión, ángulo de fricción y peso unitario.

M:

Zw/Z = Profundidad del agua subterránea / Profundidad de la superficie de falla En la primera parte del ejercicio, calcularemos la estabilidad de la cobertura del suelo empleando solo un simple valor de cohesión, ángulo de fricción interna y densidad. La consecuencia de esto es que los factores de seguridad no serán calculados para el área entera, sino solo para áreas donde hay suelo sobre la roca.

Además la profundidad del suelo que se asume que es la misma que la profundidad de la superficie de fallo, y la pendiente sobre el terreno, necesitamos conocer otros parámetros de la fórmula de pendiente infinita. Del análisis de laboratorio se conocen los siguientes valores:

c'	= cohesión efectiva (Pa= N/m ²)	= 11000 Pa
γ _w	= peso unitario del agua (N/m ³)	$= 10000 \text{ N/m}^3$
Z	= profundidad de la superficie de falla (m)	= mapa Soildepth
β	= inclinación de la pendiente de la superficie (°)	= mapa Slope_map
φ́	= ángulo efectivo de resistencia al corte (°)	= 32 °
tan(ø	') = tangente del ángulo efectivo de resistencia al cort	te= 0.625

El único parámetro desconocido es la profundidad del agua subterránea. En la fórmula esta es expresada como el valor m, el cual es la relación entre la profundidad del agua subterránea y profundidad de la superficie de falla.

Preparación de los datos

Seno y coseno

Las funciones ILWIS de seno y coseno solo trabajan con valores de entrada en radianes y mana de pendiente Slope_map está en arados. Entonces. primero necesitamos convertir el mapa de pendientes de grados a radianes.

Antes de empezar con el análisis, necesita reorganizar el mapa **Slope_map**. Para el cálculo se necesitara tres parámetros, que pueden derivarse del mapa de pendientes:

sin(slope) =	el seno de la pendiente
cos(slope) =	el coseno de la pendiente
cos2(slope) =	cos(slope)*cos(slope)

Las funciones ILWIS de seno y coseno solo trabajan con valores de entrada en radianes y mapa de pendiente Slope_map está en grados. Entonces, primero necesitamos convertir el mapa de pendientes de grados a radianes. ILWIS tiene una función Degrad para esto:



Ŧ

• Escriba la siguiente fórmula en la línea de comandos:

Slrad:=degrad(Slope_map)니

Acepte el mínimo, máximo y precisión por defecto.

 Abra el mapa resultante y compare los valores del mapa Sirad con aquellos del mapa Siope_map. Con el comando de *pixel information* haga clic en algunos puntos del mapa y lea los valores en grados y radianes. Por ejemplo, usted puede escribir en la línea de comandos de

Ejercicio 3L2. Evaluación deterministica de amenaza por deslizamiento



la ventana principal del ILWIS la siguiente formula: **?10.77*2*3.14/360**

Ahora, se tiene las pendientes en radianes y se puede calcular el seno y el coseno. Se calculará mapas individuales para estos dos factores; de manera que la fórmula del factor de seguridad, pueda ser calculada de forma más sencilla.

Ŧ

• Escriba la siguiente formula en la línea de comandos:

Si:=sin(Slrad).J

(con esta formula calcula el seno de la pendiente). Acepte los valores por defecto para mínimo (-1), máximo (+1) y de una precisión de 0.001.

- Abra el mapa de resultado y compare los valores del mapa **Si** con **SIrad**. Calcule esto con el calculador de línea de ILWIS o el calculador de Windows para algunos pixels, empleando la fórmula anterior.
- Escriba la siguiente formula en la línea de comandos:

Co:=cos(Slrad).⊣

(con esta formula usted calcula el coseno de la pendiente). Acepte los valores por defecto para el mínimo (-1), máximo (+1) y de una precisión de 0.001.

- Abra el mapa resultado y compare los valores del mapa **Co** con aquellos del mapa **Sirad**. Revise algunos pixeles, usando la fórmula dada arriba.
- Escriba la siguiente formula sobre la línea de comandos:

Co2=sq(Co).⊣

(con esta formula usted calcula el cuadrado del coseno, usando la función ILWIS Sq()).

Acepte los valores por defecto del mínimo, máximo y precisión

• Revise los resultados nuevamente.

Ahora se conocen todos los parámetros necesarios para la fórmula, excepto el parámetro *m* relacionado con la profundidad del agua subterránea.

Creando una función para la formula de pendiente infinita

En las siguientes secciones usará la fórmula de la pendiente infinita muy frecuente para diferentes escenarios y diferentes datos de entrada. Para evitar que tenga que reescribir la fórmula cada vez, es mejor crear una función definida por el usuario.

P

- Haga doble clic en New Function en la lista de operaciones. Se abrirá el cuadro de dialogo para crear funciones.
- Escriba el nombre de la función: **Fs** Escriba la expresión:

Funciones

Además de tener muchas funciones internas preprogramadas, el ILWIS da al usuario la posibilidad de crear nuevas funciones. Especialmente cuando usted necesita eiecutar ciertos cálculos que requieren escribir muchas veces. Las funciones definidas por el usuario pueden ahorrar mucho tiempo. Es una expresión que puede contener una combinación de operadores de funciones, mapas y columnas de tablas.

(Cohesion+(Gamma-M*Gammaw)*Z*Co2*Tanphi)/(Gamma*Z*Si*Co)

Escriba la descripción: Factor de seguridad.

• Clic OK. El cuadro de dialogo de editar funciones se abrirá. Clic OK.

En este cuadro de dialogo usted puede editar la expresión de la función. Ahora la expresión es:

Function fs(Value Cohesion,Value Gamma,Value M,Value Gammaw,Value Z,Value Co2,Value Tanphi,Value Si,Value Co) : Value

Begin

Return (Cohesion +(Gamma-M*Gammaw)*Z*Co2*Tanphi) /(Gamma*Z*Si*Co) End;

Como puede ver la función contiene las siguientes variables (listadas en la primera línea):

- Valor Cohesion: el valor de la cohesión efectiva.
- Valor gamma: el valor del peso unitario del suelo.
- Valor m: el valor de la relación z_w/w .
- Valor gammaw: el valor del peso unitario del agua.
- Valor z: el valor de la profundidad de la superficie de falla por debajo de la superficie.
- Valor co2: el valor del cuadrado del coseno de la pendiente.
- Valor tanphi: el valor para la tangente del ángulo efectivo de resistencia al corte.
- Valor si: el valor del seno de la pendiente.
- Valor co: el valor del coseno de la pendiente.

Function Name	Fs	1
Expression:	<u>.</u>	
ma-M"gammaw)'	'Z"Co2"Tanphi)/(Gamma'Z"Si"Co)	
Description		
Description		
Safety factor		
Safety factor		

Sin embargo, un número de estas variables están establecidas y pueden ser usadas en todos los cálculos. La variables establecidas son: Valor de Cohesión (11000 Pa), Valor de Gammaw (10000 N/m³), Valor de Z (mapa raster **Soildepth**), Valor de Co2 (mapa raster **Co2**), Valor de Tanphi (**0.625**), Valor de Si (raster map **Si**), y Valor de Co (raster map **Co**).

Así puede simplificar la función considerablemente, de manera que luzca como:

```
Function fs(Value Gamma,Value M) : Value
Begin
Return(10000+((Gamma-m*10000)*Soildepth*Co2*0.58))
/(Gamma* Soildepth *Si*Co)
End;
```

Como puede ver hay solo dos variables: Valor de Gamma y valor de M.

•	Edite la función hasta que luzca como anteriormente. Clic OK.

Calculando los factores de seguridad para escenarios de agua subterránea

Ahora que la función ha sido creada, puede empezar a calcular los mapas de factor se seguridad para diferentes escenarios. En la primera parte calculará los factores de seguridad para diferentes escenarios, donde solo la lluvia es el factor disparador. No verá aún la influencia de un terremoto.

Condición seca

Primero calculará el factor de seguridad para suelos, bajo la suposición de que el suelo está completamente seco. En este caso el parámetro *m* es cero.

Recuerde que los demás parámetros fueron dados en la página anterior.

c' =	Cohesión efectiva (Pa= N/m2)	= 10000 Pa
γ =	Peso unitario del suelo (N/m3)	= 11000 N/m3
γw =	Peso unitario del agua (N/m3)	= 10000 N/m3
z =	Profundidad de la superficie de falla debajo de la superfici	cie (m) = map Soildepth
m =	Relación zw/z (adimensional)	= 0
β =	Inclinación de la pendiente de la superficie (°)	= map Slope_map
φ' =	Angulo efectivo de resistencia al corte (°)	= 32 °
$tan(\phi') =$	Tangente del ángulo efectivo de la resistencia al corte	= 0.625
$sin(\beta) =$	Seno del ángulo de la pendiente	= map Si
$\cos(\beta) =$	Coseno del ángulo de la pendiente	= map Co
$\cos 2(\beta) =$	Cuadrado del coseno del ángulo de la pendiente	= map Co2

Ahora puede comenzar con el cálculo real del mapa promedio del factor de seguridad representando la situación bajo las condiciones secas. La dos variables para la función *fs* son **11000 (Valor Gamma)** y **0 (Valor M)**.

Ŧ

• Escribir la siguiente formula en la línea de comandos:

Fdry:=fs(11000,0).」

- Usar mínimo 0, máximo 100, y una precisión 0.1.
- Abrir el mapa resultado y comparar los valores del mapa **Fdry** con aquellos de los mapas de entrada. Calcular el factor de seguridad manualmente para algunos pixeles con el calculador de línea o el calculador de Windows, empleando la fórmula de pendiente infinita.

El mapa resultante (**Fdry**) tendrá algunos pixeles con valores desaparecidos indicados por un signo de interrogación (?). Puede investigar estos pixeles y ver que sus valores no pueden ser calculados por la ausencia de suelo o porque las áreas son muy planas. Ambas condiciones indican estabilidad y así pueden ser consideradas como estables.

Como puede imaginar una situación con un suelo complemente seco no ocurre en una región tropical como RiskCity, la cual recibe cantidad de lluvia todo el año. En este caso el mapa **Fdry** da la situación más estable. Veamos que por ciento del área es inestable bajo estas condiciones. A fin de conocer esto primero vamos a clasificar el mapa **Fdry** en tres clases:

Inestable	= factor de seguridad menor que 1
Critico	= factor de seguridad entre 1 y 1.5
Estable	= factor de seguridad mayor 1.5

() I			
	•	Cree un nu clases:	evo dominio Stabil (type class, group) con las siguientes tres
		<u>Boundary</u>	Name
		1	Inestable
		1.5	Critico
		100	Estable
	•	Use la oper en el mapa	ración Slicing para clasificar el mapa Fdry con el dominio Stabil Fdryc.
	•	Calcular ur sobre una valores par	n histograma del mapa Fdryc y escribir tres clases en una tabla hoja de papel con la columna Dry . Posteriormente calcularemos ra otras situaciones.

El porcentaje de pixeles clasificados de inestable le da un indicador del error, ya que la ocurrencia de pixeles inestables bajo condiciones completamente seca es imposible.

Condición completamente saturado

En el próximo escenario evaluará como condición que las pendientes estén complemente saturadas. Esto también no es una situación muy realista, pero no dará la estimación más pesimista de estabilidad de taludes, con un solo factor disparador involucrado (lluvias generando alto niveles de agua subterránea)

Cuando tenemos un suelo saturado, el factor m de la fórmula de pendiente infinita es igual a 1. Esto significa que el nivel freático está en la superficie. También hay otro parámetro que varia cuando el suelo está complemente saturado, el cual es γ :

c' =	Cohesión efectiva (Pa= N/m ²)	= 10000 Pa
γ =	Peso unitario del suelo (N/m ³)	$= 16000 \text{ N/m}^3$
$\gamma_w =$	Peso unitario del agua (N/m ³)	$= 10000 \text{ N/m}^3$
z =	Profundidad de la superficie de falla debajo de la superficie (m) = map Soildepth
<i>m</i> =	Relación z _w /z (dimensionless)	= 1
β =	Inclinación de la pendiente de la superficie (°)	= map Slope_map
φ [´] =	Angulo efectivo de resistencia a la cizalla (°)	= 32 °
$tan(\phi') =$	Tangente del ángulo efectivo de la Resistencia de falla	= 0.625
$sin(\beta) =$	Seno del ángulo de la pendiente	= map Si
$\cos(\beta) =$	Coseno del ángulo de la pendiente	= map Co
$\cos^2(\beta) =$	Cuadrado del coseno del ángulo de la pendiente	= map Co2

La dos variables para la función fs son 16000 (valor gamma) y 1 (valor m).

Ŧ		
	•	Escriba la siguiente formula en la línea de comando:
		Fsat:=fs(16000,1).J
	•	Use mínimo de 0, máximo 100, y una precisión de 0.1. Cambie la georeferencia a " Somewhere ".
	•	Abra el mapa resultado y compare los valores del mapa Fsat con los del

Ejercicio 3L2. Evaluación deterministica de amenaza por deslizamiento

mapa **Fdry** y el mapa de entrada. Calcule el factor de seguridad manualmente para algunos pixeles con el ILWIS o con el Windows, empleando la fórmula anterior.

- Use la operación Slicing (en image processing) para clasificar el mapa **Fsat** con el dominio **Stabil** creando el mapa **Fsatc**.
- Calcule el histograma del mapa Fsatc y escriba los porcentajes de las tres clases en una tabla en una hoja de papel con el nombre de la columna Sat. Compare estos con la columna Dry.

Ahora que hemos calculado todos los escenarios, podemos compararlos. Esto se puede hacer en una tabla.

Ĩ		
	•	Cree una tabla con el dominio Stabil .
	•	Vaya a Columns, Join y seleccione Table histogram de Fdryc ; use la columna Npixpct . De el nombre Dry a la columna de salida. Acepte los valores implícitos y click OK.
	•	También una el archivo histograma del mapa Fsatc. Déle el nombre Sat.
	•	Haga Click en el botón gráfico en el menú principal, quite las marcas del eje X, selecciones Dry como eje Y y haga click en OK. Verá un histograma del por ciento de área con clases de diferente estabilidad en la condición seca.
	•	En la misma ventana Graph, vaya a <i>Edit menu, Add Graph</i> y seleccione <i>from columns</i> . Seleccione eje Y Sat . Ahora verá el histograma del por ciento de diferentes clases de estabilidad en condiciones seca y saturada uno junto a otro.
	•	Escriba sus conclusiones sobre el efecto del agua subterránea en la estabilidad de los suelos en el área.

Condición parcialmente saturado

(F

Ahora diseñará algunos escenarios usted mismo donde usará valores m que varían de 0 a 1, y verá el efecto de la estabilidad.

• Diga sus conclusiones sobre el efecto del agua subterránea sobre la estabilidad de taludes en los suelos del área.

Para usuarios ILWIS experimentados

Para usuarios ILWIS experimentados:

Usando diferentes valores para la cohesión y el ángulo de fricción

 También es importante incluir diferentes valores para cohesión, ángulo de fricción y peso unitario de los suelos para diferentes suelos o tipos litológicos. Usted puede hacer esto adicionando columnas Cohesion, FrictionAngle y Gamma para la tabla Lithology.
[©] Para usuario ILWIS experimentados: Usando diferentes profundidad de falla

• En el ejercicio solo usamos una profundidad de falla, tomada como profundidad de suelo. Esto no es muy realístico. Calcule la estabilidad de taludes para diferentes profundidades de falla: 2, 3, 5, y 10 metros.

Para usuarios ILWIS experimentados:

Encuentre los valores de m críticos

 Diseñe un método para encontrar valores críticos de m que mantengan la pendiente en estado de equilibrio (F=1) para diferentes combinaciones de profundidades de suelo y pendiente.

$$F = \frac{c' + z(\gamma \cos^2 \beta - \rho a_h N \cos \beta \sin \beta - \gamma_w m \cos^2 \beta) \tan \varphi'}{z(\gamma \sin \beta \cos \beta + \rho a_h N \cos^2 \beta)}$$

- C' = Cohesión efectiva (Pa)
- z = Profundidad de la superficie de falla debajo de la superficie (m)
- γ = Peso unitario del suelo (Nm⁻³)
- β = Inclinación de la superficie del terreno (grados)
- ρ = Densidad (kgm⁻³)
- Ah = Aceleración pico horizontal de la roca (ms^{-2})
- N = Amplificación de la aceleración sísmica en el suelo
- γ_w = Peso unitario del agua (Nm⁻³)
- $M = Agua subterránea/ratio del espesor del suelo <math>z_w/z$
- Z_w = Altura del agua por encima de la superficie de falla (m)
- ϕ' = Angulo efectivo de la resistencia de corte (grados)

Ejercicio 4A: Generacion de una base de datos de elementos en riesgo si no se tiene nada de informacion

Tiempo estimado: 3.5 horas

Datos:

Objetivos:

Los datos se encuentran en el subdirectorio: *Riskcity_exercises/exercise04a/data* Este ejercicio da un método para la generación de una base de datos de elementos al riesgo dentro de RiskCity, enfocandose los edificios y la población. En este ejercicio asume que no esta disponible ninguna información detallada de los edificios y el número de edificios tiene que ser estimado basandose en el tipo de uso urbano del suelo y el promedio de la superficie de los edificios por tipo de uso del suelo. Las estimaciones de la población se realizan en base al espacio o superficie del edificio.

La valoración del riesgo mediante un SIG, puede hacerse en base a la siguiente ecuación básica: **Riesgo = Amenaza** * Vulnerabilidad * Cantidad de elementos en riesgo

En este ejercicio, nosotros estamos limitándonos solo la fila superior: los edificios y población. Esto es debido al tiempo limitado para los ejercicios también porque en la práctica son considerados los primeros. Sin embargo, para una completa valoración del riesgo, también debe evaluar los impactos directos e indirectos de otros tipos de elementos en riesgo.

Son numerosos los elementos en riesgo que pueden ser afectados por varias amenazas o eventos riesgozos, y puede ser clasificados de muchas maneras. La tabla a continuación proporciona un ejemplo de clasificación.

Elementos físicos	Población
Edificios: Uso urbano del suelo, tipos	Densidad poblacional, distribución por
de construcción, altura de los edificios,	área, distribución en el tiempo,
edad de los edificios, superficie, costo	distribuciones de edades, distribución de
de reemplazo.	genero, gente incapacitada, distribucion
Herencia cultural y monumentos	de ingresos
Facilidades	Aspecto Socio - Económico
Lugares de emergencia, colegios,	Organización poblacional, tipo de
hospitales, bomberos, cetros policiales.	gobierno, organización comunal, Apoyo
	gubernamental, Niveles socio –
	económicos. Herencia cultural y
	tradiciones.
Facilidad de transporte	Actividades económicas
Vías o carreteras, vías férreas, metro,	Distribución especial de las actividades
transporte público, puertos y	económicas, tablas de ingresos y
aeropuertos.	egresos, dependencia, abundancia,
	desempleo, producción económica de
	varios sectores.
Servicios básicos	Elementos ambientales
Suministro de agua, electricidad, gas,	Ecosistemas, áreas protegidas, parques
telecomunicaciones, telefonía celular,	naturales, áreas medio ambientales
sistemas de alcantarillado	sensibles, bosques, bofedales, acuíferos,
	flora fauna hiodiversidad

La unidad básica de valoración de riesgo, que se usara en este ejercicio, se llama unidad de mapeo "**Mapping unit**". Consiste en varios edificios y puede compararse con un bloque de la ciudad o con un extracto del censo. El área dentro de una unidad de mapeo puede ser considerada más o menos homogénea, y los edificios tienen más o menos el mismo uso urbano y son del mismo tipo de edificios.

La evaluación del riesgo no se la hace de forma individual para cada edificio, por que la información de las amenazas y vulnerabilidad, no es lo suficientemente detallada para hacer el análisis a ese nivel de detalle.

Dependiendo de su interés en el tema usted pueden elegir el ejercicio 4a (creando una base de datos, empezando desde el principio), o el ejercicio 4b (creando una base de datos con la información del mapa de edificios disponible). Usted también puede decidir hacer ambos ejercicios, aunque eso podría tomar mucho más tiempo.

Datos de entrada

Los siguientes datos de entradada muestran una apreciación global de los datos temáticos y como estos se derivan.

Nombre	Тіро	Significado			
		Datos de la imagen			
High_res_image	Raster	Imagen de alta resolución a color, derivada de una imagen IKONOS. Ha sido ortoreitificada y la banda pancromática fue fusionada con las bandas de colores. Resampleada a 1 metro.			
Elementos que se encuentran en riesgo					
Unit_boundaries	Mapa de segmentos	Mapa segmento de los límites de las unidades de mapeo (city blocks). Se utilizara como el mapa base para la creación del mapa polígono.			
Mapping_units_ points	Mapa de puntos	Mapa puntos con un punto para cada unidad de mapeo, con un único identificador que puede usarse al poligonizar el mapa de segmentos Unit_boundaries .			
Mapping_units	Mapa de polígonos y tablas	Este mapa representa las unidades de mapeo, usadas para el mapeo de los elementos en riesgo, pero como polígonos. Cada una de las unidades tiene un único identificador, para que la información en la tabla adjunta pueda guardarse para cada unidad. Las unidades pueden ser, un edificio individual grande o parcelas con un uso de suelo específico; aunque ellos estén principalmente agrupados por varios edificios. La información de la tabla, va acompañada del número de edificios y número de las personas.			
Mapping_units_ population_estimate	Tabla	Resultados intermedios. Una tabla con la información correcta sobre el uso del suelo y el número de edificios, requerida para estimar la población por unidad de mapeo.			
Roads	Mapa de segmentos	El mapa de segmentos muestra las calles, caminos y vías, fue extraído de la digitalización de los mapas topográficos.			



Diagrama de flujo que muestra el procedimiento a seguir para la generación de una base de datos de elementos de riesgo a partir de cero. Los pasos que se indican en color verde no son parte de este ejercicio.

La generación de la base de datos se realiza procedimiento: siguiente usando el Centrase en la base de datos del mapa Mapping_units, cuyos limites fueron derivados de la imagen de alta resolución mediante un proceso de digitalización en pantalla. La información de los atributos que se vincula a este mapa, es la relacion que existe con el uso suelo urbano (interpretación de la imagen), el número de edificios (estimados de las muestras tomadas de la imagen). La información de los edificios, se usa para estimar la distribución de la población.

En la figura, se muestra un diagrama de flujo del procedimiento que se sigue en este ejercicio. Los pasos que están en recuadro amarillo, serán explicados para su desarrollo. Los pasos que están en recuadro verde, se omiten, ya que pueden tomar demasiado tiempo.

<u>Importante</u>: Con la finalidad de que se realice cada paso por separado hemos proporcionado los resultados de cada paso de modo que usted puede utilizar para hacer que la siguiente. Para el paso 1 y 3 sólo se hará una parte muy pequeña. Debido el gran tamaño de la del área de estudio, la digitalización de toda la zona y la interpretación de todas las unidades de mapeo para el uso del suelo, simplemente tomara demasiado tiempo.

En este caso de estudio, sólo se tiene en cuenta dos tipos de elementos en riesgo: los edificios y la población. La información de lo edificios puede obtenerse de la base de datos catastrales pre-existentes y datos de la población puede obtenerse de la base de datos de los últimos censos. Sin embargo, en muchas ciudades de los países en desarrollo, tales datos no están disponibles o se encuentran restringidos o no están en formato digital. Cuando estos datos no están disponibles, deben recolectarse; sin embargo, la generación de una base de datos de SIG es un procedimiento que consume muchísimo tiempo. Cuando existen datos de alta resolución disponibles, como en este ejercicio, se puede utilizar para interpretar y digitalizar en pantalla mapear de unidades básicas.

Paso 1. Digitalización de las unidades de mapeo





En este ejercicio se mostraran varios pasos para generar elementos en riesgo. Como se ha mencionado anteriormente; el caso de estudio de riesgo, se basará en el estudio de las denominadas unidades de mapeo, que consisten en una serie de edificaciones, con mas o menos el mismo patrón de uso del suelo. En el ejercicio nos concentraremos en el mapeo de las unidades básicas para la evaluación del riesgo urbano. Hay dos archivos importantes para este propósito:

- Unit boundaries (límites de unidades): contiene los límites de las unidades de mapeo que serán usadas como unidades básicas para los elementos en riesgo. Se han obtenido por digitalización en pantalla sobre la imagen de alta resolución. Los segmentos de calles se han usado como base para la digitalización en pantalla.
- Mapping_units (unidades de mapeo): estos polígonos representan las unidades de mapeo usadas para el mapeo de los elementos en riesgo, pero ahora en forma de polígonos. Cada unidad de mapeo tiene un único identificador, de manera que en la tabla correspondiente, la información puede almacenarse para cada unidad. Las unidades pueden ser grandes edificaciones individuales o predios con un uso de suelo específico, aunque ellos mayormente agrupen un cierto número de edificaciones.

Empezamos con la digitalización en pantalla de las unidades de mapeo. Es posible hacerlo de 3 formas:

- 1. Sobre High_res_image. En este caso no se podrá ver en stereo, lo que es una desventaja para la interpretación. No obstante, se puede ver mucho detalle incluyendo los colores.
- **2.** Sobre una imagen stereo a color. Esta es la mejor forma, pero se necesita un estereoscopio de pantalla, que no es posible ahora.
- **3.** Sobre la imagen stereo de anaglifo **Anaglyph**. (Se necesitan lentes de anaglifo para la interpretación). El problema es que las líneas no coincidirán exactamente con las características de la imagen.

Empecemos con la opción 1:

æ

- Abra el mapa raster **High_res_image**.
 - En el menú Layer, seleccione Add Layer y asigne el mapa de segmentos Unit_boundaries.
 - Ahora se puede ver los segmentos de las diferentes unidades de mapeo en el área de estudio. Como puede observar, las unidades de mapeo están mayormente delimitadas por las calles.





- También se puede ver que hay dos áreas indicadas por una línea gruesa que no tiene todavía límites de unidad: una en el centro de la ciudad y otra cerca al río. Acérquese con zoom a la parte central de la ciudad, indicada por la línea púrpura. Se puede ver que aun no existen las unidades de mapeo.
- En la ventana del mapa **High_res_image** seleccione *Edit / Edit layer* y seleccione el mapa de segmentos **Unit_boundaries**

Ahora; se ha entrado en el editor de segmentos, en esta ventana se puede digitalizar segmentos (líneas) y editar los ya existentes.

Alguna información extra para digitalizar con ILWIS

Ilwis le permite digitalizar dos objetos: **puntos** y **líneas** (llamados **segmentos**). La digitalización de puntos se la realiza usando un mapa de puntos y con el editor de puntos y la digitalización de las líneas se hace en el editor de segmentos.

No se puede digitalizar directamente polígonos en ILWIS. Los polígonos son generados de la combinación de un mapa de segmentos con un mapa de puntos. Los segmentos serán los límites de los polígonos y los puntos son lo que etiquetan o nombran a los polígonos. Por lo tanto, el dominio de los puntos que se utilice para generar los polígonos, será el mismo dominio del mapa resultante de polígonos. (Polígonos también puede obtenerse por proceso de vectorización de una imagen raster, pero este es otro proceso). También, se puede editar los polígonos desde el editor de polígono, pero solamente se puede cambiar los nombres de los polígonos y no los limites. Estos deben ser cambiados desde el editor de segmentos.

Cómo digitalizar

Puede digitalizar de dos maneras:

- Usando una mesa de digitalización. Este solía ser el método estándar en el pasado. Los mapas analógicos se fija sobre la mesa digitalizadora y se utilizaba un cursor para la digitalización.
- Digitalización en pantalla. En estos tiempos, este es el método estándar. El mapa o la imagen que desea digitalizar se escanea y se visualiza en la pantalla como un mapa raster y se empieza a digitalizar directamente con el ratón. Este método, es el que se explica a continuación.

Digitalización de los segmentos

Un segmento siempre esta compuesto de nodos (el de inicio y el del final) y puntos intermedios. Los puntos intermedios están conectados por líneas rectas; por lo tanto, hacer curvas complicadas se necesita digitalizar más puntos intermedios que cuando digitalizar las líneas rectas.

Puede digitalizar de dos maneras:

- **Modo punto:** presionar una vez el botón del ratón (digitalización) para darle un punto de inicio, avanzar hasta otro punto y volver a presionar el botón, creando de esta manera puntos intermedios. Esta forma de digitalización es la mejor cuando se trata de líneas rectas.
- **Modo "Stream"**: Mantener continuamente presionado el botón del ratón (digitalización) siguiendo la línea que desea digitalizar.

Los segmentos que se utilizan para la generación de los polígonos, siempre deben estar conectados. Todos los nodos deben conectarse uno al otro nodo por medio de una línea y las líneas no deben cruzarse entre sí o sin un nodo. Es necesario comprobar que los segmentos no presenten errores (superposición, segmentos abiertos, etc.) antes de crear polígonos. Durante la digitalización pueden ocurrir de varios errores, los cuales se ilustran en la figuras posteriores:

- Segmento suelto (Fig. 1): Un nodo de un segmento no está conectado a otro nodo. Tienes que crear un nodo en el segmento superior (cortando con la herramienta "Tijera (scissors)" y conectar los nodos con la herramienta "pinzas (tweezers)".
- Intersección sin nodo (Fig. 2 y 3). Las líneas cruzadas sin un nodo. Editar con tijeras y unir con las pinzas.
- Sobreposición (Fig. 5). Un segmento se solapa entre sí. Utilice pinzas para desvincular el nodo.
- **Doble línea** (Fig. 4). En el caso de que accidentalmente se digitalice la misma línea dos veces. Usar la herramienta "mano (*hand*)" para seleccionar una y eliminarla.

Importante: Siempre trate de editar manualmente los errores y no aceptan las correcciones automáticas sugeridas por ILWIS, normalmente las correcciones se tornan un poco mas difíciles.



no siempre es fácil digitalizar las unidades de mapeo, por que los edificios son de diferentes tamaños y la sobra de los edificios juega un importante papel.



Izquierda: Imagen de alta resolución. Derecha: Segmentos de las unidades de mapeo. Uno de los segmentos ha sido adicionado.

SEGMENTO

ADICIONADO



- Asegúrese que las líneas tengan el código: Unit_boundaries
- Cuando termine de digitalizar un segmento seleccione el segmento con el icono *Select Mode* (la manito) y seleccione la clase correcta. Luego, seleccione *Insert Mode* (el lápiz) y digitalice el segmento siguiente.

La imagen que resulta de digitalizar los manzanos en el centro de la ciudad se muestra en la figura a continuación.

Ejercicio 4A: Generación de una base de datos sin información

No importa si no termina el ejercicio. El propósito de éste es simplemente hacerle saber como se han definido las unidades de mapeo.



Izquierda: Imagen de alta resolución. Derecha: Sección completa digitalizada de unidades de mapeo

Ē

- Ver Demo 10 Para las instrucciones (Instrucciones en ingles)
- Después de terminar (parte) de la digitalización, vaya a menú *File* y seleccione *Check Segments*. Seleccione *Self Overlap*. Repare todos los errores. Pida asistencia al profesor, sino puede tiene experiencia.
- Luego revise segmentos usando *Dead Ends*, y *Intersections*. Repare todos los errores.
- Cierre el editor del mapa (usando el icono ^(L)), y cierre la ventana del mapa.
- Compare los resultados de la digitalización con los de sus compañeros y discuta (amigablemente) las diferencias.

Después de digitalizar los segmentos de los límites de las unidades de mapeo, el próximo paso sería crear los polígonos a partir de ello. Este procedimiento de poligonización tarda más tiempo, porque deben verificarse si los segmentos tienen errores y cada polígono debe tener asignado un punto con un Identificador dominio, indicando el número de edificaciones. Este procedimiento toma demasiado tiempo para hacerlo ahora mismo.

Paso 2: Poligonización de los segmentos

- No se realizará la poligonización de los segmentos, debido a que podría tomar mucho tiempo. Si usted quiere intentar poligonizar los segmentos, usted tiene que asegurarse que todos los segmentos fueron digitalizados y que se conectan unos a otros, sin traslape o que no haya líneas sueltas. Esto se hace a traves de una verificación de segmentos en el editor del segmento. Después de que todos los segmentos estén OK, el próximo paso es seleccionar *Operations / Vectorize / Segment to Polygons*. En lugar de digitalizar los puntos dentro de las edificaciones con un único identificador, esto también posible hacerlo automáticamente. Selecione la opción *Unique Identifiers* en la ventana de *Segments to Polygons*. Sin embargo, resultará en una selección aleatoria de identificadores. El mapa de polígonos resultante tendrá un identificador diferente que el mapa de polígono Mapping_units, el cual ya está en el set de datos. Asegúrese nombrar diferente el mapa de polígonos de salida, por ejemplo Mapping_unit_polygons.
- También se puede usar los puntos pre-existentes en la operación de segmento a polígono. Nosotros hemos generado los puntos para usted, en el mapa de puntos Mapping_units_points.

Paso 3: Estimación del uso urbano del suelo de la interpretación de la imagen

En este ejercicio se ha generado una base de datos donde le mapa de polígonos central, es el mapa **Mapping_units**, y la información guarda es la siguiente:

- Uso urbano del suelo
- Porcentaje de área vacante
- Numero de edificiosCon 1 piso
- Con 2 pisos
- Con 3 pisos
- Con > 3 pisos
- Población
 En el día
- En la noche

En la noche

æ

Después de que usted tiene una idea de como los segmentos han sido digitalizados en pantalla, y como estos han sido usados para generar los polígonos, veamos los atributos que se pudieron obtener. En los siguientes ejercicios, nosotros vamos a estimar esos atributos. Empezaremos estimando el uso urbano del suelo. El grado de vulnerabilidad será basada principalmente en el mapeo del uso urbano del suelo, el cual será combinado con otra información como el número de edificios y la altura de los edificios.

El uso urbano del suelo es muy importante para la estimación de las perdidas multi-riegos, como se puede definir posteriormente la cantidad de población la cual posiblemente va a ser parte de las unidades catastrales para un tiempo determinado del día. Es importante diferenciar entre el tipo de uso del suelo porque tienen actividades diferentes en el mismo periodo del día. Por ejemplo, en las áreas residenciales la cantidad de pobladores, supuestamente es mayor durante la noche y mucho menor durante el día, sin embargo en los edificios de oficinas y colegios, esto es al revés. Por otra parte hay lugares donde se concentran cantidades numerosas de personas durante periodos cortos (ejem. Stadiums, iglesias). También es importante mapear las áreas en que normalmente no existen personas (ejem. Áreas libres). Para la clasificación del uso del suelo, se hizo las siguientes leyendas (en ILWIS estos términos se llaman "dominio").

- Abra el dominio Landuse , (Handuse)
 - Observe las varias clases existentes y discuta con su compañero si le gustaría incluir otras clases.
 - En la tabla a continuación, indique la importancia del número de clases que caracterizan la vulnerabilidad de la población y las edificaciones.

Nombre	Codigo	Descripción	Es importante por que:
Com_business	Com_b	Oficinas comerciales	
Com_hotel	com_h	Hoteles	
Com_market	com_m	Zona comercial: área de mercado	
Com_shop	com_s	Comercial: tiendas y centros comerciales	
Ind_hazardous	ind_h	Almacenamiento de los materiales peligrosos o de fabricación	
Ind_industries	ind_i	Industrias	
Ind_warehouse	ind_w	Almacenes y talleres	
Ins_fire	ins_f	Bomberos	
Ins_hospital	ins_h	Hospitales	
Ins_office	ins_o	Edificios de oficinas	
Ins_police	ins_p	Estación de policía	
Ins_school	ins_s	Institucional: las escuelas	
Pub_cemetery	Pub_g	Cementerio	
Pub_cultural	pub_c	Institucional: los edificios culturales como museos, teatros	
Pub_electricity	pub_e	Instalaciones de electricidad	
Pub_religious	pub_r	Edificios religiosos, como iglesias, mezquitas o de templos	
Rec_flat_area	rec_f	Recreativas: área plana o campo de futbol	
Rec_park	rec_p	Recreativas: parque	
Rec_stadium	rec_s	Recreativas: estadium	
Res_large	res_5	Residencial: grandes casas de campo libres	
Res_mod_single	res_4	Residencial, de tamaño moderado casas unifamiliares	
Res_multi	res_3	Residencial: edificios de varias plantas	
Res_small_single	res_2	Residencial, las pequeñas casas unifamiliares, condominio	
Res_squatter	res_1	Residencial, viviendas de clase baja: asentamientos ilegales	
River	riv	Río	
unknown	u	Se desconoce	
Vac_car	vac_c	Vacante: aparcamiento de coches y autobuses	
Vac_construction	vac_u	Vacante zona designada para la construcción de edificios	
vac_damaged	vac_d	Zona recientemente dañado por eventos de peligros	
Vac_shrubs	vac_s	Terrenos baldíos con arbustos, árboles y pasto	

Ejercicio 4A: Generación de una base de datos sin información

Una vez terminado, de una mirada mas detallada al mapa **Mapping_units** y podrá definir que uso de suelo puede usted mismo interpretar de las características de la imagen.

- Abra el mapa de polígonos **Mapping_units**. Si hace clic en uno de los polígonos, podrá ver que cada uno de ellos tiene un identificador único, eso da la posibilidad de asignarle a cada polígono diferentes atributos los cuales se adjuntaran a cada uno de los polígonos desde la tabla
- De un click en el mapa con el botón derecho del mouse, y seleccione Display Options, y seleccione 1 pol mapping_units. La ventana de Display Options window se abrirá de nuevo. Ahora seleccione la opción Attribute, y asegúrese que la opción Landuse_Interpretation (uso de suelo predominate) esta seleccionada. Seleccione la representación Landuse. Ahora despliegue el mapa de nuevo, pero ahora los colores representan diferentes tipos de usos de suelos. Observe esto, junto a la leyenda en la izquierda de la pantalla. Existen numerosas áreas blancas, las cuales han sido abiertas (izquierda de la pantalla), para las cuales el uso de suelo todavía necesita ser indicado.



æ

El mapa ahora se muestra con las áreas blancas que no tienen ninguna clasificación para uso del suelo. Ahora usted puede usar la información de la imagen de alta resolución para decidir a que tipo de uso de suelo posiblemente pertenece. Por ejemplo usted puede definir las áreas libres fácilmente y las áreas que se han dañado por el reciente diluvio y los granes desastres que ocurrieron en el área. Si usted ve de forma minuciosa, podrá encontrar en el centro de la ciudad que hay una iglesia, edificios comerciales (ejm. mercados), diferentes tipo de edificios residenciales (ejm. aquellas casas simples con jardines, filas de casas, etc.).

Trate de estimar el uso del suelo para todas las áreas blancas.

Selecione Layers / Add layers y adicione la imagen raster High_res_image . Ahora, en la imagen de alta resolución se muestran las áreas que no fueron codificadas.
Amplié (zoom) una de las áreas que no tiene la clase de usos de suelo y haga doble clik. La ventana del atributo se abrirá y el atributo Landuse_interpretation indica: unknown . Haga clic en esta ventana sobre el nombre desconocido "name unknown". Ahora usted puede abrir una lista de otros posibles usos de suelo. Seleccione uno de ellos, el cual considere correcto y de doble clic en otro polígono y realice lo mismo.
Si usted hace clic P botón, el mapa se renombrara y será coloreado con el atributo asignado.
Amplie otra area que no esta clasisficada y seleccione el uso de suelo correcto
NOTA: Simultaneamente haga clic en los atributos Landuse_interpretation y Easy_to_Interpret. Si usted sólo haga clic en uno, la próxima vez no se podrá seleccionar de la lista y después tendra que hacer clic nuevamente en el primro. Realice esto para todos los polígonos que todavía no tienen un código de usos del suelo.

• ¿Cuál de todas las clases de uso del suelo es la mas difícil de decidir?

En la realidad, se debería hacer una verificación en campo una para mejor caracterización de los usos de suelo urbano o usar mapa existente y verificado del uso de suelo. Sin embargo, a menudo son muy generales.

Uso de suelo	خFácil de interpretar?	ذPor que?

Paso5: Estimación del número de edificios

El número de edificaciones por unidad mapeada es también un atributo muy importante que se requiere para la evaluación del riesgo. La estimación de las edificaciones por unidad mapeada puede ser hecha de dos maneras, considerado la situación pobre de los datos del entorno:

- Una manera exacta, es realizar el conteo real el número de edificios para todas las unidades cartográficas de la imagen de alta resolución Sin embargo, esto costaría una cantidad enorme de tiempo y no sería muy factible.
- Una manera menos exacta es hacer varias muestras al azar de las unidades para cada tipo de uso del suelo y contar el número de edificios. Entonces el promedio del tamaño de los edificios es calculado, y para las unidades dónde no se muestreo el promedio de tamaño será usado en combinación con el área de la unidad cartografía para estimar el número de edificios.

Seguiremos el segundo método aquí. Nosotros hicimos el muestro para usted (afortunado usted), y contamos para varios unidades catastrales (aproximadamente 140) el número de edificios. Las unidades catastrales muestreadas se guardan en la tabla **Buildings_sampled**.

Ŧ

Abra la tabla de **buildings_sampled**.

La tabla tiene las siguientes columnas:

- **Pred_landuse**: Uso urbano del suelo que se estimo en el ejercicio previo.
- **Buildings sampled**: Una indicación de el número de edificaciones que fue manualmente contada en para algunas unidades catastrales. Esto fue hecho directamente de la imagen de alta resolución.

Como usted puede ver, la mayoría de los records en "Builldings_sampled" tiene un ?, eso significa que no fueron muestreados. Aquellos que tiene un valor 0, son áreas que no tienen edificios que corresponden a áreas libres.

La precisión de este método, dependerá del número de muestras que tome, y el número de verificaciones en campo que haga.

Este método puede ofrecer resultados positivos para un entorno de datos pobres.

Ahora vamos a utilizar algunos pasos a seguir para hacer una estimación a grosso modo del número de edificios por cada unidad de mapeo. Se realizará esto, partiendo de las siguientes asunciones.

• **Paso A**: Se puede calcular el promedio de la superficie de los edificios para todas las unidades catastrales que fueron muestreadas.

B B	× 🖨 🕈 🖻	◀ ┥ 🗎 🕨	M	
j m	Pred landuse	Àrea	Buildings sampled	
nr 1	Res mod single	8782	- 2	
nr 10	Res mod single	5471	2	
nr 100	Res squatter	2621	2	
nr 100	Res small singl	7371	2	
nr_100	Com_shop	3152	20	
nr_100	River	2830	0	
nr_100	Res_squatter	862	2	
nr_100-	Rec_flat_area	7745	0	
nr_100.	vac_damaged	2246	0	
nr_100	vac_damaged	6805	0	
nr_100	vac_damaged	18396	0	
nr 100	Res squatter	864	2	

- Paso B: Se asume que todos los edificios que pertenecen a la misma clase de tipo de usos de suelo tienen mas o menos la misma superficie.
- **Paso C**: Por lo tanto, se divide el área de cada unidad catastral que no fue muestreada entre en promedio de la superficie de los edificios, para obtener una estimación aproximada de el número de edificaciones.

En este procedimiento se utilizaran varias herramientas ILWIS: Operaciones en las tablas, incluyen cálculos en las tablas y funciones de agregación:

Herramientas de cálculos para mapas y tablas:

ILWIS tiene dos opciones para realizar cálculos:

- <u>Cálculo del mapa</u>, donde la salida es siempre un mapa. Se escribe siempre la formula en la ventana principal del ILWIS.
- <u>Cálculos en las tablas</u>, donde la salida es siempre una columna. Se escribe la fórmula en la línea de comandos de la ventana de la tabla.

La sintaxis para ambos tipos de cálculos es muy similar. Verificar la ventana de AYUDA (HELP) de ILWIS para tener una idea general de los operadores y las funciones que pueden utilizarse para realizar calculos en los mapas y en las tablas. Comprobar, por ejemplo, el uso de la función condicional **IFF** y los operadores lógicos (**and, not, or, xor**).

El proceso para realizar esto en ILWIS es de la siguiente manera:

Ŧ

- Abra la tabla **buildings_sampled**.
- **Paso A:** Use la siguiente formula para calcular el tamaño del edificio dentro de las unidades de mapeo, donde se tomaron muestras.

building_size:=iff(buildings_sampled=0,0,area/ buildings_sampled)

Use precisión de 1.

Esta fórmula significa "si el valor en la columna **building_sampled** es 0 (lo que significa que las áreas que están vacantes y no tienen los edificios), el área del edificio resultante es 0. Sino, dividir el área por el número de edificios que fueron muestreados. Ahora, se ha calculado que el área de los edificios era para todas las unidades de mapeo muestreadas.

Paso B: Ahora, se necesita saber el promedio del tamaño de edificio por uso de suelo. Seleccione *Columns / Aggregation*. Selecione *column: Building_size*, y la *function: Average, Group by: Pred_landuse*. Nombre la columna de salida: avg_building_size. Vea la figura, como ejemplo.

		Aggrega		metion			;	SUM
Column	👖 building_size 💌						SUM Group by:	Landuse
Function	fn Average 🔹					SUM Group by:	District	1
🔽 Group by	Pred_landuse		fit	fit	fill			
🗖 Weight		Citybleck	Landess	District	Area	Areatotal	Areadistrict	Arealanduse
		001	Houses	Nr 1	1	37	5	15
Output Table		002	Houses	Nr 3	6	37	18	15
	20 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 -	003	Park	Nr 1	2	37	5	2
Output Column	ava huilding size	004	Offices	Nr 2	3	37	14	6
		005	Houses	Nr 3	6	37	18	15
		007	Houses	Nr 1	2	37	5	15
		008	Offices	Nr 2	3	37	14	6
		009	Shops	Nr 2	4	37	14	10
		010	Shops	Nr 3	6	37	18	10

Funciones de agregación

Se agregan los valores de una columna en la tabla actual. Las siguientes funciones de agregación están disponibles: promedio, contar, máximo, media, mínimo, predominante, desviación estándar, suma.

- Todas las funciones de agregación se puede usar para agregar los valores de toda una columna: se obtiene un valor de salida. Para todos los registros, se obtendrá el mismo valor de agregación.
- Todas las funciones de agregación se puede utilizar para agregar valores en una columna por grupo: utilizar "group by". Entonces, para todos los registros que tienen la misma clase de nombres o identificaciones de la columna seleccionada, dará como resultado el mismo valor de agregación.
- Las funciones de promedio, mediana, desviación estándar y predominante, pueden utilizar para calcular los promedios ponderados, etc.: utilizar como columna de peso (*weight column*).
- Si no selecciona 'group by', se obtendrá un valor de salida.
- Si también se selecciona 'group by', se obtendrá una agregación de valor por grupo.

(F

• **Paso C:** Use la siguiente formula para estimar el número de edificios para todas unidad:

nr_buildings:=iff(isundef(buildings_sampled) , area/avg_building_size, buildings_sampled)

Use precision de 1.

Esta fórmula quiere decir: si el valor de la columna no está definida **Buildings_sampled** (no tiene valor) que divida el área de la unidad de mapeo por el promedio de la área construida (basandose en el mismo uso de suelo). Si la columna **Buildings_sampled** no es indefinido, entonces usamos la información de la columna: **Buildings_sampled**.

Valores Indefinidos en ILWIS pueden significar varias cosas:

- No se dispone de datos de un píxel.
- Un píxel se encuentra fuera del área de estudio.
- El resultado fue un error de cálculo (Ejem., si la fórmula tiene un error conceptual matematico).
- Valores calculados en un mapa de salida, quedan fuera del rango de valores predefinido.

La función **Isundef()** comprueba si cualquier campo de una columna o de una unidad en el mapa, no está definido o no se conoce. Verifique guía de ayuda de ILWIS para una explicación más detallada.

Ejercicio 4A: Generación de una base de datos sin información

Ahora podemos introducir el número de edificios que se han calculado en la tabla **Buildings_sampled** dentro la tabla estándar que está relacionada con el mapa que utilizamos en la evaluación de riesgos: **mapping_units**. Usamos la operación: *table joining*.

Ŧ

- Cierre la tabla Building_samples y abra la tabla Mapping_units.
- Seleccione *Columns / Join*, y una con la tabla **Buildings_sampled**, y seleccione en la columna **Pred_landuse.** Clic *Next* hasta que se finalizar con el asistente.
- Seleciones Columns / Join, y una con la tabla Buildings_sampled, y selecione la columna Nr_buildings. Clic Next hasta que se finalizar con el asistente.



Ē

La figura muestra dos maneras diferentes de unir tablas. La columna sombreada es utilizada como dominio. Las flechas indican la forma en que se realizo el vínculo. Izquierda: El dominio de la tabla superior es el mismo que el dominio de la otra tabla de abajo, el cual se utilizara para unir la columna que se desee. Derecha: El dominio de una columna en la tabla es el mismo dominio de la otra tabla, el cual se utilizara para unir la columna que se desee. La forma más fácil de unirse a las columnas de otra tabla en la tabla actual es utilizar el asistente de unión de columna (Join Column wizard). El asistente debe saber el nombre de la tabla, de la cual usted desea obtener una columna, el nombre de la columna que desea unir y la relación o vínculo entre las dos tablas. Este enlace se realiza a través de un dominio común, ya sea el dominio de las tablas o el domino de las columnas. Este enlace o dominio, a través del cual se quiere unir, debe ser una clase de dominio o identificador (común).

Ahora, ya se pueden desplegar los resultados



- Abra el mapa Mapping_units, y despliegue el Attribute Nr_buildings. Stretch entre 0 y 100 (primero asegúrese que usted cambio las propiedades del mapa polígono Mapping_units, y vincule al atributo: Mapping_units).
- Evalúe los resultados, mediante una comparación entre el numero de edificios calculados y los que usted pueda apreciar en la imagen

Naturalmente; si usted cuenta el número real de los edificios y verifica con la estimación del número de los edificios, no será la misma, porque puede haber excepcionalmente edificios grandes o pequeños en el mismo tipo de uso del suelo. Asimismo, no considera la presencia de áreas vacantes en las unidades de mapeo.

Paso 6. Estimación de la distribución de la población

En este análisis de la distribución poblacional, asumimos un número estándar de personas por cada uso de suelo diferente. Ignoramos el hecho de los grandes edificios tienen mas personas.

Ē

Una ves que se tiene estimado el número de edificaciones; también, puede estimarse el número de personas por cada unidad catastral. De la misma manera, asumimos que no tenemos ningún otro dato disponible, como ser un ceso de la población del área de estudio. Tenemos que asumir un promedio de la población por edificio, el cual dependerá del tipo de uso del suelo, como por ejemplo: edificios con oficinas tendrán más personas que una simple casa.

Esta información esta dada en la tabla **Landuse**. También se calcula la población para escenarios del día o de la noche, para eso nosotros también adicionamos dos columnas indicando el porcentaje de población que estará presente en cada tipo de edificio durante el día y durante la noche.

• Abra la tabla **Landuse** y verifique los valores par al as tres columnas: **Person_building**, **Daytime** y **Nighttime**.

La tabla indica el promedio del número de personas que estuvieran en un edificio tipico de una clase de uso de suelo en particular. Por ejemplo, un edificio en un área apartada tiene un promedio de 7 personas, mientras que edificios residenciales grandes tienen aproximadamnte 5 personas por departamento. Este número indica el maximo número de personas que estaría en el edificio.

Dependiendo, si es de día o noche, este número será multiplicado por un factor. Por lo tanto, edificios comerciales estaran con su capacidad total durante el día y en la noche estran completamente vacios.

Haga su propia evaluación de los factores para determinar el número de personas en horarios diurnos y nocturnos. Si quiere usted puede estar de acuerdo simplemente con nuestras estimaciones

	Nuestra estimación			Tu estimación		
Clases de uso de suelo	Personas por edificio	día	Noche	Personas por edificio	día	Noche
Com_business	20	1	0			
Com_hotel	100	0.1	1			
Com_market	1000	1	0			
Com_shop	10	1	0			
Ind_hazardous	10	1	0			
Ind_industries	25	1	0			
Ind_warehouse	20	1	0			
Ins_fire	25	1	1			
Ins_hospital	800	1	1			
Ins_office	100	1	0			
Ins_police	50	1	1			
Ins_school	300	1	0			
Pub_cemetery	0	0	0			
Pub_cultural	200	0	1			
Pub_electricity	0	0	0			
Pub_religious	500	1	0			
Rec_flat_area	0	0	0			
Rec_park	0	0	0			
Rec_stadium	20000	0	0			
Res_large	5	0.2	1			
Res_mod_single	6	0.2	1			
Res_multi	20	0.2	1			

Ejercicio 4A: Generación de una base de datos sin información

	6	0.2	1		
Res_smail_single	6	0.2	T		
Res_squatter	7	0.3	1		
River	0	0	0		
unknown	0	0	0		
Vac_car	0	0	0		
Vac_construction	0	0	0		
vac_damaged	0	0	0		
Vac_shrubs	0	0	0		

Ŧ

Nosotros, le hemos provido de los resultados correctos en la tabla anterior **Mapping_units_population_estimate**, siguiendo los anteriores pasos.

• Abra la tabla **Mapping_units_population_estimate** y compare los resultados con los que obtuvo en la primera parte de este ejercicio.

- Ahora se pueden leer los resultados en las tres columnas dentro la tabla Mapping_units_population_estimate. (El número de edificios que ya calculados, es el resultado del ejercicio anterior en esta tabla). Abra la tabla y use la operación de unir con la tabla Landuse, para eso lea en las columnas Person_building, daytime y nighttime.
- Ahora simplemente es cuestión de multiplicar el número de edificios con la población por edificio y el factor de corrección de dio o moche.

Daytime_population:=nr_buildings*person_building*daytime Nighttime_popultion:=nr_buildings* person_building*nighttime

(Asegurese de utilizar presicion de 1, debido a que no se puede tener mitad de una persona)

- Despliegue los resultados (asegurese de vuincular los resultados con el mapa, en las propiedades del mapa Mapping_units), y verifique el las leyendas.
- Tambien realize los mapa atributo para ambos casos. En el catalogo, haga clic con el boton derecho, sobre el mapa de poligonos mapping_units, y seleccione vector operations, attribute map. Seleccione la tabla Mapping_units_population_estimate, y el atributo Daytime y nombre el mapa de salida como: Daytime_population. Realize lo mismo para: Nighttime_population. Ver la imagen siguiente:

^o olygon Map	mapping_units	Polygon Map	mapping_units 🗾
able	Mapping_units_exercise314 💌	Table	🛗 Mapping_units_exercise314 💌
Attribute	Daytime_population	Attribute	📑 Nighttime_populatio 💌
)omain Value ''valı	ue"	Domain Value "value	n
)utput Polygon Ma	ap Daytime_population	Output Polygon Map	Nighttime_population
escription:		Description:	

s

Respuesta:

¿Hay una división exacta
de población si usted
compara día y noche?
¿Cuál podría ser la
razón? ¿Cómo se podría
mejorar esto?

P

de

Periodo	Población total
Día	
Noche	
Diferencia	

Calculadora bolsillo:

To temporally view the outcome of an expression, without storing the results in a column, you can use the command line as a Pocket line calculator. On the command line type a "?" followed by an expression.

- Se puede leer la cantidad de poblacion para **Daytime** y **Nighttime** en la tabla **Mapping_units_population_estimate**, activando el panel de estadisticas *view, statistic pane*, y leyendo el valor de la suma **sum** debajo de la columna **Daytime_population** y **Nighttime_population**.
- Para la evaluacion de la diferencia, se puede utilizar la calculadora de bolsillo o escribir directamente en la línea de comando del ILWIS la siguiente formula:

?183779 - 143379

Ejercicio 4B: Generación de una base de datos de elementos en riesgo usando una base de datos existente

Tiempo estimado: 3 horas

Datos: Objetivos: Los datos se encuentran en el subdirectorio: *Riskcity_exercises/exercise04b/data* Este ejercicio da un método para la generación de una base de datos de elementos al riesgo dentro de RiskCity, enfocandose los edificios y la población. Se asume que se tiene disponible la información detallada de los edificios, en forma de un mapa catastral y que se tiene una imagen LIDAR de la cual se puede calcular la altura de los edificios y el área construida por cada tipo de usos de suelo. La estimación de la población se la realiza basada en la superficie construida y los datos del censo.

La valoración del riesgo mediante un SIG, puede hacerse en base a la siguiente ecuación básica: **Riesgo = Amenaza** * Vulnerabilidad * Cantidad de elementos en riesgo

En este eiercicio, nosotros estamos limitándonos solo la superior: los fila edificios y población. Esto es debido al tiempo limitado para los ejercicios también porque en la práctica son considerados los primeros. Sin embargo, para una completa valoración del riesgo, también debe evaluar los impactos directos e indirectos de otros tipos de elementos en riesgo.

Son numerosos los elementos en riesgo que pueden ser afectados por varias amenazas o eventos riesgozos, y puede ser clasificados de muchas maneras. La tabla a continuación proporciona un ejemplo de clasificación.

Elementos físicos	Población
Edificios: Uso urbano del suelo, tipos	Densidad poblacional, distribución por
de construcción, altura de los edificios,	área, distribución en el tiempo,
edad de los edificios, superficie, costo	distribuciones de edades, distribución de
de reemplazo.	genero, gente incapacitada, distribución
Herencia cultural y monumentos	de ingresos
Facilidades	Aspecto Socio - Económico
Lugares de emergencia, colegios,	Organización poblacional, tipo de
hospitales, bomberos, cetros policiales.	gobierno, organización comunal, Apoyo
	gubernamental, Niveles socio –
	economicos. Herencia cultural y
	tradiciones.
Facilidad de transporte	Actividades economicas
Vías o carreteras, vías férreas, metro,	Actividades economicas Distribución especial de las actividades
Vías o carreteras, vías férreas, metro, transporte público, puertos y	Actividades economicas Distribución especial de las actividades económicas, tablas de ingresos y
Vías o carreteras, vías férreas, metro, transporte público, puertos y aeropuertos.	Actividades economicas Distribución especial de las actividades económicas, tablas de ingresos y egresos, dependencia, abundancia,
Vías o carreteras, vías férreas, metro, transporte público, puertos y aeropuertos.	Actividades economicas Distribución especial de las actividades económicas, tablas de ingresos y egresos, dependencia, abundancia, desempleo, producción económica de
Facilidad de transporte Vías o carreteras, vías férreas, metro, transporte público, puertos y aeropuertos.	Actividades economicas Distribución especial de las actividades económicas, tablas de ingresos y egresos, dependencia, abundancia, desempleo, producción económica de varios sectores.
Vías o carreteras, vías férreas, metro, transporte público, puertos y aeropuertos. Servicios básicos	Actividades economicas Distribución especial de las actividades económicas, tablas de ingresos y egresos, dependencia, abundancia, desempleo, producción económica de varios sectores. Elementos ambientales
Vías o carreteras, vías férreas, metro, transporte público, puertos y aeropuertos. Servicios básicos Suministro de agua, electricidad, gas,	Actividades economicas Distribución especial de las actividades económicas, tablas de ingresos y egresos, dependencia, abundancia, desempleo, producción económica de varios sectores. Elementos ambientales Ecosistemas, áreas protegidas, parques
Vías o carreteras, vías férreas, metro, transporte público, puertos y aeropuertos. Servicios básicos Suministro de agua, electricidad, gas, telecomunicaciones, telefonía celular,	Actividades economicas Distribución especial de las actividades económicas, tablas de ingresos y egresos, dependencia, abundancia, desempleo, producción económica de varios sectores. Elementos ambientales Ecosistemas, áreas protegidas, parques naturales, áreas medio ambientales
Vías o carreteras, vías férreas, metro, transporte público, puertos y aeropuertos. Servicios básicos Suministro de agua, electricidad, gas, telecomunicaciones, telefonía celular, sistemas de alcantarillado	Actividades economicas Distribución especial de las actividades económicas, tablas de ingresos y egresos, dependencia, abundancia, desempleo, producción económica de varios sectores. Elementos ambientales Ecosistemas, áreas protegidas, parques naturales, áreas medio ambientales sensibles, bosques, bofedales, acuíferos,

La unidad básica de valoración de riesgo, que se usara en este ejercicio, se llama unidad de mapeo "**Mapping unit**". Consiste en varios edificios y puede compararse con un bloque de la ciudad o con un extracto del censo. El área dentro de una unidad de mapeo puede ser considerada más o menos homogénea, y los edificios tienen más o menos el mismo uso urbano y son del mismo tipo de edificios.

La evaluación del riesgo no se la hace de forma individual para cada edificio, por que la información de las amenazas y vulnerabilidad, no es lo suficientemente detallada para hacer el análisis a ese nivel de detalle.

Ejercicio 4B: Generación de una base de datos con datos existentes

Dependiendo de su interés en el tema usted pueden elegir el ejercicio 4a (creando una base de datos, empezando desde el principio), o el ejercicio 4b (creando una base de datos con la información del mapa de edificios disponible). Usted también puede decidir hacer ambos ejercicios, aunque eso podría tomar mucho más tiempo.

Datos de entrada

Los sisguientes datos, seran utilizados en este ejercicio

Nombre	Tipo	Significado		
Datos de la imagen				
High_res_image	Raster	Imagen de alta resolución de la situación en el 2006		
Información de la altura de los edificios				
Altitude_dif	Raster	Mapa raster, que muestra la diferencia en la elevación entre el Modelo Digital de Superficie obtenido por el sistema LIDAR y un Modelo Digital de Elevación producto de interpolación de curvas de nivel.		
Elementos en riesgo				
Mapping_units	Polígono y tabla	Unidades de mapeo, que son usadas como mapa base para la evaluación del riesgo. La tabla contiene una clasificación de uso del suelo.		
Building_map_1998	Polígono	Mapa actualizado de la situación de los edificios después del desastre de 1998.		
Ward	Polígono	Mapa de los distritos (barrios) de la ciudad.		



El procedimiento que se seguirá en este ejercicio se presenta en el diagrama de flujo. Se tiene el mapa base de las edificaciones, que contiene los límites de los edificios en la RiskCity, el cual servirá para hacer una buena estimación del número de edificios por unidad de mapeo. El mapa base de las edificaciones que se utilizó en los últimos ejercicios se ha ajustado para eliminar los edificios que han sido destruidos durante el desastre de 1998.

Es por ello que este mapa contiene menos edificios, especialmente en la zona inundada y la zona afectada por el gran deslizamiento

En este ejercicio, también se tiene información sobre la altura de los edificios, derivados de los datos LIDAR.

Esta información (mapa **Altitude_dif**) también nos permitirá estimar la altura de cada edificio y el número de plantas. El mapa es el resultado del cálculo de la diferencia entre el LIDAR "Modelo digital de superficie (DSM)" y el "Modelo de Elevación Digital (MED)", obtenido por interpolación de las curvas de nivel del mapa topográfico (con un intervalo de 2 metros).

Se hará uso de las operaciones de cruces, 2 veces y después se agregara la información de los edificios en la tabla de atributos que esta vinculada al mapa

Mapping_units. Esta será la base para la generación de los mapas de riesgo y vulnerabilidad en los siguientes ejercicios.

Generando una base de datos de los elementos en riesgo a partir de datos existentes

En muchos casos usted puede tener información existente para construir una base de datos de elementos en riesgo, y los resultados que obtendrá serán mucho más precisos. En este caso se incluyen varias capas de información cruciales para el análisis:

 Mapa de ubicación de los edificios (en esta base de datos se llama Building_map), que contiene la ubicación de los edificios antes de los eventos de inundación y deslizamiento. Esto nos permite calcular de mejor manera el número de edificios por unidad de mapeo.



 Datos de censo, disponibles sólo por distrito. La tabla ward contiene información sobre la población residente, la distribución de varones y mujeres u otros atributos. Estos datos aun están muy generalizados puesto que nos interesa tener la población distribuida por unidades de mapeo en vez de población por distritos. Posteriormente tendremos que subdividir la población por distrito en base al uso de suelo y superficie por piso.

(F

- Despliegue el mapa **Altitude_dif** y sobreponga el mapa de segmentos de los edificios (**Building_map_segments**).
- Observe dónde las diferencias en el terreno no están relacionadas con los edificios. Encuentre algunas e indique cuál podría ser la razón. Estas áreas deberán ser extraídas.
- También ubicar áreas en dónde hay edificios pero no existe una diferencia real de la altura ¿Cuál puede ser la razón?

Respuesta:

XY¿Cuánta es la
diferencia?Posible razónImage: Seconda de ConstructionImage: Secon

Ejercicio 4B: Generación de una base de datos con datos existentes

Existen varias razones por las que el mapa de diferencias de altitud, muestra diferencias incluso en lugares donde no existen edificios de acuerdo con en el mapa. Lo opuesto también es verdadero: existen ubicaciones donde el mapa de de edificios indica un edificio pero la diferencia es casi cero. Despliegue el mapa Mapping_units (Solo limites, con línea roja) y adicione y use información del píxel "*PixelInformation"* para consultar los mapas de Mapping_units, Altitude_dif and Building_map_1998. Evalúe la relación entre uso urbano del suelo, presencia de edificios y altura de los edificios.

Paso 1: Calculo de la altura de los edificios

(A

(F

Se comenzara calculando la elevación de los edificios. Esto se puede realizar, usando el mapa de diferencias de alturas (**Altitude_dif**) que fue calculado en el ejercicio 1, mediante una sustracción simple, entre el mapa topográfico MED y el obtenido por "LIDAR" MED.

 Abrir el mapa Altitude_dif y sobreponga el mapa de segmentos de los edificios (Building_map_1998). Verifique con información de Píxel la altura de los objetos.

Suponemos que la altura promedio de un piso es de 3 metros para todos los edificios. Esto será diferente de un edificio a otro, pero solamente esto podrá preciso ser mas después de un trabajo de campo detallado.



Antes de que trabajemos más allá con esta información nos gustaría simplificar el mapa de diferencia de altitudes. Desde que estamos sólo interesados en las áreas donde hay edificios, podemos hacer una mascara de las diferencias en todas las otras áreas. También, es mejor trabajar con el número de pisos en lugar de la altitud real de los edificios. Esto hace, que otras operaciones más fáciles.

Para calcular el número de pisos dividimos la altura de los objetos por la altura promedio de los pisos, con el fin de obtener el número de pisos. Suponemos aquí que la altura promedia del piso es 3 metros.

() I

• Esto puede realizarse usando la siguiente formula en la linea de commandos del ILWIS:

floor_nr=iff(Altitude_dif <2,0,iff(altitude_dif<3,1, Altitude_dif /3))</pre>

- ¿Que se hizo aquí?: Si la diferencia de la elevación es menos de 2 metros, entonces de seguro no es un edificio; por lo tanto, se cambia el valor a 0. Si la altura esta entre 2 y 3 metros, asigne como 1 piso y si la altura es más de 3 metros, divida esta altura entre 3 y obtenga el número de pisos.
- Asegúrese de seleccionar una precisión de 1.
- Abra el mapa floor_nr y verifique el resultado conjuntamente a la imagen de alta resolución. ¿Cuales son sus conclusiones?

También podemos hacer una mascara de todas las áreas que no tienen edificaciones, y de esta manera solo podemos tener el número de pisos para todas aquellas áreas donde hay edificaciones. Este mapa puede ser calculado con una ecuación lógica simple.

- Esto puede se realizado usando la siguiente formula en la línea de comando:
 - Nr_floors:=iff(isundef(Building_map_1998),0,floor_nr) Asegurese de usar precision igual a 1.
 - Abra el mapa **Nr_Floor** y verifique el resultado con la imagen de alta resolución. ¿Cuáles son las principales diferencias con el mapa anterior?

Ahora podemos combinar el mapa de los edificios con el de pisos " Nr_Floors " y determinar, para cada edificio el número de pisos. Otra vez hacemos esto usando la operación de cruze. Pero en algunos pasos:

- Primero cruzamos el Building_map_1998 con el mapa Nr_Floors, el cual nos da todas las combinaciones posibles del número de pisos por cada tipo de edificio.
- Entonces calculamos por cada edificio el número máximo/predominante numero de pisos y se evalúa cual seria mejor usar.

Ŧ

æ

- Use la operación de cruce y cruce el mapa Building_map_1998 con el mapa Nr Floors. Llame la tabla de salida: Building_map_1998_floors. Ignore los indefinidos en ambos mapas. "Undefs" son valores indefinidos, que no están en las unidades de mapeo o en el mapa de edificios.
- Ver la ventana de la izquierda, como ejemplo.

Indefinidos "Undefined" pixeles o polígonos no tienen un	iii Cross	(鑽 Aggregate Column	×
significado. Cuando se consulta un mapa, se muestra un símbolo como: ?. Esto puede ser causa de: - No hay datos para el área - Esta fuera de área de estudio - Hay un error en la formula - Se ha especificado un rango errado y el	1st Map ■ building_map I Ignore Undefs 2nd Map ■ Floors I Ignore Undefs Output Table Building_map_floors Description: □ □ Output Map	Column Image: Floors Function fn Maximum Image: Group by Image: Building_map Image: Output Table Building_map Output Column nr_floors]
valor resultado esta fuera del rango de salida.	Show Define Cancel Help	OK Cance	I Help
	 En la tabla de cruce Buildin expresión en la línea de coman 	ng_map_1998_floors, escriba la ndo:	siguiente

Nr_floors_new:=iff(nr_floors=0,?,nr_floors)

Se realiza esto, para evitar que hayan edificios con 0 pisos y se cambia como indefinido "?".

- Use el commando de agregacion: column Nr_Floors_new, aggregation function Maximum, group by Building_map_1998, y guarde los resultados en la tabla Building map 1998, columna Nr floors max. (Vea el grafico de arriba de la derecha)
- Verifique los resultados de la tabla Building_map_1998.

Ejercicio 4B: Generación de una base de datos con datos existentes

Histograma: es una lista de la información de la frecuencia de los valores, clases 0 identificadores de un mapa. Los resultados son una tabla y un grafico. Se puede calcular es histograma de un mapa puntos, segmentos, polígonos y raster. Verificar la guía de ILWIS si usted necesita más explicaciones.

æ



Uno de los problemas, cuando se toma en cuenta el número máximo de plantas de cada edificio, es que algunos edificios no tienen un techo recto y algunos edificios podrían tener una altura irregular, con menor sección (eje ascensor, chimeneas, pararrayos) que salen del edificio.

Si tomamos el número máximo de plantas (altura máxima) de la construcción que esto podría conducir a problemas con algunos de los edificios. Comprobar, por

ejemplo, el estadio (ID: B_29210). La diferencia de altura del estadio es muy variable; también tiene dos pequeñas torres que alcanzan hasta los 23 metros de altura, pero la mayor parte del estadio tiene una altura media al alrededor de 15 a 16 metros.

Asimismo, es posible que exista una pequeña diferencia de la ubicación de las coordenadas x y y entre el mapa de polígonos de los edificios y el mapa de la diferencia de altitud, debido a que un píxel vecino de algún edificio sea mucho mayor y por ende considere el edificio demasiado alto (en el caso que se use la máxima altura). Podría ser posible utilizar el número de plantas predominantes en lugar del máximo.

- Ahora, se calculara el número predominante de los pisos de cada edificio:
- En la tabla de cruce de Building_map_1998_floors. En el menú, use la función aggregation. Seleccione, columna: Nr_Floors_new, function Predominant, group by: Building_map_1998, wieight by: Area y guarde los resultados en la tabla Building_map_1998, outputcolumn Nr_floors_pred.

¿Cual es mejor? ¿La altura Máxima o predominante por edificio? Verificando esto, se tiene que: En primer lugar, se contara el número total de edificios de 1, 2, 3, 3 a 10 y más de 10 plantas.

Cree un dominio *class/group* cuyo nombre es: Nr_floors_clas (*File, Create, Domain, Select Class, Click Group*) y cree las clases como se indica en la tabla de abajo, use los limites superiores y clases como se indica en la tabla de abajo. Escriba en la línea de comandos de la tabla Building_map_1998 la siguiente expresión: Nr_floors_max_class:=CLFY(Nr_floors_max, nr_floors)

- Nr_floors_pred_claas:=CLFY(Nr_floors_pred, nr_floors)
 Ahora, se puede usar la function de agregacion para contar estas dos columnas, (agrupadas por la misma columna) y guarde el resultado en la taba la NR_floors_clas. Abra esta tabla y verifica los datos de la cantidad de edificios por clase, llene la tabla de abajo.
 - Abra el mapa Building_map_1998, verifique con PixelInformation, y

adicione el mapa **Altitude_dif**. Ahora, usted puede comparar los valores del número máximo de pisos y el número predomínate de pisos. Verifique esto para varios edificios.

Este método asume que un edificio tiene una cantidad de pisos y no esta compuesto por secciones de diferentes alturas. Piense por ejemplo, en los patios.

Limite	Altura del	Uso: Máximo		Uso: Predominante	
superior	edificio por clase	Numero	Porcentaje	Numero	Porcentaje
1	1 piso				
2	2 pisos				
3	3 pisos				
10	3 – 10 pisos				
25	> 10 pisos				
Máxima al	tura pisos				

Verificaremos esto en el mapa

(F

 Abra el mapa nuevamente Building_map_1998 verifique con PixelInformation, y adicione el mapa Altitude_dif. Ahora, usted puede comparar los valores del número máximo de pisos y el número predomínate de pisos. Verifique el número de edificios más objetivamente, y como ejemplo vea el estadio.

Conclusion: ¿Es mejor tener la máxima altura o altura predominante de cada edificio para estimar el número de pisos?

Paso 2: Calculo del área construida por edificio

Ahora que se conoce la altura de cada edificio, también se puede calcular el área construida por edificio.



Ejercicio 4B: Generación de una base de datos con datos existentes

	Join Wizard - Select input table and column	×
	Select a table and a column to be joined into the current table: Table Duilding_map Column In Area	
Note que también es posibles unir tablas con histogramas; por que el histograma, como se explico anteriormente, esta compuesto un grafico y parte de una tabla.	KBack Next> Cancel Help	

Paso 3: Cruce del mapa de edificios con las unidades de mapeo

Ahora tenemos la información de la altura y la superficie construida para cada edificio, pero se requiere agregar esto por unidad de mapeo. Sólo se puede realizar esto, usando una tabla que contenga ambos dominios, el de las unidades de mapeo y el de los edificios.

Podemos empezar por unir una tabla de frecuencias (tabla de Cruce), combinando las capas de los datos de Mapping_unit y Building_map_1998.

- En la ventana principal del ILWIS, seleccione Operations, Raster Operations, Cross
 - Cruce el mapa Mapping_unit con el mapa Building_map_1998. Ignore los indefinidos (Ignore Undefs) en ambos mapas
 - Nombre la tabla de salida como: mapping_units_building
 - tabla Abra la mapping_units_building y verifique el resultado.
 - Ordenar la tabla por la columna Npix

Noncourse and	
Ignore Undefs	
2nd Map	🖺 Building_map_1998
Ignore Undefs	
)utput Table	Mapping units building
)escription:	

Como puede observar, hay una serie de edificios con superficies muy pequeñas (el más pequeño, tiene 10 metros cuadrados).

Abrir la tabla de cruce Mapping_units_building. Y únala con la tabla de Building_map_1998. Lea en las columnas: Nr_floors, Area_building y Floorspace, uno por uno.

Antes de agregar los resultados por unidad de mapeo, se va a calcular las columnas de forma individual con los edificios que tienen 1, 2, 3, 4 - 10 y > 10 pisos.

P

(F

Paso 3: Agregación de la información por unidad de mapeo

Se sabe para cada combinación de **Mapping_units** y **Building_map_1998** <u>cuántos edificios</u> hay, <u>cuantos pisos</u> y <u>cuanta es el área construida</u>. Por lo tanto se pueden agregar estos valores y calcular la altura <u>predominante</u> de construcción por unidad de mapeo y la <u>superficie total construida</u> por unidad de mapeo.

¿Cuantos edificios hay por unidad de mapeo?

(F

- Abra la tabla de cruce **mapping_units_building**.
- Seleccione Columns, Aggregation. En la ventana que aparece, seleccione las siguientes opciones. Column: Building_map_1998, Function: Count, Group by: Mapping_units, Output_table: Mapping_units, Output_Column: Nr_b
- Abra la tabla **Mapping_units** y verifique el resultado. ¿Cuantos edificios hay en RiskCity? Llene los valores en la tabla.
- Todavía se tiene que ajustar estos valores por unidad de mapeo, donde no existen edificios. Están nombrados como indefinidos. En la línea de comando de la tabla escriba la siguiente expresión:

Nr_buildings:=iff(isundef(Nr_b),0,Nr_b)

• Cierre la tabla **mapping_units**. Si usted no cierra la tabla, no se mostraran los resultados de la próxima agregación. Por lo tanto, cierre la tabla antes de hacer la próxima operación de agregación.

Total	Promedio del numero de pisos
Numero de edificios	
Superficie total del edificio	
Area total construida	

Área total construida por unidad de mapeo

F		
	•	Abra la tabla de cruce mapping_units_building.
	•	Selecionar Columns, Aggregation. En la ventana que aparece, seleccione las siguientes opciones. Column: Floorspace, Function: Sum, Group by: Mapping_units, Output_table: Mapping_units, Output_Column: Floorsp.
	•	Abra la tabla Mapping_units y verifique el resultado. ¿Cuanto es el área total construida en RiskCity? Llene los valores.
,	•	Todavía se tiene que ajustar estos valores por unidad de mapeo, donde no existen edificios. Estos nombrados como indefinidos. En la línea de comando de la tabla escriba la siguiente expresión:
		Floorspace:=iff(isundef(floorsp),0,floorsp)
	•	Cierre la tabla mapping_units . Si usted no cierra la tabla, no se mostraran los resultados de la próxima agregación. Por lo tanto, cierre la tabla antes de hacer la próxima operación de agregación.

Total de la superficie de construcción por unidad de mapeo

(F			
•	Abra la tabla de cruce mapping_units_building.		
•	Seleccione Columns, Aggregation. En la ventana que aparece, seleccione las siguientes opciones. Column: Area_building, Function: Sum, Group by: Mapping_units, Output_table: Mapping_units, Output_Column: Area_b.		
•	Abra la tabla Mapping_units y verifique el resultado. ¿Cuanto es toda la superficie de construcción en RiskCity? Llenar los valores.		
•	 Todavía se tiene que ajustar estos valores por unidad de mapeo, donde no existen edificios. Estos nombrados como indefinidos. En la línea de comando de la tabla escriba la siguiente expresión: 		
	Area_Building:=iff(isundef(Area_b),0,Area_b)		
•	Con el fin de saber que porcentaje de la superficie de la unidad de mapeo esta construida y que porcentaje aun esta libre, en primer lugar se necesita saber el área de cada unidad de mapeo. Esto se puede calcular usando el histograma.		
•	Calcule el histograma del mapa Mapping_units.		
•	En la tabla Mapping_units una con el histograma y lea la columna de Area para cada unidad de mapeo. Nombrela como: Area_Mapping_unit (precision 1.0)		
•	Calculo del área y el porcentaje de la superficie libre por unidad de mapeo:		
	Area_vacant:=Area_mapping_unit - Area_building		
	Perc_vacant:=100(Area_vacant/Area_mapping_unit)		
•	Cierre la tabla mapping_units . Si usted no cierra la tabla, no se mostraran los resultados de la próxima agregación. Por lo tanto, cierre la tabla antes de hacer la próxima operación de agregación.		

Nota: No se va a estimar la cantidad de población. Esto se hará en un próximo ejercicio, que trata de SIG participativo.

Para usuarios experimentados de ILWIS:

Calcular el porcentaje de edificios con 1, 2, 3 y más de 3 pisos por unidad de mapeo.

Calcule la altura promedio de los edificios por cada tipo de uso de suelo. En el ejercicio 4a, se necesita tener la información del promedio de altura por cada tipo de uso de suelo. Estos valores fueron determinados en base a un número limitado de muestras. Ahora que se tiene la información del mapa base de los edificios, se puede hacer una estimación más correcta. Trate de diseñar un método para hacer esto. <u>Sugerencia</u>: Utilice las funciones de agregación; es decir puede incorporara la información sobre el uso del suelo en la tabla de cruce **mapping_units_building**, y después calcular la altura promedio de la construcción por tipo de uso de suelo y almacenarla en la tabla **Landuse**. Calcular también la desviación estándar de la altura de las edificaciones. Comparar los resultados con los del ejercicio 4a.

Ejercicio 4C: SIG participativo para la valoración del riesgo

Tiempo estimado: 3 horas

Datos:

Objetivos:

Datos en el subdirectorio: RiskCity_exercises/exercise04c/data Este ejercicio muestra todas las posibilidades disponibles, cuando se lleva a cabo un estudio usando SIG participativo. Se aprendera como recopilar datos del conocimiento local, ayudará a caracterizar de mejor manera a los edificios, a describir la vulnerabilidad y la capacidad de la población, a evaluar los problemas relacionados con los deslizamientos y a reconstruir eventos de inundaciones historicas.

La adquisición del conocimiento local es muy importante en la evaluación del riesgo. Las comunidades locales son las más importante reservas de información para la evaluación del riesgo y por supuesto, son los que a menudo están expuestos al riesgo. Ellos tienen el conocimiento local; que es indispensable para evaluación de la amenaza, caracterización de los elementos en riesgo, evaluación de la vulnerabilidad y capacidad, y desarrollo de los escenarios de riesgo. La reducción del riesgo tiene que ser manejado desde el punto de vista de la comunidad e ir implementando paulatinamente y concertando con ellos. En un curso como este, no es posible para ir y reunir información usando las técnicas de SIG Participativo. No puede visitar RiskCity. Por lo tanto, no nos concentraremos en la recolección de los datos a nivel local, sino en el enfoque es más en lo que se puede hacer con los datos locales.

Datos de entrada

Nombre	Тіро	Significado		
Datos de imagen				
High_res_image	Raster	Imagen de alta resolución de la situación en 2006		
Airphoto_1998_ortho	Raster	Aéreofoto ortorectificada, tomada poco después del desastre en 1998.		
Datos de Participatory	GIS			
PGIS_Location	Punto	Mapa de puntos con las ubicaciones de las entrevistas que se llevaron a cabo para 200 edificios; de las cuales 100 estaban localizadas en los planos de inundación y 100 en las pendientes empinadas.		
PGIS_survey	Tabla	Tabla con los resultados principales del ejercicio de mapeo participatorio. Esta tabla contiene columnas relacionadas con atributos de los edificios, características de población, daño provocado por los deslizamientos y reconstrucción de los eventos de inundación.		
Datos de inundación				
Flood_100y, Flood50y, Flood_10y	Raster	Mapas de la profundidad de agua, derivados de un modelo de inundación, para eventos con periodos de retorno de 100, 50 y 10 años.		
Otros datos				
Building_map_1998	Raster	El mapa actualizado de los edificios, después del desastre de 1998. Para todos los edificios se dispone de información sobre el uso del suelo urbano, el número de pisos, superficie de construcción y área total construida.		
Building_map_1997	Segmento	Límite de los edificios, para la situación antes del desastre en 1998.		

Enfoque del SIG Participativo

Las encuestas se llevaron a cabo en 2008, 10 años después de la catástrofe de 1998, que produjo un gran número de deslizamientos y causó grandes inundaciones en la zona. Las encuestas se realizaron mediante entrevistas a las personas de 200 edificios, que se encuentran ya sea en la zona afectada por las inundaciones o en una de las zonas propensas a deslizamientos. El mapeo, se llevó a cabo junto con representantes de las comunidades (Ver foto).

Los representantes de la comunidad sirven de guías, traductores e introducen al equipo de mapeo con los habitantes de los edificios, donde las entrevistas se llevaron a cabo.

Estas señoras fueron también una fuente de información local importante, ya que fueron muy conscientes de las amenazas en la zona y cómo estas afectan a la vida diaria de los habitantes, en los asentamientos ilegales en RiskCity.

Las entrevistas fueron grabadas y la información se recogió mediante SIG móvil vinculado a un GPS. La imagen de alta resolución y el mapa de los edificios, se utilizo como mapas información de fondo o bases en el dispositivo portátil. Los resultados fueron almacenados en una tabla (**PGIS_survey**) que está vinculada a un mapa de puntos (**PGIS_Location**).



Figura: Representantes de la comunidad que fueron involucradas en el mapeo Participativo de RiskCity.

Ē

æ

- Abra la imagen **Airphoto_1998_ortho**. Despliegue el mapa de segmentos de los edificios de 1997: **Building_map_1997**. También despliegue el mapa de los edificios que están ahora en el área. **Building_map_1998**.
- Compare los mapas de los edificios, en particular en las áreas de deslizamientos e inundaciones.

Como se puede observar muchos de los edificios de 1997, se destruyeron en 1998, o haya sido posteriormente demolidos. El mapa **Building_map_1998** contiene información de los edificio después del año 1998. Ahora nosotros añadiremos el punto que ha sido mapeado usando las tecnicas de SIG Participativo.

Si se abra la ventana de información de pixel, puede escoger la opcion de "*Always on Top*" y asi siempre se mantendra encima de los mapas, de forma visible.

- Adicione el mapa de **PGIS_Location**.
 - Abra *PixelInformation* y adicione a la ventana el mapa **PGIS_Location**.
 - Verifique varios los puntos del mapa PGIS_Location y la información de los atributos, almacenado en la tabla PGIS_Survey.
 - Despliegue algunos atributos usando la opción de Display Option Window.
 - Abra la tabla **PGIS_Survey**.

Los edificios que fueron destruidos durante el mayor evento de inundación de 1998, todavia podian ser identificados y los vecinos pudieron dar a información del tipo de edificio y el nivel de agua que alcanzo. Sin embargo, no existe ninguna información disponible de estos edificios con respecto a las características de población. Estos edificios, estan nominados en el **PGIS_Survey** con el tipo de uso de suelo como "*Vac_damaged*".

Factor	Descripción	Utilidad	
Datos del edificio			
Landuse	Uso de suelo urbano. Note, que existe muchos	Vincula a otra información para la	
	edificios codificados como "Vac_damaged".	ciudad entera.	
Area_building	Area del edificio en m ²	Se usa para calcular el area construida y el valor del edificio & el contenido	
Nr_floors	Número de pisos	Se usa para la evaluación de la vulnerabilidad sismica e de la inundación.	
Building_type Tipo de edificio		Se usa para la evaluación de vulnerabilidad física	
Datos de población			
Nr_adults	Nr. De personas entre 18 y 60 años	Evaluación de la vulnerabilidad social	
Nr_old_people	Nr. de personas mayores (>60) por edificio	y caracterización de la población.	
Nr_children	Nr. de niños (<18) por edificio		
Nr_households	Nr. de hogares por el edificio		
Nr_people_daytime	Nr. de personas en el edificio durante el día	Evaluación de vulnerabilidad de	
Nr_people_nighttime	Nr. de personas en el edificio durante el noche	población para distintos escenarios temporales.	
Workers	Nr. de personas en el edificio residencial, que	Estimación de pérdida económica.	
	se encuentran tabajando.		
Livelihood	Principal tipo de trabajo		
Datos de derrumbe			
Landslide_damage	Daño en el edificio debido al deslizamiento	Mapeo de los deslizamientos	
Datos de inundación			
Remember_Flood_100y	Niveles de la altura de agua que las personas todavía pueden recordar, para el evento de 1998 con un período de retorno de 100 años.	Evaluación de la amenazade inundación, validación de los mapas del modelo de inundación y	
Remember_Flood_50y	Niveles de la altura de agua que las personas todavía pueden recordar, para el evento de 1993 con un período de retorno de 50 años.	evaluación de la vulnerabilidad por inundación.	
Remember_Flood_10y	Niveles de la altura de agua que las personas todavía pueden recordar, para el evento de 2007 con un período de retorno de 10 años.		
Flood_damage	Grado estimado del daño a los edificios y contenidos para el evento de inundación de 1998, estimación realizada por las personas que eran entrevistadas.	Usaremos esta información en el ejercicios posteriores, cuando se trate con las funciones de vulnerabilidad	

La tabla PGIS Survey contiene las siguientes columnas:

La columna **Landuse** en la tabla es muy importante: esto forma el vinculo entre los puntos de muestra y el resto de los edificios en RiskCity. La información es derivada de las 200 entrevistas, posteriormente puede ser utilizada para caracterizar los edificios. Calcular cuántos muestras ha sido hechas para cada clase de uso de suelo.

Ē

- En la tabla **PGIS_Survey**, seleccionar *Column, Aggregate*. Selecionar la columna: **Landuse**, *Function*: **Count**, *Group by*: **Landuse**, *Output Table*: **Landuse**, *Output Column*: **Nr_samples**.
- Abra la tabla Landuse y verifique el numero de muestras por tipo de uso de suelo. ¿Qué tipo de usos de suelo, tiene la mayor cantidad de muestras?

La mayor parte de las entrevistas para el estudio de PGIS se han llevado a cabo en los asentamientos ilegales. También un número importante de las entrevistas se realizaron a partir de la información para reconstruir los edificios que han sido destruidos durante el evento 1998 (**vac_damaged**).

	Número
Número de muestras de edificios con asentamientos ilegales	
Número de muestaras de edificios que han sido destruidos	

Parte A: Uso PGIS para evaluar las características de edificio.

Primero se utilizara el estudio de PGIS para caracterizar de mejor manera, los edificios en RiskCity.

Varios tipos de edificios han sido definidos en el área. Los más importantes son:

- **Madera y otros materiales de desecho:** Las viviendas están hechas de tablas, plástico, calamina, etc. Normalmente tienen sólo el 1 piso.
- Adobe: estas casas están hechas de barro seco.
- **Mamposteria de piedra**: estan hechas con mampostería de piedra con mortero de cemento limitado y techos de madera.
- Ladrillo y barro: Construcción de albañilería rustica, con ladrillos con mortero pobre
- Ladrillos y cemento: Edificios con albañilería supervisada y tienen a menudo con algunas columnas de refuerzo.
- **Hormigón armado**: Edificios con calculo estructural y ingeniería de hormigón armado.

El cuadro muestra una entrevista típica que se llevo a cabo con algunas de las personas

Persona: Mi sueño es construir una verdadera casa para mi familia.

Entrevistador: Yo pensé su familia ya tenia una casa. Yo estuve en su casa.

Persona: Por supuesto que no, usted no puede llamar a eso una "verdadera casa".

Entrevistador: Entonces... ¿Qué quiere decir con una "casa verdadera"?

Persona: Una casa de "verdad" para mi, es una casa hecha de estructura de concreto, donde se que mi familia esta a salvo y no tengo que preocuparme en qué hacer o lo que vaya a suceder si es que un tifón a sido anunciado. **Persona:** ¿Sabe la diferencia entre una casa y un hogar?

Entrevistador: bien... Supongo que una casa es aquella que ha sido construida de ladrillos o madera y un hogar esta formado por las personas, la familia...

Persona: Todo está perfecto; entonces si usted mira alrededor, vera en esta zona todos tienen un hogar, pero pocas personas tienen una casa.



Figura. Edificios que se encuentran el la confluencia de dos ríos en RiskCity

Encontrar los tipos de edificios mas importantes, según la clase de uso de suelo.

¢,		
	•	En la tabla PGIS_Survey , Seleccione <i>Column / Sort</i> . Seleccione la columna: Landuse .
	•	Encontrar los tipos de edificios mas importantes, según la clase de uso de suelo (Esto tendra que hacer de forma manual), e indicar eso en la tabla a continuación
	•	Usted también puede hacer esto de manera mas automatizada, utilizando la
		Eiercicio 4C: SIG participativo

Una columna concatenada, es una columna que es formada por el contenido de otras dos columnas de la tabla. En ILWIS nosotros podemos combinar dos clases de columnas; primero añadiendo dos tipos de cadana y despues convietiendolas en Se usa dominio. solo el termino de CODE, para no utilizar el nombre completo, sini simplemete el codigo de la columna.

opción de "concatenated Key". Escriba en la línea de comandos, la siguiente expresión:

Landuse_building_type:= Code(Landuse)+Code(Building_type)

- Seleccione dominio: String.
- Después que haya hecho el calculo, haga doble clic en el encabezado de la columna Landuse_building_types, y haga clic en el botón: *Create New Domain from Strings in Column*. Cree el dominio Landuse_building_type
- Ahora, se puede agregar la informaci'on. Seleccione del menu Column / Agregate: Landuse_building_type, use la función Count, Group by: Landuse_building_type, y nombre la tabla de salida como: Landuse_building_type y la columna como: Number.
- También indique cual es la altura predominante en número de pisos para cada tipo de edificio. Llene la tabla de abajo.

	Wood	Adobe	Fieldstone	Brick in Mud	Brick in Cement	RCC
Com_shop						
Ins_school						
Res_mod_single						
Res_multi						
Res_small_single						
Res_squatter						
Vac_Damaged						

	Wood	Adobe	Fieldstone	Brick in Mud	Brick in Cement	RCC
1 floor						
2 floors						
3 floors						
4 floors						
5 floors						
> 5 floors						

Esta información es muy importante porque los métodos de vulnerabilidad requieren saber el tipo de edificio y la altura, en lugar del tipo de uso de suelo. Por supuesto en este ejercicio, todavía tenemos una muestra limitada de edificios para caracterizar los diferentes tipos de edificios por tipo de uso de suelo. En una aplicación real, se necesita saber los tipos de edificio con más detalle.

Podemos calcular también el promedio de superficie contruida por tipo de uso de suelo.

Ē

• En la tabla **PGIS_Survey**, calcule la superficie construida por edificio, usando la siguiente ecuación:

Floorspace:=Area_Building*Nr_floors

- Calcule el promedio de superficie construida por tipo de uso de suelo (Use la función de agregación), y guarde los resultados en la tabla **Landuse**
- ¿Cuál es el tipo de edificio mas común y cual es la cantidad de pisos promedio de los edificios destruidos?

El area construida por edificio es muy importante porque se necesita saber esto, para:

- Hacer una estimación buena de la población. En la estimación de población, se usa los edificios muestreados para estimar el promedio de área (en metros cuadrados) por persona por la clase de uso de suelo.
 - Hacer una estimación del costo de los edificios y los contenidos.

El cuadro se muestra ejemplos de entrevistas en las zonas afectadas por la inundación.

Familia Q.

Antes de noviembre de 2004, la Familia Q. vivía del sueldo de Sr. Q que trabajaba de empleado en una carnicería y de una pequeña tienda de la Sra. Q en el cobertizo anexo a su casa. Durante un ciclón, la tienda fue golpeada por un árbol de mango; una parte del techo y las paredes de su casa fueron destrozadas y esparcidas por los vientos. La inundación también arruino algunas verduras de la Sra. Q que vendía en la tienda. Ahorros y la ayuda del gobierno se utilizaron para reconstruir la casa; pero el dinero, no alcanzo para restaurar la tienda. No pueden pagar un préstamo o usar el sueldo del padre "ya que ese ingreso, sirve apenas para satisfacer sus necesidades diarias". Desde su punto de vista, a un año después del desastre y desde la situación actual, la desgracia aun no se han logrado superarse plenamente. Ellos perdieron su capital monetario, en segundo lugar los medios de subsistencia y ahora toda la familia de cinco personas dependientes, dependen del único ingreso, que es el del padre.

Sr. M.

Sr. M. solía trabajar como vendedor de helados en la zona, para tal trabajo el utilizaba un carro pequeño madera. El ingreso diario de esta actividad es bajo (alrededor de 200 pesos/día), pero se las arregló para cubrir las necesidades básicas de su familia, de tres componentes. En 1998 su casa fue destruida y el carro se destrozó. Para obtener algunos ingresos, tuvo que cambiar de trabajo a recogedor de material chatarra, de esta actividad el obtiene la mitad del dinero (alrededor de 100 pesos/día), pero como la mayoría de las personas, ahora el tiene que caminar a través de varios otros distritos. Un año más tarde, la familia sigue viviendo con sus suegros y aun no habían logrado aumentar el capital para la reconstrucción de su casa y recuperar su anterior medio de vida más cómodo.

Parte B: Usar PGIS para evaluar las características de población.

PGIS es esencial para recolectar información confiable de la población. Los datos de censo para riskcity no son muy confiables y solamente están disponibles para áreas grandes (distritos), lo que hace difícil separar para cada unidad de mapeo individual, que es la base de la evaluación de riesgo. En el estudio se ha reunido la información de los diferentes tipos de edificios. Nos referimos a los siguientes aspectos:

- La distribución de población, dependiendo de las clases de edad (adultos, personas mayores y niños). Esta información es importante para la evaluación de vulnerabilidad poblacional.
- La distribución de población en funcion al tiempo (día y noche). Esta información es importante, para estimar la pérdida de la población en desastres instantáneos, como ser: los terremotos; porque causarán valores de pérdidas muy diferentes, dependiendo de cuando ocuran (si es de dia o es de noche).
- La información económica de la población (sustento, número de trabajadores), es necesaria a fin de estimar las pérdidas económicas indirectas, debido a la pérdida del beneficio.
- El resumen de la información de los ingresos, esta en los siguientes cuadros:

Grupo	Descripción
1: Trabajadores	Las personas que tiene un contrato de, que requiere fuerza física y trabajo manual, más que formación superior. Consiste en actividades marginales o subordinadas, que se realizan principalmente al aire libre y a veces en unidades móviles (incluidos carros y bicicletas) y generalmente tiene lugar cerca de su lugar de residencia, debido a que el transporte es demasiado caro. Estos puestos de trabajo tienen ingresos diarios inestables e irregulares y las cantidades son muy sensibles a las condiciones climáticas y a las inundaciones. Las actividades que se encuentran en el área de estudio y califican en este grupo, corresponden a: Cargadores de equipaje y carga aérea, puestos de tiendas (dulces, refrescos), los que hacen entregas de productos, etc.
2: trabajadores informales y negocio pequeño:	Corresponden a un grupo no formal de trabajadores con habilidades especiales o conocimientos; ellos ofrecen sus servicios (mano de obra) día a día, a menudo como trabajadores independientes, sin contratos formales y ni beneficios. Los servicios se realizan de puerta a puerta o en la casa del trabajador y por lo general los ingresos son diarios, inestables e irregulares. Actividades realizadas por este grupo de trabajadores son altamente susceptibles a las condiciones climáticas y las inundaciones (véase la figura). Sin embargo, se constató que algunos de ellos, tiene mayores ganancias después de los tifones y las inundaciones, durante los procesos de rehabilitación.
3: Trabajadores formales	Incluye educación/mano de obra calificada, por lo general trabajan en condiciones formales para empresas, comercios e industrias medianas y de gran escala. Tienen contratos permanentes o temporales que les provee un ingreso estable, incluso durante los episodios de inundación o tifón, aunque los salarios, no son siempre altos.

Ejercicio 4C: SIG participativo

4: Altamente calificados y trabajadores independientes	Compuesto por personas que salieron de la Universidad y están altamente calificados, con especialidad. La mayoría de las veces tienen sus propios negocios o son absorbidos por las instituciones gubernamentales y/o grandes industrias. Sus ingresos son estables, regulares y no se ve afectados por las condiciones climáticas, inundaciones o tifones.
5: Beneficio	Este grupo se caracteriza por las unidades familiares que reciben apoyo económico a partir de
transferido	fuentes externas o pensiones. Familiares que trabajan en el extranjero o en grandes ciudades
	(por ejemplo, Manila), suelen proporcionar apoyo mensual, enviando dinero suficiente para sostener a sus familias en Naga. Las remesas de los trabajadores externos tienden a ser regular y por lo general se incrementará con el fin de ayudar a sus familias durante las inundaciones o los opisodios do tifán



Figura: Ejemplos de trabajadores de los grupos 1 y 2. Izquierda: Una lavandera. Derecha: Un vendedor de calle. Ambos casos, negocios con lluvias e inundando, característica de la temporada de lluvias.

Este ejercicio se concentrara, solamente en la estimación del área promedio por persona según el tipo de usos de suelo. Esta información es muy importante para los procedimientos de evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo que se realizaran posteriormente. Empezaremos calculando en la tabla la superficie por persona por el edificio. Se tiene que utilizar escenarios de día y de noche, debido a que los edificios tienen distintos número de personas, dependiendo del horario. Ciertos edificios, como un colegio, tiene un gran numero de personas en el día y en la noche no hay, ni siquiera una persona.

F

 En la tabla PGIS_Survey, verifique la cantidad total de personas que están presentes en horario diurno y compárelas con las del horario nocturno. ¿Cual es la causa de la diferencia?

	Total de las personas	Superficie total construida [m²]	Superficie promedio por persona [Per/m ²]
Día			
Noche			

Calculo de la superficie construida por persona por edificio durante día y la noche

ھے • En

• En la tabla **PGIS_Survey**, calcule la superficie construida por persona durante el día y la noche, usando la siguientes ecuaciones:

Floorspace_person_day:=Floorspace/nr_people_daytime Floorspace_person_night:=Floorspace/nr_people_nighttime (Asegúrese de usar una precisión de 0.1)

• Verifique los resultados. Que tipo de uso de suelo, tiene la menor superficie por persona? Anote, los 5 tipos de usos de suelo que tienen el menor espacio.

	Superficie construida por persona [Per/m ²]			
USU de Suelo	Día	Noche		

La información de uso de suelo por persona para el día y la noche, ahora son el promedio por tipo de usos de suelo. Los resultados son almacenados en la tabla **Landuse**. Entonces, se puede extender esta información para el resto de área, para edificios con el mismo tipo de usos de suelo.

Ŧ

- En la tabla **PGIS_Survey**, use la función de agregación para calcular el promedio de superficie construida por persona en el día. Agrupe la información por **Landuse**, y guarde los resultados como: **Avg_Floorspace_person_day**.
- Haga lo mismo, para determinar la superficie construida por persona en la noche. Guarde los resultados en la tabla **Landuse** con el nombre de la columna como: **Avg_Floorspace_person_night**.
- Abra la tabla Landuse y verifique los resultados. ¿Que tipos de usos de suelo, tienen el espacio menor por persona? ¿Que tipo de usos de suelo no tienen ninguna información obtenida por el estudio de PGIS, es decir no se recogió datos del lugar?

A fin de ser capaz de vincular que esto con el mapa de edificio de la ciudad entera, se necesita también llenar la tabla para los tipos de uso de suelo, que no tienen datos.

Ŧ

• En la tabla de abajo, trate de hacer una estimación de la superficie construida por persona por tipo de uso de suelo, par alas clases que no tienen datos. Algunas de ellas, simplemente puede asignarle valor de 0, debido a que no existe población viviendo en esas áreas; para otras áreas, esto va a ser mas difícil. Cuanto más encuestas se tenga con un PGIS, los valores obtenidos, serán mucho mejores.

Uso de suelo	Descripción	Promedio de la superficie construida por persona [Per/m ²]		
		Dia	Noche	
Com_business	Oficinas de negocios			
Com_hotel	Hoteles			
Com_market	Área comercial: área de mercado			
Com_shop	Comercial: Tienda y moles			
Ind_hazardous	Almacenamiento o manufactura material peligroso			
Ind_industries	Industrias			
Ind_warehouse	Almacénes y talleres			
Ins_fire	Cuerpo de bomberos			
Ins_hospital	Hospitales			
Ins_office	Edificios de oficinas			
Ins_police	Estación de policía			
Ins_school	Institucional: Escuelas			
Pub_cemetery	Cementerio			
Pub_cultural	Institucional: Cultural; museos, teatros, etc.			
Pub_electricity	Instalaciones de electricidad			
Pub_religious	Religiosos: Iglesias, mezquitas o templos			
Rec_flat_area	Recreativo: Área plana o campo de fotball			
Rec_park	Recreativo: Área de parque			

Ejercicio 4C: SIG participativo

Rec_stadium	Recreativo: Estadium		
Res_large	Residencial: Casas grandes con áreas libres		
Res_mod_single	Residencial: Casas familiares sencillas, moderadas.		
Res_multi	Residencial: Edificios con bloques de departamentos		
Res_small_single	Residencial: Casas familiares pequeñas. Condominios		
Res_squatter	Residencial: Casas pobres		
River		0	0
Vac_car	Vacante: Estacionamiento de automóviles o buses		
Vac_construction	Área residencial, dañada por los eventos de riesgo		
Vac_damaged	Área vacante, destinada para construcción de casas.	0	0
Vac_shrubs	Área vacante con arbustos, árboles y pasto	0	0

Una vez que haya llenado estos datos en la tabla, tranferir estos datos a la tabla de Landuse, en ILWIS: en la columna AVG_Floorspace_person_day y AVG_floorspace_person_night.

- Abra la tabla **Building_map_1998** y una con la tabla **Landuse**. Lea las dos columnas.
- Ahora, hacer un mapa atributo con los datos de población para el horario diurno y para el horario nocturno, de toda la ciudad.
- ¿Cuantas personas hay en RiskCity durante el día y durante la noche?

Parte C: Usar PGIS para evaluar los problemas de deslizamiento

P

El área también tiene una serie de barrios con graves problemas de deslizamientos. En la ciudad existen muchas laderas empinadas, ocupadas por zonas residenciales. La mayoría de ellos son asentamientos ilegales, con los edificios construidos ilegalmente, que lentamente poco a poco ha ido creciendo en los últimos años. El municipio de RiskCity ha proporcionado electricidad y abastecimiento de agua potable a la mayoría de estos asentamientos ilegales. Los asentamientos ilegales en esas pendientes muy empinadas padecen con frecuencia los deslizamientos durante el periodo lluvioso. Debido a que las laderas son muy empinadas, los edificios se construyen, haciendo una excavación en la ladera de montaña y en forma de gradas, casi uno encima del otro. Los deslizamientos, por lo tanto se inician en una parte, pero como se mueven cuesta abajo, afectan a muchos edificios. Esto se ilustra en la siguiente figura.



Figura: Ejemplos típicos de deslizamientos, que afectan las áreas construidas en las inclinaciones empinadas.

Determine el número de edificios, que se encuentran en las áreas que tienen pendientes empinadas (más de 30 grados).

Ŧ

- Para determinar en numero de edificios que se encuentran en pendientes empinadas, se necesita los siguientes mapas: Building_map_1998 (tiene que tiene el usos de suelo como atributo. Asegúrese que este rasterizado) y Slope_cl (Clases de pendientes).
 - Desarrolle su propio método, para determinar el número de edificios.

Tipo de usos de suleo	Número de edificios
Pendientes empinadas	

Aunque los deslizamientos son un problema real para muchos habitantes de la zona, el municipio no ha hecho muchos esfuerzos en la evaluación de los problemas de deslizamientos o de trabajo sobre medidas de reducción de riesgos. Las autoridades municipales, principalmente reaccionar en respuesta a desastres de deslizamientos una vez que suceden, pero no son activos en la preparación y prevención de los desastres. Ha habido una serie de organizaciones no gubernamentales que han estado trabajando con las comunidades locales en la evaluación del riesgo debido a los deslizamientos. En varios barrios se han llevado a cabo proyectos de mapeo por la comunidad, dando

En varios barrios se han llevado a cabo proyectos de mapeo por la comunidad, dando lugar a mapas como se muestra a continuación.



Figura: El ejemplo típico del mapa de una comunidad, dibujado durante un taller de trabajo, que muestran los problemas de deslizamientos en una de las vecindades.

Desafortunadamente, tales mapas no pueden ser guardados en GIS y primero necesitan ser traducidos a un mapa que tiene la georeferencia apropiada. En el marco de trabajo de nuestro proyecto, se llevo a cabo un ejercicio de mapeo en una comunidad de RiskCity con los más severos problemas de derrumbe.

(F

- Encuentre los nombres de los vecindarios, donde fueron hechos los mapeos.
- Los vecindarios, se encuentran en el mapa **Wards**, y la ubicación de las entrevistas, están en el mapa **PGIS_Locations**.

En el mapeo participativo de los SIG, además de los aspectos generales que se han mencionado antes, también se ha preguntado en las entrevistas, si han tenido problemas con los deslizamientos en sus edificios. Las respuestas se interpretaron según las siguientes clases:
Clase	Definición
Ninguno	No se han presentado rajaduras en el edificio, no se han observado rajaduras en el suelo. Los ocupantes no están preocupados por los problemas de deslizamientos.
Leve	El edificio muestra ciertas rajaduras y también se encuentran en una posición en que los deslizamientos, podrían ser un problema.
Moderado	El edificio tiene rajaduras y parte del suelo también. Es una muestra clara de que el suelo se esta moviendo. Medidas urgentes de estabilización de pendientes, son necesarias.
Grave	El edificio tiene el daño estructural severo debido a movimientos del suelo. El edificio y el suelo, presentan rajaduras. En un futuro cercano, el edificio puede colapsar y debe ser abandonado.
Colapso	El edificio ha colapsado durante los movimientos del suelo, debido a los deslizamientos. Los ocupantes no han vuelto a construir el edificio.

De las respuestas dadas por los habitantes; es posible ver cierto patrón, que puede ayudar a identificar los problemas principales de los deslizamientos en el área.

Ŧ

- Averigüe el patrón de daño de los deslizamientos los vecindarios que han sido entrevistados.
- Despliegue el mapa de puntos **PGIS_Locations** como un atributo y muestra los atributos de **Landslide_damage** encima de la imagen del alta resolución.
- ¿Qué se puede concluir con respecto a la ubicación de posibles zonas de deslizamiento y cómo estas están relacionados con las áreas vecinas?
- ¿Puede usted diferenciar las zonas de deslizamientos sobre la base del mapeo del SIG participativo?

Una de las ONG ha sido muy activa en este barrio, junto con la población local para ayudar a controlar el problema de los deslizamientos. Ellos hicieron esto, según los siguientes criterios

- Se organizaron varios talleres con la comunidad para comprender y debatir los problemas de los derrumbes y cómo estos afectan a su vida cotidiana.
- Un comité de emergencia se organizó con los miembros más activos de la comunidad. Más del 70% de ellos, eran mujeres. Tienen un muy buen conocimiento local de las personas que viven en la zona y los problemas que ocurren. Ellos han sido capacitados para proporcionar asistencia básica a la población local, por ejemplo en el caso de los problemas médicos y partos. Dado que el área es muy empinada, durante el período de lluvias, no es posible subir los caminos empinados; por lo tanto, las personas que viven en las partes de las laderas, no pueden salir de sus edificios en caso de emergencia y que ciertamente no pueden ser transportados en camillas a un centro de asistencia médica. Por lo tanto, la asistencia de la población local es esencial.
- La ONG ha proporcionado materiales básicos para los edificios de la comunidad y entrenamiento en la construcción de simples muros de retención que se construyen entre los edificios. La siguiente figura ilustra esto.



Figura: Apoyo a la comunidad basada en la reducción del riesgo de deslizamiento en RiskCity. Izquierda: Muros de retención simples, que son construidos por los habitantes locales con los materiales suministrados por la ONG. Derecha: Equipos donados por la ONG, para la gestión local de riesgos de deslizamientos: pluviómetros, equipos de comunicación, etc.

El comité de emergencia es también esta encargado alertar hacerca de un deslizamiento a las personas de la comunidad. Se han distribuido pluviómetros simples y se ha enseñado a la comunidad a registrar la cantidad de lluvia acumulada durante tres días consecutivos. Cuando la lluvia sobrepasa un valor de umbral predefinido de 60 mm en 3 días, entonces el sistema se mueve a "alerta amarilla", y pasara a fase de "alerta roja" si algún deslizamiento pequeño esta ocurriendo.

A esta fase la comunidad local empieza con los procedimientos de evacuación. En esta etapa, la comunidad empieza con los procedimientos de evacuación, hasta que la lluvia acumulada llegue a ser menos de 60 mm en los siguientes tres días consecutivos. La figura debajo de proporciona un sencillo flujograma de los procedimientos de evacuación (adoptado por Oxfam, ESFRA, ISMUGUA, Guatemala).



Figura: Simple sistema de alerta para preparación a riesgos de deslizamiento, adoptada por la comunidad local con la ayuda de una ONG. (Fuente: Proyecto de Oxfam, ESFRA, ISMUGUA - Guatemala).

Se tiene la información local de lluvia, llanada **Rainfall_station**, en el centro del área de derrumbe. Usaremos esta información para decidir los niveles alertas como se indica en la figura arriba.

Si usted usa la [%R] anotación asignara el registro del número de la tabla. Por lo tanto [%R-1] es el registro previo y [%R-2] son dos registros anteriores. Esto le permite para hacer el cálculo de la lluvia acumulativa sobre los últimos 3 días.

Ĩ

 Despliegue el mapa Rainfall_station sobre el mapa Building_map_1998 y adicione el mapa de puntos PGIS_Locations, con el atributo de Landslide_damage.
 Abra la tabla Rainfall_record, y use el diagrama de flujo indicado anteriormente para calcular los niveles de alerta para los días del registro de lluvias.
 Calcule la lluvia acumulada de los últimos tres días, usando la siguiente ecuación:
Rain2=Rain+Rain[%R-1]
Rain3=Rain+Rain[%R-1]+Rain[%R-2]
Yellow_Alert:=
iff((Rain>60)or(rain2>60)or(Rain3>60),"Yellow_alert","No_alert").
(Use el dominio: Alert_level para la columna de salida)
Calcule la "Orange alert":
Orange_Alert:=iff((Yellow_Alert="Yellow_alert")and
(rain>20),"Orange alert",Yellow alert")
¿Cuantos días tienen " Red alert "?

Escriba los resultados en la tabla de abajo.

Nivel alerta	No. De días	¿Cuántos días sin trabajar?
Alerta amarilla		
Alerta anaranjada		
Alerta roja		

Parte D: Usando PGIS para evaluar los problemas de inundación

Durante el estudio de PGIS, la altura de inundación de los eventos históricos no fue registrada en los centímetros, pero se registraron de la forma en que las personal locales indican. La tabla debajo de muestran como las personas hacen "referencia" a los niveles de agua.

Basados en el sistema de referencia de la comunidad para determinar la profundidad de inundación en correlación a alguna parte de su cuerpo	Altura de agua de equivalencia en los centímetros
Profundidad de "tobillo"	< 20 cm
Profundidad de "rodilla"	40 – 50 cm
Profundidad de "cadera"	50 – 100 cm
Profundidad de "pecho"	100 – 150 cm
Profundidad de "cabaza"	150-250 cm
El primera piso inundada	250 - 350 cm
El segundo piso inundado	> 350 cm

Tabla. Basados en el sistema de referencia de la comunidad para determinar la profundidad de inundación y su equivalencia aproximada en centímetros.

Como se discutió en los talleres, el promedio de 10 cm de diferencia en altura entre hombres y mujeres pueden determinar diferencias en la percepción del riesgo. A fin de minimizar la diferencia, entre los participantes, se decidió expresar los niveles de profundidad de agua en rangos, antes que en los valores absolutos o precisos.



Figura: Medición de los niveles de profundidad en centímetros de la inundación, basados en la referencia de la comunidad, durante los talleres

Se va evaluar el conocimiento local sobre las inundaciones de tres eventos que la población local fue capaz de recordar mejor:

- El principal acontecimiento de 1998, que fue la más desastrosa inundación en la zona, y destruyó también una serie de edificios; estos edificios destruidos durante el evento que se indican en la tabla con el uso del suelo: "Vac_damaged". Para estos edificios aún es posible obtener datos del nivel del agua y el tipo de construcción, de personas que viven en el barrio. Sin embargo, la información sobre población no puede ser recuperada.
- Otro evento importante pero menor magnitud, que ocurrió en 1993. Muchas personas no pudieron recordar esta inundación, así como la de 1998. Esto debido a que no se les quedo marcado en la memoria o porque también bastante gente ya no vive en la zona.
- Un evento reciente y pequeño ocurrió en 2007. Dado que este fue el último caso, la población local puede recordar bastante bien, la altura del nivel de inundaciones.

(F

- Abra la tabla **PGIS_Survey** y analice el número de veces que cada clase es mencionada.
- En el menúde la tabla, seleccione *Column / Aggregate* y seleccione la columna Remember_flood_1993. Use la Funtion: *Count*, Group by: *Remember_flood_1993*. Almacene los resultados en la tabla: Water_heights, en la columna: Number_1993. Repita lo mismo para las inundaciones de 1998 y 2007.
 - Abra la tabla **Water_heights** Y compare los resultados. Escriba los resultados en la tabla de abajo.
- ¿Que puede concluir de esto?

Altura de agua	No. de veces que se menciono en el evento de 1993	No. de veces que se menciono en el evento de 1998	No. de veces que se menciono en el evento de 2007
No puedo recordar			
No hay inundación			
Tobillo			
Rodilla			
Cadera			
Pecho			
Cabeza			
Primer piso			
Segundo piso			
Total			

Los tres eventos de inundación, no se pueden recordar de la misma manera. ¿Cual podría ser la razón para eso?

Para los tres eventos, se llevo a cabo el modelo de inundación y los tres de altura de agua se determinaron: **Flood_100y** que corresponde al evento de 1998, **Flood_50y** que corresponde al evento de 1993 y **Flood_10y** que corresponde al evento de 2007.

- Ŧ
 - Despliegue el mapa de Flood_100y, y sobreponga el mapa de segmentos con los edificios de 1997 (Building_map_1997). También despliegue el mapa de puntos PGIS_Location, y seleccione como atributo Remember_flood_1998.
 - Abra *PixelInformation* y adicione los mapas Flood_100y, Flood_50y, Flood_10y, y el mapa de puntos PGIS_Location. Compare toda la información local con los resultados del modelo.
 - ¿Que puede concluir de esto?

La comparación manual de la información local de los tres eventos de inundaciones con los tres mapas del modelo (**Flood_100y**, **Flood_50y** y **Flood_10y**) no es siempre fácil, debido a que tienen dos sistemas de medida diferentes (la altura de agua en metros y altura de agua en "terminos humanos"). Para comparar de mejor manera, se tiene que convertir la información de la comunidad en metros.

(P

- Abra la tabla **Water_heights** y adicione la columna **Height_in_m** (Valor, *min*: 0, *max* 15, con una precisión de 0.01).
- Llene los valores medios de altura de agua para cada una de las clases. Ejemplo, Tobillo (*Ankle*): 0.1, Rodilla (*Knee*): 0.35 etc.
- Cierre la tabla Water_heights y abra la tabla PGIS_Survey. Una con la tabla Water_height mediante la columna Height_in_m y agrupe por Remember_flood_1993. Nombre la columna de salida como: Water_height_1993.
- Haga lo mismo para 1998 y 2007.
- Abra de Nuevo *PixelInformation* y compare los datos con los mapas de los modelos de inundación.

Finalmente, se puede calcular también un ajuste entre los resultados modelados y los resultados del PGIS. Por ejemplo, se puede cruzar el mapa de puntos con los mapas de inundación, pero en ILWIS, también se puede hacer eso extrayendo la información de los mapas de inundación para todos los puntos del mapa **PGIS_Location**. Para esto se tiene que utilizar la opción: *Open as Table.*

P

- Haga clic con el botón derecho en el mapa de puntos **PGIS_Location** y seleccione la opción: *Open As Table*. El mapa de puntos, se abre como una tabla, y usted puede ver las coordenadas para cada punto.
- Se puede leer los valores del mapa, para cada coordenada especifica, escribiendo la siguiente expresión en la linea de comandos: (para desplegar la línea de comandos, vaya a *view* y selecione *Command Line*):
 - Water_Height_50y:=Mapvalue(Flood_50y, Coordinate)
 - Haga lo mismo para las inundaciones de 100 años y 10 años.
- Cierre el mapa de puntos PGIS_Location y abra la tabla PGIS_Survey. Una con el mapa de puntos PGIS_Location y lea last res columans que creo

recientemente.

 Ahora, se tiene los dos tipos de información, en la misma tabla; por lo tanto se puede calcular la diferencia:

Difference_50y:=Water_height_1993 - Water_height_50y Difference_100y:=Water_height_1998 - Water_height_100y Difference_10y:=Water_height_2007 - Water_height_10y

• Escriba las diferencias en la tabla de abajo. ¿Qué puede concluir al respecto?

Diferencia en la altura de agua entre PGIS y los modelos	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar
1993 (inundación de 50 años)				
1998 (inundación de 100 años)				
2007 (inundación de 10 años)				

Ejercicio 5a. Generación de las curvas de vulnerabilidad

Tiempo previsto:	3 horas
Datos:	Subdirectorio: Riskcity_exercises/exercise05a/data
Objetivos:	En este ejercicio se va realizar la evaluación de los daños de inundación usando
	funciones de profundidad vs. daño. Se extraerá de los datos del SIG Participativo los
	parámetros para calcular las funciones entre daño vs. tipo de vivienda.

Datos de entrada

Los datos para este ejercicio, consisten en mapas y las tablas relacionadas con: 1) Tipos de edificios, 2) Profundidad de la inundación y 3) Información extraída de SIG Participativo, relacionada con el impacto de las inundaciones en los edificios.

Tablas/Mapas	Columna	Significado							
Building_map_19	Landuse	Descripción de la clase de edificación							
98	Area	Área de la planta del edificio m ²							
	Nr_floors	Numero de pisos							
	Floorspace Total de área construida Construida*numero de pisos) Construida*numero de pisos) Construida C								
Building_map_19Mapa de los edificios, que muestra la antes del desastre de 1998.									
Flood_100y Waterdepth (0.00 m) Mapa de la profundidad de ir calculado mediante el uso del simulación HEC-RAS.									
PGIS_Survey (T)	Building type	Tipo de edificios en el área							
	Remember_flood_1998	Respuesta sobre la altura del agua, según los recuerdos de las personas que estuvieron durante la inundación de 1998.							
	Nr_floors	Numero de pisos							
	Flood_damage	Respuesta sobre el daño del edificio, según los recuerdos de las personas que estuvieron durante la inundación de 1998.							
PGIS_Location (M)		Mapa de puntos, que muestra la ubicación de todas las entrevistas que se realizaron durante las actividades de SIP Participativo.							

La evaluación de los daños de inundación puede ser realizada en una forma semicuantitativa. Esto significa que los daños han de ser cuantificados por cada categoría de activo de acuerdo con el nivel de agregación elegido para la evaluación. Las funciones de evento/daño representan la solución más eficaz para determinar los parámetros relativos a los daños de inundación en los modelos de evaluación de daños por inundaciones (Krzysztofowicz y Davis, 1983a; Krzysztofowicz y Davis, 1983b).





Paso 1: Extracción de los parámetros de vulnerabilidad de las encuestas realizadas durante la campaña del SIG Participativo (SIGP)

Las funciones de etapa/daño, son funciones matemáticas que expresan la relación entre el grado de daño y los parámetros de la inundación: La figura, muestra los dos tipos de funciones de etapa/daño. En los siguientes pasos, se aprenderá como construir las funciones de profundidad/daño para los diferentes tipos de edificios. Las funciones de Profundidad/ daño, son un tipo particular de las funciones etapa/daño que relacionan la pérdida/ daño en función a la profundidad del agua de inundación. Las funciones de Etapa/daño se cuantifican a través de ecuaciones matemáticas, como el grado de daño varia con la variación de los parámetros de la inundación; por lo tanto se aplica una la evaluación semi-cuantitativa del daño provocado por la inundación.

Expresan la vulnerabilidad de cada elemento en riesgo en función a un cierto parámetro de cuando estaba afectado por una inundación. Los elementos de riesgo se agrupan en clases según el grado de agregación en el que desea llevar a cabo la evaluación de riesgos. Elementos de riesgo se pueden ser agrupados en función al tipo de construcción (Edificios de madera, casas de ladrillo y barro, edificios de hormigón armado, etc.) o pueden ser agrupados según el uso (residencial, comercial, industrial y unidades agrarias). En la siguiente figura, se muestran los dos tipos de funciones de etapa/daño: los dos gráficos en la parte superior se refieren al porcentaje daños de las viviendas residenciales de concreto vs. la profundidad del agua y los otros dos gráficos representan la relación entre el daño y la duración de la inundación para los diferentes tipos de cultivos (Dutta et al., 2003).



Las funciones de etapa/daños pueden ser extraídas según las siguientes dos estrategias: la primera, se basa en el cálculo de una función o ecuación sobre la base de datos de daños de inundación histórica; la segunda, se basa en el cálculo de funciones, basadas en un análisis del conocimiento de un experto, según las clases de activos, encuestas, tipo de agregación de información a las unidades de edificaciones o usos de suelo. En este caso se llaman funciones sintéticas de etapa/daño.

Se va a reunir la información necesaria para construir las ecuaciones, en función a las encuestas realizadas durante las actividades SIGP. Los datos recogidos son almacenados en una tabla llamada **PGIS_Survey**; los datos se relacionan con las amenazas de deslizamientos e inundaciones, pero vamos a utilizar sólo los datos relativos a las tres inundaciones históricas que se produjeron en 1993, 1998 y 2008.

La tabla muestra 200 lugares donde se realizaron las entrevistas, cada una relacionada con un edificio (Los ID's: F001 al F100 respecto a las inundaciones). Cada registro contiene el promedio de las respuestas y estimaciones de todas las familias que viven o vivieron durante los desastres en una vivienda en particular. En función al grado impacto de la inundación; las preguntas fueron hechas en relación a la profundidad de la inundación, daños causados, comportamiento de las personas, vehículos y edificios. Las respuestas se expresan mediante "códigos" fácilmente comprensible para la población y sean significativos para cálculos posteriores.

- Abra la tabla: **PGIS_Survey** y verifique el contenido de las columnas. Escriba abajo el tipo de dominio para cada columna (Clase, identificador, Booleano, valor):
 - 1) Landuse: 2) Building_type: ____
 - 3) Nr_floors _
 - 4) Remember_flood_1998: _____
 - 5) Flood damage
 - Water heights: el dominio está relacionado con la profundidad de la inundaciones, ¿Cómo se puede identificar intervalos correspondientes a los diferentes niveles? Escribe a continuación.

 - 1) Tobillo: de _____ a ____ metros.

 2) Rodilla: de _____ a ____ metros.

 3) Cadera: de _____ a ____ metros.

 4) Pecho: de _____ a ____ metros.

 5) Cabeza: de _____ a ____ metros.

 __ metros.
 - 6) Primer piso inundado: de _____ a ___ ___ metros.
 - 7) Segundo piso inundado: de ____ __ a ___ metros.

La tabla esta vinculada al mapa de puntos PGIS_Location que representa la posición de cada entrevista en RiskCity. Primero tenemos que comprobar la posición de las entrevistas en relación con la extensión de la inundación; para eso se tiene que desplegar el mapa de inundación para un periodo de retorno de 100, conjuntamente a la ubicación de los puntos.

P

æ

- Abra los los mapas, en el orden a continuación:
- PGIS_Location: Verifique las propiedades del mapa, que a su vez esta vinculado con la tabla **PGIS_Survey**.
- En la misma ventana, adicione el mapa Flood_100y (Asignele una transparencia=50) Viewer / layers / add layer
- Adicione el mapa de polígonos Building_map_1998
- Adicione el mapa de segmentos Building_situation_1997
- Los edificios en el mapa de segmentos de 1997 y que no están en el mapa de polígonos, han sido destruidos o dañados irremediablemente, por lo tanto han sido abandonados. Aproximadamente, ?cuantos edificios han sido destruidos por el desastre de inundación de 1998?

Ahora ya se puede comenzar a trabajar en la extracción de las funciones de profundidad/daño. Los datos de los daños que están almacenados en la tabla, se refieren a las grandes inundaciones que se produjeron en 1998, las curvas de profundidad/daño se calcularán en base a estos datos. En primer lugar, se necesita copiar la tabla PGIS_Survey en Excel; sólo se necesita el registro relacionado con las inundaciones.

Puede hacerse esto de dos maneras:
 La mejor manera, es abrir la tabla de ILWIS, seleccionar y copiar la información de los registros F001 al F100 y pegarlos en una hoja de Excel;
 o se puede exportar la tabla completa, hacienda clic en el botón derecho en el archive de la tabla, de la ventana principal de ILWIS y seleccionando la opción *Export*; en este caso, tiene que escoger el formato de exportación de los datos *Delimited Text (*.TXT)*. Posteriormente importe o abra el archivo de los datos en una hoja Excel.
 Una vez que se tiene la tabla en Excel, borrar los registros y las columnas que no se necesitan para este ejercicio. Solamente quédese con las columnas: Building_type, Nr_floors, Remember_flood_1998 y flood_damage.

Al final, la tabla debe aparecer como el ejemplo en la siguiente figura.

10	Eile	<u>E</u> dit ⊻iew	Insert I	F <u>o</u> rmat <u>T</u> ools	Data	Window	<u>H</u> e	lp													ŝ	Гуре	a que	stio
	1 📂			- (°" - Σ	• <u>2</u> ↓ }	1 🛍	1	Arial	+	10 👻	B	I	<u>u</u>	F	籉	-	-4-	\$	%	,	•.0 •.00	.00 •.0	丰	s)
	F1	-	fx R	EMEMBER_	N 1998																			
	A	В		С	~ ~		D	E	30	0		F			ĺ.		G					н		
1	KEY	LANDUSE	BUILD	DING_TY		A	REA	REMEMBER_F	L_1993	REM	EMB	ER_	FL_1	998	REN	ΛEΝ	1BEF	₹_FL	_200	07 FI	LOC	D_D	AMA	٩G
2	F025	Res_squatte	r Wood	and other s	crap mat	erials	73	No_flood		Ankle				and the state of	No_	flooi	d						1	65
11	F004	vac_damage	d Fields	stone			177	No_flood		Breas	t				No_	floor	d						11	00
4	FOOE	Res_squatte	r Brick	in_mud			111	No_flood		Breas	t													40
Ξ	FOOE	Res_squatte	r Wood	and other s	crap mat	erials	64	No_flood		Breas	t				No_	floor	d							40
6	F013	Res squatte	r Brick	in mud	10		127	No flood		Breas	t				No	floo	d							35

Tabla PGIS_Survey exportada a Excel.

P

Paso 2: Calcular la función etapa/daño para todos los edificios

Para calcular las curvas de profundidad/daños, se utiliza los registros de los daños causados a los edificios afectados; los datos están almacenados en la tabla **PGIS_Survey** en la columna **Flood_damage**. Esta columna muestra los daños de la inundación en 1998. Tenemos que calcular la media de daño para cada intervalo de altura de agua.

- Ordenar los registros por la altura del agua en relación con las inundaciones de 1998 en Excel: seleccionar la columna de la derecha y haga clic en el botón con el círculo rojo en la figura superior.
- Calcular el promedio de daño en cada intervalo de altura de agua. Haga clic en la "Función" (círculo azul en la figura de arriba) y elija "promedio".

Intervalo	Altura de agua (m)	Ceitroide del intervalo	Average Damage
Ankle	0.0 - 0.2	0.10	
Knee	0.2 - 0.5	0.35	
Нір	0.5 - 1.0	0.75	
Breast	1.0 - 1.5	1.25	
Head	1.5 - 2.5	2.00	
First floor fl	2.5 - 3.5	3.00	
Second floor fl	> 3.5	5.00	

Construir una tabla en Excel con al menos las dos últimas columnas, que se utilizará para mostrar los resultados en un gráfico XY. Agregar una fila en la parte superior e inferior, como se muestra a continuación. La primera línea representa la situación en la que los edificios no están inundados, la última línea representa a la situación extrema de más de 7 metros de

	Centroi	Promedio
Intervalo	de	del daño
Sin inundación	0	0%
Tobillo	0.1	
Rodilla	0.35	
Cadera	0.75	
Pecho	1.25	
Caveza	2	
Primer piso	3	
Segundo piso (>3.5m)	5	
> a 7m	7	90%

profundidad, podemos suponer que, cuando la inundación es de 7 metros de profundidad o más, el promedio de todos los daños de cualquier tipo de edificios es del 90% (se ha calculado previamente por otros métodos).

Ahora, se tiene que crear un gráfico en Excel con los valores del centroide de cada intervalo en el eje X y la media de los daños en el eje Y. Abra el "menú de gráficos" en Excel haciendo clic en el icono con el círculo verde en la figura de arriba, elija el grafico "XY dispersión" y haga clic en Siguiente y a continuación, siga los pasos de la ventana interactiva. Adicione los datos de la siguiente manera:



1. Asigne de manera individual, en la casilla X values los valores del centroide del intervalo.

2. Asigne de manera individual en la casilla Y values los valores del promedio del daño.

Cada intervalo (tobillo, rodilla, etc.) es una serie. Siga el procedimiento para todos los intervalos (desde "Tobillo" a "> 7 metros") y despliegue el grafico. Si no se despliega la línea, haga clic derecho en cada par de puntos, y seleccione "formato de series de datos (format data series)" y en "los patrones (patterns)", añada la línea. El grafico creado, deberá ser similar al de la figura de abajo:



Función de profundidad/daño para todos los edificios

El siguiente paso consiste en agregar la línea de tendencia para cada serie. Clic con el botón derecho sobre cada par de puntos y seleccione "agregar línea de tendencia". Elija "función lineal" y en la opción de menú seleccionar "desplegar la ecuación en el gráfico" (Para la serie del "tobillo" también seleccionar "Interceptar en 0".

Siga el mismo procedimiento para todas las otras series y al final se deberá tener todas las líneas de tendencias para todos los puntos y sus respectivas ecuaciones, como se muestra en la siguiente figura:



Función de profundidad/daño para todos lo edificios: Ecuaciones de las líneas de tendencia.

Las funciones múltiples de este modelo, representa la variación del tipo de daño para todos los inmuebles (expresado en porcentaje) en relación con la profundidad de las inundaciones. Con las 8 ecuaciones mostradas en el gráfico podemos calcular en ILWIS los daños de todos los edificios afectados por cualquier inundación.

En la grafica anterior, todos los edificios son considerados con las mismas características y no se toman cuenta los diferentes números de pisos; por ejemplo, una sola planta no tiene el mismo tipo de daño que un edificio de 4 pisos de hormigón armado.

Con el fin de mejorar el procedimiento se debe elegir un menor nivel de agregación. Por ejemplo, podemos empezar a calcular las funciones de profundidad/daños solamente para los manzanos cuyo uso de suelo es residencial. Las siguientes instrucciones muestran brevemente el procedimiento para calcular las funciones de por unidad, si tiene tiempo y está interesado en esta tarea, trate de mejorar el trabajo.

Tarea avanzada

Ŧ

- Copie nuevamente la tabla PGIS_Survey en Excel. Ordenar por ID y borrar los registros de uso de suelo, relacionados con los daños. Ahora ordenar los registros por por tipo de uso de suelo y guardar sólo los "Res_squatter" y "Vac_damaged". Eliminar todos los registros que no son "Wood and other scrap materials" o "rick in mud", por último ordenarlos según el número de piso. Esto se hace porque suponemos que las unidades donde están viviendas hechas de madera o ladrillos de barro y tiene que entrar en la categoría de edificios que se colapsaron (vac damaged).
- Ahora puede dividir la lista en tres series: 1, 2 y 3 plantas.
- Para cada una de la series, se tiene que calcular la función de profundidad/daño, aplicando exactamente el procedimiento explicado en la parte anterior. Una vez que obtenga las ecuaciones de las líneas, escriba una secuencia de comandos en ILWIS.

A continuación, se muestran los gráficos de cada unidad, con el fin de facilitar la tarea avanzada. En cada gráfico, se muestran las ecuaciones de las líneas de tendencia para cada intervalo de altura. Si usted no quiere calcularlas, puede utilizar las que se muestran a continuación.



Curso de perfeccionamiento profesional EVALUACIÓN DE AMENAZAS Y RIESGOS PARA DESASTRES NATURALES

Referencias y lecturas adicionales

Dutta, D., Herath, S. and Musiake, K., 2003. A mathematical model for flood loss estimation. Journal of Hydrology, 277(1-2): 24-49.

Krzysztofowicz, R. and Davis, D.R., 1983a. Category-Unit Loss Functions for Flood Forecast-Response System Evaluation. WATER RESOURCES RESEARCH, 19(6): 1476-1480.

Krzysztofowicz, R. and Davis, D.R., 1983b. A Methodology for Evaluation of Flood Forecast-Response Systems 1. WATER RESOURCES RESEARCH, 19(6): 1476.

Ejercicio 5b. Evaluación espacial multicriterio para la valoración de la vulneravilidad y el riesgo cualitativo

Tiempo estimado:	3 horas
Datos:	Los datos se encuentran en el subdirectorio: RiskCity_exercises/exercise05b/data
Objetivos:	En este ejercicio se generan una serie de indicadores de vulnerabilidad social, basadas en diferentes unidades administrativas. También se generarán, mapas de indicadores de la vulnerabilidad física, así como algunos indicadores de la capacidad. Los indicadores de vulnerabilidad social y física, se combinan en un indicador de vulnerabilidad utilizando la evaluación espacial multi criterio.
	vanierabilidad adilžanao la evaluación espacial matericiterio.

Introducción

La evaluación espacial multi criterio es una técnica que ayuda a tomar decisiones, con respecto a un objetivo (en este caso, una evaluación cualitativa del riesgo). Es una herramienta ideal para la toma de decisiones transparentes en grupo; utilizando los criterios espaciales, que se combinan y se ponderará con respecto al objetivo general. Para mejorar los análisis de evaluación del riesgo, en el caso de estudio RiskCity, se utilizó el módulo de SMCE ILWIS (ITC, 2001). Los datos de entrada, son un conjunto de mapas, que son la representación espacial de los criterios; los cuales son agrupados, estandarizados y ponderados mediante un árbol de criterio. La base teórica para la evaluación multi criterio, se basa en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), desarrollado por Saaty (1980).

Para el análisis, se tiene que seguir una serie de pasos. En primer lugar, se estructura el objetivo principal (la evaluación cualitativa del riesgo) y un número den sub-objetivos. Los principales sub-objetivos identificados, fueron: la Vulnerabilidad Social, Poblacional, Física y la Capacidad.

Una visión de conjunto de los criterios utilizados para cada sub-objetivo se presenta en la siguiente figura; en la cual, para cada uno de los sub-objetivos, una serie de criterios definidos, miden su desempeño. Una vez que se definen, un árbol de criterio es creado, que representa la jerarquía de la meta principal, subobjetivos y criterios. Para cada uno de los criterios, se crea un enlace datos espaciales y atributos. En el caso de estudio de RiskCity, los criterios de vulnerabilidad y capacidad están relacionados con tres diferentes niveles espaciales: mapeo de unidades, localidades y los distritos dentro de la ciudad. Como los criterios están en diferentes formatos (nominal, ordinal, intervalo, etc.), se normalizan en dentro de un rango de 0 a 1. Cada clase de criterio se pondera entre sí y posteriormente, se ponderan nuevamente los criterios que pertenecen a un mismo sub-objetivo y eventualmente también los sub-objetivos se ponderan una vez mas, para obtener el resultado final; los métodos utilizados para las ponderaciones pueden ser: pares de comparación o orden según el rango. Una vez que la normalización y la ponderación se realiza, se calcula un mapa de índice compuesto para cada sub-objetivo y finalmente; se calcula el mapa de riesgos cualitativo y se lo clasifica en una serie de clases.

Los datos para este ejercicio están almacenados en una serie de tablas que se pueden asociar a los mapas de polígonos de los tres niveles administrativos diferentes: **Mapping_units** (la subdivisión más pequeña que en su mayoría son las cuadras o bloques, cuyo limite esta definido por la calle), **Wards** (barrios de la ciudad) y **Districts** (toda la ciudad se compone de 5 distritos).

Estas tres diferentes unidades administrativas, tienen diferentes información de atributos, relacionados entre si. Por ejemplo, la información demográfica de la ciudad sólo está disponible nivel de distrito, en forma general; la información de las tasa de desempleo, se dispone a nivel de barrio, que la información sobre nivel de pobreza y la estructura social, está disponible incluso a nivel de bloque.

Hay también un cuarto nivel, que es el nivel de cada uno de los edificios (mapa **Building_map**), sin embargo en este nivel no tenemos ninguna información relevante, que puede utilizarse como indicador evaluación espacial milti criterio.



Datos de entrada

Nombre	Тіро	Significado	
Elementos en riesgo	-	-	
Mapping_units	Polígono	Bloques de los edificios de la ciudad.	
Mapping_units	Tabla	Tabla que contiene la información estadística general del número de edificios y personas por manzano.	
Wards	Polígono	Barrios de la ciudad.	
Wards	Tabla	Tabla con la información del censo poblacional, a nivel de barrio.	
Districts	Polígono	Distritos de la ciudad.	
Districts	Tabla		
Perdidas para diferentes tipos de amanazas			
Flood_risk_buildings Seismic_risk_buildings Technological_risk_buildings Landslide_risk_buildings	Tablas	Tablas con el resultado de las estimaciones de perdidas por edificio, a causa de las amenazas por inundación, deslizamientos, terremotos y tecnológicas. Estos son los resultados de los ejercicios previos.	
Flood_risk_population Seismic_risk_population Technological_risk_population Landslide_risk_population	Tablas	Tablas con el resultado de las estimaciones de perdidas en función a la población, a causa de las amenazas por inundación, deslizamientos, terremotos y tecnológicas. Estos son los resultados de los ejercicios previos.	
Otros datos			
High_res_image	Raster	Imagen de alta resolución para el área de	

Los siguientes datos, serán utilizados en esta ejercicio



Selección de los indicadores y enfoque general

(F

- Abra el mapa Mapping_units, y adicione los mapas Wards yDistricts. Rasterize los mapas usando la georeferencia de Somewhere.
 - Use la function de *PixelInformation* para encontrar la información de los atributos que están vinculados a los mapas.

De estos datos se generan las siguientes cuatro grupos de indicadores:

1. Los indicadores de vulnerabilidad social (tabla 1)

- Porcentaje de niños pequeños
 - Porcentaje de personas de edad avanzada
 - La densidad de población durante el día
 - La densidad de población en la noche
 - Porcentaje de los grupos minoritarios
 - Porcentaje de familias monoparentales
 - Porcentaje de hogares que viven por debajo del nivel de pobreza.
 - Tasa de alfabetización

2. Indicadores de la vulnerabilidad Poblacional (tabla 2)

- Numero de personas ubicadas en zonas amenazadas por inundación, con diferentes periodos de retorno y con un escenario durante el día y la noche.
- Número de personas ubicadas en zonas amenazadas por deslizamientos, con diferentes grados de susceptibilidad a los deslizamientos y con un escenario durante el día y la noche
- Número de personas ubicadas en zonas amenazadas por riesgos tecnológicos, con diferentes grados de susceptibilidad y con un escenario durante el día y la noche
- Número de personas ubicadas en zonas amenazadas por sismos, con diferentes intensidades y periodos de retorno y con un escenario durante el día y la noche

3. Indicadores de la vulnerabilidad física (Tabla 3)

- Número de edificios situados en zonas <u>amenazadas por inundaciones</u>, con diferentes periodos de retorno
- Número de edificios situados en zonas <u>amenazadas por deslizamientos</u>, con diferentes grados de susceptibilidad.
- Número de edificios situados en zonas <u>amenazadas por riesgo tecnológico</u>, con diferentes grados de susceptibilidad.
- Número de edificios situados en zonas <u>amenazadas por sismos</u>, con diferentes intensidades y periodos de retorno

4. Indicadores de la capacidad

Sensibilización, concientización y preparación

RISK = HAZARD * <u>VULNERABILITY</u> CAPACITY En este ejercicio se usa la relación de riesgo, tal como se indica izquierda. Se debe incluir la vulnerabilidad, así como la capacidad. La capacidad expresa la gestión positiva del manejo de los recursos operativos y procedimientos para reducir los factores de riesgo.

Мара	Tabla	Columna	Descripción
	Districts	Age_under_4	Porcentaje de niños pequeños, en edad preescolar
Districts	Districts	Age_4_to_12	Porcentaje de niños de edad escolar primaria
	Districts	Age_12_18	Porcentaje de adolescentes de secundaria en edad escolar
	Districts	Age_18_24	Porcentaje de los adolescentes, que siguen una educación superior
	Districts	Age_24_65	Porcentaje de la población en edad de trabajar
	Districts	Age_over_65	Porcentaje de personas jubiladas.
	Districts	Minor	Porcentaje de la población procedente de grupos minoritarios.
Wards	Wards	Nr_buildings	Número de edificios por barrio
	Wards	Daytime_population	Población durante el día por cada barrio
	Wards	Nighttime_population	Por la noche la población por cada barrio
	Wards	Unemployment	Tasa de desempleo por barrio
	Wards	Literacy_rate	Tasa de alfabetización por barrio
Mapping	Mapping units	Pred_landuse	Cartografía del uso del suelo, predominante por unidad
units	Mapping units	PerVacant	Porcentaje de las unidades de mapeo que está vacante y puede ser
			utilizado como zona de refugio, su se da un uso adecuado al suelo.
	Mapping units	Percent_single_ household	Porcentaje de hogares solo por las unidades de mapeo
	Mapping units	Poverty_level	Porcentaje de la población por cada unidad de mapeo que viven por debajo del nivel de pobreza

Tabla 1: Descripción de los datos disponibles para la evaluación de la vulnerabilidad social

Aparte de los indicadores de vulnerabilidad social, también tenemos en cuenta los indicadores de vulnerabilidad de la población, que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2: Resum	nen de los dato	s disponibles p	oara vulnerabilidad	poblacional
----------------	-----------------	-----------------	---------------------	-------------

Мара	Tabla	Columna	Descripción
Mapping units	Flood_risk_popula tion	day_pop_aff_10_year day_pop_aff_50_year	Número de personas afectadas por una inundación con un periodo de retorno de 10 y 50 años, durante el día.
Indicator: Riesgo de las personas por inundación	Flood_risk_popula tion	night_pop_aff_10_year night_pop_aff_50_year	Número de personas afectadas por una inundación con un periodo de retorno de 10 y 50 años, durante la noche.
Mapping units	Landslide_risk_po pulation	Pop_night_high Pop_night_moderate Pop_night_low	Número de personas que viven en zonas de alta, moderada y baja susceptibilidad a deslizamientos, durante la noche.
Indicator: Riesgo de las personas por deslizamientos	Landslide_risk_po pulation	Pop_day_high Pop_day_moderate Pop_day_low	Número de personas que viven en zonas susceptibles deslizamientos (alta, moderada y baja) durante el día.
Mapping units	Technological_risk _population	Pop_day_sc1	Número de personas presentes en la zona que podrían verse afectadas por una piscina de fuego durante el día.
Indicator:	Technological_risk _population	Pop_night_sc1	Número de personas presentes en la zona que podrían verse afectadas por una piscina de fuego durante la noche.
Riesgo de las personas por	Technological_risk _population	Pop_day_sc2	Número de personas presentes en la zona que podrían verse afectadas por BLEVE o bola de fuego (explosión) durante el día.
amenaza tecnológica	Technological_risk _population	Pop_night_sc2	Número de personas presentes en la zona que podrían verse afectadas por BLEVE o bola de fuego (explosión) durante la noche.
Mapping units	Seismic_risk_pop ulation	VI_night_pop VII_night_pop VIII_night_pop IX_night_pop	Población en los edificios que pueden colapsar bajo un terremoto de VI – IX, durante la noche.
Riesgo de las personas por sismos	Seismic_risk_pop ulation	VI_day_pop VII_day_pop VIII_day_pop IX_day_pop	Población en los edificios que pueden colapsar bajo un terremoto de VI – IX, durante el dia.

El tercer bloque de indicadores, son los indicadores de la vulnerabilidad física, que se muestran en la tabla 3.

Мара	Tabla	Columna	Descripción
Mapping units	Flood_risk_buildings	Buildings_5_year	Número de edificios afectados por una inundación con un periodo de retorno de 5 años
	Flood_risk_buildings	Buildings_10_year	Número de edificios afectados por una inundación con un periodo de retorno de 10 años
	Flood_risk_buildings	Buildings_25_year	Número de edificios afectados por una inundación con un periodo de retorno de 25 años
	Flood_risk_buildings	Buildings_50_year	Número de edificios afectados por una inundación con un periodo de retorno de 50 años
	Flood_risk_buildings	Buildings_100_year	Número de edificios afectados por una inundación con un periodo de retorno de 100 años
Mapping units	Landslide_risk_buildings	Nr_buildings_high	Número de edificios situados en zonas de moderada susceptibilidad a deslizamientos
	Landslide_risk_buildings	Nr_buildings_moderate	Número de edificios situados en zonas de baja susceptibilidad a deslizamientos
	Landslide_risk_buildings	Nr_buildings_low	Número de edificios situados en zonas de alta susceptibilidad a deslizamientos
Mapping units	Technological_risk_buildings	Nr_buildings_sc1	Número de edificios situados en zonas que podrían verse afectadas por una piscina de fuego
	Technological_risk_buildings	Nr_buildings_sc2	Número de edificios situados en zona que podrían verse afectadas por BLEVE o Bola de fuego (explosión)
Mapping units	Seismic_risk_buildings	VI_collapse_max	Número de edificios que se espera que colapsen debido a un terremoto con intensidad VI
	Seismic_risk_buildings	VII_collapse_max	Número de edificios que se espera que colapsen debido a un terremoto con intensidad VII
	Seismic_risk_buildings	VIII collapse_max	Número de edificios que se espera que colapsen debido a un terremoto con intensidad VIII
	Seismic_risk_buildings	IX_collapse_max	Número de edificios que se espera que colapsen debido a un terremoto con intensidad IX

Tabla 3: Descripción de los datos disponibles de la vulnerabilidad física

Procedimiento

El módulo de SMCE de ILWIS-SIG, se utilizo para implementar un modelo semicuantitativo. La aplicación SMCE, ayuda y guía a los usuarios, realizar la evaluación multi-criterio en una forma espacial (ITC, 2001). Los datos de entrada, son un conjunto de mapas, que son la representación espacial de los criterios que se agrupan, se normalizan y se ponderan en un "árbol de criterios". El resultado es uno o más "mapa(s) de índices compuestos", que indica la realización de el modelo implementado. La base teórica para la evaluación multicriterio se basa en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) desarrollado por Saaty (1980).



Ejercicio 5b. Evaluación espacial multicriterio

Se seguirá una serie de pasos que se indican a continuación esquemáticamente: Estamos estructurando los principales grupos de *indicadores genéricos de la vulnerabilidad social, indicador de la vulnerabilidad social de una amenaza especifica, indicador de la vulnerabilidad física de una amenaza específica* e *indicadores de capacidad.* A continuación, los pasos siguientes son necesarios:

- Paso 1: Generar de un árbol de criterios como un modelo SMCE, para determinar los indicadores genéricos de la vulnerabilidad social, en función al grupo de factores; normalizar los factores y definir su pesos mediante el método del par racional de comparación (*pair wise comparison*).
- Paso 2: Generar de un árbol de criterios como un modelo SMCE, para determinar el indicador de la vulnerabilidad social de una amenaza especifica, en función al grupo de factores relacionados con la población y a su vez afectados por un escenarios de desastre, ya sea de terremoto, deslizamiento, inundación y riesgos tecnológicos en horarios diferentes (diurnos o nocturnos). Posteriormente, normalizar los factores y definir sus pesos mediante el método del par racional de comparación (*pair wise comparison*).
- Paso 3: Generar de un árbol de criterios como un modelo SMCE, para determinar el indicador de la vulnerabilidad fisica de una amenaza especifica, en función al grupo de factores relacionados con la población y a su vez afectados por un escenarios de desastre, ya sea de terremoto, deslizamiento, inundación y riesgos tecnológicos. Posteriormente, normalizar los factores y definir sus pesos mediante el método del par racional de comparación (*pair wise comparison*).
- Paso 4: Generar de un árbol de criterios como un modelo SMCE, para determinar los indicadores de capacidad, que para esta caso solo se limita a un factor, que es: el nivel de preparación.
- Paso 5: Combinación de los 4 conjuntos de indicadores en un indicador de vulnerabilidad.

Nota: Es posible, llevar a cabo cada paso independientemente o saltarse un paso o mas. Si se está trabajando en grupos, cada indicador puede hacer por cada uno de los miembros del equipo.

También es posible llevar a cabo el análisis completo en un solo árbol de criterios (página siguiente). Sin embargo, le recomendamos hacerlo separado para cada componente descritos anteriormente.

Todo el ejercicio puede tomar mucho tiempo para terminar en una tarde. Por lo tanto le sugerimos que por lo menos termine con la parte 1 (Indicadores de Vulnerabilidad Social) y la 4 (indicadores de la capacidad).

Finalmente, el árbol de criterios que se desarrollara en este ejercicio, se parece la siguiente figura:



Ejercicio 5b. Evaluación espacial multicriterio

Parte A: Indicadores de vulnerabilidad social

En este paso, se generara en ILWIS un árbol de problemas, mediante las herramientas de la evaluación espacial multi criterio de (SMCE), para calcular **indicador genérico de la vulnerabilidad social**. Suponemos que usted tiene algunos conocimientos básicos sobre SMCE, y no explicaran mucho sobre los antecedentes. Por favor, consulte la ayuda ILWIS, si necesita más información. En general SMCE sigue una serie de pasos:

- 1. **Definición del problema**. Estructuración del problema dentrote árbol de criterios, con varias ramas o grupos, y una serie de factores y/o limitaciones.
- 2. **Normalización de los factores**. Todos los factores que pueden estar en diferentes formatos (nominal, ordinal, intervalo, etc.) deben ser normalizado a un rango de 0 a 1. SMCE tiene algunas herramientas muy útiles para transformar o normalizar mediante gráficos, especialmente para datos valor.
- 3. **Ponderación de los factores** dentro de un grupo. SMCE tiene algunas herramientas muy útiles para determinar el Procesamiento Analítico Jerárquico (AHP), como el método de par comparativo *(pair wise comparison)* u orden de jerarquia (rank ordering).
- 4. Ponderación de los grupos, a fin de llegar a un peso global.
- 5. Clasificación de los resultados.

Posteriormente, se desarrollara el procedimiento para determinar **indicador genérico de la vulnerabilidad social**. Finalmente, usted puede hacer lo mismo para los otros grupos.

A.1. Definición del problema

æ

El árbol de criterios, está compuesto por los siguientes criterios: Limitaciones: estos son los criterios utilizados para enmascarar la zona en la que el objetivo no puede ser alcanzado. Por ejemplo: En este caso, donde no existe la vulnerabilidad social, porque no hav personas que viven. Factores: Son criterios que contribuyen en forma diferente a la meta final (Valor de la vulnerabilidad social en este caso). Podemos agrupar estos en varios sub-objetivos o grupos. ¿Qué criterios utilizar y cómo ordenarlos? Esta parte, a menudo, es una de las partes más difíciles del procedimiento.

- Selecionar *Operations / Raster Operations / Spatial Multi Criteria Evaluation*. Seleccionar la opción de analisis del problema. Un arbol de problema vacio se abrira.
- Cambiar el objetivo (Boton derecho en *Edit*) a:
 - **Generic_Social_Vulnerability**, y nombre el mapa de salida **Social_Vulnerability** (en el lado derecho).
- Haga clic con el boton derecho en Generic_Social_Vulnerability y seleccione *Insert group*. Adicione el grupo: Age_related, Income related, Ethnicity related, Social Structure Related.
- Incluir los diversos factores de cada uno de los criterios, haciendo clic derecho sobre cada uno de los criterios e insertando los factores espaciales.

Criteria Tree		
Generic social vulnerability indicators E 6 0.00 Age related	Social_vulnerability	También puede añadir una limitante,
0.00 Young_children		llamada " Built-up area" . Esta sería una
🖻 📄 0.00 Income related		columna booleano (Verdadero o Falso) en la
0.00 Under poverty level		tabla de Mapping_unit , en la que se
😑 📄 0.00 Ethnicity related		indicará nara cada unidad de maneo si
🖳 🖳 1.00 Minority groups		malcara, para cada amada ac mapeo, si
0.00 Social structure related 1.00 Single parent households		zonas esta edificada o no.

Esto podría hacerse en primer lugar como una columna boleana en la tabla de **Landuse** y a continuación se une con la tabla **Mapping_unit**.

<u>PREGUNTA</u>: Además de los criterios que se dan aquí ¿Que otros indicadores cree usted que podrían ser utilizados en la determinación de la vulnerabilidad social? Nombrar algunos ejemplos e indicar dónde se puede obtener los datos, para su propio país.

Posteriormente, se asignan los datos espaciales que son relevantes para cada uno de los criterios que se haya definido. Estos son, en su mayoría, procedentes de las tablas, vinculados a los mapas **Mapping_units**, **Wards**, y **Districts**. Todos los datos relacionados con la edad, solamente estan disponibles a nivel de distrito.

Nota: Las zonas que están en rojo del SMCE, quieren decir que todavía los datos no están definidos.

Ŧ

- Hacer un doble clic en el área a lado de **Young_children**. Selecione del mapa **Districts** la columna: **Age_under_4**.
- Encuentre también información espacial relevante para el resto de los criterios. El resultado se indica más abajo
- Guarde el arbol de criterio como: **Generic_social_vuln**.

Nota: Todas las partes indicadas en rojo deben ser completadas antes de que calcule el mapa final.

El árbol de criterio, debe parecerse a la figura de abajo



A.2. Factores de Normalización

En este caso todos los factores que estamos utilizando en esta evaluación son "valores" y todos ellos son almacenados como atributos en una tabla de atributos, vinculados a uno de los tres mapas administrativos. Posteriormente, se tiene que normalizar los valores y ponerlos en un rango de 0 a 1.

Ċ		
	•	En la ventana del SMCE, Cambie el modo de "Problem Definition" a "Multi Criteria Analysis". Ahora ya se puede empezar el proceso de normalización.
	•	Haga doble clic en el área roja, 0.00 Young_children . Se despliega una ventana en la que se muestra un gráfico de los datos ajustados a un rango de valores, entre 0 y 1.

Usted tiene la opción de seleccionar varias maneras para estandarizar los valores entre 0 y 1. La figura siguiente muestra la ventana de normalización y las diferentes opciones.

Máximo: Los valores de entrada, los divide por el valor máximo del mapa. **Intervalo**: Utiliza una función lineal entre el valore máximo y mínimo del mapa. **Objetivo** (*Goal*): Utiliza una función lineal con un valor específico máximo y mínimo.

Pie lineal: Utiliza una función lineal con dos puntos de ruptura localizados entre los extremos.



Convexo: Utiliza una función convexa con un valor definido por el usuario para volver a la forma curva. **Cóncavo**: Utiliza una función cóncava con un valor definido por el usuario para volver a la forma de la curva.

Forma de U: Tiene la forma de una curva en U, con un valor definido por el usuario para estirar o reducir la curva GaussianBell.

Al seleccionar los límites de la normalización, siempre se tiene que considerar el objetivo de la ponderación y el procedimiento de normalización (en este caso la vulnerabilidad social) y cómo esta variable en particular se relaciona. En este caso: cuanto más alto es el porcentaje de niños en una zona, mayor es la vulnerabilidad de la población, por lo tanto se puede utilizar una simple línea recta, entre el 0 y el valor máximo. En otros casos habrá un valor máximo por encima del cual, siempre se determinara como alto. Por ejemplo, para la estimación de las pérdidas de la población, se puede decir que algo por encima de 20 es alto, y debe ser 1. En ese caso se selecciona la opción de *Goal*, y usted puede ajustar los valores manualmente.

¿Cómo Normalizar? Cada persona tiene que definir los rangos para normalizar. Considerar, para cada uno de los factores: ¿Cuánto debería ser el valor máximo a considerar, para que sea totalmente vulnerable? Por ejemplo: ¿Cuánto debería ser el porcentaje de personas edad avanzada por unidad de mapeo, para asignarle un valor de 1 (muy vulnerable)?. Estos valores umbrales, por lo general están definidos por un grupo de toma de decisiones, a través de talleres, etc. Aquí, puede usted discutir estos valores con sus compañeros.

æ

• Selecione la opción de *Goal* y cambia los valores, *minimum X*: 0 y *maximum: 20*. Haga lo mismo para la variable **Elderly_people**.

Normalize de la misma manera las otras variables.

Después de la normalización de todos los factores, el árbol de criterio se verá como la siguiente figura. Las zonas rojas muestran los lugares donde todavía es necesario indicar el peso.



- Para ver el resultado de la normalización: haga clic derecho sobre el nombre **Young_children** y selecione *Show standardized*. Se desplegara el mapa que contiene los valores normalizados.
- Abra *PixelInformation* y adicione el mapa, recién creado y también el mapa de **district**, vincule a la tabla **District**. Compare los valores originales con los valores normalizados.

A.3. Determinar los valores de ponderación de los factores

Pesos

- Los pesos tienen que estar siempre entre 0 y 1.
- Los pesos jamás pueden ser negativos.
- La suma de los factores dentro un grupo, siempre tiene que ser igual a 1.
- Cuando un grupo tiene un solo factor, el factor automáticamente
- tiene como peso 1.
 Las limitaciones no se consideran durante la asignación de pesos.

El tercer paso de este procedimiento es definir los pesos entre los diversos factores. Esto puede hacer entre los factores en el mismo grupo (por ejemplo, los dos factores "*Young_children*" y "*Elderly_people*" en el grupo "*Age related* "), o el peso entre los grupos (por ejemplo, "*Age related* " vs. " *Income related* "). Hay dos grupos que tienen sólo un factor, por lo tanto el peso de estos dos son 1 (véase más arriba: "*Minority groups*" y "*Single parent households*"). Para la determinación de los pesos un SMCE, se puede utilizar 3 métodos:

- **Pesos directos**: indican el peso directamente en una tabla
- Comparación de pares: Comparar los factores de dos en dos y en base a la consistencia, coherencia y la importancia relativa de la selección, se dan valores cuantitativos a los factores)
- **Ordenar por rango:** Se clasifican de manera relativa los factores, por orden de importancia y el software se convierte en estas ponderaciones cuantitativas.

En este ejercicio vamos a trabajar principalmente con la comparación de pares.

Ŧ

æ

- Clic con el boton derecho en la zona roja del factor de grupo "Age related", y seleccione Weight. Seleccione la opción: Pairwise
- Determinar; si para la determinación de la vulnerabilidad social, el porcentaje de jóvenes-niños es más importante que el porcentaje de personas de edad avanzada, o igual, o menos. Discuta esto con sus compañeros/miembros del grupo.
- Doble clic en el área verde, a lado de *age related* y llene en *age_related*. Presione enter. Doble clic en el nombre del mapa y genere el mapa. Vea los resultados.
- Normalize de la misma manera los otros grupos, por ejemplo "*Income related*" y realice los mapas intermedios para *Income related*, *Etnicity related* y *Social structure*.

Criteria Tree	
🏆 generic social vulnerability	🔛 social_vulnerability
🚊 🛍 0.00 age_related Pairwise	🔜 age_related
	🔟 districts:Age_under_4
🔤 🔤 0.25 elderly_people Std:Goal(0.000,2	🔟 districts:Age_over_65
🚊 📾 0.00 Income related Pairwise	🔛 income_related
🛛 🔤 🖓 0.75 under_poverty_level Std:Goal(0	🔟 mapping_units:Poverty_level
🛛 🔤 🖓 0.25 Unemployment Std:Goal(0.000,2	🔟 wards:Unemployment
🖨 📾 0.00 Ethicity related	🔛 etnicity_related
🛛 🐴 1.00 Minority groups Std:Goal(0.000,	🔟 wards:minority_groups
🗄 📾 0.00 Social structure related	🛄 social_structure_related
1.00 Single_parent_household Std:G	mapping_units:Percent_single_h

El árbol de criterios se deberá parecer al la figura de la izquierda.

A.4. Determinación de los pesos de los grupos

Ē

El cuarto paso en el procedimiento, es definir los pesos entre los grupos (por ejemplo, " *Age related* " vs. " *Income related* "). Hay cuatro grupos en este ejemplo, por lo tanto el método de comparaciones de pares, puede ser utilizado; pero también podría probar con otro método.

- Clic derecho sobre la línea roja de arriba en "Social vulnerability indicators", y seleccione Weight. Seleccione la opción: Pairwise
- Determina para cada combinación la importancia relativa (ver abajo). Discuta esto con sus compañeros/miembros del grupo.

urrent comparison:	Comparison Progress:
Age related	Age related, Income related
[]	C Age related, Ethnicity related
is equally important as	Age related, Social structure related
- Income related	🖂 🤉 Income related, Ethnicity related
	🖂 🤉 Income related, Social structure related
Choose other method	📄 🥤 Ethnicity related, Social structure related

El resultado del arbol de criterio, puede tener un aspecto como la siguiente (aunque los pesos podrían ser diferentes, dependiendo de la importancia que le dio a los diferentes grupos de factores.)

Criteria Tree	
🏆 generic social vulnerability Pairwise	🔛 social_vulnerability
📴 📾 0.26 age_related Pairwise	🔛 age_related
0.75 young_children Std:Goal(0.000,	🔟 districts:Age_under_4
0.25 elderly_people Std:Goal(0.000,2	🔟 districts:Age_over_65
🚊 📾 0.52 Income related Pairwise	🔛 income_related
0.75 under_poverty_level Std:Goal(0	🔟 mapping_units:Poverty_level
🛛 🔜 📲 0.25 Unemployment Std:Goal(0.000,2	🔟 wards:Unemployment
🖻 📾 0.10 Ethicity related	🔛 etnicity_related
1.00 Minority groups Std:Goal(0.000,	🔟 wards:minority_groups
🗄 👜 0.12 Social structure related	🔛 social_structure_related
1.00 Single_parent_household Std:G	mapping_units:Percent_single_h

Hasta este paso, todos los parámetros fueron introducidos, es el momento de calcular el mapa de salida.

P

- Clic con el botón derecho sobre el mapa "Social_vulnerability", y seleccione Generate selected item.
- Despliegue el mapa resultante. Use *PixelInfo* para comparar el mapa salida, con los mapas de entrada. Usted puede ajustar los valores de normalización, y los pesos. Solamente si usted lo desea, para ajustar el modelo o calibrar.



Pregunta ¿Qué se puede concluir del patrón o la distribución de la vulnerabilidad social?

Parte B. Indicadores de vulnerabilidad poblacional en función a las amenazas especificas

En esta parte, se generaran los mapas necesarios para la determinar los indicadores de vulnerabilidad poblacional, mediante el análisis espacial multi criterio. Se combinaran en un solo valor de vulnerabilidad poblacional, a toda la población que puede ser afectada por uno o mas amenazas: terremotos, deslizamientos, inundaciones y desastres tecnológicos durante el día y/o la noche.

B.1. Preparación de los mapas de entrada

En este paso, se va generar los mapas necesarios para el análisis espacial multicriterio. En el SMCE software de cada tabla, contiena columnas que se utilizan como indicadores y deben ser vinculadas un mapa raster. Como la mayoría de las tablas de atributos, que contienen los resultados de la población y las perdidas de los edificios, están vinculadas a el mapa **mapping_units**, tenemos que copiar el mapa varias veces, de modo que cada tabla tiene su propio mapa.

()

- Razterizar el mapa de poligonos **Mapping_units**, **Wards**, y **Disticts** usando la georeferencia **Somewhere** (en el caso de que no esten rasterizados).
 - Selcionar el mapa **mapping_units** y seleccionar *Edit / Copy Object to* y seleccione *New Name*. Nombre el archive: **Flood_risk_buildings**.
- Cambie las propiedades del mapa raster **Flood_risk_buildings**, y asegurese que esta vinculado a la tabla **Flood_risk_buildings**.
- Haga lo mismo para todos los archivos listados en la siguiente tabla y de nómbrelos como se indica a continuación.

Tabla 4: Copiar el mapa raster **Mapping_units** con estos nombres y vincular cada uno de ellos a la tabla con el mismo nombre

Nonbre de las tablas	
Flood_risk_buildings	Seismic_risk_buildings
Flood_risk_population	Seismic_risk_population
Landslide_risk_buildings	Technological_risk_buildings
Landslide_risk_population	Technological_risk_population

B.2. Generación del árbol de criterio

Una vez que los mapas de entrada, hayan sido generados; puede comenzar con la generación de árbol de criterios y el análisis de múlti criterio. Deberá seguir el mismo procedimiento, explicado en la sección anterior.

()		
	•	Cree un nuevo árbol de criterio: Population_Vulnerability , y asígnele el mismo nombre de salida al archive.
	•	Adicione los grupos de los distintos grupos de factores: Earthquake_losses, Landslide_losses, Flood_losses, Technological_losses.
	•	Incluya para cada tipo de amanaza, dos subgrupos: Nighttime losses, y Daytime losses.
	•	Introduzca lo escenarios más relevantes para cada tipo de amenaza. Por ejemplo, para los terremotos, solo sera suficiente añadir el escenario de intensidad IX.

• Ver la figura de abajo, para ejemplo. Usted no tiene que hacer exactamente lo mismo. Use sus propios criterios.



B.3. Normalización y ponderación

Una vez que el árbol de criterios este listo, se puede definir los atributos relacionados y empezar con la normalización. Este procedimiento ya fue explicado en la sección anterior, no vamos a repetir aquí de nuevo.

Ŧ		
	•	Escoja los atributos mas relevantes de las columnas "Population risk" que se encuentran vinculadas al mapa Mapping_units para los terremotos, deslizamientos, inundaciones y amenazas tecnológicas.
	•	Normalice todas las columnas, usando la misma función de "Goal" y por ejemplo todo valor por encima de 100, se normalizara a 1. Escoja el valor máximo, según su propio criterio.
	•	El valor de peso para las perdidas durante el día o la noche, será el mismo, 0.50.
	•	Use el método de comparación de pares para las amenazas y establezca que amenaza es más importante que las otras.
	•	Genere el mapa de salida Population_vulnerability , y evalue el resultado de forma crítica, es decir, si el resultado necesita que se ajuste.
	•	¿Cree usted que los parámetros que se tomaron en cuenta son buenos indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad? ¿Tienes otras ideas?

Parte C. Indicadores de vulnerabilidad fisica en función a las amenazas especificas

En esta parte, se generaran los mapas necesarios para la determinar los indicadores de vulnerabilidad física en función a las amenazas específicas, mediante el análisis espacial multi criterio. El procedimiento para estimar el número de edificios que pueden verse afectados por terremotos, deslizamientos, inundaciones y desastres tecnológicos se explica con más detalle en los ejercicios posteriores. Aquí, solo se combinan para determinar un indicador de vulnerabilidad física.

(F	
•	Cree un Nuevo arbol de criterio: Physical_Vulnerability , y nombre el archive de salida con el mismo nombre.
•	Adicione los grupos de los distintos grupos de factores: Earthquake_losses, Landslide_losses, Flood_losses, Technological_losses.
•	Incluya para cada tipo de amenaza, todos los escenarios calculados, por ejemplo: Para terremotos, adicione los escenarios de intensidad VI, VII, VIII y IX.
•	Escoja los atributos relevantes de las columnas " <i>Building risk</i> " que están vinculadas al mapa mapping_units para los terremotos, deslizamientos, inundaciones y amenazas tecnológicas.
•	Normalice todas las columnas, usando la misma funcción " <i>Goal</i> " y por ejemplo todo valor por encima de 25, se normalizara a 1. Escoja el valor máximo, según su propio criterio.
•	Use the pairwise method for the scenarios within each hazard category
•	Use el método de comparación de pares para las amenazas y establezca que amenaza es más importante que las otras.
•	Genere el mapa de salida Physical_vulnerability , y evalue el resultado de forma crítica, es decir, si el resultado necesita que se ajuste. Un ejemplo, del arbol de criterios, esta dado a continuación.



Parte D. Indicadores de capacidad

El indicador global de la vulnerabilidad también contiene un indicador relacionado con la capacidad. La capacidad se expresa de manera positiva, que involucran los recursos operativos y procedimientos para reducir los factores del riesgo. Estos factores, en realidad, ayudan a reducir la vulnerabilidad. En nuestro caso de estudio, se esta utilizando un solo indicador de capacidad: nivel de instrucción, expresada en función a la tasa de alfabetización.

El indicador de capacidad de trabajo, debe trabajar de forma opuesta a los otros indicadores de vulnerabilidad. Recuerde la siguiente fórmula:

Esto significa que, en el caso de los indicadores de vulnerabilidad, los valores más altos indican mayor vulnerabilidad; por lo tanto, se requiere que el indicador de capacidad muestre: Cuanto mayor sea el valor, mejor es la capacidad. Posteriormente, de acuerdo con la fórmula y cuando se están combinando los valores, se va a dividir el valor del <u>Indicador de la Vulnerabilidad</u> por el <u>Indicador de Capacidad</u>.

(F

- Cree un nuevo árbol de criterio: **Capacity**, y nombre el archive de salida con el mismo nombre.
- Adicione el grupo: Disaster_Awareness.
- Dentro de este grupo, incluya un solo factor: Literacy_rate. Seleccione la columna Literacy_rate de la tabla Wards.
- Normalice el factor, teniendo en cuenta que los valores altos de la tasa de alfabetización, resultan valores <u>altos</u> en el Indicador de la Capacidad
- Genere los mapas de salida de capacidad y evalue criticamente el resultado.

Parte E. Combinación de los indicadores de vulnerabilidad y capacidad

El indicador global de la vulnerabilidad, se determina mediante la combinación de los cuatro indicadores que se han calculado anteriormente:

- Social_Vulnerability (Parte A)
- Population_Vulnerability (Parte B)
- Physical_Vulnerability (Parte C)
- Capacity (Parte D)

C.

Es posible combinar los 4 valores en un SMCE. Sin embargo, dado que el indicador es la capacidad tiene un efecto contrario a los indicadores de vulnerabilidad, hemos decidido combinar los tres indicadores de vulnerabilidad en primer lugar y luego dividir por el indicador de capacidad, de acuerdo con la fórmula.

P		
	•	Cree un Nuevo albol de criterio: Total_vulnerability y nombre el archive de salida con el mismo nombre.
	•	Adicione los tres factores: Social_vulnerability, Population_vulnerability y Physical_vulnerability.
	•	Vincúlelos a los tres mapas, que fueron determinados en la parte A, B y C.
	•	Normalice los tres factores; pares para determinar los pesos, use el método de comparación de pares.
	٠	Genere el mapa de salida Total_vulnerability.
	•	En la linea de commandos de la ventana principal del ILWIS, escriba la siguiente expresión:
		Overall_vulnerability:= Total_Vulnerability / Capacity
		Use dominio valor, con una precisión de 0.1
	•	Clasifique el mapa de salida en tres clases y evalue criticamente el resultado. (Con ayuda del histograma Overall_vulnerability seleccione los rangos de las res clases).

¿QUE ÁREAS TIENEN LA VULNERABILIDAD MAS ALTA?

Ejercicio 6A. Evaluacion cuantitativa del riesgo

Tiempo estimado:	1 horas					
Datos:	Datos en el subdirectorio: Riskcity exercise/exercise06a/data					
Objetivos:	Objetivos: Este ejercicio se muestra un método simple para valoración cualitativa del rieso					
	usando una matriz para combinar vulnerabilidad cualitativa y clases de					
	susceptibilidad. Se tomara el riesgo de deslizamientos como un ejemplo para el					
	desarrollo de este ejercicio.					

Datos de entrada

En este ejercicio se utilizara el mapa de susceptibilidad de deslizamientos (**Susceptibility**), el cual ha sido generado usando el método estadístico como en el ejercicio 3L. Para los elementos en riesgo, usaremos las unidades de mapeo que representaran los bloques de edificio. El mapa **Landslide_ID** es requerido con el fin de cambiar el mapa de susceptibilidad en un mapa de amenaza, con la información temporal de los deslizamientos.

Nombre	Nombre Tipo Significado						
	Elementos en riesgo						
Mapping_units	Raster	Bloques de edificios de la ciudad					
Mapping_units	Tabla	Tabla que contiene la información estadística general del					
		numero de edificios y personas por cada bloque de edificios					
	Datos de los deslizamientos						
Landslide_ID	Raster	Puntos dentro de cada uno de los deslizamientos					
	interpretados, asociado a una tabla de atributos.						
Landslide_ID Tabla Tabla de atributos con la información de los deslizamien							
	en el area						
Susceptibility	Susceptibility Raster Mapa de susceptibilidad de deslizamientos derivado de método estadístico.						
Otros datos							
High_res_image	Raster	Imagen de alta resolución del área de estudio.					
Landuse	Tabla	Clasificación del uso de la tierra del área de estudio					



En las situaciones en que no hay suficiente información temporal disponible para poder estimar la probabilidad ocurrencia de la amenaza, es mejor utilizar un método sencillo que combina la amenaza de forma cualitativa y los mapas de vulnerabilidad. El mapa cualitativo de la amenaza, de hecho es, el mapa de susceptibilidad y el mapa de vulnerabilidad, que muestran el número de elementos en riesgo (los edificios y la población en este caso).

El método de la matriz se basa en la combinación que se muestra en la

figura. Se utilizara el mapa de susceptibilidad de deslizamientos, en el cual los deslizamientos actuales han sido denominados como de susceptibilidad alta, si son de tipo activo como susceptibilidad moderada y los deslizamientos pasados como de baja susceptibilidad. El mapa de susceptibilidad a los derrumbes esta nombrado como **Susceptibility**. También se utilizara el mapa **Mapping_units** y la tabla que esta vinculada a este mapa, para el para el análisis de la vulnerabilidad.

Mapa de vulnerabilidad

(F

æ

P

- Rasterize el mapa mapping_units usando como georeferencia Somewhere.
- Abra la tabla Mapping_units y revise todas las columnas
- Abra el mapa de **Susceptibility** y verifique el contenido, también sobreponga el mapa de deslizamientos.

Como se puede observar, la tabla contiene columnas que indican el número de edificios y la población por unidad. Se usara estas columnas para hacer una simple subdivisión en tres clases de vulnerabilidad, según el número de edificios. Se clasificara de manera muy simple, como se indica en la siguiente tabla (si usted gusta, esta abierta a ser modificada).

	Número de edificios por la unidad	Población de noche
Vulnerabilidad baja	< 5	< 3
Vulnerabilidad moderada	6 – 25	4 -20
Vulnerabilidad alta	> 25	> 20

En este ejemplo, lo único que se utiliza es el número de edificios para la matriz de vulnerabilidad; pero si lo desea, puede también ver el resultado en función a la población.

supuesto una gran simplificación. Si hubiera más tiempo disponible, la vulnerabilidad podría ser evaluada de mejor manera, usando un análisis espacial multicriterio con muchos más los criterios.

Esto es por

Tenga el cuidado de utilizar el dominio de "vulnerability" para la nueva columna, por que sino, no se podrá crear el mapa de atributos "Vulnerability". No es posible derivar un mapa de un dominio tipo cadena.

- Cree un dominio clase Vulnerability, con last res clases (Low_v, Moderate_v, High_v).
- En la tabla **Mapping_units** cree una columna **Vuln_buildings**, que contenga el criterio de la tabla anterior en función de los edificios, para lo cual, escriba en la línea de comandos la siguiente expresión:

Vuln_buildings:=iff(nr_buildings<5,"Low_v",iff(nr_buildings<25, "Moderate_v", "High_v"))

- En la tabla **Mapping_units** cree una columna **Vuln_population**, usando la una formula, basada en el criterio de la tabla anterior, pero esta vez en función a la población.
- Combine estos dos tipos de vulnerabilidad (vuln_buildings y vuln_population) y determine mediante una ecuación la clase más altamente vulnerable. TIP: Use el operador OR en su ecuación. Diseñe la ecuación en la línea de comandos de la tabla y nombre a la nueva columna como: vulnerability (Use el mismo dominio de Vulnerability)

Una vez que se tiene la columna de vulnerabilidad, se puede generar simplemente un mapa de atributos usando como mapa base **Mapping_units**.

• Cree un mapa atributo usando el mapa raster **Mapping_units**, y la columna de **Vulnerability**.

Combinacion del mapa de amanazas y vulnerabilidad

El próximo paso es combinar el mapa de vulnerabilidad y el de susceptibilidad en un mapa de riesgo cualitativo. Esto se lo realiza mediante una tabla de dos dimensiones o bidimensional, la cual se parece a la matriz de la figura de la página anterior.

Tenga cuidado de crear un nuevo dominio en la ventana de la tabla bidimensional, con las tres clases: High_risk, Moderate_risk, y Low_risk

• Del menu principal del ILWIS veal a *File/Create/2 Dimensional Table.* Entre los siguientes parametros:



- Contents Domain: haga clic en la figura que se muestra y cree un Nuevo dominio clase denominado Risk, y adicione las siguientes clases: High_risk, Moderate_risk, y Low_risk. Llene la tabla como se muestra en la figura de la primera página.
- En la línea de comandos de la ventana principal del ILWIS, escriba la siguiente expresión:

Qualitative_risk = Qualitative_risk [Susceptibility,Vulnerability]

Despliegue el mapa resultante para el análisis cualitativo del riesgo.

Ŧ

æ

• Calcule el porcentaje de área con riesgo alto, modere bajo, anote los resultados en la siguiente tabla.

Riesgo de deslizamientos	Porcentaje del área
Riesgo alto	
Riesgo moderado	
Riesgo bajo	

Para los usuarios expertos de ILWIS

Mejore el mapa de vulnerabilidad

 Este mapa se puede mejorar, usando otra clasificación de los componentes de la vulnerabilidad, por ejemplo: se puede también incluir el uso del suelo urbano "landuse" como un criterio para el análisis. Realice este análisis y vea si mejora el resultado.

⁽³⁾ Mejore el mapa de susceptibilidad

 Puede mejorar el método usando 4 clases de amenazas, incluyendo una clase de amenaza muy alta que contiene los deslizamientos recientes. Adapte la matriz riesgo, de modo que incluye 4 clases de amenaza y vulnerabilidad.

Ejercicio 6E. Estimación de las perdidas por riesgo de terremoto

Tiempo estimado: Datos: Objetivos:	3 horas datos del subdirectorio: RiskCity exercises/exercise06E/data En este ejercicio demostraremos un método para calcular la cantidad de edificios que podrían colapsar o estar parcialmente dañados por terremotos, bajo diferentes clases de intensidades. Esto se lo realiza haciendo uso de tabla de vulnerabilidad, en la cual se presenta una relación entre intensidad del terremoto y grado del daño de varios tipos de edificios. No se va a determinar la amenaza de terremoto en si, se calculara el grado de temblor de tierra para diferentes escenarios y condiciones
	locales del suelo.

Datos de entrada

Nombre	Тіро	Significado					
Elementos en riesgo							
Building_map_1998	Raster	Edificios de la ciudad					
Building_map_1998	Tabla	Tabla que contiene información acerca de: Tipo, uso de suelo, dimensión del edificio; número de las personas durante el día y la noche.					
Mapping_units	Polígono y Tabla	Mapa polígono de las unidades de mapeo (unidades básicas para la evaluación del riesgo), y asociada con una tabla que contiene la información del número de edificios para los diferentes tipos de edificios.					
	Dat	tos de terremoto					
Damage	Script	El archivo Script que estará acostumbrado a calcular la pérdida de terremoto para los guiones diferentes					
		Otros datos					
High_res_image	Raster	Imagen de alta resolución del área de estudio.					

Los siguientes datos serán usados en este ejercicio.

Dependiendo de la intensidad del terremoto y su diseño estructural, un edificio puede ser dañado durante un terremoto, que van desde finas grietas en el revoque hasta el colapso total del edificio. La intensidad del terremoto se expresa en diversas escalas. Uno de los más utilizados es la Intensidad Mercalli Modificada (MMI), que hace una clasificación predefinida de los efectos del terremoto sobre los edificios, las personas y el medio ambiente; en una escala del I al XII. En base a encuestas realizadas sobre los daños de terremotos anteriores, se ha establecido una relación entre MMI y el grado de daños a los edificios. El grado de daño está relacionado con la estructura del edificio, que a su vez está relacionado con los materiales y tipo de construcción. Se tiene la tabla de vulnerabilidad para los siguientes tipos de edificios.

- Adobe, piedra, madera y otros materiales (AD)
- Ladrillo con barro (**BM**)
- Ladrillo con Cemento (BC)
- Estructura de hormigón armado con mampostería, hasta 3 pisos (RCC3)
- Estructura de hormigón armado con mampostería de más de 3 pisos (RCC4)

En la tabla, la vulnerabilidad de varios tipos de edificios es expresada en porcentaje de edificios que han derrumbado o parcialmente dañado para diferentes clases de MMI y picos de aceleración de la tierra (PGA). Los valores en la tabla se expresan en porcentaje.

MMI	VI	VII	VIII	IX
PGA (%g)	5-10	10-20	20-35	>35
Edificios colapsados (%)	2-10	10-35	35-55	55-72
Edificios parcialmente dañado (%)	5-15	15-35	35 - 45	45 - 28

Tipo de edificio: Ladrillo con barro (BM)

MMI	VI	VII	VIII	IX
PGA (%g)	5-10	10-20	20-35	>35
Edificios colapsados (%)	0-6	6-21	21-41	41-61
Edificios parcialmente dañado (%)	3-8	8-25	25-28	28 - 39

Tipo de edificio: Ladrillo con Cemento (BC)

MMI	VI	VII	VIII	IX
PGA (%g)		10-20	20-35	>35
Edificios colapsados (%)		1-5	5-18	18-38
Edificios parcialmente dañado (%)		1-31	31-45	45-62

Tipo de edificio: Estructura de hormigón armado con mampostería, hasta 3 pisos (RCC3)

MMI	VI	VII	VIII	IX
PGA (%g)	5-10	10-20	20-35	>35
Edificios colapsados (%)	0-2	2-7	7-15	15-30
Edificios parcialmente dañado (%)	0-4	4-14	14-30	30-60

Tipo de edificio: Estructura de hormigón armado con mampostería de más de 3 pisos (RCC4)

MMI	VI	VII	VIII	IX
PGA (%g)	5-10	10-20	20-35	>35
Edificios colapsados (%)	0-2	2-8	8-19	19-35
Edificios parcialmente dañado (%)	0-4	4-16	16-38	38-60

Se estimara el número total de edificios para cada tipo de edificio en la ciudad y aplicará los valores de vulnerabilidad para cada clase de intensidad. Posteriormente, se hará lo mismo a nivel de unidades. Aplicar el valor de vulnerabilidad a un nivel de edificio individual no es correcto. Los valores indican el porcentaje de un grupo de edificios con las mismas características que pueden derrumbarse o dañarse severamente; no indica el porcentaje individual de cada edificio individual. Por lo tanto, solo puede ser aplicado a un nivel agregado, tales como unidades de mapeo o a nivel de toda la ciudad.

Estimar el número de edificios para cada tipo de edificio

Se necesita calcular el número de edificios, según el tipo de edificio (AD, BM, BC, RCC3 y RCC4). En la tabla **Building_map_1998** se observa que los edificios están divididos originalmente en seis clases: Adobe (AD), ladrillo con barro (BM), ladrillo con cemento (BC), piedra (FI), hormigón armado (RCC)y madera y otros materiales (WO). Primeramente, se necesita reclasificarlos según los tipos de edificios descritos en la tabla de la página 6E-4. Básicamente tenemos que agrupar el adobe, los de piedra y las construcciones de madera en una clase (AD) y tenemos que partir los edificios de hormigón armado en dos clases según el número de pisos (RCC3 y RCC4).

()						
•	Abra el dominio Building_type y verifique los tipos de edificios y sus códigos; estos son, los que son usados en la tabla y en el mapa Building_map_1998.					
•	Con el fin de reclasificar los tipos de edificios, se necesita crear un nuevo dominio; en el menú principal <i>file / create / domain</i> y seleccione <i>class</i> . Nómbrelo como Building_type_class y llene la ventana del nuevo dominio como aparece en la figura e abajo. Para adicionar una nueva clase , haga clic en el icono señalado con un circulo.					
	😯 Domain Class "Building_type_class" - ILWIS					
	File Edit View Help					
	Description Domain Class "B	al [00]	2"			
		Ž∳[∰∳ V				
	AD	1	Adobe, wood and other scrap marterials, fieldstones			
	BM		Brick with mud Brick with cement			
	RCC3		Reinforced concrete with 3 or less floors			
•	Abra la tabla Buildin g siguiente expresión:	g_map_1	998. Escriba en la línea de comando la			
	BT:= IFF((building (building_type="W IFF(building_type=' (Nr_flo	g_type=" /O"), ``AD 'BC",″BC oors <= 3	AD") or (building_type= "FI") or ",IFF(building_type="BM", "BM", ", IFF((building_type="RCC") AND ;), "RCC3","RCC4"))))			
<u>IN</u> do	IPORTANTE: Seleccione minio Building_type_cla	en la v ass.	entana de propiedades de la columna el			
Es de Ac do ma co	ta formula contiene 4 claración del IFF, se agru lobe (AD) (debido a que r s clases).Si el tipo de edit antiene como esta. En la ncreto armando en los qu	declarac po edificio no se tien ficio es de última de e tiene ha	iones anidadas del IFF. En la primera os de adobe, piedra y madera en la Clase de e los valores de vulnerabilidad par las otras ladrillo con barro o ladrillo con cemento, se eclaración del IFF, se dividió los edificios de asta 3 pisos y los que tiene más de 3 pisos.			
•	Verifique la cantidad de ¿por que existen 4 paré	e parénte nesis al fi	sis que hay en la formula. Puede explicar, nal?			
Se creo una columna con la nueva clasificación de los tipos de edificios. En este punto se puede calcular el número de edificios para cada tipo de edificio. Debido a que se trabajara con el número total de los edificios, se calcularán bastante columnas, por lo tanto se creará una nueva tabla, llamada **Building_type_class.**

(B)		
•	Abra la tabla Building_n número de edificios para c tabla seleccione columns/A Count, y Group by Building_type_class . Nor Abra la nueva tabla: Buildi figura de abajo.	 hap_1998 y cree una nueva columna con el ada tipo de edificio. En el menú principal de la <i>Aggregation</i> Seleccione: <i>Column</i>: BT, <i>Function</i>: BT. Nombre la tabla de salida como: nbre la columna como: Buildings_per_class. hg_type_class. La tabla debe aparecer como la
	📗 Table "Building_d	amage" - ILWIS 📃 🗆 🗙
	File Edit Columns R	ecords View Help
		P 🖠 🔛 🛛 🖛 🖬 🕨 🖬
		Buildings_per_class 🔺
	AD	5728
	BM	8556
	BC	11251
	RCC3	1777
	RCC4	726
		<u>•</u>
	Double click to change c	olumn properties of Buildings_per_ //
•	¿Cual es el número tot manualmente, es mejor vis y seleccione <i>Statistics Pane.</i>	al de edificios? En lugar de hacer cálculos ualizar el panel de estadísticas, en el menú <i>View</i>

Usando las tablas de vulnerabilidad para toda la ciudad

En la tabla que se muestra anteriormente; se tiene para la ciudad el porcentaje de daños en los edificios con diferentes intensidades de terremoto (en MMI) y para cinco tipos de edificios. Los datos de la tabla fueron obtenidos de la organización no gubernamental ONG (NSET en Nepal). En la tabla, se definen dos grados de daños de la siguiente manera:

- Edificios colapsados o derrumbados
- Edificios parcialmente dañados

El daño, en función a la intensidad, para los edificios no puede ser vaticinado de forma muy precisa, porque la cantidad de daños depende de muchos otros factores. En matriz (tabla) de daño, el grado del daño no se da como un valor de porcentaje único, sino en un rango que muestra el mínimo y el máximo porcentaje.

En lo que respecta al procedimiento para la aplicación de las curvas de vulnerabilidad a los datos de RiskCity, los siguientes cuatro columnas se crearan en el SIG, para cada intensidad de terremoto (de VI a IX), con el fin de calcular el número de edificios vulnerables:

- Daño parcial mínimo (el número de edificios mínimos probables que tengan daños parciales)
- Daño parcial máximo (el número de edificios máximos probables que tengan daños parciales),
- Colapso mínimo (el número de edificios mínimos probables con daño total)
- Colapso máximo (el número de edificios máximos probables con daño total)

Si se ve la tabla de vulnerabilidad dada anteriormente, se observa que existen varias posibilidades de combinación de la información: para diferentes intensidades (VI, VII, VIII y IX), se puede dar un colapso parcial o completo y se muestran los valores mínimos y máximos.

En este ejercicio; solo se calculara un escenario, que represente el porcentaje mínimo de los edificios colapsados en un terremoto de intensidad IX. Los porcentajes mínimos relacionados con la cantidad de edificios colapsados que se espera en este escenario, son:

Tipo de Edificio	Porcentaje mínimo de edificios que se espera que se derrumben	(0-1)
AD	55%	0.55
BM	41%	0.41
BC	18%	0.18
RCC3	15%	0.15
RCC4	19%	0.19

(Verifique estos valores y compárelos con los de la tabla de vulnerabilidad) Ahora se puede calcular el número de edificios colapsados para cada tipo de edificio según estos porcentajes.

P Abra la tabla Building_type_class y adicione una columna vacía llamada **IX_collapse_min.** Asignele un dominio valor, value range entre 0 - 1 y precision 0.01. Rellene la columna con los valores correctos que fueron extraídos de la tabla, de acuerdo al tipo de edificios (Ejem. AD = 0.55) Multiplique la columna Buildings_per_class por la columna **IX_collapse_min** escribiendo en la línea de comandos, la siguiente expresión: IX_tot_collapse_min:=Buildings_per_class * IX_collapse_min Visualice el panel de estadísticas (Statistics Pane) y lea en la fila de sum el número total de edificios que se colapsaron para ese escenario. ¿Cuántos edificios se espera que se derrumben? ¿Cuántos de adobe? ¿Cuantos de ladrillo y barro? Realice, los mismos pasos para clases MMI con intensidades de VI, VII y VIII. Lea la cantidad total y escríbalos en la tabla a continuación. ¿Cuántos edificios se colapsaran con intensidades de VI, VII, VIII y IX?

	VI	VII	VIII	IX
Numero de edificios mínimos que se derrumbaran				

Uso del script para estimar la cantidad de edificios perdidos por unidades de mapeo

En la sección anterior, sólo se calculo el número mínimo de edificios que podían derrumbarse para toda la zona de estudio.

Sin embargo; en la evaluación del riesgo, también se puede hacer a un nivel menor de agregación. Como se mencionó anteriormente, no podemos utilizar los valores de la vulnerabilidad a nivel de cada uno de los edificios. Por lo tanto, vamos a utilizar las unidades de mapeo como las unidades básicas para la evaluación del riesgo. Ya se calculo el número de edificios para los 5 tipos de edificios (AD, BM, BC, RCC3 y RCC4) por unidad de mapeo.

()

- Abra la tabla Mapping_units y verifique el contenido de las columnas. ¿Que significa Nr_AD?
 - Despliegue el mapa **Mapping_units** con el atributo de: **Nr_AD**. ¿Que temática esta visible?

Para calcular el número mínimo y máximo de los edificios que podrían ser dañados moderadamente o gravemente, para todas las clases de terremoto, tomaría mucho tiempo hacerlo manualmente; es mejor hacerlo mediante un script. El script, solo contiene dos líneas, el cual se muestra a continuación:

Script: Damage (Daño)
Tabcalc Mapping_units
%1_%2_%3:=(Nr_AD*%4)+(Nr_BM*%5)+(Nr_BC*%6)+(Nr_RCC3*%7)+(Nr_RCC4*%8)
%1%2%3:= MapAttribute(mapping_units,mapping_units.tbt.%1_%2_%3)
Parametros:
%1 = Intensidad (VI, VII, VIII, IX)
%2 = Colapso o daño parcial
%3 = Max o Min
$\%4 = El porcentaje de daño para edificios de adobe (Nr_AD)$
$\%5 = EI$ porcentaje de daño para edificios de ladrillo y barro (Nr_BM)
$\%6 = EI$ porcentaje de daño para edificios de ladrillo y cemento (Nr_BC)
$\%7 = El porcentaje de daño para edificios de hormigón armado hasta los 3 pisos (Nr_RCC3)$
$\%$ 8 = El porcentaje de daño para edificios de hormigón armado con mas de 4 pisos (NR_RCC4)
NOTA: Se necesita un mapa raster de las unidades de mapeo, para ejecutar la
segunda línea del script.

En el script, los ocho parámetros necesarios son identificados por los símbolos %1, %2... %8. La función "tabcalc" en el script, es una función que crea una nueva tabla o una columna en una tabla existente, en este caso vamos a crear una nueva columna en la tabla **Mapping_units**. Para obtener más información sobre los scripts, verifique la ayuda de ILWIS y busque "script syntax". %1_%2_%3, indica el nombre que se asignará a la nueva columna. Este se compone de los tres primeros parámetros %1 (intensidad), %2 (Colapso o daño parcial) y 3% (Max o Min). Por lo tanto, si se desea calcular el número máximo de edificios parcialmente destruidos bajo una Intensidad VII, se tiene que usar

los valores: VII Max parcial. De acuerdo con los parámetros de entrada que son proporcionados por el usuario, los parámetros %1, %2, etc. se sustituyen por el texto actual. La primera línea del script crea en la tabla **Mapping_units** la columna de los valores esperados para el colapsó o daño parcial de los edificios por cada tipo. La segunda línea crea un mapa atributo de las columnas creadas en la primera línea.

P

• Use el script **Damage** y ejecútelo usando los parámetros de la tabla de vulnerabilidad. Por ejemplo:

```
Ejecute: Intensidad VI vs. máximos colapsados (0.1, 0.06, 0.01, 0.02 y 0.02)
```

También se puede crear un script que sirve de entrada del script **Damage**, el cual debe contener todos los escenarios.

En este ejercicio, nos concentraremos en el cálculo del número de edificios que podrían ser gravemente dañados (Colapso o irreparables) bajo terremoto de intensidades VI, VII, VIII, y IX.

۲.		
	•	Cree el script Damage_input y escriba los datos de entrada de todos los escenarios de la siguiente manera:
		Run damage VI collapse max 0.1 0.06 0.01 0.02 0.02
		Run damage VI collapse min 0.02 0 0 0 0
		Run damage VII collapse max 0.35 0.21 0.05 0.08 0.07
		Run damage VII collapse min 0.1 0.06 0.01 0.02 0.1
		Etc.
	•	Ejecute el script Damage_input escribiendo el siguiente expresión en la línea de comandos: Run damage_input
	•	Despliegue los resultados en la tabla de abajo. Compare los resultados con aquellos que se calcularon para todos los edificios de la ciudad.
	•	También se pueden desplegar los mapas resultantes, generados con el script de Damage . Abra por ejemplo el mapa IXcollapsemax , ¿Cual es el "peor escenario" para la ciudad? ¿Que áreas contemplan las mayores perdidas?

	VI	VII	VIII	IX
Máximos Colapsados				
Mínimos Colapsados				

Generar las curvas de riesgo

Basándose en los catálogos de estudios de terremotos de la región y con la ayuda de modelos para el cálculo de atenuación del terremoto, ha sido determinado que las siguientes intensidades ocurrirán con los siguientes periodos de retorno:

	VI	VII	VIII	IX
Período de retorno	10	25	50	100

Ejercicio 6E. Estimación de las pérdidas por riesgo de terremoto

El riesgo puede ser representado como una curva, en la cual todos los escenarios son graficados en función al periodo de retorno o probabilidad vs. las pérdidas asociadas. La curva de riesgo, es llamada también curva de las perdidas excedentes "*Loss Exceedance Curve (LEC)*". En la gráfica de la izquierda, se tiene la ventaja de que se visualiza de mejor manera los periodos de retorno que tiene la mayor contribución de perdidas. La curva derecha puede ser usada directamente para el cálculo del promedio de las pérdidas anuales "*Average Annual Losses (AAL)*". Esto se lo realiza calculando el área debajo de la curva.



Dos formas de representar una curva de riesgo. Izq.: Grafica de las perdidas vs. el período de retorno. Der.: Grafica de las perdidas vs. La probabilidad anual.

Ŧ

• Cree las curvas de riesgo y grafique los valores de los 4 escenarios de intensidades de terremoto. Realice las graficas para los valores máximos y mínimos esperados para los edificios colapsados o completamente dañados.

Tarea avanzada

 Hasta ahora nosotros calculamos el número mínimo y máximo esperado de los edificios que se van a colapsar para distintas intensidades. Trate de calcular por su cuenta, la cantidad minima y máxima de edificios que se espera que estén parcialmente dañados.

Pregunta:

Se asumió que la ciudad entera tendrá la misma intensidad de terremoto, para un mismo escenario. Que pasa si: Un terremoto con cierta magnitud, ocurre a una distancia particular de la ciudad. ¿La suposición hecha anteriormente, será correcta? ¿Qué debemos hacer para mejorar este resultado?

Ver la figura de abajo, para sacar sus propias conclusiones.



Ejercicio 6F: Evaluación del riesgo de inundación

Tiempo estimado:	: 3 horas
Datos:	Los datos se encuentran en el subdirectorio: RiskCity_exercises/exercise06F/data
Objetivos:	Este ejercicio; se demostrará cómo combinar la información de profundidad de agua
	de una inundación generada por un modelo, con los datos de los edificios, tales como:
	Ubicación, altura y materiales de construcción; para evaluar el riesgo de inundación.
	Para los tres escenarios de inundación con diferentes periodos de retorno (10, 50 y
	100 años), el riesgo de inundación será evaluado. Al final del ejercicio se debe ser
	capaz de comprender y repetir los pasos del procedimiento.

Introducción

Riskcity ha sufrido varias inundaciones graves, que han causado daños. Con el fin de evaluar el riesgo de inundación, los mapas de alturas de inundación se han generado con un modelo hidráulico para diferentes periodos de retorno. Debido a la limitada cantidad de tiempo, sólo se consideran tres escenarios de inundación con periodos de retorno de 10, 50 y 100 años.



Figura de los edificios que se encuentran en la confluencia de dos ríos.

Datos de entrada

Los siguientes datos, serán utilizados en esta ejercicio

Nombre	Тіро	Significado			
Datos del modelo de i	Datos del modelo de inundación				
Flood_100y, Flood50y, Flood_10y	Raster	Raster Mapas de la profundidad de las inundaciones, resultado del modelo de inundación para periodos de retorno de 100, 50 y 10 años.			
Datos de los edificios	Datos de los edificios				
Building_map_1998	Raster	Raster Mapa actualizado de los edificios, después desastre de 1998. Para todos los edificios dispone de la siguiente información: uso suelo urbano, número de pisos, superficie de construcción y área construida.			

Parte 1.

En este ejercicio, se sigue el enfoque de la evaluación cuantitativa del riesgo, que trata de cuantificar el riesgo de acuerdo con la definición de riesgo. La ecuación del riesgo se expresa de la siguiente manera:

Riesgo = Amenaza * Vulnerabilidad * Cantidad de elementos en riesgo

Esta ecuación no es solamente conceptual, actualmente puede ser calculada con datos espaciales en un SIG para cuantificar el riesgo de una amenaza. La forma en que la cantidad de elementos en riesgo se caracteriza (por ejemplo, como el número de edificios, el número de personas, el valor económico o el ámbito de la importancia cualitativa de las clases), también define la forma en que el riesgo se

presenta. El componente de la amenaza en la ecuación en realidad se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno amenazador, con una intensidad determinada y con un periodo de retorno dado (por ejemplo probabilidad anual). Para calcular el riesgo cualitativamente utilizando la ecuación anterior, la vulnerabilidad se limita a la vulnerabilidad física de los elementos considerados en riesgo, determinados para una intensidad de un evento amenazador y para las características de los elementos en riesgo (por ejemplo, tipo de construcción). La ecuación puede ser modificada de la siguiente manera:

$$R_{s} = P_{T} * P_{L} * V * A$$

Donde:

- P_T es la probabilidad temporal (por ejemplo, anual), la probabilidad de ocurrencia de una amenaza específica con un período de retorno en una zona;
- P_L es la probabilidad del lugar o probabilidad espacial de ocurrencia de una amenaza específica con un período de retorno en una determinada zona, que impacta a los elementos en riesgo;
- V es la vulnerabilidad física; específicamente es el grado de daño a un elemento específico en riesgo, causado por una intensidad especifica y la ocurrencia de una amenaza;
- A es la cantidad de elementos en riesgo.

Es importante indicar que la cantidad se puede cuantificar de diferentes maneras, y que la forma en que se cuantifica la cantidad también se cuantifica el riesgo. Por ejemplo, la cantidad puede estar dada en valores o números, tales como el número de edificios (el riesgo es el número de edificios que podrían sufrir daños), número de personas (por ejemplo, cantidad de personas lesionadas o victimas), la cantidad de de tubería rota en kilómetros, etc. Los elementos en riesgo, también se puede cuantificar en términos económicos. Usualmente se expresa como daño.

Con el fin de poder evaluar estos componentes, es necesario disponer de la información espacial de todos los elementos que varían espacialmente, así como el tiempo. La probabilidad temporal de ocurrencia del escenario de riesgo (P_T) también tiene un componente espacial; por ejemplo, una inundación con un período de retorno, tiene una cierta extensión y una variación espacial de la intensidad. El término (P_L), indica la distribución espacial de probabilidad de ocurrencia e impacto; esto no es relevante para todas las clases de amenazas y en muchos casos, esta probabilidad puede ser igual a 1, en función al tipo de amenaza (por ejemplo, el área que será inundada un periodo de retorno de 50 años).

Ŧ

- Abra el mapa raster Flood_100y y adicione el mapa raster building_map_1998, con una transparencia del 50%. Abra la ventana de *PixelInformation* y explore las áreas inundadas y la profundidad de agua.
- Cierre la ventana.

Como se puede observar, gran parte del centro de la ciudad se inunda, pero también, hacia el norte hay edificios que se ven afectados por el agua. La profundidad del agua puede alcanzar hasta 8 metros en algunos lugares. En el siguiente ejercicio vamos a analizar cuántos edificios van a ser afectados en los tres escenarios de inundación.

Ē

• Genere los planos de inundación, escribiendo la siguiente expresión en la línea de comando :

floodextent_010:=ifundef(flood_10y,0,1)

	Dregunta 6E1
	¿Qué hacer esta expresión?
•	Vea los resultados.
	Cruce el mana huildings man 1998 con el mana floodextent 010 v
•	cree la tabla de cruce building_flooded_010 .
•	Abra la tabla de cruce y adicione la columna con el área de la superficie de los edificios. Realice esto, utilizando el operador <i>ioin</i> del menú. La
	información de la superficie del área puede encontrarla en el histograma building_map_1998 , y adicionar la columna " <i>area</i> ", con el nombre de:
	¿Por que esta nueva columna adicionada es diferente a la columna ya existente " area" ? ¿Son los valores diferentes para todas las filas?
•	Calcular el porcentaje de área de los edificios afectados. Escribir en la línea de comando:
	Perc affected 010 = iff(floodexent 010 =1.area/area building 0)
•	Calcular el número de edificios que están parcialmente afectados. Escribir en la línea de comando:
	partially_flooded_010 := iff(perc_affected_010>0,1,0)
•	Calcule el numero de edificios que estan completamente inundados:
	completely flooded $010 = iff(perc affected 010=1,1,0)$
	Pregunta 6F3:
	¿Cuantas casa están completamente inundadas y cuantas están
	parcialmente inundadas? ¿Cuantos edificios son afectados en total?
•	Repita el mismo procedimiento para los otros dos mapas de inundación
	(desde el principio de esta caja)
•	Escriba el número total de edificios afectado y grafique la curva de riesgo. Ver los ejemplos a continuación.
	Pregunta 6F4
	¿Como esta cuantificado el riesgo en esta evaluación?



Dos maneras de representar una curva de riesgo. Izquierda: Las pérdidas en el eje Y vs. el período de retorno en el eje x. Derecha: La probabilidad anual en el eje Y vs. Pérdidas en el eje X.

Hay varias maneras de expresar las pérdidas económicas. La probabilidad máxima de Pérdidas (PML) es la mayor pérdida que se considera posible en un determinado periodo de retorno, como 1/100 años o 1/250 años. En los gráficos de arriba, se muestra la PML por encima de 1/ 1000 años es igual 1400. El riesgo también puede ser representado como una curva, en la se trazan todos los escenarios con sus respectivos periodos de retorno o probabilidad vs. las pérdidas. La curva de riesgos, también se llama Este riesgo también se llama curva de las perdidas excedentes "*Loss Exceedance Curve*" (LEC). En la gráfica de la izquierda, se tiene la ventaja de que se visualiza de mejor manera los periodos de retorno que tiene la mayor contribución de perdidas. La curva derecha puede ser usada directamente para el cálculo del promedio de las pérdidas anuales "Average Annual Losses (AAL)". Esto se lo realiza calculando el área debajo de la curva.

Ahora se va añadir el porcentaje calculado de los edificios afectados a la tabla **building_map_1998**.

(h	
•	Abra la tabla: Building_map_1998
•	Una <i>(Join)</i> la columna perc_affected_010 de esta tabla a la tabla buildings_flooded_010 .
•	Siga los pasos de a través de la ventana dinámica. Debido a que building_flooded_010 tiene más de un registro para algunos de los edificios, entonces se necesita seleccionar la función: <i>Agregation / Maximum</i> .
	Pregunta 6F5 : ¿Por qué hay más de un registro para algunos edificios en la tabla building_flooded_010 ? ¿Por qué la función " <i>Maximum</i> " la opción más apropiada?
•	Repita el mismo procedimiento (desde el principio de esta caja) para los otros dos escenarios de inundaciones (adicione las columnas perc_affected_050 y perc_affected_100 a la tabla building_map_1998)

Parte 2.

Ŧ

En la siguiente parte de este ejercicio, se va vincular entre las propiedades edificio (vulnerabilidad de los elementos en riesgo) y las características de la amenaza (en este caso, altura de la inundación). Para esto, se tiene que preparar los datos para poder hacer este enlace; el mapa de altura de inundación, debe clasificarse (Slice, ILWIS terminología) y los edificios deben ser caracterizados de una manera que tenga sentido para los riesgos de inundación. Basado en la experiencia de inundaciones pasadas, hay dos características principales de los edificios, que definen la vulnerabilidad. Estas son: **material de construcció**n y el **número de pisos**. Vamos a crear una nueva clase basada en la combinación de estos dos parámetros y vamos a vincular estos parámetros con la con la altura de inundación clasificada.

 Clasificar los tres mapas de altura de inundación (flood_10y, flood_50y y flood_100y), según la siguiente tabla.

Upper Boundary	Class Name	Code
0.5	< 0.5 m	1
1	0.5 – 1.0 m	2
3	1.0 – 3.0 m	3
6	3.0 – 6.0 m	4
99	> 6 m	5

• Crear un dominio grupo **Flooddepth** e inserte las siguientes clase, cuyo limite superior se muestra en la tabla:

- Clasificar los mapas de altura de inundación, mediante el uso de la función *Slicing* y nombre los mapas de salida como: flood_010_cla, flood_050_cla y flood_100_cla, respectivamente.
- Preparar el mapa, según las características de los edificios. El primer paso, es crear un dominio con los tres principales tipos de materiales de construcción:
- Cree el dominio clase **building_mat** e inserte las siguientes tres clases:

Class name	Code
Adobe and wood	а
Brick	b
Concrete	С

- Clic en el botón derecho sobre el dominio landuse y seleccione "create table". Nombre la tabla de salida como: building_mat
- Abra la tabla **building_mat** y adicione la columna **building_mat** y asígnele el dominio **building_mat**.
- Llene la tabla como se muestra en la figura de la derecha.

Com_business	concrete				
Com_hotel	concrete				
Com_market	concrete				
Com_shop	concrete				
Ind_hazardous	concrete				
Ind_industries	concrete				
Ind_warehouse	concrete				
Ins_fire	concrete				
Ins_hospital	concrete				
Ins_office	concrete				
Ins_police	concrete				
Ins_school	concrete				
Pub_cemetery	brick				
Pub_cultural	brick				
Pub_electricity	concrete				
Pub_religious	brick				
Rec_flat_area	brick				
Rec_park	brick				
Rec_stadium	concrete				
Res_large	concrete				
Res_mod_single	brick				
Res_multi	concrete				
Res_small_single	brick				
Res_squatter	adobe and wood				
River	adobe and wood				
unknown	adobe and wood				
Vac_car	brick				
Vac_construction	adobe and wood				
vac_damaged	adobe and wood				
Vac_shrubs	adobe and wood				
•					

build mat

El siguiente paso 2, es la reclasificación de los edificios en función al número de pisos. Esto ya se hizo en la tabla **building_map_1998**, pero esta clasificación

no satisface nuestro propósito. Queremos tener las viviendas clasificadas en tres categorías: Edificio de 1 Piso, Edificio de 2 pisos y edificio de n pisos. Se hace esto debidos las inundaciones usualmente afectan el primer piso, algunas veces el segundo piso y sólo en casos excepcionales, llega a los pisos superiores.

Upper Boudary	Class par	ne	Code
1.5	1 floor		1
2.5	2 floors		2
99	>2 floor	S	n
Para reclasificar seg en la línea de coma Nr_floc Añadir el tipo de r opción de <i>Join</i> de la Seleccione la tabla valores por defecto En el siguiente pas de pisos, entonces estos dos parámetr	yún el numero de pi ndos de la tabla: ors_flood := CLFY(n material de constru columna de menu. Building_mat , col de la ventana inter o, fusione el mate se van a caracte os.	sos, esc r_floors, ucción. I umna Bu activa. rial de c rizar los	riba la siguiente expresi ,Nr_floors) Realizar esto, utilizando uilding_mat y acepte lo onstrucción con el núm edificios en función d
Escriba la siguiente	expresión en la lín	ea de co	mandos de la tabla:
Bulla_type	=code(build_mat)·	+code(h	1_1100rs_1100a)
Una nueva columna b2, bn, c1, c2 y cn.	se adiciono en la t	abla con	9 codigos: a1, a2, an,
Pregunta 6F6: ¿Que significan esto	os códigos?		
a1 = a2 = an = b1 = b2 = bn = c1 = c2 = cn =			
El dominio de estos Haga doble clic en "create domain fi Build_type	códigos es:" <i>string'</i> el encabezado de r om strings in co	' (Verifiq la colur lumn ".	ue esto). nna y seleccione la opc El nombre del dominio
Ajuste la repi build_type, según se muestra en l	resentación de los colores que a figura de la	a1 a2	b1 c1 b2 c2
Cree un mapa atri desde el	buto build_type mapa raster		
building_map_19	98 (seleccione la	an	bn cn

Ejercicio 6F: Evaluación del riesgo de inundación

Se tiene casi todos los datos necesarios para la evaluación del riesgo de inundación: Se tiene un mapa con una caracterización de los edificios (**build_type**) y tres mapas para diferentes escenarios de riesgo de inundación (**flood_010_cla, flood_050_cla** y **flood_100_cla**). Lo único que falta son las curvas de vulnerabilidad. A continuación, en la parte final de este ejercicio vamos a crear una tabla de 2 dimensiones, en la que se va insertar las curvas de vulnerabilidad de inundación para cada uno de los 9 tipos de edificios. Con esta tabla se va obtener la fracción de los daños de los edificios causados por las inundaciones.

- Cree una nueva tabla de 2 dimensiones: File / Create / 2-dimensional table. Dele el nombre de: flood_vuln; Primary domain: build_type, secondary domain: depth. El rango de valores es: 0 a 1 con una presicion de 0.01
- Llene la tabla como se muestra en la figura.
- Cierre la tabla.

lie Edit view	нер					
h R × I	7 8					
	0 - 0.5 m	0.5 - 1.0 m	1.0 - 3.0 m	3.0 - 6.0 m	> 6 m	
11	0.40	0.70	1.00	1.00	1.00	
12	0.30	0.50	0.80	1.00	1.00	
an	0.20	0.40	0.70	0.90	1.00	
1	0.20	0.30	0.70	1.00	1.00	
2	0.10	0.25	0.60	0.80	1.00	
n	0.10	0.20	0.50	0.70	0.90	
1	0.20	0.30	0.50	0.80	0.80	
2	0.15	0.20	0.40	0.70	0.80	
n	0.10	0.15	0.30	0.50	0.70	

P

Ŧ

Pregunta 6F7:

La tabla de 2 dimensiones representa alas 9 curvas de vulnerabilidad. Grafique las curvas en este espacio:

La tabla de 2 dimensiones se utiliza para integrar los datos de dos mapas en un mapa de salida. Vamos a comparar el mapa de profundidad con el mapa del tipos de edificios y para cada píxel, el correspondiente valor de salida se lee en el tabla, por ejemplo, el tipo de edificio es c2 y la profundidad de la inundación es = 1.0 - 3.0 m, entonces el valor de vulnerabilidad es = 0.40.

(P	
•	Para usar la tabla de 2 dimensiones, escriba la siguiente expresión en la línea de comandos, de la ventana principal del ILWIS:
	build_damage_010:=flood_vuln[build_type,flood_010_cla]
	Pregunta 6F8:
	¿Qué representa el mapa de salida? ¿Cómo se expresa el riesgo en este mapa?
•	Repita el uso de la tabla de 2 dimensiones, para determinar el riesgo en los otros dos escenarios de inundación.

Los mapas de riesgo de inundación están terminados. Sin embargo, es útil representar este mapa como un mapa atributo de el mapa **building_map_1998**. Para hacer esto, primero hay que cruzar los mapas **build_damage** con **building_map_1998** y luego unimos la tabla resultante a la tabla **building_map_1998**.

Ŧ

- Cruce el mapa **building_map_1998** con el mapa **build_damage_010** y nombre la tabla de salida como: **build_1998_damage_010**.
- Abra la tabla building_map_1998 y a continuación únala con la tabla build_1998_damage_010; seleccione la columna build_damage_010.
- Vata a traves de la ventana interoactiva, aceptando los valores por defecto, pero en la última ventana seleccione la opción de "aggregation" con la función "maximum" (Hay algunos edificios que están dentro dos clases, y con la función de Máximo, se seleccionara el peor caso).
- Repita el mismo procedimiento para los otros dos escenarios.

Ahora, los daños para cada edificio y para cada escenario de inundación hgan sido añadidos a la tabla **building_map_1998**. Si ahora se conoce el valor de cada edificio, el total de daños de inundación de cada escenario, se puede calcular el riesgo y graficar la curva.

Ejercicio 06L: Evaluación del riesgo de deslizamientos

Tiempo esperado: Datos: Objetivos:	3 hours Los datos se encuentran en el subdirectorio: Riskcity exercise/exercise06L/data Este ejercicio muestra un método semi-cuantitativo para evaluar el riesgo por deslizamientos, e intenta utilizar los deslizamientos de diferentes periodos para calcular la probabilidad temporal y convertir el mapa de susceptibilidad en mapa de
	calcular la probabilidad temporal y convertir el mapa de susceptibilidad en mapa de amenaza por deslizamientos. Estos posteriormente se combinan con la información de

Datos de entrada

En este ejercicio vamos a utilizar el mapa de susceptibilidad de deslizamiento que se generó utilizando un método estadístico. Para los elementos de riesgo se utilizará un mapa llamado **Building_map_1998** con los edificios y sus características. Se requiere también el mapa **Landslide_ID** para convertir el mapa de susceptibilidad en un mapa de riesgos, mediante la inclusión de información temporal de los deslizamientos.

Nombre	Tipo	Descrcipción
Elements at risk		
Building_map_1998	Raster	Mapa que muestra los edificios individuales.
Building_map_1998	Tabla	Tabla que detalla las características de los edificios: uso de suelo, Nr de pisos, tipo, área de la construcción, superficie construida (personas en el día, personas en la noche).
Landslide data		
Landslide_ID	Raster	Puntos en cada uno de los deslizamientos con la interpretación y asociados a una tabla atributo
Landslide_ID	Tabla	Tabla de atributos, con la información de los deslizamientos en la zona.
Susceptibility	Raster	Mapa de susceptibilidad de deslizamientos, derivado de un método estadístico.
Other data		
High_res_image	Raster	Imagen de alta resolución para el área de estudio.

 Formula general del riesgo:

Risk =H*V*A

H= Amenaza V= Vulnerabilidad A= Cantidad de elementos en riesgo

 Formula del riesgo de deslizamientos:

$Risk = P_T * P_S * V * A$

 P_T =Probabilidad temporal P_S =Probabilidad espacial V= Vulnerabilidad A= Cantidad de elementos en riesgo La primera fórmula en la caja de la izquierda expresa el riesgo general relacionado con una amenaza natural (Incluyendo personas). El primer termino "Amenaza" expresa la probabilidad de ocurrencia temporal de un evento amenazador. Cuando se definir exagente la ocurrencia espacial de una amenaza, H probabilidad expresa solamente la temporal (probabilidad anual/período de retorno). Este es el ejemplo típico de una amenaza de inundación; por que se sabe, basado en un estudio (modelos de inundación) cuando un sitio en particular se va inundar y que elementos se



encuentran o no en la zona de riesgo; por lo tanto la probabilidad espacial es igual a 1. Para otras amenazas, como los deslizamientos (o los incendios forestales), no se sabe exactamente cuando el evento va a ocurrir, por lo tanto, se tiene que introducir en la ecuación de la probabilidad espacial. En este caso, la fórmula ha de incluir la probabilidad espacial y temporal, como se indica en la segunda fórmula en el cuadro de la izquierda.

Para este ejercicio, la distribución espacial de probabilidad se calcula a partir del **mapa de susceptibilidad**, mientras que el registro de los deslizamientos, provee

la información que ayuda a determinar los periodos de retorno, por ende la probabilidad temporal. Esta información esta almacenada en el mapa **Landslide_ID**. En la primera parte del ejercicio vamos a seguir un enfoque semi-cuantitativo, para evaluar el riesgo de deslizamientos. Esta parte se centra en la 'ultima parte de la formula "cantidad". Se combina las zonas susceptibles con los diferentes tipos de edificios y se calcula el número de edificaciones y personas que se encuentran en zonas de alta, moderada y baja susceptibilidad.

La segunda parte continúa con un enfoque cuantitativo para la evaluación del riesgo de deslizamientos. Se va a combinar la susceptibilidad con la información relacionada con el período de retorno de los deslizamientos registrados con el fin de calcular la probabilidad de temporal. Por otra parte, los valores de vulnerabilidad se calcularan según el tipo de edificio y el área construida. La vulnerabilidad debe ser en función de las características de los elementos en situación de riesgo y las características de la amenaza. En otras palabras, un edificio es más vulnerable o menos vulnerable, por un lado en función a su material de construcción y al tipo de estructura, por el otro lado según el tipo y la dimensión del derrumbe. En este caso, sólo se considerarán las características de los elementos en riesgo, debido a la complejidad de la evaluación de la vulnerabilidad. Finalmente, se va a graficar la Probabilidad temporal (P_T) vs. la probabilidad espacial multiplicada por las pérdidas (P_s*V*A).

Calculo del número de edificios en zonas de alta, moderada y baja suceptivilidad

El primer paso es calcular la cantidad de edificios en cada una de las tres clases de susceptibilidad (bajo, moderado y alto). Se va a calcular la cantidad de los edificios por caca clase de susceptibilidad según el tipo de edificio.

Ŧ Selccionar Operations / Raster Operations / Cross. Cruzar el mapa raster Building_map_1998 con el mapa raster Susceptibility. Nombrar la tabla de cruze como: Building_susceptibility. Abra la nueva tabla y verifique el contenido; usted tiene que ver 4 columnas. ¿Que representa la columna "Area"? En la columna Building_map_1998. Se puede observar, que algunos edificios tienen mas de una fila, ¿por que? Identifique cual es la clase de suceptibilidad predominate para cada edificio; vaya al menú columns / aggregation y seleccione column: Susceptibility; function: predominant; group by: Building_map_1998; weight: Area. Nombre la nueva columna como: Susceptibility_per_building. ¿Que calcula esta operación? Abra la tabla Building_map_1998 y una con la columna que recien se creo. Vaya al menú Columns / Join; seleccione la tabla Building_susceptibility y adicione la columna Susceptibility_per_building; nombre a la nueva columna como: Susceptibility. Calcule la cantidad de diferentes tipos de edificios para cada clase; para esto, escriba en la línea de comandos de la tabla Building_map_1998 la siguiente expresión: combine = code(building_type)+ "_" +code(susceptibility) **IMPORTANTE:** Este comando crea una columna con la combinación del código del dominio de Building_type y el código del dominio de Susceptibility. Verifique cuidadosamente, que los dos dominios contengan un código para cada clase; de lo contrario añádalos (En el dominio de susceptibilidad, adicione los siguientes códigos, si no están presentes; High class: H; Moderate class: M: Low class: L). Verifique la columna Combine. ¿Cual es el significado de los acrónimos?

 Guardar los resultados en una tabla separada. En la tabla Building_map_1998 seleccione la columna Combine y haga clic con el boton derecho en encabezamiento; Abra la opción properties y seleccione create domain from string of column. Nombre el Nuevo dominio Buildtype_susceptibility. En la ventana principal del ILWIS, haga clic derecho sobre el nuevo dominio y seleccione Create table. Nombre la nueva tabla Buildtype_susceptibility. En la tabla Building_map_1998 en el menú Columns / Aggregation y seleccione column: Combine; function: count; group by: Combine; guarde la nueva columna en la tabla de salida Buildtype_susceptibility y nombre la columna como: Nr_buildings. Esta nueva columna muestra el número de edificios para clase de susceptibilidad, de acuerdo al tipo del edificio.

Llene la siguiente tabla con los resultados almacenados en la tabla Buildtype_susceptibility. Usted puede crear su propia tabla en Excel y calcular todos los valores necesarios.

			CI	ases de	e suceptibilida	d		
_		Bajo	% del tipo de edificio	Mod	% del tipo de edificio	Alta	% del tipo de edificio	Total po tipo
	Adobe	1288	45%	1187	41%	410	14%	2885
so	Wood and others							
dific	Fieldstone							
de e	Brick with mud							
Tipo	Brick with cement							
	Reinforced concrete							
	Total por clase		19717					28038
% total			70%					

Una vez que la tabla está llena, puede explorar la distribución de los edificios entre las tres clases de susceptibilidad para cada tipo de edificio. Por favor, conteste las siguientes preguntas.

 En el tipo "brick with cement", ¿Como están los edificios distribuidos entre las clases de susceptibilidad? Dar los porcentajes. Baja Moderada Alta En el tipo "wood and other scrap materials", ¿Como están los edificios distribuidos entre las clases de susceptibilidad? Dar los porcentajes. Baja Moderada Alta Comente los diferentes patrones y de su propia explicación para justificar las diferencias. Para cada clase de suceptibiluidad, extraer el tipo de edificio con el porcentaje más alto; tratar de averiguar cual es uso de suelo mas común para el tipo de edificio que eligio (Vaya a building_map_1998 y ordene por building_type). Baja: Uso de suelo: 			
 En el tipo "brick with cement", ¿Como están los edificios distribuidos entre las clases de susceptibilidad? Dar los porcentajes. Baja Moderada Alta En el tipo "wood and other scrap materials", ¿Como están los edificios distribuidos entre las clases de susceptibilidad? Dar los porcentajes. Baja Moderada Alta Baja Moderada Alta Comente los diferentes patrones y de su propia explicación para justificar las diferencias. Para cada clase de suceptibiluidad, extraer el tipo de edificio con el porcentaje más alto; tratar de averiguar cual es uso de suelo mas común para el tipo de edificio que eligio (Vaya a building_map_1998 y ordene por building_type). Baja: Uso de suelo: 	()		
 Baja Moderada Alta En el tipo "wood and other scrap materials", ¿Como están los edificios distribuidos entre las clases de susceptibilidad? Dar los porcentajes. Baja Moderada Alta Comente los diferentes patrones y de su propia explicación para justificar las diferencias. Para cada clase de suceptibiluidad, extraer el tipo de edificio con el porcentaje más alto; tratar de averiguar cual es uso de suelo mas común para el tipo de edificio que eligio (Vaya a building_map_1998 y ordene por building_type). Baja: Uso de suelo: 		•	En el tipo " <i>brick with cement</i> ", ¿Como están los edificios distribuidos entre las clases de susceptibilidad? Dar los porcentajes.
 En el tipo "wood and other scrap materials", ¿Como están los edificios distribuidos entre las clases de susceptibilidad? Dar los porcentajes. Baja Moderada Alta Comente los diferentes patrones y de su propia explicación para justificar las diferencias. Para cada clase de suceptibiluidad, extraer el tipo de edificio con el porcentaje más alto; tratar de averiguar cual es uso de suelo mas común para el tipo de edificio que eligio (Vaya a building_map_1998 y ordene por building_type). Baja: Uso de suelo: 			Baja Moderada Alta
 Baja Moderada Alta Comente los diferentes patrones y de su propia explicación para justificar las diferencias. Para cada clase de suceptibiluidad, extraer el tipo de edificio con el porcentaje más alto; tratar de averiguar cual es uso de suelo mas común para el tipo de edificio que eligio (Vaya a building_map_1998 y ordene por building_type). Baja: Uso de suelo: 		•	En el tipo " <i>wood and other scrap materials</i> ", ¿Como están los edificios distribuidos entre las clases de susceptibilidad? Dar los porcentajes.
 Comente los diferentes patrones y de su propia explicación para justificar las diferencias. Para cada clase de suceptibiluidad, extraer el tipo de edificio con el porcentaje más alto; tratar de averiguar cual es uso de suelo mas común para el tipo de edificio que eligio (Vaya a building_map_1998 y ordene por building_type). Baja: Uso de suelo: 			Baja Moderada Alta
 Para cada clase de suceptibiluidad, extraer el tipo de edificio con el porcentaje más alto; tratar de averiguar cual es uso de suelo mas común para el tipo de edificio que eligio (Vaya a building_map_1998 y ordene por building_type). Baja: Uso de suelo: 			Comente los diferentes patrones y de su propia explicación para justificar las diferencias.
Baja: Uso de suelo:		•	Para cada clase de suceptibiluidad, extraer el tipo de edificio con el porcentaje más alto; tratar de averiguar cual es uso de suelo mas común para el tipo de edificio que eligio (Vaya a building_map_1998 y ordene por building_type).
			Baja: Uso de suelo:



También, se puede mostrar los resultados en un mapa, que muestre susceptibilidad de cada clase de edificio.

 Cree un mapa atributo de Building_map_1998 usando la columna Susceptibility; Nomb re el Nuevo mapa como: Building_susceptibility; en el menú principal del ILWIS, vaya a Operations / Raster operations / Attribute map; Escoja el mapa raster: Building_map_1998; Table: Building_map_1998; Column: Susceptibility.

Este mapa de salida, puede ser un buen ejemplo de un mapa simple de riesgos de deslizamientos, que puede ser utilizado por las autoridades locales para informar a la población.

Calculo cuantitativo del riesgo annual y generación de las curvas de riesgo para deslizamientos.

Hasta ahora sólo se calculó el número de edificios en las diferentes clases de susceptibilidad. Refiriéndose a la fórmula general de riesgo, el número de edificios representa la cantidad (A); ahora, se tiene determinar la probabilidad de ocurrencia de la amenaza (H) y la Vulnerabilidad (V), para poder calcular el riesgo.

1. ¿Que porcentaje de la clase de amenaza alta, moderada y baja pueden ser afectadas por los deslizamientos?

- 2. ¿En que periodo volverán a ocurrir estos deslizamientos?
- 3. ¿Cuál es la vulnerabilidad de cada tipo de edificios a deslizamientos?

De susceptibilidad a amenaza

Como dijimos en la introducción del ejercicio, en la evaluación de los riesgos de deslizamientos, la probabilidad de ocurrencia de la amenaza es la expresada por la probabilidad temporal y espacial. Por lo tanto, en la fórmula general:

Riesgo = Amanaza * Vulnerabilidad * Cantidad

La amenaza esta expresada de la siguiente manara:

Amenaza = Probabilidad temporal * Probabilidad espacisal

Para calcular la probabilidad de riesgo, se necesita tener ambos componentes:

- La probabilidad temporal, de que un deslizamiento ocurrirá debido a un evento desencadenante. En este caso se vincula el periodo de retorno de los deslizamientos a al evento desencadenante. Se diferenciado periodos de retorno de: 50, 100, 200, 300 y 400 años. Los datos requeridos son almacenados en el mapa Landslide_ID.
- La probabilidad espacial, de que una determinada área se vea afectada por deslizamientos para una probabilidad temporal dada, se calcula en función a la densidad de deslizamientos y la densidad de la susceptibilidad de cada clase.

Si la indicación de las zonas de susceptibilidad alta, moderada y baja es correcta, los diferentes eventos de deslizamiento con diferentes periodos de retorno darán diferentes distribuciones de deslizamientos en estas clases. La probabilidad se puede calcular multiplicando la probabilidad temporal (1/ período de retorno anual) con la probabilidad espacial (= a la posibilidad de que un edificio puede ser afectado).

F Realice un mapa atributo con la columna ReturnPeriod de la tabla Landslide_ID usando el mapa Landslide_ID. Nombre el mapa de salidad como: Landslide_RP Verifique el contenido de los mapas Landslide_RP y Susceptibility. Cruce el mapa Susceptibility con el mapa Landslide_RP. Vaya en el menú a Raster Operations / Cross; seleccione la opción do not ignore undefined values. Nombre la tabla de saida como: Hazard_RP. Calcule el área para cada clase de amenaza (use la función de agregación) y escriba en una hoja Excel, con la misma estructura que en la tabla de abajo. Abra la tabla Hazard_RP, en el menú column, aggregation, y seleccione la columna area y utilize la función sum. Agrupado por Susceptibilty. Nombre la columna de salida como: class_area. En la tabla Hazard_RP, escriba las siguientes formulas en la línea de commando: Area_low:=iff(susceptibility="low",area,0) Area_moderate:=iff(susceptibility="moderate",area,0) Area_high:=iff(susceptibility="high",area,0) En el menú column, aggregation, y selecione la columna area_low, función sum, agrupado por Landslide_RP, y gusrde el resultado en la tabla de Landslide_probability nombre la nueva columna como: У Landslide_area_low. Realize lo mismo para las columas area_high y area_moderate y guarde los resultados en la tabla Landslide_probability.

La amenaza, se calcula como la multiplicación de la probabilidad temporal y espacial. Por lo tanto; esta es la probabilidad anual de que una determinada ubicación (edificio) se vea afectada por un deslizamiento dentro de una clase de amenaza. Los datos requeridos

están almacenados en las tablas **Hazard_RP** y **Landslide_probability**. Siga las siguientes instrucciones para llenar la tabla como en las líneas que ya se completaron. Se sugiere la construcción de la tabla en una hoja Excel para simplificar los cálculos. Use anotación científica con 3 decimales.

Ame	enaza	1/50	1/100	1/200	1/300	1/400
	Area del deslizamiento	4.658E+04	3.759E+05	2.319E+05	1.910E+05	1.078E+05
ta	Area acumulada del deslizamiento	4.658E+04	4.225E+05	6.543E+05	8.453E+05	9.531E+05
	Area de la clase	2.567E+06	2.567E+06	2.567E+06	2.567E+06	2.567E+06
Ā	Probabilidad espacial P_s (densidad)	1.815E-02				
	Probabilidad temporal P_T	2.000E-02				
	Amenaza: $H = P_T * P_S$	3.620E-04				
	Area del deslizamiento	4.000E+00				
a	Area acumulada del deslizamiento	4.000E+00				
rac	Area de la clase	3.049E+06				
bde	Probabilidad espacial P_s (densidad)	1.300E-06				
Σ	Probabilidad temporal P_T	2.000E-02				
	Amenaza: $H = P_T * P_S$	2.600E-08				
	Area del deslizamiento	5.000E+00				
	Area acumulada del deslizamiento	5.000E+00				
ja	Area de la clase	8.384E+06				
Ba	Probabilidad espacial P_s (densidad)	5.960E-07				
	Probabilidad temporal P_T	2.000E-02				
	Amenaza: $H = P_T * P_S$	1.190E-08				

Ŧ

- Llene la tabla con los datos calculados. Las columnas Landslide_area_low, Landslide_area_moderate, Landslide_area_high, en la tabla Landslide_probability provea los valores del área de deslizamiento (*landslide area*) en cada clase de susceptibilidad. Los valores de área de cada clase (*class area*) están almacenados en la tabla Hazard_RP, columna Class_area.
 - Calcule el área acumulada de cada deslizamiento (Vea como ejemplo la tabla), como se supone que los eventos con un mayor período de retorno van a activar los deslizamientos pequeños periodos de retorno mas corto.
 - La probabilidad especial esta expresada como densidad de deslizamientos en una clase de susceptibilidad; Por lo tanto, la formula esta dada como (en una hoja Excel):

Spatial_probability = Cumulative_landslide_area / Class_area

• Ahora calcule la probabilidad temporal por clase de amenaza y por periodo de retorno, escriba los resultados en la tabla.

Probabilidad temporal = Probabilidad anual = 1/ periodo de retorno $H = P_{T}^{*}P_{S}$

La probabilidad temporal y espacial, expresa la posibilidad de ocurrencia un deslizamiento en cada lugar. El primer paso; en la estimación de las pérdidas, será el cálculo de la **cantidad de las pérdidas para cada escenario** (periodo de retorno). Para hacer esto, sólo se va utilizar la información relacionada con probabilidad espacial. La probabilidad temporal será introducida más tarde, cuando se calcule el riesgo anual en la curva de riesgo. (P

- Haga clic con el boton derecho en el dominio Susceptibility y cree una tabla Spatial_probability. Cree cinco columnas como se indica abajo. Use un rango de valor de 0 a 1, con precisión de 0.000000001 con 9 decimales. Llene la tabla de abajo con los valores de la probabilidad espacial.
 - ¿Que clase de amenaza tiene los valores mas altos de probabilidad especial?
 ¿es el resultado esperado?
- Trate de explicar por qué esta clase tiene la mayor probabilidad de ocurrencia espacial (Sugerencia: Explore, el mapa de **Susceptibility** conjuntamente con el mapa de **Landslide_RP**; Piense como el mapa de susceptibilidad ha sido creado).

		Probabilidad espacial									
		Spat_prob_50y	Spat_prob_100y	Spat_prob_200y	Spat_prob_300y	Spat_prob_400y					
Clase de amanaza	ALTO	1.815E-02									
	MOD	1.300E-06									
	ВАЈО	5.960E-07									

Estimación de la vulnerabilidad

Estimar la vulnerabilidad de los edificios frente a un deslizamientos, es muy complejo; debido a que se requiere conocimientos sobre el tipo de edificio, sobre los volúmenes y las velocidades del deslizamiento.

Todos estos parámetros son difíciles de estimar. Por lo tanto, en muchos estudios de vulnerabilidad de los edificios frente a un deslizamiento, simplemente se asume como 1, suponiendo la completa destrucción de los elementos en riesgo. En este caso no tenemos suficiente información sobre los parámetros de los deslizamientos (tipo, velocidad, volumen, etc.) Por lo tanto, se determinara el grado de vulnerabilidad basándose solamente en las características del edificio: tipo de construcción y las dimensiones del edificio.

Por supuesto se puede debatir todos los puntos asumidos. También, es posible tener en cuenta los volúmenes de tierra del mapa deslizamientos como indicación para determinar la posible magnitud del deslizamiento; pero, haría el ejercicio demasiado complicado. Por lo tanto, se limitara la evaluación de la vulnerabilidad a las características del edificio anteriormente mencionadas. El cálculo de la vulnerabilidad realizado por expertos ingenieros sobre el comportamiento físico de los edificios y en base a datos históricos relacionados con los daños causados por los deslizamientos, se presenta en las siguientes tablas, donde los porcentajes de los daños se dan en función del tipo y tamaño de edificio.

VULNERABILIDAD

Tipo de edificio: Adobe (Adobe)

	•			
Muy	Pequeño	Mediano	Grande	Muy Grande
pequeño				
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tipo de edificio: Madera y otros materiales pobres (Wood and other poor materials)

Muy	Pequeño	Mediano	Grande	Muy Grande
1.00	1.00	1.00	0.90	0.80

Tipo de edificio: Piedra (Fieldstone)

Muy	Pequeño	Mediano	Grande	Muy Grande
pequeño				
1.00	1.00	1.00	0.90	0.90

Tipo de edificio: Ladrillos y barro (Brick with mud)

pe	Muy equeño	Pequeño	Mediano	Grande	Muy Grande
	1.00	1.00	0.90	0.80	0.70

Tipo de edificio: Ladrillo con cemento (Brick with cement)

Muy	Pequeño	Mediano	Grande	Muy Grande	
pequeño					

La estabilidad de un edificio no solo depende de su área, también depende del número de plantas: un edificio de ladrillo con cemento de 3 pisos, posee una estructura más estable que una vivienda de 1 piso, con las mismas características. Por lo tanto, los edificios tienen que ser clasificados en relación con su tipo de construcción y su dimensión. Ya sa tiene la clasificación según el tipo, pero también se tiene que clasificarlo en función de su dimensión. Vamos a definir cinco clases (muy pequeñas, pequeñas, medianas, grandes y muy grandes). Para definir los límites de la dimensión de cinco clases (de muy pequeño a muy grande) vamos a utilizar el espacio total de la construcción o superficie contruida (área * Nr. pisos).

Ŧ

- Cree un mapa atributo de Building_map_1998 usando la columna Floorspace y nombre el mapa como: Floorspace_map. Extraiga el histograma del mapa: Botón derecho sobre el mapa y seleccione Statistics / Histogram.
- Abra el histograma y estúdielo. Cual es el significado de las columnas Value, Npixpct y Npixcum?
- Para definir los limites de las clases de superficie construida, primero crear una columna con el porcentaje acumulado del área construida. Visualice la linea de comandos en el histograma (si no esta visible, seleccione: *View / Command line*). Escriba la siguiente expresión:

perc_cum = npixcum/3154801*100

- ¿A que se refiere el número más grande?
- Se puede dividir el área construida, dentro de cinco clases, de acuerdo al porcentaje acumulado. Llene la siguiente tabla, con los valores correctos.

Class name	Cum. percentage	Floor space value (upper boundary)
Very small	20%	104
Small	40%	
Medium	60%	
Large	80%	
Very large	100%	

Cree un Nuevo dominio, en la ventana principal del ILWIS, vaya a *File / Create / Domain*; seleccione *Class / Group* y nombre como: Floorspace_class. Llene la ventana como se muestra en la figura, usando los valores de la tabla de arriba. Para añadir nuevas clases al dominio, haga clic en el icono que esta señalado con un círculo azul.

Description	Domain Group "Floorspa	ce_class''		
1 ()	9 6 6 🕲 🖉			
Upper Bo	Class Name	Code	Description	
04	Very small	VS		
	Small Medium Large	S M L		
00	Very large	VL		

Floorspace_class = clfy(Floorspace, Floorspace_class)

¿Que calcula la función clfy? ¿Que contiene el nuevo dominio?

Ya se ha creado la clasificación, según la superficie construida; ahora ya se puede aplicar los valores de vulnerabilidad. Para hacer esto, se necesita crear una tabla de 2D, donde se almacenen estos valores.



Estimación de pérdidas y generación de las curvas de riesgo.

Se ha calculado todos los componentes del riesgo de deslizamientos, entonces se puede empezar a calcular el riesgo en sí. El cálculo se hará en la tabla **Building_map_1998**. Se va a calcular las pérdidas para el un período de retorno de 50 años. El primer paso es asignar la probabilidad espacial correcta (P_s) a cada uno de los edificios, en base a las clases de suceptibilidad. Se necesita los valores de P_s para el escenario de 50 años, que se encuentran almacenados en la tabla de **Spatial_Probability** que fue llenada, anteriormente en este ejercicio (Alto: 0,01815; Moderado: 0.0000013; Baja: 0,000000596, los valores pueden ser ligeramente diferentes si se han utilizado otras precisiones)

IMPORTANTE!

Ŧ

Se esta trabajando con números muy pequeños. Cuando se crea una nueva columna, recuerde asignar la precisión con 9 decimales y asignarlos en la ventana de propiedades de la tabla; caso contrario se ejecutarán errores en el cálculo.

- La tabla **Building_map_1998**, unala con la tabla **Spatial_probability** y lea la siguiente columna: **Spat_prob_50y**. use un rango de valores de 0 a 1, y precisión de 0.000000001 con 9 decimales.
- Para extraer la perdida total para un escenario con un periodo de retorno de 50 años, se tiene que multiplicar la probabilidad espacial por la vulnerabilidad de cada edificio y las perdidas totales de los edificios.
 - Multiplicar las dos columnas, mediante la línea de comandos:
 - Losses_50y:= Spat_prob_50y*vulnerability_building
- Despliegue el panel de estadísticas en la tabla y lea la suma de la nueva columna. Representa la perdida total para un escenario, con un periodo de retorno de 50 años.
- Aplique la misma metodología para escenarios con periodos de retorno de 100, 200, 300, 400 años y calcule el total de las perdidas para cada uno de ellos.
- En los cálculos de arriba, aparentemente no se toma en cuenta la cantidad (Amount). Puede explicar ¿por que no se necesita aquí el cálculo de la cantidad de los edificios, que se realizo en la primera parte? ¿En que unidades están expresadas las pérdidas?

e han almacenado los resultados en la siguiente tabla, para cada uno de los escenarios (cree su propia tabla en una hoja Excel).

Periodo de retorno	Probabilidad temporal	Perdidas	Riesgo especifico
50	0.02	31	0.62
100	0.01		
200	0.005		
300	0.00333		
400	0.0025		
Riesgo Total (edifi	cios)		

El riesgo, puede ser representado como una curva, en el cual todos los escenarios son graficados con los periodo de retorno o probabilidad temporal versus las perdidas correspondientes. La curva de riesgo, es llamada también curva de las perdidas excedentes "Loss Exceedance Curve (LEC)".

En la gráfica de la izquierda, se tiene la ventaja de que se visualiza de mejor manera los periodos de retorno que tiene la mayor contribución de perdidas. La curva derecha puede ser usada directamente para el cálculo del promedio de las pérdidas anuales "Average Annual Losses (AAL)". Esto se lo realiza calculando el área debajo de la curva.



Dos formas de representar una curva de riesgo. Izq.: Grafica de las perdidas vs. el período de retorno. Der.: Grafica de las perdidas vs. La probabilidad anual.

Ŧ

 Cre las curvas de riesgo, y grafique los valores para los 5 escenarios con los diferentes periodos de retorno. Despliegue los gráficos de las dos maneras como se muestra en la figura de arriba. Guarde los resultados y analízalos, si desea puede comparar con los de su compañero.

Ē

- ¿Como se evalúa el riesgo? ¿Cuan alto es? ¿Como se compara con otros tipos de amenazas?
- Despliegue los resultados también en un mapa, desplegando el atributo de Losses_50y en combinación con el mapa de Building_map_1998. ¿Donde están las zonas, con los niveles individuales mas altos de riesgo?

<u>Conclusión</u>: Si nos fijamos en la fórmula de riesgo **Risk** = P_T*P_s*V*A y si queremos calcular las pérdidas para los distintos edificios de forma individual, se pone de manifiesto que la probabilidad espacial de un deslizamiento y la ubicación del edificio, son los aspectos mas cruciales. Este valor se obtuvo a partir de la densidad de deslizamientos dentro de las clases de susceptibilidad. Por lo tanto, cuanto mejor se puedan definir las clases de susceptibilidad; más alta será la tasa de éxito, debido a que será mejor la distribución de la probabilidad espacial.

Ejercicio 6M. Evaluación cuantitativa multiamenaza del riesgo, usando curvas de riesgo

Tiempo previsto:	3 horas
Datos:	Datos en el subdirectorio: RiskCity exercises/exercise06M/data
Objetivos:	Este ejercicio tiene por objetivo calcular el riesgo para los diferentes tipos de amenazas y los diferentes periodos de retorno en términos cuantitativos, utilizando las curvas de riesgo. La probabilidad anual y las pérdidas se comparan con respecto a los tipos de amenazas y se combinan con la curva de riesgo global. También, se convierte la información de riesgo en función al número de edificios a valores monetarios.

En los ejercicios previos de esta sesión, usted tuvo la opción de trabajar con análisis cuantitativo de riesgo para un tipo de amenaza, ya sea: inundaciones, deslizamientos, terremotos y amenazas tecnológicas. En este ejercicio, veremos los resultados de los anteriores ejercicios y se calculara la curva de excedencias de perdida ("Loss Exceedance Curves" LEC) para cada tipo. Posteriormente, se comparara los resultados de los diferentes tipos de amenaza.

Los datos para este ejercicio son almacenados en varia tablas que pueden ser ligadas al mapa de polígono y a las diferentes unidades de mapeo. En la tabla de abajo y esta el nombre de la tabla, el listado de las columnas y el significado de cada una de ellas.

Tabla	Columna	Significado
Flood_risk_buildings (Riesgo de los edificios por inundación)	Losses_10y	# de edificios afectados por una inundación con un período de retorno de 10 años
	Losses_50y	# de edificios afectados por una inundación con un período de retorno de 50 años
	Losses_100y	# de edificios afectados por una inundación con un período de retorno de 100 años
Landslide_risk_buildings (Riesgo de los edificios por	Losses_50y	# de edificios dañados en un evento con un periodo de retorno de 50 años
deslizamientos)	Losses_100y	# de edificios dañados en un evento con un periodo de retorno de 100 años
	Losses_200y	# de edificios dañados en un evento con un periodo de retorno de 200 años
	Losses_300y	# de edificios dañados en un evento con un periodo de retorno de 300 años
	Losses_400y	# de edificios dañados en un evento con un periodo de retorno de 400 años
Seismic risk buildings	VI_collapse_max	# de edificios colapsados en la zona con una intensidad de VI
(Riesgo de los edificios por terremoto)	VII_collapse_max	# de edificios colapsados en la zona con una intensidad de VII
	VIII_collapse_max	# de edificios colapsados en la zona con una intensidad de VIII
	IX_collapse_max	# de edificios colapsados en la zona con una intensidad de IX
Technological_risk Buildings	Losses_sc1	# de edificios dentro del área afectada por una "piscina de fuego"
(Riesgo de los edificios por amenaza tecnológica)	Losses_sc2	# de edificios dentro del área afectada por una "bola de fuego" (BLEVE)

La evaluación del riesgo con SIG, se la realizara con la siguiente ecuación básica:

Riego= Amenaza * Vulnerabilidad * Cantidad de elementos en Riesgo En este ejercicio primero nos concentraremos en los edificios y luego esta información de pérdidas de edificios será convertida a pérdidas económicas, sólo tomando en cuenta los costos directos de los edificios. Finalmente consideraremos también la población afectada en el día y en la noche. Seguiremos varios pasos:

- Primero generaremos distintos tipos de curvas de riesgo, para cuantificar en número de edificios perdidos de las cuatro amenazas.

- Posteriormente convertiremos el número de edificios perdidos en pérdidas económicas, teniendo en cuenta el costo del edificio y su contenido; también se generaran las curvas de esto.

- Finalmente; se realizara el análisis de la población afectada en el día y en la noche, para obtener las curvas de riesgo en función a la población.

Como se explico en la sección 1 y la sección 6 del texto, la ecuación básica para la evaluación del riesgo de manera cuantitativa es:

Riego= Amenaza * Vulnerabilidad * Cantidad de elementos en Riesgo

La ecuación anterior, no es solamente conceptual, pero actualmente puede calcularse mediante datos espaciales dentro de un SIG para cuantificar la cantidad de riesgo de las diferentes amenazas. La manera en que la cantidad de los elementos son caracterizados (ejemplo, el número de edificios, número de las personas, valor económico o el área que tiene una importancia cuantitativa), definirá también la manera de cómo se expresa las unidades de riesgo. El componente de amenaza en la ecuación en realidad se refiere a la probabilidad de la ocurrencia de un fenómeno amenazador con una intensidad dada dentro de un período de retorno específico (eje., la probabilidad anual).

Para calcular el riesgo cuantitativamente usando la ecuación 1; la vulnerabilidad se limita a la vulnerabilidad física de los elementos en riesgo en consideración, determinados por la intensidad de la amenaza y las características de los elementos en riesgo (ejm., el tipo de edificio). Con el fin de calcular el riesgo específico la ecuación puede ser modificada de la siguiente manera:

$\mathbf{R}_{s} = \mathbf{P}_{T} * \mathbf{P}_{L} * \mathbf{V} * \mathbf{A}$

Donde:

- $\mathbf{P}_{\mathbf{T}}$ es la probabilidad temporal (ejm., probabilidad anual) de ocurrencia de una amenaza especifica (h_s) para un área, con un período de retorno dado;
- P_L es la probabilidad areal o espacial de ocurrencia de una amenaza especifica con un período de retorno dado, de los elementos en riesgo dentro del área de impacto.
- **V** es la vulnerabilidad física de elementos en riesgo. Se define como el grado de daño especifico para cada elemento en riesgo (E_s) para una intensidad local dada para un periodo de recurrencia de la amenaza (H_s) .
- A es la cantidad de elementos en riesgo del mismo tipo específico. Es importante indicar aquí que se pueden cuantificar de distintas maneras los elementos en riesgo y dependiendo de la unidad en que estos se cuantifiquen, el riesgo estará evaluado en dicha unidad. Por ejemplo, la cantidad puede expresarse numéricamente, como el número de edificios (ejm., número de edificios que pueden ser dañados), el número de las personas (ejm., lesiones, muertes y afectados), la cantidad de tubería de red que se rompe por kilómetro, etc. Los elementos en riesgo pueden medirse en cantidad, como también en términos económicos.

Paso 1: Revisión de la información de los edificios perdidos para las diferentes amenazas.

En los ejercicios previos de la evaluación del riesgo, hemos estimado las pérdidas para diferentes escenarios (períodos de retorno); para inundaciones, terremotos, deslizamientos y amenazas tecnológicas. La tabla en la siguiente pagina, muestra un resumen de los componentes que se han usado para estimar los edificios perdidos. Se usara los resultados de esos ejercicios, pero ahora de manera agregada; por unidad de cartografía. En la evaluación del riesgo, la mayor parte de los ejercicios usaron los edificios de forma individual para realizar la estimación de la pérdida; básicamente porque las curvas de vulnerabilidad que fueron utilizadas dependen de las características específicas de los edificios (tipo de edificio, número de pisos, superficie construida) y de las características específicas de la

amenaza (profundidad del agua, distancia de la explosión, maxima aceleración de la tierra (PGA), intensidad modificada de Mercalli (MMI)). Sin embargo, no se quiere expresar el riesgo individualmente por edificio, porque:

- 1 No se sabe suficientemente sobre las características específicas de cada edificio (mantenimiento, normas de construcción, simetría del edificio, construcción propia o contratada), que son de suma importancia para estimar el comportamiento de cada edificio, bajo una específica amenaza.
- 2 La información sobre la amenaza no esta muy detallada, para cada edificio individual.
- 3 Presentar información de riesgo al nivel de edificaciones, causará problemas relacionados con la privacidad y las legislaciones para cada uno de los dueños, por otra parte afectaría el valor del inmueble.
- 4 Las autoridades locales beben tomar las decisiones, no basándose en los edificios individuales, sino en unidades agregadas.

Por lo tanto; la información de edificios perdidos, tiene que ser agregada por unidad de mapeo, cuyas características son más o menos homogéneas desde el punto de vista el uso urbano de la tierra y los tipos de edificios. Esta superficie debe contener decenares de edificios. Los límites de las unidades de mapeo son por lo general, son calles.

	Probabilidad temporal	Probabilidad espacial	Vulnerabilidad	Cantidad
	PT	PL PL	V	Α
Inundación	Inundaciones para 10, 50 y 100 años	Se considera como 1 porque el área inundada fue derivada de los resultados de un modelo de inundación	Las curvas de vulnerabilidad usadas relacionan la profundidad de agua con el daño del edificio, para diferentes tipos, número de pisos y área	Sobreposición de capas mediante un SIG de las áreas inundadas y el mapa de edificios.
Deslizamientos	Deslizamientos para eventos 50, 100, 200, 300 y 400 años	Calculado, mediante cálculos de densidad de deslizamientos para diferentes periodos de retorno con susceptibilidades altas, moderadas y bajas.	La tabla de vulnerabilidad, no considero magnitud de deslizamiento, solamente el tipo de edificio y la superficie construida	Sobreposición de capas mediante un SIG de las clases de susceptibilidad a deslizamientos con el mapa de los edificios.
Terremotos	Se asumieron periodos de retorno relacionados a las diferentes clases de MMI.	Se considera como 1, porque los edificios están localizados en una clase particular MMI.	La tabla de vulnerabilidad, considera la relación MMI/PGA y el daño para los diferentes tipos de edificios y alturas	No hay ninguna diferencia entre las clases MMI en la ciudad para el mismo terremoto. Por lo tanto todos los edificios de la ciudad se toman en cuenta
Amenazas tecnológicas	No sabe realmente los períodos de retorno para los dos escenarios, pero se asume mediante la opinión de un experto	Se considera como 1, porque los edificios se encuentran establecidos dentro el rango de explosión.	La tabla de vulnerabilidad usada, considera la distancia de la explosión y las características del edificio (altura y tipo de edificio).	Sobreposición de capas mediante un SIG del área afectada por la explosión y el mapa de edificios.

Tabla: Los diferentes pasos usados en el cálculo para cada tipo de amenaza

Empezaremos por visualizar la información de los edificios perdidos que esta vinculada a las unidades de mapeo. Todas las tablas con la información de los edificios perdidos (Flood_risk_buildings, Landslide_risk_buildings, Seismic_risk_buildings y Technological_ risk_buildings) usan el mismo dominio: Las unidades de mapeo (mapping_units) y puede ser visualizado a través del mapa de polígonos "Mapping_units". Se deberá, crear la representación de las perdidas (Losses) que permita la visualización de estas, de la misma manera.

(P		
	•	Botón derecho sobre el mapa de polígonos Mapping_units , seleccionar <i>Properties</i> . Seleccionar en <i>attribute table</i> Flood_Risk_Buildings.
	•	Desplegar el mapa de polígonos Mapping_units , con los atributos de Losses_10y desde la tabla que esta enlaza con Flood_risk_buildings , usando la representación Losses . Verifique el patrón de pérdidas por inundaciones en la ciudad
	•	También, despliegue los otros escenarios de perdidas por inundación (Losses_50y y Losses 100y). Compare los patrones.
	•	Vincule el mapa Mapping_units con una de las tablas de perdida de edificios y despliéguelas también, usando la representación de "Losses".
	•	¿Qué se puede concluir sobre la distribución espacial de los perdidos en toda la ciudad?
	•	¿Por qué los edificios perdidos están cuantificados en decimales y no como números enteros? ¿Cuál podría ser la razón de esto?

Seria bueno llevar toda esta información de pérdidas a una sola tabla, en la cual se puede ver que unidades de mapeo tiene riesgos múltiples. Necesitamos traer todas las columnas de las 4 tablas a una nueva tabla, la cual llamaremos **Building_losses**. Esta tabla esta vinculada al dominio de las unidades de mapeo "**Mapping_units**". De hecho ya realizamos este paso por usted, debido a que es tedioso hacer este trabajo; pero si a usted le interesa el procedimiento, esto se lo realizo de la siguiente manera:

P

- Botón derecho sobre el domino de **Mapping_units** y seleccione *Create Table*. Nombre de la tabla **Building_losses**.
- En la nueva tabla vacía, primero se crea una nueva columna que tenga la información del dominio (que posteriormente será de ayuda para exportar los datos a Excel). Escriba en la línea de comando:

Mapping_units:=%K

Esto significa que la nueva columna se llamara "*Mapping_units"* y copia la información llave del dominio (la columna gris del lado izquierdo de la tabla). El dominio será "*Mapping_units"*.

• Ahora se leerá la información de los edificios perdidos en las siguientes columnas. Seleccione *Columns/Join* y lea las columnas de perdida de los 4 tipos de amenaza. Nombre las columnas como se indica en la siguiente tabla.

Tabla	Columna	Nuevo nombre
Flood_risk_buildings	Losses_10y	Flood_10y
(Riesgo de los edificios por inundación)	Losses_50y	Flood_50y
	Losses_100y	Flood_100y
Landslide_risk_buildings	Losses_50y	Landslide_50y
(Riesgo de los edificios por deslizamientos)	Losses_100y	Landslide_100y
	Losses_200y	Landslide_200y
	Losses_300y	Landslide_300y
	Losses_400y	Landslide_400y
Seismic_risk_ buildings	VI_collapse_max	Seismic_VI
(Riesgo de los edificios por terremoto)	VII_collapse_max	Seismic_VII
	VIII_collapse_max	Seismic_VIII
	IX_collapse_max	Seismic_IX
Technological_risk	Losses_sc1	Tech_sc1
(Riesgo de los edificios por amenaza tecnológica)	Losses_sc1	Tech_sc2

Ahora se puede vincular el mapa "**Mapping_units**" con la tabla "**Building_losses**" y usted desplegar casa escenario mucho mejor.

F

æ

- Botón derecho sobre el mapa de polígonos "Mapping_units", selecionar Properties. Seleccione el atributo de la tabla "Building_losses".
 - Despliegue el mapa de polígonos "Mapping_units", con los atributos de la tabla de "Building_losses" usando la representación "Losses".

Ahora, se tiene la información de manera correcta para empezar con un análisis detallado.

• Asegúrese de seleccionar *View/Statistics panel*, de tal manera que se pueda leer los valores totales de las perdidas para los diferentes escenarios.

• Responda las siguientes preguntas y coloque sus respuestas en la siguiente tabla.

Pregunta	Respuesta
¿Cual escenario tiene la mayor cantidad de edificios perdidos?	
Compare escenarios con el mismo periodo de retorno. ¿Cuál tiene perdidas mayores?	
¿Qué unidad de mapeo tiene mayores perdidas y cual es tipo de escenario en el da? (Pista: ordenar la tabla en función a la columna que contenga las mayores perdidas, de manera descendente)	
¿Cuántas unidades de mapeo, no tiene ningún edificio perdido? (Pista: ordenar la tabla en función a la columna que contenga las mayores perdidas, de manera ascendente)	

Paso 2: Generar las curvas de riesgo para los edificios perdidos.

Ahora tenemos casi toda la información para generar las curvas de riesgo. El riesgo puede ser representado como una curva, de diferentes maneras:

- 1. Graficar de período de retorno en el eje X y las pérdidas en el eje Y.
- 2. Graficar de período de retorno en el eje X y el riesgo anual en el eje Y.
- 3. Graficar las perdidas en el eje X y la probabilidad anual en el eje Y; como una curva de riesgo, esta curva se denomina Curva de las Excedencias de Perdidas "Loss Exceedance Curve (LEC)".

La opción 1 y la opción 2 despliega de mejor manera que periodo de retorno, tiene una contribución más grande a la cantidad de La opción 3 pueda ser usada para calcular directamente el promedio de las perdidas anuales "Average Annual Losses (AAL)". Representada por el área bajo la curva (ver sección 6.5.5 del texto guía).



Antes que nosotros podemos graficar las curvas de riesgo para los edificios, todavía se necesita saber cual es el periodo de retorno para las amenazas de terremotos y amenazas tecnológicas. Para el riesgo por terremoto esta información debería ser extraída de una evaluación de la amenaza sísmica a nivel regional. En esta caso, asumimos los siguientes períodos de retorno:

Intensidad	VI	VII	VIII	IX
Periodo de retorno	50	100	200	500

En el caso de riesgo tecnológico es muy difícil estimar los períodos de retorno, debido a que la cantidad de información histórica es limitada, y ciertamente no esta disponible para cada tipo de instalación industrial, cada accidente es casi siempre un evento único. Normalmente, el periodo de retorno se calcula en función a la tasa de accidentes del mismo tipo de instalaciones dentro de un país, continente o de todo el mundo. La probabilidad de los sucesos, por supuesto, también depende en gran medida de las normas de seguridad y, en general, el cumplimiento de las normas de seguridad dentro de la industria que se evalúa. En este caso asumimos los siguientes periodos de retorno.

Escenario	Escenario 1: Piscina de fuego	Escenario 2: BLEVE
Periodo de retorno	50	500

- Abra la tabla **Building_losses** y lea la cantidad total de los edificios afectados para los diferentes escenarios. Escríbalos en la tabla de abajo y en una hoja de Excel.
- Calcule la probabilidad anual y determine el riesgo anual para los diferentes escenarios e indique los valores en la tabla a continuación o en una hoja de cálculo de Excel.

	Escenario	Periodo de retorno RP	Probabilidad anual P T	Edificios perdidos V*A	Riesgo Anual especifico P_T *V*A
Inundaciones	Flood_10y	10			
	Flood_50y	50			
	Flood_100y	100			
Deslizamientos	Landslide_50y	50			
	Landslide_100y	100			
	Landslide_200y	200			
	Landslide_300y	300			
	Landslide_400y	400			
Terremoto	Seismic_VI	50			
	Seismic_VII	100			
	Seismic_VIII	200			
	Seismic_IX	500			
Tecnologico	Tech_sc1	50			
	Tech_sc2	500			

() I

- Graficar las 3 curvas de riesgo para las amenazas de deslizamiento:
 - Graficar el período de retorno en el eje X y la cantidad de edificios perdidos en el eje Y.
 - Graficar de período de retorno en el eje X y el riesgo anual especifico en el eje Y.
 - Graficar cantidad de edificios perdidos eje X y la probabilidad anual en el eje Y
- Compare los tres tipos de gráficos. ¿Que puede concluir respecto al uso que se le pueda dar, a las diferentes curvas de riesgo?
- Realice los tres tipos de curvas para las diferentes clases de amenazas y luego compárelas entre si. ¿Que se puede concluir?

Es también posible generar las curvas de riesgo para cada unidad de mapeo. En principio puede hacerse dichas curvas a diferentes niveles de agregación.

P

- Generara las curvas de riesgo par alas unidades de mapeo siguientes: Nr_998, Nr_149 and Nr_551
- Compare los resultados y determine que amenaza es la más importante para caca unidad de mapeo y cual tiene el nivel de riesgo más alto.

Una vez que ha obtenido la Curva de las Excedencias de Perdidas "Loss Exceedance Curve (LEC)"; usted puede calcular el Riesgo Anual, que esta representado por el área debajo de la curva. Esta área puede ser calculada de diferentes maneras:



– Determine en Excel la curva de tendencia y calcule el área bajo la curva.

Paso 3: Generar las curvas de riesgo para las pérdidas económicas.

Con el fin calcular el valor económico total del edificio, se tiene que multiplicar toda la superficie construida por costo unitario del edifico, para cada unidad de mapeo. Esto se realizara, vinculando los costos de las edificaciones con el tipo de uso urbano. Por lo tanto; para cada uso de la tierra, en la tabla **Landuse_cost**, se ha definido un costo unitario de los edificios y de su contenido.

(j)		
	•	Verifique en la tabla Landuse_cost , los costos unitarios de los edificios y el costo del contenido del edificio.
	•	Abra la tabla Mapping_Units y juntela con la tabla Landuse_cost, y lea las dos columnas Building_sqm y Contents_sqm.

Ahora, simplemente se puede multiplicar el área construida por el costo unitario de edificio más el costo total del contenido (costo unitario del contenido por el área construida) para encontrar el valor total.

P

- Calcule el costo del edificio y los costos del contenido.
- También calcule el costo total para cada unidad de mapeo. Despliegue esto como un mapa atributo de **Mapping_Units**.
- ¿Qué tipo de patrón se puede ver? ¿Cómo se debe mostrar el mejor mapa? Compare este resultado con el número de edificios. ¿Qué se puede concluir?
- ¿Cuál es el coste medio por unidad de mapeo?
- ¿Cuánto cuesta "toda la ciudad"?

Podemos calcular ahora también el costo promedio de cada edificio para cada unidad de mapeo.

P

• Calcule el costo promedio por edificio:

Cost:=total_cost/nr_buildings

- Tal vez sea mejor así: escriba una formula, la cual elimine en la columna de salida, los valores indefinidos.
- ¿Cual es el costo promedio de los edificios para los varios tipos de uso de suelo? ¿Como calcularia usted eso?
- Genere un mapa atributo de esto y nombre el mapa de salida como: Cost

En esta sección, se calculará el valor de la pérdida monetaria para terremotos, inundaciones, deslizamientos y riesgos tecnológicos.

P

- En la tabla Building_losses unir con la tabla Mapping_units, para obtener la columna de Costs. Multiplicar esto con las pérdidas de los edificios para cada escenario.
- En Excel use los valores totales de las pérdidas monetarias para calcular riesgo específico y generar la curva de riesgo.

Compare los valores de riesgo anual para el riesgo por sismo, inundación, terremoto y el tecnológico.

Ejercicio 6T. Estimación de las pérdidas debido a una amenaza tecnológica

Tiempo estimado:	3 horas
Datos:	Datos se encuentran en el subdirectorio:/exercise06T
Objetivos:	En este ejercicio se desea evaluar los riesgos ocasionados por una
	industria localizada en la ciudad; usando el set de datos espaciales
	proveídos y el conocimiento básico de valoración del riesgo tecnológico.

Datos de entrada

Se tiene los siguientes datos, para el desarrollo de este ejercicio.

Nombre	Тіро	Significado			
Elementos al riesgo					
Building_map_1998	Raster	El mapa muestra los edificios individualmente.			
Building_map_1998	Tabla	La tabla muestra las características de los edificios: usos de suelo, número de pisos, tipo de edificios, superficie del edificio, área construida, personas en el día, personas en la noche, tamaño de la clase			
	Datos tecnológicos				
Accident Map	Punto	Mapa que presenta la ubicación del accidente			
Otros datos					
High_res_image	Raster	Imagen de alta resolución del área de estudio.			
Ancillary Data (Datos auxiliares)	Datos	Información sobre el cálculo de la magnitud de la explosión/estallido según la naturaleza y la cantidad de material peligroso.			

La ciudad, además de ser muy vulnerable a los riesgos naturales (inundaciones, terremotos y deslizamientos), ya sea provocada por una amenaza natural o debido a un accidente del trabajo.

Si nos fijamos cuidadosamente, se puede observar que existen varios sitios donde se pueden almacenar materiales peligrosos, los cuales se encuentran dentro los límites de la ciudad, en el centro de las áreas densamente pobladas. En el dominio del uso de suelo, hay una clase que se llama **Ind_hazardous**, la cual indica: Almacenamiento material peligroso o manufactura.

(F					
	•	Abra el dominio de landuse y verifique la presencia de esta clase.			
	•	Abra la tabla Building_map_1998 , y selecione la opcion <i>Column/ Sort</i> . Ordene por según la columna: landuse . Verifique si hay edificios que tengan el nombre de Ind_hazardous .			
	•	¿Cuantos edificios tienen materiales peligrosos? Existen muchas maneras de extraer esta información, en este caso se utilizará el método que nos permita desplegar estos edificios en un mapa. En la tabla Building_map_1998 , en la linea de commandos escriba la siguiente expression:			
	Hazardous = iff(landuse="Ind_hazardous",%K,?)				
	•	Verifique la nueva columna; ¿Que procedimiento realiza esta expresión? ¿para que se utiliza este codigo %K ? Ahora haga click <i>Column/Agregation</i> , dentro la			

ventana que se despliega escoja: *Column: Hazardous, Function: Count, Group by: Building_Type*; ordene la nueva columna en una nueva tabla y llámela como: **Hazardous_buildings** y a la nueva columna déle el nombre de: Nr_**buildings.**

- ¿En total, cuantos edificios se tiene en la ciudad (RiskCity)? ¿A que tipo de edificio pertenecen estos y cuantos edificios existen por cada tipo? ¿Cuales son, desde su punto de vista, los mas vulnerables en caso de terremotos y/o en el caso de una amenaza tecnológica?
- Cree un mapa atributo desde **Building_map_1998**, escogiendo la columna **Hazardous**. Nombre el mapa de salida como **Hazardous_Buildings**.

1 Modelamiento de la amenaza

Ahora se pueden ver los sitios que contienen materiales peligrosos. La compañía "RiskyStorage" se estableció en el edificio **B_29211**. La mayor parte instalación almacena una enorme cantidad de pentano; un químico peligroso, altamente inflamable que utilizan para suministrar a los usuarios de pesticidas. La instalación ha sido declarada como una de las industrias de mayor amenaza de accidente "*Major Accident Hazard (MAH)*" de acuerdo con ordenanzas municipales de RiskCity. De acuerdo con el ordenamiento territorial y las especificaciones establecidas por la legislación no pueden establecerse nuevas MAH industrias dentro los límites de la ciudad. Sin embargo, debido a aspectos socioeconómicos (empleo y movimiento económico), a RiskyStorage se le permitió continuar con sus operaciones, después de implementar equipo y técnicas para la seguridad industrial.

La instalación ha sido recientemente adquirida por un grupo de empresas y como resultado de esto, la estructura organizacional ha sufrido importantes cambios dentro el personal clave de operación. El énfasis en el nivel de seguridad se ha reducido con el fin de reducir los costos.

El 15 de noviembre de 2005, alrededor de las 3 de la tarde, un operador estaba manejando un vehiculo dentro la planta, sin ninguna premisa (cosa que no era permitido anteriormente); choco accidentalmente con una tubería enterrada que se utilizaba para la transferencia del Pentano almacenado. El impacto del accidente dio lugar a un incendio en la tubería y que el cual empezó a expandirse con dirección hacia el tanque de almacenamiento principal. El fuego fue observado por un espectador fuera de la planta y reporto vía telefonica el incidente al Centro Industrial para Manejo de Emergencias (IEMC) de RiskCity. El IEMC tiene la base de datos SIG y todos los datos que se requiere para hacer un análisis espacial de un accidente y tomar decisiones rápidas (los mismos datos se ha presentado en la carpeta RiskStorage). Debe entenderse aquí, que en tales situaciones de emergencia, el tiempo es una limitación importante; ya que suelen evolucionar muy rápido (por lo general dentro de una hora) y de derecho las decisiones deben tomarse con rapidez.

El sitio del accidente esta localizado en el mapa de puntos.

(F

Abra el mapa New_high_res_image, y adicione el mapa Accident.

Las consecuencias de los accidentes tecnológicos dependen de varios factores incluyendo la naturaleza del químico (propiedades químicas y físicas), condiciones de almacenamiento (refrigerados o presurizados), la naturaleza de las condiciones de expansión (debido a la rotura en la tubaria o la presión dentro el tanque de almacenamiento), condiciones

atmosféricas, etc. El accidente que se discute en este ejercicio, tiene una alta probabilidad de ser del tipo de "piscina de fuego", que es causado cuando una sustancia liquida inflamable como el pentano, escapa de un contenedor refrigerante y se encienden. La primera amenaza que se tiene como resultado de la explosión, es la exposición a la radiación del calor.

Sin embargo, se puede tener consecuencias muy serias, si la piscina de fuego se expande hasta el tanque de almacenamiento y se desencadena un evento llamado "Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions (BLEVEs)". Un BLEVE puede ser causado cuando las llamas interaccionan con el espacio de vapor del tanque causando una sobre presión en el tanque dando lugar a una explosión de de gran magnitud. El resultado de esta explosión, será una enorme bola de fuego y una violenta rotura del tanque, con los fragmentos disparados como cohetes. A pesar de los resultados de la explosión, debido a la sobre presión, el impacto es más perjudicial, es el causado por la radiación de calor, ya que persiste durante bastante tiempo.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, los siguientes escenarios fueron considerados por el modelador en la IEMC, para el análisis de las distancias, desde el centro del impacto hasta el punto final y de las probables consecuencias del accidente.

- **Escenario 1:** Rotura de la tubería Pentano causada por el coche de automóvil a una válvula situada en piso, junto al camino de acceso a la planta. La tubería empieza a derramar Pentano durante 10 minutos y se extiende formando una piscina de 1 cm de profundidad. El pentano se empieza a esparcirse alrededor de 10 minutos, posteriormente se enciende y empieza a quemar.
- **Escenario 2:** La piscina de fuego se extiende al tanque de Pentano y causa el tanque colapse catastróficamente, resultando en una "bola de fuego" o BLEVE. Solo el 10% del contenido explota como una nube de vapor.

Para el análisis de las consecuencias, se ha calculado el radio de incidencia de estos dos escenarios mediante las ecuaciones desarrolladas por "US Environment Protection Agency (EPA)". Estas ecuaciones se presentan a continuación:

Piscina de fuego La ecuación de la EPA se basa en factores para estimar la distancia a un nivel de radiación de calor que pueden causar quemaduras de segundo grado de una exposición de 40 segundos. Este nivel de radiación de calor se calculó a 5.000 vatios por metro cuadrado. La ecuación para la estimación de la distancia de la piscina de fuego de líquidos inflamables con puntos de ebullición por encima de la temperatura ambiente es: $X = H_{c} \sqrt{\frac{0.0001A}{5000\Pi (H_{v} + C_{p} (T_{B} - T_{A}))}}$ Donde: X = Distancia donde el nivel de radiación es de 5 kw/m² (m) H_c = Punto de combustión de el liquido inflamable (Joules/kg) H_V = Punto de vaporización de el liquido inflamable (Joules/kg) A =Área de la piscina (m²) C_P = Capacidad térmica del liquido (joules/kg-^oK) T_{B} = Temperatura de ebullición del líquido (°K) T_A = Temperatura del ambiente (°K)



Calcule en Excel el radio de acción para los dos escenarios basados en la información proporcionada anteriormente:

Escenario 1 =..... M

Escenario 2 =..... M

¿Cuál es la variable más importante en este cálculo y cómo afecta al resultado?

2 Evaluacion de las areas afectadas

Para ambos escenarios, ahora se sabe cuan lejos un evento tecnológico puede pueden afectar a los edificios. Las distancias de los dos escenarios se han calculado previamente a través de una hoja Excel. Los efectos de las explosiones son inversamente proporcionales a la distancia del punto del accidente, por lo que la vulnerabilidad debería disminuir con el aumento de la distancia. En primer lugar tenemos que calcular el área afectada por la explosión alrededor del punto del accidente usando para cada escenario, la distancia calculada.
- Rasterize el mapa de puntos Accident usando la georeferencia Somewhere.
- Seleccione Operations / Raster Operations / Distance Calculation. Seleccione como mapa de entrada Accident, y nombre al mapa de salida Distance_Accident_2. Seleccione en el rango de valores 0 a 1410 con precisión de 1.
- Realice el mismo procedimiento, pero ahora el valor del rango se encuentra entre 0 y 395. Nombre el mapa de salida **Distance_Accident_1**. Los dos mapas de distancias representan el area afectada por ambos escenarios (escenario 1 y 2).
- Abra el mapa de New_high_res_image y adicione el mapa Distance_accident_2 encima, con el 75% de transparencia. Asegúrese que este mapa se despliegue por encima de la imagen; por que si no, no se podrá ver nada. Haga lo mismo para el otro escenario y visualmente evalúe el resultado.

Ahora se puede ver el área afectada en el escenario 1 y 2. Desafortunadamente, la zona no es un círculo perfecto, debido al algoritmo de distancia raster que ILWIS (véase ILWIS "*help*" para más explicación: busque, "*Distance algorithm*"). Diferentes tipos de edificios, tienen diferentes comportamientos cuando son impactados por una explosión; además, la presencia de un edificio alto puede proteger a un menor que se encuentra detrás de él, en dirección hacia el punto del incidente.

Estas interacciones serían demasiado complicadas para ser modeladas, por lo tanto suponemos que la vulnerabilidad de cada uno de los edificios depende solamente de la distancia hacia el punto del accidente, el tipo y la altura de la construcción. Ahora vamos a evaluar el efecto de la distancia, por el supuesto de que la vulnerabilidad se reducirá de 1 (punto del accidente) a 0 (el perímetro de la zona en los mapas de distancia).

Ŧ

æ

 Transforme los mapas de distancia a un mapa con valor de 1 en el centro y valor de 0 en el límite. Para el escenario 1, escriba la siguiente expresión en la línea de comando de la ventana principal del ILWIS; asigne una precisión de 0.05 al mapa de salida.

Vuln_Accident_1:=(395-Distance_Accident_1)/395

¿Que crea la anterior operación? ¿Cuál es el valor más pequeño en el mapa?

• El nuevo mapa puede representar a vulnerabilidad relacionada con la distancia hacia el pinto del incidente. Para evitar valores de vulnerabilidad iguales a cero, una nueva corrección en el mapa se necesita. Escriba en la línea de comandos la siguiente expresión y utilice una precisión de 0,05. Esto puede ser un ejemplo:

Vulnerability_Accident_1:=IFF(Vuln_Accident_1=0,?,Vuln_Accident_1)

• Siga el mismo procedimiento para el escenario 2, usando el mapa de distancia **Distance_Accident_2** y sus valores correspondientes.

Tenemos ahora la zona afectada, el siguiente paso es estimar la cantidad de edificios afectados y su índice de vulnerabilidad en relación a distancia desde el punto del accidente.

(F	
•	En la ventana principal del ILWIS, en el menu <i>Operations / Raster Operations / Cross</i> ; seleccione los mapas de entrada Building_map_1998 y Vulnerability_Accident_1 . Nombre la nueva tabla: Building_Damage_1 . Abra la tabla, verifique y analize el contenido
•	En la nueva tabla, en el menu vaya a <i>Column / Aggregation</i> y seleccione Column: Vulnerability_Accident_1, Function: Predominant, Group by: Building_map_1998, Weight: Area. Nombre la nueva columna Vulnerability_Building_1
•	¿La nueva columna difiere de la columna Vulnerability_Accident_1? ¿Por que? ¿Que hemos calculado?
•	Abra Building_map_1998 , en el menú <i>Columns / Join</i> y seleccione la tabla que se creo recientemente; seleccione la columna Vulnerability_Building_1 .
•	Cree un papa atributo desde el mapa Building_map_1998 y seleccione la columna Vulnerability_Building_1 ; nombre este mapa como: Vulnerability_Building_1 , abra lo y verifique el contenido.
•	En el menu Columns/Aggregation y seleccione column: Vulnerability_Building_1, Function: Count; guarde la nueva columna en otra tabla y nombre la tabla Buildings_affected y nombre a la columna como nr_buildings_1 . Verifique loe resultados y llene en la tabla a continuación: Technological Risk en la próxima página.
•	Siga los mismos pasos para el escenario 2 y guarde los valores en la misma tabla.

3. Calculo de los edificios perdidos

Como menciono anteriormente; en este caso, consideramos que la vulnerabilidad en función a la distancia desde el punto del incidente y características de los edificios. Es muy probable que un edificio en madera u otros materiales pobres, sea destruido o dañado por completo, a causa de la explosión y no así, un edificio de hormigón armado. Además, cuanto más alto es un edificio, mayor es la superficie expuesta a la explosión, por lo que el edificio es más vulnerable.

De eventos anteriores similares, se han recopilado datos históricos y sobre base de estos, en la siguiente tabla se proporcionan los índices de vulnerabilidad para diferentes tipos de edificios con diferentes números de pisos.

Vulnerabilidad según el tipo de edificio y la altura						
Tipo de edificio	1 Piso	2 Pisos	3 Pisos	4-10 Pisos	> 10 Pisos	
Adobe	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Brick with Cement	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	
rick with Mud	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	
Fieldstone	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	
Reinforced Concrete	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	
Wood and others	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	

En el siguiente paso crearemos una tabla de doble entrada en ILWIS, que contenga los índices de vulnerabilidad. Posteriormente estimaremos los valores de vulnerabilidad para cada edificio por escenario.

En la ventana principal del ILWIS en el menú: *File/Create/2Dimensional Table*. Seleccione como el primer dominio Building_type, y como segundo dominio Nr_Floors_Clas; rango de los valores: 0 – 1, con una precisión de 0.1. Nombre la nueva tabla como: Vulnerability.
 Abra la tabla de 2D y rellénela usando los valores de la tabla anterior ¿Qué tipo de tabla es? Trate de describir su significado y su uso (lea la ayuda en ILWIS).
 Abra la tabla Building_map_1998 y escriba en la línea de comando la siguiente expresión:

Vuln_building_type:=Vulnerability[Building_type, Nr_floors_class]

• Analice la columna **Vuln_building_type** y trate de explicar que calcula la anterior expresión.

Ahora podemos combinar el valor de vulnerabilidad relacionados con la distancia hacia el punto del incidente y el valor de vulnerabilidad relacionados con el tipo de construcción vs. los números de pisos. Con el total de la vulnerabilidad, podamos calcular las pérdidas totales para los dos escenarios.

Ŧ

• En la tabla **Building_map_1998**; escriba la siguiente expresión:

Building_losses_1:=Vulnerability_building_1*Vuln_building_type

Esta columna representa los edificios perdidos para el escenario 1, la suma representa el total de perdidas para ese escenario.

- En la tabla Building_map_1998 vaya a Column/aggregation; seleccione Column: Building_losses_1. Function: Sum y Group by: Building_type. Guarde la nueva columna en la nueva tabla de salida, llamada Buildings_Affected y nombre a la columna como Losses_1.
- Realice los mismos pasos para el escenario 2
- Verifique la cantidad total de perdidas para cada escenario y rellene con esta información la siguiente tabla.

Tabla: Riesgo Tecnologico

	Escer	nario 1	Escenario 2		
Tipo de edificio	Edificios afectados	Edificios perdidos	Edificios afectados	Edificios perdidos	
Adobe					
Brick with Cement					
Brick with Mud					
Fieldstone					
Reinforced Concrete					
Wood and others					
Total					

Se calculado las pérdidas por edificio y las pérdidas totales para cada escenario. Podemos desplegar esta información en un mapa.

- Cree un mapa atributo desde el mapa Building_map_1998. haga clic sobre el mapa con el botón derecho, selecione Raster Operations / Attribute table y seleccione la columna Building_losses_1. nombre el mapa de salida como Building_Losses_1.
 - Haga lo mismo pero con la columna **Building_losses_2**. Despliegue los nuevos papas sobre la imagen con un 70% de tranparencia. High_Res_Image. Verifique el resultado.

4. Evaluar el impacto en la población

(F

(P

Información sobre la población que vive en RiskCity, está disponible en la tabla **Building_map_1998**. Ahora que hemos extraído de las pérdidas de cada edificio, también se puede evaluar la cantidad de habitantes que se encuentran "en riesgo" por cada evento y cuantos edificios colapsaran en cada escenarios. Para ello, se requieren algunos supuestos. Una persona tiene que ser considerada "en riesgo" (afectado por el evento) si la pérdida del edificio es más de 15%. Si la pérdida de un edificio es superior al 40%, entonces se considera que el edificio deberá ser evacuado. Para evaluar el número de habitantes en situación de riesgo, podemos crear dos diferentes sub-escenarios en el tiempo para cada evento: de día y de noche. Para el cálculo de la población evacuada (y los edificios), vamos a utilizar la población durante la noche, ya que representa el número de personas que viven en cada edificio.

En primer lugar, vamos a calcular el número de personas en situación de riesgo en el día y en la noche.

• Abra la tabla **Building_map_1998** y escriba en la línea de comandos la siguiente expresión:

Affected_pop_1 = IFF(Building_losses_1>=0.15,Persons_day,?)

La expresión de vuelve el numero de personas en el día para aquellos edificios cuyas perdidas son mayores al 15%. Active el panel de estadísticas (si no esta visible, en el menú vaya a *View/Statistics Pane*) y rellene la tabla a continuación con el número total de personas afectadas.

- Con un cambio simple en la formula, calcule el numero de personas en riesgo para el escenario nocturno.
- Calcule el número de edificios que tienen que ser evacuados. Cree un nuevo dominio desde el menu principal del ILWIS menú *File / Create / Domain;* seleccione *group domain* y nómbrelo como **Evacuated_buildings**; el dominio tiene que tener dos clases:

0.39 (limite superior) NO EVACUADO (Nombre de la clase)1.00 (limite superior) EVACUADO (Nombre de la clase)

• Cierre ventana del dominio y vuelva a la tabla **Building_map_1998**; y escriba la siguiente expresión:

Evacuated_buildings_1:= clfy(Building_losses_1,Evacuated_buildings)

Para añadir nuevas clases en la ventana del dominio, haga clic sobre el botón en la figura abajo.



- En el menu *Columns/Aggregation* y seleccione *Column: Evacuated_buildings_1, Function: count, Group by: Evacuated_buildings_1.* Nombre esta nueva columna **Count_evac_1.** en la columna se puede encontrar el número de edificios que tienen que ser evacuados.
- Calcule el numero de personas que tiene que ser evacuadas, escribiendo la siguiente expresión en la línea de comando:

Evacuated_pop_1=IFF(Evacuated_buildings_1="Evacuated", Persons_night,?)

- Lea en el panel de estadísticas, el número de personas que tiene que ser evacuadas.
- Ahora se tiene todos los valores para llenar la tabla a continuación, para el primer escenario.
- Repita el mismo procedimiento para el segundo escenario: note, que usted ya no debe crear de nuevo el dominio **Evacuated_buildings**.
- Rellene la tabla a continuación para el segundo escenario.

	Población	afectada	Edificios evacuados		
	Diurno Nocturno		Nr de edificios Nr de personas		
Escenario 1					
Escenario 2					

P

 ¿Puede explicar la gran diferencia en el horario diurno y nocturno de la población envuelta en el desastre?

Esta información puede ser muy útil en actividades respuesta rápida; según el número de las personas evacuadas, se puede planificar cuántos refugios se necesita en caso de que un evento de esa magnitud, suceda. Además el número de las personas en riesgo que necesiten primeros auxilios, asistencia medica, agua y provisión de alimento, o el número de personas que tienen que estar involucradas en las actividades de primeros auxilios y rescate: la policía, bomberos y personal medico.

Ŧ

- También se puede desplegar en un mapa, los edificios que tienen que ser evacuados para el accidente del primer escenario; cree un mapa atributo desde el Building_map_1998 columna mapa y seleccione la Evacuated_buildings_1. Nombre el de salida como: mapa Evacuated_buildings_1.
- Haga lo mismo usando la columna: **Evacuated_buildings_2** y despliegue el mapa para el 2do escenario.

Ejercicio 7B. Escenarios de reducción del riesgo, mediante un análisis costo/beneficio

Tiempo previsto:	3 horas
Datos:	Subdirectorio: RiskCity_exercises/exercise07b
Objetivos:	Después de calcular las pérdidas esperadas para los diferentes periodos de retorno y el
	municipio para mitigar el riesgo, utilizando como base un análisis de costo / beneficio.

En el ejercicio anterior se han calculado las pérdidas anuales en valores monetarios (solo pérdidas directas de los edificios y del contenido). Esto se realizo para escenarios de inundaciones, sismos, deslizamientos y riesgos tecnológicos, los cuales ocurren a diferentes intervalos de tiempo. La siguiente tabla, ofrece un resumen de estos valores. Estos serán la base para el análisis costo/beneficio en este ejercicio.

Periodo de retorno	Probab. Anual	Inundaciones Pérdidas n	Tecnológico ficios € .10 ⁶		
5	0.2000	19.34			
10	0.1000	34.4			
15	0.0667		8.493		
25	0.0400	100			
35	0.0286		85.85		
50	0.0200	199	231.0	0.1519	44.96
60	0.0167		338.3		
100	0.0100	510		2.016	
200	0.0050			16.49	
300	0.0033			33.99	
400	0.0025			61.93	
500	0.0020				249.3

Ē

- Abrir una hoja de calculo Excel y crear una tabla misma configuración que la que esta arriba.
- Grafique las curvas de riesgo
- ¿Qué se puede concluir para cada tipo de amenaza? ¿Cual de todas va a causar, es la que causa las mayores perdidas?

La municipalidad de **RiskCity** ha hecho un estudio y el informe sugirió las siguientes posibilidades para la reducción del riesgo. La siguiente tabla muestra una serie de posibles medidas de reducción del riesgo, incluyendo también una indicación muy general de los costos para cada medida a tomar. En la siguiente sección vamos a evaluar algunos de estos aspectos más a detalle.

	Medida	Efecto de la estimación del riesgo
Inundaciones	Evacuación de los edificios de las zonas	Reduce el 100% del riesgo por inundación
	con amenazas de inundaciones, para	para un periodo de retorno de 10 años
	un periodo de retorno de 10 años	
	Retención en la inundación aguas	Reduce la probabilidad de inundación por
	arriba, en la cuenca	zonas, para un periodo de retorno de 1 año
Sismo	Retroadaptación sísmica	Reduce el 40% de las perdidas
Deslizamiento	Evacuación de las zonas con amenazas	Reduce el 100% del riesgo en esa zona
	altas a deslizamientos	
Tecnológico	Reubicación de la industria química	Reduce el 100% del riesgo

En las próximas secciones vamos a evaluar primero las opciones para reducir los riesgos de inundaciones. Primero se analizaran los diferentes escenarios, se definirá como van a reducir el riesgo, se calculara las inversiones de medidas de reducción del riesgo y por último, se realizara un análisis de costo/beneficio.

Por supuesto, existen otras posibles medidas de reducción del riesgo. En términos generales se puede subdividir en esto, en medidas estructurales y no estructurales. Las medidas de reducción del riesgo estructurales implican obras de ingeniería y construcción de obras resistentes a distintas amenazas (estructuras de protección e infraestructura). Estas medidas pueden ser cuantificadas en valores económicos. Las medidas no estructurales de reducción del riesgo, involucran componentes relacionados a la zonificación del uso del suelo, alerta temprana, sensibilización de la población, la preparación para casos de desastre etc.

Paso 1: Reducción del riesgo de inundación:

Se mencionaran dos escenarios para la reducción del riesgo por inundación:

- Escenario I: Involucra la relocalización de las viviendas que están dentro las zonas de inundación para un periodo de retorno de 10 años (es decir, incluye planos de inundación para periodos de retorno de 2 y 5 años). Los edificios deben ser demolidos, nuevos terrenos se tienen que compran y los nuevos edificios deberán ser construidos en las zonas libres de amenazas; así mismo, la infraestructura debe ser construida y todas las zonas de inundación para periodos de retorno de 10 años se destinaran para zonas verdes (Parques y zonas recreacionales). Un estricto control se deberá realizar para evitar que estas áreas sean invadidas ilegalmente por los loteadores; esto requiere la creación de un grupo de vigilancia que implica mayores costos a lo largo de un período. El riesgo en las zonas amenazadas por inundación, para un periodo de retorno de 10 años, se reduce a 0, a consecuencia de esta medida reducción. Los planos de inundación previstos para escenarios con periodos de retorno superiores a 25 años, serán básicamente las mismas; sin embargo, las perdidas en estos casos se reducen.
- Escenario II: implica la construcción de un almacenamiento (presa, dique) aguas arriba. Esta represa se construye en la zona aguas arriba de la ciudad, por lo tanto se supone que no se reubicaran las viviendas de la zona de estudio. Sin embargo; el canal del río debe ser adecuado y algunas obras de ingeniería tienen que llevarse a cabo en algunos de los puentes en la zona. El área inundable de la cuenca y el drenaje, también necesita un mantenimiento regular. El agua retenida por la represa, reducirá las pérdidas por inundación a cero, para periodos de retorno de 2 y 5 años. Para el resto de los periodos de retorno, el daño se reducirá de la siguiente manera: las pérdidas de PR de 10 años serán igual a las perdidas para un PR de 5 años de la situación original y para un PR de 25 años, se comparara con las perdidas para un PR de 10 años y así sucesivamente.

Con el fin de hacer un análisis costo/beneficio de las diversas medidas de reducción de riesgo; se tiene que comparar el promedio anual del riesgo de la situación actual, con el promedio anual del riesgo futuro para los dos escenarios, para definir el monto económico de reducción del riesgo. En la tabla debajo de las pérdidas de las inundaciones son indicados para la situación actual.

P

 Haga una estimación de la reducción de las pérdidas por inundaciones, basándose en la descripción de los escenarios mencionados anteriormente, y complete los valores en la tabla siguiente.

Recurrencia de	P	erdidas por inundació	n
inundaciones [años]	Sin mitigación [€ .10 ⁶]	Escenario I Mitigación [€ .10 ⁶]	Escenario II Mitigación [€ .106]
2	0.0	0.0	0.0
5	19.3	0.0	0.0
10	34.4	0.0	19.3
25	100.0	100.0	34.4
50	199.0	199.0	100.0
100	510.0	510.0	199.0
200	1134.0	1134.0	510.0

Paso 2: Calculo del riesgo anual desde la curva de riesgos

El primer paso en el análisis costo/beneficio, es calcular el riesgo anual total de la situación actual y el riesgo anual total de debido a las medidas de reducción para los diversos escenarios posibles. El riesgo anual total es toda el área bajo la curva de riesgo, donde el eje X representa las perdidas (valores monetarios) y el eje Y muestra la probabilidad de ocurrencia anual. Los puntos en la curva representan las pérdidas asociadas con los distintos periodos de retorno, para los cuales se ha hecho un análisis (por ejemplo: Periodos de retorno que figuran en la tabla anterior). Hay dos métodos gráficos, para calcular el área total bajo la curva. En primer lugar, se explicaran brevemente estos métodos.

Método 1: Método de los triángulos y rectángulos

El área bajo la curva se divide en triángulos, que conectan las líneas rectas entre dos puntos de la curva y se tiene la diferencia en el eje X, como diferencia de las pérdidas de los dos escenarios. Eje Y de los triángulos, es la diferencia de probabilidad entre dos escenarios. La parte restante por debajo de la curva se llena con rectángulos, como se ilustra en el gráfico y la tabla a continuación.



Ejercicio 7B. Escenarios de reducción del riesgo

Part	Return	Annual	Losses	Y-axis	X-axis interval	Triangle	Y-axis from	Rectangle
	Period	Probability	(in €.106)	interval	(in €.106)	(in €.106)		(in €.106)
	2	0.5	0		1			
A				0.3	19.3	2.895	0.2	3.86
	5	0.2	19.3					
В				0.1	15.1	0.755	0.1	1.51
	10	0.1	34.4					
С				0.06	65.6	1.968	0.04	2.624
	25	0.04	100					
D				0.02	99	0.99	0.02	1.98
	50	0.02	199					
E				0.01	311	1.555	0.01	3.11
	100	0.01	510					
F				0.005	624	1.56	0.005	3.12
	200	0.005	1134			9.723		16.204
							25.927	
							/	
				Este e la sur triánc	es el riesgo na de los re julos en el g	anual, que e ctángulos y gráfico	S	

Método 2: método simplificado rectángulos.

En este método se simplifica el gráfico en una serie de rectángulos, que tienen como eje Y la diferencia entre los dos escenarios, y como eje X el promedio de pérdidas entre dos sucesivas pérdidas. Véase el gráfico y tabla de Excel a continuación.



Part	Return	Annual	Losses	Y-axis	X-axis average	Losses
	Period	Probability	(in €.106)	interval	(in €.106)	(in €.106)
	2	0.5	0		- 40	
A				0.3	9.65	2.895
	5	0.2	19.3			
в				0.1	26.85	2.685
	10	0.1	34.4			
С				0.06	67.2	4.032
	25	0.04	100			
D				0.02	149.5	2.99
	50	0.02	199			
E				0.01	354.5	3.545
	100	0.01	510			
F				0.005	822	4.11
	200	0.005	1134			
G				0.00433333	1317	5.707
0	1500	0.0006667	1500			
						25.964

Ahora; que ya se tiene conocimiento de los dos método, puede comenzar en el cálculo en una hoja Excel

P

- Abrir Excel y desarrolle su propio método para calcular el total de pérdidas anuales, como se indica en el primer método.
- A continuación, calcular las pérdidas anuales utilizando el segundo método.

Puesto que existe una gran variación en las probabilidades y las pérdidas, el gráfico no muestra muy bien. Si usted desea, puede cambiar el rango del eje X y reducir la escala un poco más.

Ahora, que se tiene el cálculo de la pérdida anual de la situación actual; también se debe evaluar pérdidas anuales total de las medidas de reducción para los dos escenarios.

Ŧ

- Calcular en Excel de la misma manera, el promedio anual del riesgo para el Escenario I y el Escenario II (véase la tabla anterior de las pérdidas para los dos escenarios con diferentes periodos de retorno).
- Calcular la reducción de las perdidas anuales del riesgo y comprar el escenario 1 y el escenario 2 con el promedio anual del riesgo. Llene la siguiente tabla.

	Promedio anual del riesgo [€ .10 ⁶]	Reducción del riesgo anual [€ .10 ⁶]
Situación actual		
Escenario I		
Escenario II		

Ŧ

• Grafique las tres curvas de riesgo en Excel

Paso 3: Cálculo de los costos de inversión

Después de calcular cuánto es la reducción anual del riesgo en base a los dos escenarios diferentes, ahora podemos evaluar los beneficios. El beneficio es igual a la cantidad de reducción del riesgo.

Sin embargo, los dos escenarios de reducción del riesgo también implican ciertos costos. El siguiente cuadro indica los costos de inversión para la aplicación de los dos escenarios.

	Actividades especificas	¿Como calcular?	Valores estándares	Valores
	Comprar las propiedades privadas de la zona de inundación	No. de edificios * costo de reemplazo	Precio estándar de la tierra por edificio € 15000	А
	Demoler los edificios en zonas de inundación con periodos de retorno de 2,5 y 10 años	No. de edificios * costos estándar de infraestructura	Costo estándar de demolición € 1000/edificio	В
Escenario	Adquisición de nuevas tierras	No. de edificios * costos estándar del terreno por edificio	Costos estándar de la tierra por edificio € 10000	с
I	Construcción de nuevos edificios para las personas relocalizadas	No. de edificios * costo de reemplazo	Costo promedio reemplazo € 50000/edificio	D
	Construcción de infraestructura para personas relocalizadas	No. de edificios * costos estándar de infraestructura	Costos estándar de infraestructura € 250/edificio	E
	Adaptación de las zonas, donde se encontraban los edificios	Área * costos estándar de adaptación	Costos estándar de adaptación m ² = € 20	F
	Construcción de la represa	Estimación de los costos por el contratista	€ 10 000 000	00
Escenario II	Adaptación del cause	Estimación de los costos por el contratista	€ 10 000 000	000
	Adaptación de los puentes	Estimación de los costos por el contratista	€ 5 000 000	€ 25

En el escenario 2; los costos de las inversiones para la estrategia de reducción del riesgo, son relativamente simples. Los trabajos de mitigación involucran obras de ingeniería, las cuales fueron calculadas por un contratista y ascienden a 25000000. Sin embargo; para el escenario 1, que implica la eliminación de una serie de edificios en las zonas de mayor amenaza a inundación, es necesario calcular los componentes individuales.

Si usted no está directamente interesado en el cálculo de los costos de inversión para la eliminación de los edificios y la adaptación del terreno, puede omitir esta parte del ejercicio y pasar a la siguiente parte.

Para calcular el componente de costos desde la A hasta D de la tabla anterior, lo que necesita saber en primer lugar, es la cantidad de edificios que se encuentran en las zonas de inundación para periodos de retorno 10 años. Para determinara el componente E, necesita saber el área de los planos de inundación para un periodo de retorno de 10 años.

Se puede determinar el número de edificios que se encuentran en las zonas de inundación para un periodo de retorno de 10 años, cruzando el mapa raster Flood_10_year con el mapa Building_map

 Se puede determinar el área de los planos de inundación para un periodo de retorno de 10 años, razterizando el mapa Flood_10_year y calculando su histograma.

Ŧ

()

- Escribir los valores de la tabla de abajo y calcule los costos de los diversos componentes del Escenario 1.
- Calcular el total de la inversión del escenario 1.

Escenario I	Numero de edificios	Área de los planos de inundación	Estándar costos [€]	Costos [€ .10 ⁶]
A				
В				
С				
D				
Е				
F				
Total de inversiones				

IMPORTANTE:

En el escenario I, solo se esta considerando aspectos económicos. Hay muchos más aspectos socioeconómicos como: Las comunidades que viven en estas zonas, no estarán dispuestas a salir de estos lugares, tienen vínculos históricos con el lugar donde viven, dependen de la ubicación en la que viven para su sustento, etc. Estos aspectos intangibles también deben tenerse en cuenta, además de los aspectos puramente económicos.

Para usuarios avanzados con ILWIS:

Calcular el número de edificios destruidos

- El número de edificios que se calculó tiene un error: que incluye también a los edificios que ya fueron destruidos por el desastre en 1998. Encontrar una forma de excluir a los edificios. TIP: Utilicé el tipo de uso del suelo Vac_damaged para enmascarar los edificios que ya no están ahí.
- Los edificios que se encuentran en las zonas de inundación para los 10 años, no son sólo los edificios residenciales. Tienen diferentes tipos de uso del suelo; en función a esto, mejorar el cálculo de los costos de demolición y reconstrucción, haciendo la diferenciación de costos en base de diferentes tipos de uso del suelo.
- El área de las zonas amenazadas por inundación con un periodo de retorno de 10 años, incluye también el río. Encontrar la forma de excluir la zona del río.

Paso 4: Análisis de Costo/Beneficio

Después de calcular la reducción del riesgo (beneficio) y los costos de inversión de los dos escenarios de inundación, se puede evaluar la relación costo/beneficio. La siguiente tabla indica los costos de los dos escenarios.

	Costos: Costos de inversión por escenario	Beneficios: Reducción del riesgo anual
Escenario 1	€ 50 000 000	€ 8 762 000
Escenario 2	€ 25 000 000	c 16 189 500

Costos de mantenimiento y gastos operacionales

Cada uno de los dos escenarios, también requerirá inversiones a largo plazo.

- Escenario I: Requiere la creación de una organización municipal que controle la expansión ilegal de las viviendas en zonas altamente peligrosas. Esto requerirá gastos de personal, oficina y equipo; que aumentará con el tiempo en función del aumento de sueldos anual y la inflación. Se estiman que los costos anuales son € 250 000, consideramos que estos costos aumentan un 5% cada año.
- Escenario II: También requiere de mantenimiento y gastos de operaciones. La represa de retención en la cuenca, con el tiempo tiende a colmatarse (deposición de sedimentos) y anualmente los sedimentos de esta cuenca tienen que ser eliminados utilizando equipo pesado; por otra parte, se necesitan reparaciones periódicas de las obras de drenaje. Los costos de mantenimiento se consideran € 500 000 por año. Consideramos que estos costos aumentan un 5% cada año. Vea la tabla siguiente.

Período de inversión

Las inversiones para ambos escenarios, no se las realiza en un solo año; son inversiones a largo plazo porque normalmente todas las actividades no pueden llevarse a cabo en el mismo año.

- Es muy difícil eliminar los edificios existentes, debido a que la municipalidad requiere comprar los terrenos de privados y los propietarios se resisten por ende, habrán muchas demandas que pudieran demorara un montón de tiempo. Por lo tanto; consideramos que toda la reubicación de la zona, podría tomar como 10 años. Finalmente, los costos de la inversión se distribuyeron a lo largo de este período.
- La construcción de las obras de ingeniería, para el escenario II tardara menos tiempo. Por lo tanto, se considera que los costos se extienden durante un período de 3 años.

Los beneficios se iniciarán en el año en que las inversiones se hayan terminado. Los beneficios para el escenario I, empezaran el año 11 y para el escenario II, el 4to. año.

Vida útil del proyecto

La vida útil del escenario II, es de 40 años, debido a que la estructura con el paso del tiempo, se habrá deteriorado y deberá ser construida nuevamente. En el caso del escenario I (relocalización), hablar de la vida útil es mucho más difícil; por lo tanto mantendremos el mismo período de 40 años.

Cada proyecto tiene un cierto periodo de vida útil, durante el cual las inversiones de los proyectos deben ser pagadas. La construcción de la presa, para la retención de aguas de desborde, tiene una existencia de por lo menos 40 años. Por supuesto, este tiempo de vida no es muy aplicable al escenario I: Evacuación de las viviendas de las zonas de alto riesgo de inundación.

Tabla: Costos de Reducción del Riesgo de Inundaciones (costes en € .10 ⁶)								
Año	Costos de inversión Escenario I_F (€ .10 ⁶)	Costos de control municipal (€ .10 ⁶)	Costos de inversión Escenario II_F (€ .10 ⁶)	Costos de oper. y mantenimiento Escenario II (€.10 ⁶)				
1	10 % de 50 = 5	0.250	33 % de 25	0				
2	10 % de 50 =5	0.250 + 5%	33 % de 25	0				
3	10 % de 50 =5	0.263 + 5%	33 % de 25	0				
4	10 % de 50 =5	0.276 + 5%	0	0.5				
5	10 % de 50 =5	0.289 + 5%	0	0.500 + 5%				
6	10 % de 50 =5	0.304 + 5%	0	0.525 + 5%				
7	10 % de 50 =5	0.319 + 5%	0	0.551 + 5%				
8	10 % de 50 =5	0.335 + 5%	0	0.579 + 5%				
9	10 % de 50 =5	0.352 + 5%	0	0.608 + 5%				
10	10 % de 50 =5	0.369 + 5%	0	0.638 + 5%				
11	0	0.388 + 5%	0	0.670 + 5%				
12-40	0	Etc.	0	Etc.				

En una tabla, poner los costos del riesgo que se va evitar y calcular los beneficios de los 40 años.

Flood mitigation scenario 1					
Year 1 2 3 4 4 5 6 7 7 8 8 9	risk reduction 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Invest cost 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	Maintenance 0.25 0.2625 0.275625 0.28940625 0.31907039 0.33802391 0.35177511 0.36936386	Incre benefit -5.25 -5.2625 -5.275625 -5.30387656 -5.31907039 -5.33502391 -5.35177511 -5.36936386	 Cree una nueva tabla en Excel: Nombrela como: Flood Mitigation Scenario I (Ver figura de la izquierda). Columna 1: Años (Empezando desde 1 al 40) Columna 2: Reducción de riesgo (es decir; Riesgos puindas a de heneficia)
10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 22 23	0 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612	5 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.38783205 0.40722366 0.42758484 0.44896408 0.47141229 0.51973204 0.54571865 0.57300458 0.60165481 0.63173755 0.66332443 0.69649065 0.73131518	-5.38783205 6.20477634 6.18441516 6.16303592 6.14058771 6.1170171 6.09226796 6.06628135 6.03899542 6.01034519 5.98026245 5.94867557 5.91550935 5.88068482	 • Columna 3: Costos de inversión para el scenario con reducción del riesgo. • Columna 5: Mantenimiento • Columna 4: Incremento del beneficio • Introduzca los valores y calcule el beneficio de los 40 años.
24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 37 38 39 9 9 9	6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612 6.612		0.76788094 0.80627499 0.84658874 0.93336408 0.93336408 1.0290339 1.0290339 1.0290392 1.034559 1.13450987 1.19123537 1.25079714 1.31333699 1.37900384 1.44795403 1.52035174 1.59636932 1.67618779	5.84411906 5.80572501 5.76541126 5.72308183 5.67863592 5.63196772 5.58151441 5.53151441 5.47749013 5.42076463 5.36120286 5.29866301 5.23299616 5.16404597 5.09164826 5.01563068 4.93581221	

Valor actual neto

Debemos tener en cuenta que el mismo monto de dinero, en el futuro tendrá menor valor que en la actualidad. Por lo tanto, se debe calcular el llamado valor actual neto (VAN [NPV]).

Este Valor Actual Neto, calcula el valor neto presente de una inversión mediante el uso de una taza (*rate*) de descuento y una serie de pagos futuros (valores [*values*] negativos) e ingresos (valores [*values*] positivos).

$$NPV = \sum_{i=1}^{n} \frac{values_i}{(1 + rate)^i}$$

Donde:

Rate (Taza), es la taza de descuento para la duración de un periodo asignado. Valor 1, valor 2, ... son los argumentos representado los pagos e ingresos. NPV (VAN) = Taza de descuento ente los costos y beneficios.

Valor	Significado	Decisión a tomar	
VAN > 0	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto puede aceptarse	
VAN < 0	La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto debería rechazarse	
VAN = 0	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	El proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios de beneficio.	

A continuación, se tiene un ejemplo:

	A	8
1	Data	Description
2	8%	Annual discount rate. This might represent the rate of inflation or the interest rate of a competing investment.
3	-40,000	Initial cost of investment
4	8,000	Return from first year
5	9,200	Return from second year
6	10,000	Return from third year
7	12,000	Return from fourth year
8	14,500	Return from fifth year
	Formula	Description (Result)
	=NPV(A2, A4:A8)+A3	Net present value of this investment (1,922.06)
_	=NPV(A2, A4:A8, -9000)+A3	Net present value of this investment, with a loss in the sixth year of 9000 (-3,749.47)

P

- En la hoja Excel en la parte derecha de la tabla nombre una celda NPV (Valor Actual Neto)
- En la celda de su lado, inserte el nombre **Interest rate (taza de interés)** que es igual que la taza de descuento e introduzca el valor de: **10 %**.
- En Excel: haga clic en la celda que desee calcular el "NPV o VAN" y del menú principal elija Insert (Insertar), elija Function (Función), luego seleccione la función "NPV o VAN" (Funciones de la categoría finanzas).
- Se despliega la ventana de la función (ver figura a continuación)
- Seleccione para Interest Rate (taza de interés) 10%.
- Para el **valor 1**: seleccione toda la columna de los incrementos de los beneficios; empezando en el año 1 hasta el año 40.
- Haga clic en OK.

					_		
Flood mitigation scenario 1							
Year	risk reduction	Invest cost	Maintenance	Incre benefit	NPV 5%	Interest rate	IRR
1	0	5	0.25	-5.25	€ 14.27	5%	7%
2	0	5	0.2625	-5.2625	NPV 10%	Interest rate	
3	0	5	0.275625	-5.275625	-€ 10.91	10%	
4	0	5	0.28940625	-5.28940625	NPV 20%	Interest rate	
5	0	5	0.30387656	-5.30387656	-€ 17.30	20%	
6	0	5	0.31907039	-5.31907039			



 Repita el calculo del NPV o VAN, para el escenario II y calcule para ambos casos con tazas de descuento o tazas de interés del 5, 10 y 20 %

Pregunta:

- ¿Es aún positivo el valor de NPV o VAN?
- ¿Cuales son sus expectativas del valor de la taza interna de retorno?

Taza Interna de Retorno

A continuación, se calculara la taza interna de retorno, la cual es la taza de descuento o taza de interés cuando el valor actual neto es igual a 0.

(P

- En Excel: Nuevamente seleccione la opción de insertar las funciones financieras.
- Seleccione: IRR.
- Se desplegara la ventana de argumentos de la función.
- Para mas ayuda, lea los archivos de ayuda del Excel.
- Para los valores: Seleccione toda la columna de incremento de los beneficios, empezando el año 1 hasta el año 40.
- Haga clic OK.

Otros escenarios de inundación

(F

Comparar los valores de VAN o NPV y el IRR, para los dos escenarios de riesgo de inundación, con diferentes tazas de retorno.

 Repita los procedimientos para escenario II y complete los resultados en la tabla a continuación.

Escenario de reducción de riesgo de inundación	NPV a 5 % de taza de interés	NPV a 10 % de taza de interés	NPV a 20 % de taza de interés	IRR
Escenario de Mitigación I	€14.27	- €10.91	- €17.30	7 %
Escenario de Mitigación II	€195.80	€91.16	€27.32	42%

Ē

Pregunta: ¿Cuál escenario de mitigación recomendaría al municipio?















