

**SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE DESLIZAMIENTOS
DEL DEPARTAMENTO DE CALDAS**

ANA MARÍA GARCÍA GALLO

ANGELA CATALINA CASTAÑO DÁVILA

UNIVERSIDAD DE MANIZALES

FACULTAD DE INGENIERIA

ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA

MANIZALES, CALDAS

2013

SIG DE DESLIZAMIENTOS DEL DEPARTAMENTO DE CALDAS

ANA MARÍA GARCÍA GALLO

ANGELA CATALINA CASTAÑO DÁVILA

Proyecto de grado para obtener el título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Asesores

Carlos Marcelo Jaramillo e.

Geólogo, Especialista en SIG

Alexander Mogollón Díaz

UNIVERSIDAD DE MANIZALES

FACULTAD DE INGENIERIA

ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA

MANIZALES, CALDAS

2013

Nota aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Manizales, Agosto de 2013

Agradecimientos

Agradecemos a cada una de las personas que nos ayudó en el proceso de elaboración del proyecto incluyendo nuestros asesores Marcelo Jaramillo y Alexander Mogollón.

Agradecimientos

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	9
2. ANTECEDENTES.	10
3. HIPÓTESIS.	11
4. OBJETIVOS.	11
1.1 Objetivo general	11
2.1 Objetivos específicos	11
5. METODOLOGÍA	11
5.1 Postgres	12
5.2 PostGIS	13
5.3 GvSIG	14
6. MARCO TEÓRICO.	16
7. JUSTIFICACIÓN.	22
8. RESULTADOS	22
9. REFERENCIAS.	23

Lista de figuras

Figura 1. IZQ. Deslizamiento en Aguadas, Caldas, sector La Cruz. DER. Deslizamiento en la vía que conduce a Salamina, Caldas.....	20
Figura 2. Formato para recolectar información de deslizamientos en campo. Fuente: Corpocaldas	21

Lista Tablas

Tabla 1. Antecedentes de deslizamientos en Manizales, Caldas.....	10
Tabla 2. Clasificación de deslizamientos de acuerdo con el tipo de movimiento y el material involucrado	19

Lista de Anexos

Base de datos espacial de deslizamientos de Caldas, en Postgres

Proyecto en gvSIG de los deslizamientos de Caldas

Link para visualizar el mapa en internet

Resumen

La combinación de factores como lluvias prolongadas, pendientes abruptas, presencia de depósitos volcánicos inconsolidados y de fallas geológicas locales hacen del departamento de Caldas altamente propenso a los procesos de remoción en masa y/o deslizamientos. La cuantificación y calificación de estos procesos en el tiempo, empleando una metodología preestablecida es útil a la hora de evaluar su amenaza potencial. La metodología propuesta es la elaboración de una base de datos espacial con datos de deslizamientos recolectados en campo durante el año 2012 para un proyecto de CORPOCALDAS, esta base de datos se conecta al SIG gvSIG y el mapa resultante se publica empleando Mapserver y pmapper.

El software utilizado en el proceso es libre, la base de datos se elaboró en Postgres 8.4 con el plugin Postgis 1.5 para importar la información geográfica, se empleó el Sistema de Información Geográfica gvSIG 1.9 para visualizar, modificar y realizar las consultas a la base de datos; adicionalmente la información se publicó empleando Mapserver con su correspondiente interfaz gráfica pmapper.

Palabras Clave Postgis, gvSIG, Deslizamientos, Caldas, SIG, servicios de información geográfica

INTRODUCCIÓN

El presente documento se elaboró con el objetivo de mostrar la metodología empleada para la creación de una base de datos espacial donde se pueda organizar, almacenar y consultar la información relacionada con deslizamientos en el departamento de Caldas.

- **Fondo del problema:** Falta de organización de la información y de estandarización en la metodología para recolectar datos relacionados con deslizamientos en el departamento de Caldas.
- **Generador del problema:**
 - ✓ Falta de normas que indiquen como manejar información relacionada y de una persona que se haga cargo de su manipulación.

- ✓ Falta de interés por parte de las entidades encargadas en la regularización de datos de deslizamientos en el área rural del departamento.
- **Solución presunta:**
 - ✓ Creación de una metodología básica para recolectar y organizar los datos de deslizamientos obtenidos en campo.
 - ✓ Elaboración de una base de datos espacial que almacene la información recolectada.
 - ✓ Generar un proyecto SIG que permita la visualización y análisis de la información disponible.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Las condiciones que incentivan la formación de deslizamientos para algunos sectores de la zona de estudio son las capas gruesas de formaciones de origen volcánico y suelos inconsolidados en pendientes fuertes, la presencia de fallas geológicas activas, la construcción de vías sin tener en cuenta la disposición de los estratos de rocas sedimentarias y la presencia de fracturas y estructuras en rocas ígneas y metamórficas, la presencia de minería ilegal, ganadería (sobrepastoreo) y cultivos en pendientes abruptas y las condiciones climáticas variables.

En Caldas no existe un inventario de deslizamientos apropiado debido a la falta de aplicación de estándares existentes para la toma de datos en campo así como su manipulación posterior. El objetivo del proyecto es generar una base de datos de deslizamientos que afectan la población rural del Occidente del departamento de Caldas, que cubra un periodo de tiempo inicial entre febrero y agosto de 2013. El proyecto se realizará con recursos propios y se tendrá como prioridad las vidas en riesgo y las pérdidas económicas (estabilización de taludes).

Durante el año 2012, se realizó un proyecto para evaluar la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos naturales incluyendo la remoción en masa en el occidente del departamento de Caldas; dentro del proceso, inicialmente se consiguió información relacionada en corporaciones y en tesis de grado, encontrando el inconveniente de la falta de uniformidad en la información disponible, además de datos sin coordenadas de localización de los procesos denudativos.

Contar con la distribución de los procesos, sus características geológicas y su frecuencia en el tiempo, permite la evaluación de la amenaza, mientras que mediante su relación con elementos expuestos como poblaciones y vías se puede establecer la vulnerabilidad y riesgo.

2. ANTECEDENTES.

En Colombia, son recurrentes los eventos de remoción en masa, como el ocurrido en Medellín el 27 de septiembre de 1987 en el barrio Villatina donde murieron aproximadamente 500 personas, se destruyeron 100 viviendas, además de cerca de 2400 personas damnificados (Coupè, 2007). El día 5 de diciembre de 2010 en el barrio La Gabriela, Bello, Antioquia donde murieron aproximadamente 85 personas (Periódico El Colombiano).

De acuerdo con una publicación de la OMPAD-Manizales, entre el año 1948 y 2003, en el periodo que más deslizamientos se presentaron es entre 1995 – 1998 con 195 eventos, mientras que en el 2002 se reportan 2 eventos; esta información no está directamente relacionada con el número de muertos y heridos, pues entre 1963 - 1977 se presentaron 163 eventos con 170 muertos y 49 heridos.

Dentro de los reportes históricos de deslizamientos en Manizales están: El 7 de enero de 1982 en el barrio San Fernando, se destruyeron 20 viviendas y 22 personas murieron, al parecer el deslizamiento fue ocasionado por las intensas lluvias en zona de ladera. El 28 de noviembre de 1993 en el barrio San Cayetano ocurrió un deslizamiento que destruyó 6 viviendas y dejó 10 muertos. El deslizamiento del 18 de diciembre de 1993 en el barrio la Carolita sepultó 20 casas de interés social, 12 muertos, 20 desaparecidos y 400 personas evacuadas. En el deslizamiento del 4 de diciembre de 2003 en el barrio La Sultana, murieron 16 personas y se destruyeron 12 viviendas.

Tabla 1. Antecedentes de deslizamientos en Manizales, Caldas. Fuente: La Patria

Fecha	Hora	Barrio	Muertos	Heridos	Desaparecidos	Casas destruidas	Casas afectadas	Evacuaciones	Fuente
07-ene-82	05:30 a.m.	San Fernando	22			20			La Patria
28-nov-93	22:00	San Cayetano	10			6			
17-dic-93		La Sultana				11			
18-dic-93	06:45	La Carolita	12		20	20		400 personas	
04-dic-03	12:00	La Sultana	16			12	4		
10-jun-05		Bosconia	8	5					
26-may-08		Vía Panamericana - Los Cambulos	4	12					
27-may-08		Vía Neira – Maracas	1						
05-jun-09		Cerro de Oro	1	4					
21-abr-08		Relleno La Esmeralda	1						
28-mar-11		Avenida Centenario						16 familias	
13-abr-11		Vía Manizales – Bogotá	21						
05-nov-11		Cervantes	48			16		53 viviendas	

3. HIPÓTESIS.

¿La elaboración de un Sistema de Información Geográfica con los deslizamientos en el departamento de Caldas permitirá evaluar la distribución de eventos, las causas asociadas, además de identificar posibles afectaciones?

¿Es posible asociar parámetros detonantes de deslizamientos para el área de estudio?

4. OBJETIVOS.

1.1 Objetivo general

Crear un Sistema de Información Geográfica SIG para el análisis, almacenamiento y organización de información relacionada con deslizamientos en el departamento de Caldas que a largo plazo permita establecer la relación espacio - temporal entre eventos.

2.1 Objetivos específicos

- Elaborar un modelo de datos como soporte para crear la base de datos.
- Crear una base de datos espacial con la información obtenida.
- Implementar el SIG para superponer mapas de diferentes categorías y así obtener la variación con precipitación, pendientes y otros posibles detonantes de deslizamientos.

5. METODOLOGÍA

A continuación se definen los pasos que se llevaron a cabo para realizar el proyecto. Se empleó el servidor de base de datos Postgres SQL y la extensión Postgis para el ingreso de la información geográfica a la base de datos y como Sistema de información GvSIG, estas herramientas se eligieron debido a que son de código abierto y por lo tanto la metodología puede ser aplicada fácilmente.

5.1 Postgres

PostgreSQL es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional (ORDBMS) basado en el proyecto POSTGRES, de la universidad de Berkeley. PostgreSQL es una derivación libre (OpenSource) de este proyecto, y utiliza el lenguaje SQL92/SQL99. Fue el precursor en muchos de los conceptos existentes en el sistema objeto-relacional actual, incluido, más tarde en otros sistemas de gestión comerciales. PostgreSQL es un sistema objeto-relacional, ya que incluye características de la orientación a objetos, como puede ser la herencia, tipos de datos, funciones, restricciones, disparadores, reglas e integridad transaccional. A pesar de esto, PostgreSQL no es un sistema de gestión de bases de datos puramente orientado a objetos. <http://www.remotesensing.org/gdal/>.

Para la elaboración de la base de datos, inicialmente se creó el modelo entidad – relación “ER”, empleado para especificar las necesidades de información de una organización; con este modelo se identifican los objetos de interés (Entidades), sus propiedades sobresalientes (atributos) y como se relacionan entre sí (Relaciones o conexiones) (Pons, 2005). El modelo relacional con el objetivo de establecer una estructura lógica de la base de datos y sus relaciones (Costal; sin año).

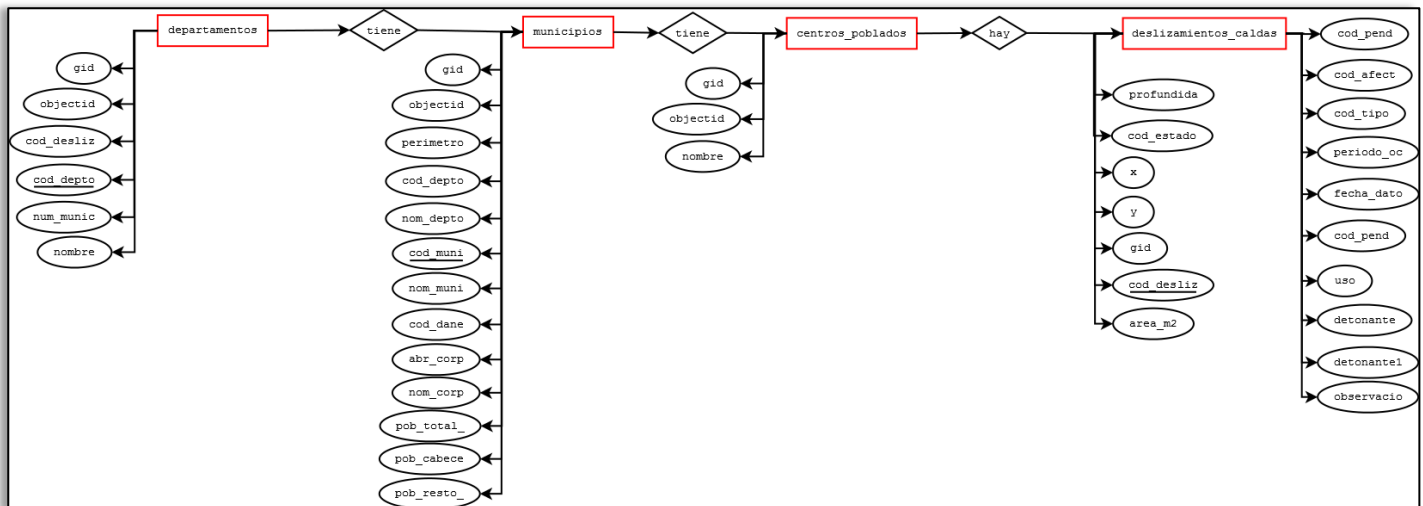


Figura 1. Diagrama Entidad – Relación ER

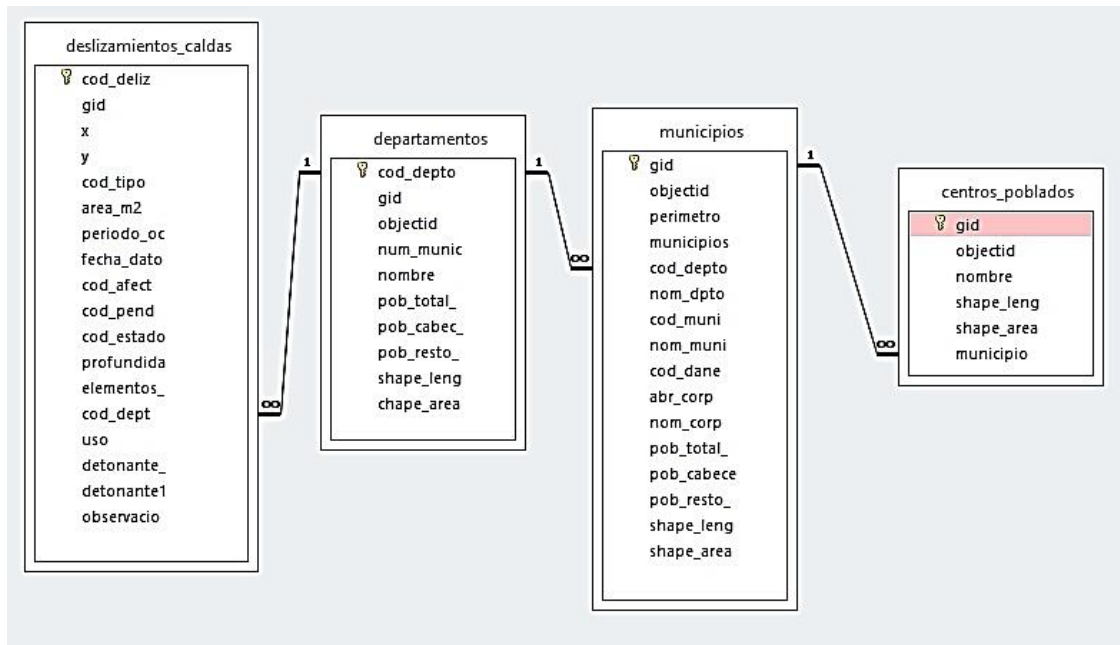


Figura 2. Modelo relacional para elaborar la base de datos de deslizamientos de Caldas

5.2 PostGIS

Es una extensión que convierte el sistema de base de datos PostgreSQL en una base de datos espacial. Al combinar PostgreSQL con PostGIS nos da una excelente solución para el almacenamiento, gestión y mantenimiento de los datos espaciales, se puede usar todos los objetos como puntos, líneas, polígonos, multilíneas, multipuntos y colecciones geométricas. PostGIS hereda las características y los estándares de PostgreSQL.

5.1.1 Características de PostGIS

- PostGIS es software libre, tiene licencia GNU General Public License (GPL).
- Soporta tipos de datos espaciales, índices espaciales y tiene cientos de funciones espaciales
- Existe un gran número de clientes SIG de escritorio para visualizar datos PostGIS y servidores de mapas web como Mapserver.
- Es una alternativa real al software propietario superándole en estabilidad y rapidez.
- Actualmente es la base de datos espacial de código abierto más ampliamente utilizada.
- Soporte multiusuario.

- g. Seguridad basada en roles.
- h. Table-spaces y esquemas

5.3 GvSIG

GvSIG es un programa orientado al manejo de información geográfica con licencia libre, caracterizado por una interfaz amigable con la posibilidad de acceder a los formatos raster y vectorial más comunes. Las características que destacan gvSIG es que funciona en plataformas como Linux como Windows, es de código abierto, sin licencia y accede a extensiones de otros programas como ArcGIS y AutoCAD.

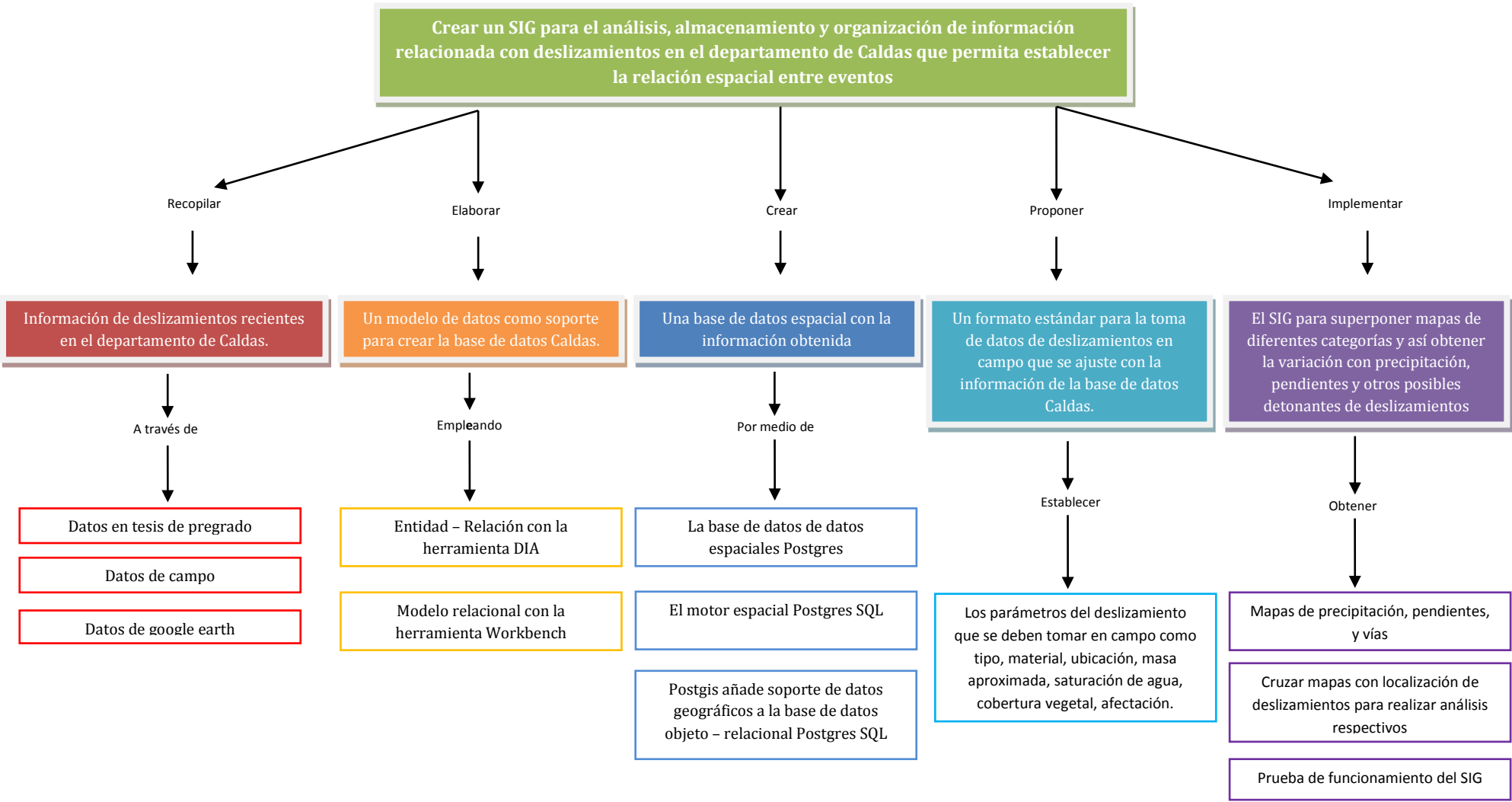


Figura 3. Resumen de la metodología

6. MARCO TEÓRICO.

El análisis de los procesos de inestabilidad requiere de datos históricos dentro de un rango espacio temporal amplio; ya que los datos históricos ofrecen información acerca de cuándo, dónde y cómo ocurren los deslizamientos (Audicio, 2009).

Los movimientos de ladera provocan daños materiales importantes en el mundo (Brabb y Harrods, 1989; citados en Copons y Tallada, 2009) y son el segundo riesgo natural por número de víctimas en Colombia, después las inundaciones (Aguilar y Bedoya, 2008).

6.1 Qué es un SIG

Un SIG permite capturar, manipular, almacenar, desplegar y relacionar cualquier tipo de datos con su respectiva localización geográfica de una manera lógica y coordinada. El objetivo principal del desarrollo de un SIG es encontrar respuestas concretas acerca tendencias en la distribución de diferentes elementos como edificaciones, población, vegetación, deslizamientos a partir de consultas para resolver un problema social, ambiental, económico o de cualquier índole; la calidad de la información obtenida del SIG, depende de la disponibilidad de datos presentes en su respectiva base de datos.

La investigación histórica es parte integral en la reconstrucción de los procesos de inestabilidad, por medio de la descripción de diferentes factores detonantes particulares al tipo de fenómeno y posteriormente establecer escenarios locales y regionales (Bardsley, 1989 en Audisio et al; 2009).

6.1.1 Para qué sirve

Un SIG funciona como una base de datos con información geográfica que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. Por lo tanto, se pueden consultar los atributos del objeto al marcarlo y en los registros de la base de datos es posible su localización.

La utilidad de un SIG radica principalmente en que permite el manejo de la información espacial, al almacenar la información en capas que pueden ser relacionadas para efectuar análisis posteriores (Fuente: <http://lanqleruben.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig/>).

Actualmente los sistemas de información geográfica (SIG), permite el análisis de la susceptibilidad y amenaza de manera sistemática, rápida y eficiente, ello ha ampliado considerablemente la

posibilidad de tratar con grandes bases de datos y realizar cálculos para la estimación de susceptibilidad se ha visto enormemente facilitado con el uso de los SIG.

Según Brabb (1985) citado por AIO (1993), con el uso de la herramienta SIG se ha logrado determinar las áreas de susceptibilidad a deslizamientos. La susceptibilidad de determinada área a los deslizamientos se puede determinar y describir con base a la zonificación de la amenaza. Se puede preparar un mapa de amenaza por deslizamientos al inicio del estudio de planificación y desarrollarlo en mayor detalle a medida que avanza el estudio.

6.1.1 Aplicación a estudios relacionados con deslizamientos

✓ DesInventar

Es un sistema de inventario de desastres naturales a nivel nacional y regional; para la integración de metodologías en el almacenamiento de información acerca de las características y efectos de los fenómenos naturales sobre los elementos expuestos. Los datos deben contar con información espacio temporal para realizar comparaciones posteriores (DesInventar, 2009).

Para alimentar la base de datos de DesInventar, se ingresa la información cartográfica base en formato shape (*.shp), por ejemplo el límite departamental, municipal y veredal; posteriormente se ingresan las coordenadas del punto donde ocurrió el evento amarrado al lugar geográfico establecido previamente con la cartografía. Finalmente se ingresa la información referente al evento incluyendo tipo de evento; efectos sobre la infraestructura, cultivos y las posibles causas de dicho evento como lluvia intensa, inestabilidad del talud por cortes viales, usos del suelos inadecuados, minería u otros, es de anotar que se pueden adicionar causas y efectos a la base de datos dependiendo de los requerimientos del cada proyecto.

✓ Geoportal CORNARE

El Geoportal de la Corporación Autónoma Regional de Antioquia, almacena información geográfica temática para diferentes amenazas naturales incluyendo deslizamientos; los usuarios pueden ingresar y alimentar la información que es desplegada sobre la cartografía base del departamento.

6.2 Deslizamientos

Las zonas tropicales y montañosas cómo sucede en la mayor parte del territorio poblado en Colombia, son extremadamente susceptibles a deslizamientos debido a la topografía con

pendientes abruptas, lluvia intensa, sismicidad alta por la presencia de fallas, capas de suelos y depósitos muy alterados, actividades económicas que incrementan la inestabilidad de taludes y anomalías climáticas como el fenómeno del niño.

En particular, la ciudad de Manizales, capital del departamento de Caldas, está localizada en la región central del occidente colombiano, sobre la prolongación de la cordillera de los Andes. El relieve de la ciudad es montañoso, presenta gran diversidad climática. La lluvia media anual reportada entre 2003 y 2010 por la red meteorológica es de 2178 mm/año, la estación más antigua con registros desde 1956 reporta un valor medio de lluvia anual de 1890 mm/año hasta 2012. Se reporta una población de 414.389 habitantes según el censo del año 2005 y se han reportado 519 deslizamientos entre 2003 y 2009. Afectando a 4105 familias, de las cuales se han evacuado 1394. (Vélez et al, 2010).

6.2.1 Qué es un deslizamiento

Los deslizamientos constituyen zonas inestables donde no pueden ser desarrollados o construidos asentamientos o estructuras ingenieriles. Son amenazas geológicas y un origen de devastación natural alrededor del mundo, los paisajes pueden ser dramáticamente remodelados después de un deslizamiento (Vahidnia, M.H et al., 2010).

Debido al rápido crecimiento demográfico en las regiones montañosas, los deslizamientos se convierten en una amenaza natural que se debe tener en cuenta para el manejo de la tierra (Nefeslioglu et al., 2008).

Un deslizamiento es un movimiento del terreno sobre superficies planas o curvas donde el material se desprende de las laderas y pueden ser de roca y suelo. Son rápidos o lentos, siendo los primeros muy peligrosos para las personas que habitan sobre o en las cercanías del área afectada por el deslizamiento.

Existen diversos factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, por ejemplo, los sismos y las lluvias fuertes, son factores activos. También están los factores pasivos, que ayudan a los activos a producir el deslizamiento, como el tipo de suelo o roca, su contenido de agua, la cantidad de minerales como la arcilla, el relieve del terreno y planos de roca o de suelo inclinados a favor de la pendiente.

6.2.2 Clasificación de deslizamientos

Varnes, 1978, establece una clasificación para los deslizamientos de acuerdo con el tipo de movimiento y el material involucrado. Esta clasificación se empleó para recolectar la información en campo que posteriormente se almacenó en la base de datos.

Tabla 2. Clasificación de deslizamientos de acuerdo con el tipo de movimiento y el material involucrado

Tipo de movimiento		Tipo de material	
		Roca	Suelo
Caída		Caída de rocas o desprendimiento	
Vuelco		Vuelcos	
Deslizamiento	Rotacional	Asentamiento	
	Planar	Deslizamiento de rocas	
Flujo		Inconsolidado	
Desplazamientos laterales		Blocosos	Suelos
Deslizamiento Complejo		Combinación de materiales y tipo de movimiento	

Fuente: Varnes, 1978

6.2.3 Deslizamientos en Caldas

Entre los deslizamientos ocurridos en Caldas, se presentan algunos ejemplos que no necesariamente son los de mayor magnitud o importancia por sus efectos en la población (Información de Borrero et al., 2012):

Deslizamiento en Aguadas, Caldas: La información fue recolectada durante el trabajo de campo realizado en Agosto de 2012 en el sector La Cruz. De acuerdo con la clasificación de los deslizamientos efectuada previamente, el deslizamiento es Complejo y la causa principal del evento son los cortes para la adecuación vial, además de la lluvia intensa y el control de las estructuras en las rocas. Como efectos del evento se encuentran 50 m de vía intermunicipal (Figura 1, IZQ).

Deslizamiento en Salamina, Caldas: Igualmente que en el caso anterior, la información se toma en campo, en Agosto de 2012 por un proyecto específico. Se localiza entre dos deslizamientos que han sido recurrentes, denominados El Rúngano y el Runganito. Se clasificó como Caída de Roca y las causas principales fueron cortes para adecuación vial, lluvia intensa y las deficiencias viales, además se ha notificado que los efectos de este deslizamiento son continuos daños a la vía de acceso principal (Figura 1, DER).



Figura 4. IZQ. Deslizamiento en Aguadas, Caldas, sector La Cruz. **DER.** Deslizamiento en la vía que conduce a Salamina, Caldas

6.2.4 Causas de deslizamientos en Caldas

Los deslizamientos en Caldas son el fenómeno natural que afecta más comúnmente la población; particularmente en Manizales las obras de estabilidad se pueden observar en la mayoría de barrios; el deslizamiento más reciente es el ocurrido en el 2011 en el barrio Cervantes, donde perecieron 40 personas y 16 viviendas fueron destruidas, sin contar con las que debieron ser evacuadas. Los habitantes de la zona afirmaban que el detonante del evento fue la infiltración de agua de un tubo roto, aunque la época se caracterizaba por ser intensamente lluviosa (El Tiempo.com).

La importancia de contar con una base de datos que cuente con la localización del deslizamiento, su caracterización, la fecha de ocurrencia, el detonante y los efectos, radica en que con esta información se puede establecer un periodo de recurrencia para cada deslizamiento y de esta manera generar mapas de vulnerabilidad y riesgo más cercanos a la realidad, esta información también puede servir para planeación municipal.

6.2.5 Revisión de formatos para la toma de datos de deslizamientos en campo

La información de deslizamientos que se almacenó en la base de datos, fue recolectada principalmente con trabajo de campo, de esta manera es más sencillo establecer su ubicación con coordenadas, definir el tipo de deslizamiento, estimar la masa movilizada y las personas, infraestructura, cultivos afectados por el evento. Toda esta información se toma de manera sistemática empleando un formato previamente establecido en oficina. Un ejemplo del formato que puede ser de utilidad para recolectar los datos en campo es el que se muestra en la siguiente Figura 2.

Localización:		Código Evento:	
Archivos fotografías		Latitud	
No. Foto		Longitud	
Sector			
Remoción en masa		Forma de la pendiente	
<input type="checkbox"/>	Caída de rocas	<input type="checkbox"/>	Plana (lisa)
<input type="checkbox"/>	Volcamiento	<input type="checkbox"/>	Cóncava
<input type="checkbox"/>	Diedrico (Cuña)	<input type="checkbox"/>	Convexa
<input type="checkbox"/>	Deslizamiento Rotacional	Dimensiones del Cuerpo	
<input type="checkbox"/>	Deslizamiento Traslacional		
<input type="checkbox"/>	Subsistencia (hundimiento)	Profundidad de afectación (escarpe)	
<input type="checkbox"/>	Flujos	No estimado	
<input type="checkbox"/>	Complejo	Somera (< 5 m)	
<input type="checkbox"/>	Reptación	En progresión	
Procesos erosivos asociados		Estado de actividad/Desarrollo	
		Desarrollo inicial	
Erosión laminar		En progresión	
Erosión concentrada (surcos y cárcavas)		Avanzado	
Socavación lateral cauce		Estabilizado	
Profundización de cauce		Muy Profunda (> 20 m)	
Período probable ocurrencia		Impacto manifiesto (Ya ocurrió):	
<input type="checkbox"/>	menor de cinco años	Construcciones (#): _____	
<input type="checkbox"/>	mayor de cinco años	Vías (mL): _____	
CAUSAS Detonantes (D) y Contribuyentes (C)		Elementos Expuestos (a futuro):	
		Construcciones (#): _____	
Antrópicas		Naturales	
<input type="checkbox"/>	Uso y cobertura	<input type="checkbox"/>	Material geológico
<input type="checkbox"/>	Disp. de estériles de minería	<input type="checkbox"/>	Control estructural
<input type="checkbox"/>	Sobrecarga	<input type="checkbox"/>	Nivel freático
<input type="checkbox"/>	Cortes para adecuación vial	<input type="checkbox"/>	Lluvia intensa
<input type="checkbox"/>	Cortes por construcciones	<input type="checkbox"/>	Sismo
<input type="checkbox"/>	Deficiencias viales	<input type="checkbox"/>	Erosión subterránea
<input type="checkbox"/>	Cortes y voladuras por minería	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Vertimientos no controlados	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Otros: _____	<input type="checkbox"/>	
Observaciones			

Figura 5. Formato para recolectar información de deslizamientos en campo. Fuente: Corpocaldas

7. JUSTIFICACIÓN.

Caldas es continuamente afectado por deslizamientos debido a la combinación de factores geológicos, geomorfológicos, climáticos y antrópicos; aunque hay que recalcar que para la zona el mayor detonante de estos fenómenos naturales es la lluvia (Moreno et al, 2006).

La necesidad que existe de crear un SIG de deslizamientos para Caldas radica en la desorganización de la información disponible, la falta de implementación de metodologías existentes para recolectar y almacenar la información histórica de eventos que se ha obtenido. Contar con un SIG de deslizamientos puede servir para evaluar su recurrencia y las causas asociadas, sitios de vital importancia social y económica expuestos a deslizamientos continuos. El SIG generado puede ser alimentado continuamente para llegar a establecer el comportamiento de los eventos más relevantes y con mayor impacto, además se podría emplear para clasificar los deslizamientos por sectores y así determinar cuáles son las obras civiles adecuadas para la prevención y manejo de taludes de acuerdo con las características del terreno. Este proyecto se diferencia porque incluye datos de magnitud, tipo de deslizamiento y tipo de material, entre otra información que no se incluye en bases de datos de datos existentes; además beneficiaría tanto a la población que se ve afectada continuamente por deslizamientos de diferentes causas y magnitudes, como a entidades gubernamentales para elaborar Planes de Ordenamiento Territorial, uso de suelos.

8. RESULTADOS

Todos los resultados obtenidos en el proyecto se adicionan como anexos.

9. REFERENCIAS.

Arango, J.D. 2000. “Relaciones lluvias – deslizamientos y zonificación geotécnica en la Comuna dos de la ciudad de Manizales”. <http://www.bdigital.unal.edu.co/3327/>.

Audicio, Ch; Nigrelli, Q; Lollino, G. 2009. A GIS tool for historical instability processes data entry: An approach to hazard management in two Italian Alpine river basins. Computers and Geosciences.

Coupè, F; Arboleda, E; García, C. 2007. Villatina: Some reflections 20 years after the tragedy. Revista Gestión y Ambiente. Medellín

Costal, D. El modelo relacional y el álgebra relacional. UOC, Universidad virtual.

Deslizamientos en el mundo USGS

<http://landslides.usgs.gov/learning/majorls.php>

Deslizamientos Manizales

http://www.manizales.unal.edu.co/gestion_riesgos/descargas/gestion/redestaciones.pdf

Geo-Information Science and Earth Observation (ITC)

<http://www.itc.nl>

Guía Metodológica DesInventar. 2009

Moreno, H.A; Vélez, M.V; Montoya, J.D, Rhenals, R.L. 2006. La lluvia y los deslizamientos de tierra en Antioquia: Análisis de su ocurrencia en las escalas interanual, intranual y diaria. Revista E.I.A.

Nefeslioglu, H.A; Duman, T.Y; Durmaz, S. 2008. Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey).

Pérez, R.M & Rojas, J.E. 2005. “Estudio de Vulnerabilidad ante Deslizamientos de Tierra en la Microcuenca Las Marías”. Telica, León. Internet (www.una.edu.ni/Tesis/tnp35p438.pdf).

Pons, O; Marín, N; Medina, J.M; Acid, S; Vila, M.A. 2005. Introducción a las bases de datos.

Vahidnia, M.H; Alesheikh, A;

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098300410001767>

Hosseinali, F. 2010. A GIS-based neuro-fuzzy procedure for integrating knowledge and data in landslide susceptibility mapping.

Vélez, J.J; Duque, N.D; Fernández, F; Orozco, M. 2012. Red de monitoreo climático para dar apoyo a la prevención y atención de desastres en Manizales, Colombia.
www.bdigital.unal.edu.co/7277/1/mauricioorozcoazate.2012.pdf