



**INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS  
EN LAS ZONAS: CORDILLERA OCCIDENTAL, CENTRO-ORIENTAL,  
DEPRESIÓN CAUCA-PATÍA Y PIEDEMONTE ANDINO ORIENTAL DEL  
DEPARTAMENTO DE NARIÑO EN UN SIG**

HENRY ARMANDO BACCA ARCINIÉGAS  
MARTÍN HERNANDO BASTIDAS BURBANO  
CARLOS ANDRES PANTOJA SANTANDER

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN  
SAN JUAN DE PASTO

2002

**INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS  
EN LAS ZONAS: CORDILLERA OCCIDENTAL, CENTRO-ORIENTAL,  
DEPRESIÓN CAUCA-PATÍA Y PIEDEMONTE ANDINO ORIENTAL DEL  
DEPARTAMENTO DE NARIÑO EN UN SIG**

HENRY ARMANDO BACCA ARCINIÉGAS  
MARTÍN HERNANDO BASTIDAS BURBANO  
CARLOS ANDRES PANTOJA SANTANDER

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil

Asesorado por:

Ing. LINA DORADO

Ing. JANET OJEDA

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN  
SAN JUAN DE PASTO

2002

Nota de aceptación

---

---

---

---

Jurado

---

Jurado

San Juan de Pasto, Octubre 25 de 2002.

Dedico:

A Dios por su sabiduría y fortaleza brindadas.

A mi madre Dolores, por su gran paciencia y constante apoyo.

A mi padre Hely (q.e.p.d), por inculcarme responsabilidad y ética en mis actitudes.

HENRY.

Dedico:

Agradezco a Dios por la fortaleza dada.

A mi esposa Milena y mi hija Claudia, por su constante apoyo y amor.

A mis padres Luz Maria y Rodrigo, por su confianza y ayuda.

MARTÍN.

Dedico:

A Dios, por la fortaleza que me brinda.

A mis padres y hermana por su cariño, apoyo y confianza.

CARLOS.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan agradecimientos a:

Edgar Abraham Cabrera (q.e.p.d), por su iniciativa, constante apoyo y motivación para este proyecto hasta el momento de su fallecimiento. A la oficina del Prenuniversitario de la Universidad de Nariño y su actual director: Ing. Luis Portilla.

A la ingeniera geóloga Lina Dorado, de la Secretaría de Infraestructura y Minas de la Gobernación de Nariño.

A la ingeniera civil Janet Ojeda, docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño.

A los ingenieros civiles Gustavo Córdoba y Roberto Torres.

A la oficina de Compite Regional de Emergencias y su coordinador regional Alejandro Erazo Paz.

A CORPONARIÑO, INGEOMINAS y Alcaldías municipales, por la colaboración prestada.

## RESUMEN

En la realización del inventario de deslizamientos de las zonas: Cordillera Occidental, Centro-Oriental, Depresión Cauca-Patía y Piedemonte Andino Oriental del Departamento de Nariño y su aplicación en un Sistema de Información Geográfica, se recopiló información histórica en diferentes entidades a nivel departamental, y en de campo mediante visitas hacia cada uno de los municipios seleccionados para el inventario, haciendo énfasis en las cabeceras municipales y en las vías tanto de la red Nacional como Departamental que presenten este tipo de fenómenos, las cuales se ven afectada en su infraestructura y con el consiguiente riesgo para vida de los habitantes de la región.

En el proceso de recolección de información en campo, se tomaron datos concernientes a la caracterización de cada movimiento que incluye: tipo de movimiento, tipo de material, estado de actividad, entre otros; además, con el fin de ubicar los fenómenos registrados en un mapa georeferenciado, se hizo lectura de sus respectivas coordenadas geográficas mediante GPS, complementando la información obtenida a través de un registro fotográfico.

Se organizó y filtró la información recopilada con el fin de estructurar una base de datos que permitió incluirla en un Sistema de Información Geográfica para su posterior manejo y análisis.

A partir de los análisis realizados, utilizando como herramienta el SIG Arc View 3.1, se logró determinar los municipios que requieren mayor y más pronta atención frente a los fenómenos de remoción en masa, esto se logró analizando su comportamiento frente a cuatro factores que se consideraron, por parte del grupo de trabajo, como influyentes en la selección de las zonas que necesitan más atención para controlar o mitigar los efectos de los movimientos en masa. Estos factores son: *Porcentaje de eventos presentes en el municipios, Porcentaje de eventos activos, Porcentaje de área afectada con respecto a los valores totales inventariados y como factor detonante, la influencia de la precipitación en la respectiva zona.*

De los 64 municipios del Departamento de Nariño, el 82.8 % correspondiente a 53 de ellos, se proyectaron para ser incluidos dentro inventario, de los cuales no presentaron problemas de deslizamiento: *Aldana, Guaitarilla, Nariño y Sapúyes*, que representan el 7.5 % del total inventariados. En el proyecto no se incluyeron los municipios de Pasto, Ricaurte, Cartago y los pertenecientes a la Costa Pacífica Nariñense, por lo cual la base de datos se estructuró para un total de 47 municipios, correspondientes al 88.68% de los proyectados y a un 73.43% con respecto al total en el departamento.

Como resultado de este trabajo, habiendo registrado y caracterizado un total de 224 deslizamientos, se determinó que los municipios más críticos son: Mallama, Ancuya, Sandoná, La Unión y Cumbitara; por lo cual a juicio de grupo de trabajo,

se recomienda proyectar estudios profundos y detallados en estos sectores, con el fin de estructurar medidas de mitigación, control y prevención ante los efectos producidos por estos eventos.

## CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS .....	16
LISTA DE GRÁFICAS.....	17
LISTA DE FIGURAS .....	20
LISTA DE ANEXOS .....	21
INTRODUCCIÓN .....	22
1. MARCO CONCEPTUAL.....	24
1.1 DESCRIPCIÓN Y TIPO DE MOVIMIENTOS EN MASA .....	24
1.1.1 Movimientos en Masa .....	25
1.1.2 Procesos en la etapa de deterioro. . .....	27
1.1.3 Proceso de Falla.....	30
1.1.4 Clasificación de los Movimientos en Masa.....	32
1.2 CARACTERIZACION DEL MOVIMIENTO .....	39
1.2.1 Tipo de Material. ....	40
1.2.2 Humedad. ....	40
1.2.3 Secuencia de Repetición. ....	41
1.2.4 Estilo. ....	42
1.2.5 Estado de Actividad. ....	43
1.3 MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN MECÁNICA Y QUÍMICA .....	45

1.4	CONCEPTO Y USO DE UN INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS.....	47
1.5	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	47
1.5.1	Definición. ....	47
1.5.2	Utilización de los SIG.....	48
1.5.3	Descripción del SIG Utilizado en el Inventario. ....	50
2.	METODOLOGÍA .....	56
2.1	RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	56
2.1.1	Revisión de Información Histórica. ....	56
2.1.2	Información Obtenida en Registros Históricos. ....	58
2.1.3	Información en Campo. ....	59
2.1	ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	64
2.3	IMPLEMENTACION DEL SIG .....	65
2.3.1	Aspectos Previos en la Información. ....	65
2.3.2	Introducción de Datos al Sistema. ....	66
2.3.3	Procedimiento para Determinar la Distribución Porcentual de Deslizamientos.....	73
2.3.4	Procedimiento para Determinar la Distribución Porcentual de Deslizamientos Activos.....	75
2.3.5	Procedimiento para Determinar la Distribución del Porcentaje de Area Aproximada de Deslizamientos.....	76
2.3.6	Procedimiento para Determinar la Influencia de la Precipitación.....	77
2.3.7	Procedimiento para Determinar los Tipos de Deslizamientos .....	79
2.3.8	Procedimiento para Determinar las Características de Humedad.....	80

3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	82
3.1	UBICACIÓN DE EVENTOS EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.....	82
3.2	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE DESLIZAMIENTOS .....	82
3.3	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS DESLIZAMIENTOS ACTIVOS ..	86
3.4	PORCENTAJE DE AREA APROXIMADA DE DESLIZAMIENTOS .....	89
3.5	INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN .....	91
3.6	MUNICIPIOS QUE REQUIEREN ATENCIÓN PRIORITARIA .....	96
3.7	TIPOS DE DESLIZAMIENTOS CON MAYOR PRESENCIA EN LA ZONA INVENTARIADA .....	96
3.8	CARACTERÍSTICAS DE HUMEDAD .....	100
3.9	CAUSAS MAS FRECUENTES QUE DETERMINAN LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS .....	102
3.9.1	Factores de Origen Antrópico .....	103
3.9.2	Factores de Origen Natural .....	104
4.	ANÁLISIS DE ALGUNOS MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN .....	106
4.1	DESLIZAMIENTO EL PLACER, MUNICIPIO DE LINARES .....	106
4.2	DESLIZAMIENTO LA HERRADURA, MUNICIPIO DE CUMBITARA .....	108
4.3	DESLIZAMIENTO EL ZANJÓN MUNICIPIO DEL TAMBO .....	109
4.4	DESLIZAMIENTO VILLA MARÍA, MUNICIPIO DE PROVIDENCIA .....	112
4.5	DESLIZAMIENTO LAS MINAS, MUNICIPIO DE SANTACRUZ .....	113
4.6	DESLIZAMIENTO BARRIO SILOÉ MUNICIPIO DE SAMANIEGO.....	115
4.7	DESLIZAMIENTO LA VUELTA DEL QUESO MUNICIPIO DE MALLAMA	116
4.8	DESLIZAMIENTO LA CANTERA MUNICIPIO DE POTOSÍ .....	117

4.9	DESLIZAMIENTO EL JARDÍN, MUNICIPIO DE SAN BERNARDO.....	118
4.10	DESLIZAMIENTO DE LAS LAJAS, MUNICIPIO DE IPALES.....	120
4.11	DESLIZAMIENTO LA CURTIEMBRE MUNICIPIO DEL CONTADERO ....	122
4.12	DESLIZAMIENTO DEL PARQUE CENTRAL, MUNICIPIO DE BUESACO.....	124
4.13	DESLIZAMIENTO DE YUNGA, MUNICIPIO DE SAN LORENZO.....	125
4.14	DESLIZAMIENTO SOBRE LA URBANIZACIÓN LOS ROBLES MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE ALBAN. ....	126
4.15	DESLIZAMIENTO DE SAN DIEGO, MUNICIPIO DE IMUÉS.....	128
4.16	DESLIZAMIENTO TÚNEL LA LLANA, VÍA PANAMERICANA PASTO- POPAYÁN.....	130
5.	CONCLUSIONES.....	133
6.	RECOMENDACIONES.....	139
	BIBLIOGRAFÍA .....	141

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Municipios con mayor porcentaje de eventos presentados.....	86
Cuadro 2. Porcentaje de eventos activos para los municipios incluidos en los dos grupos con mayor presencia estos fenómenos.....	89
Cuadro 3. Municipios con mayor área de deslizamientos afectada.....	91
Cuadro 4. Municipios con mayor precipitación Máxima Anual Multianual. ....	96
Cuadro 5. Principales tipos de deslizamientos por municipio.....	99
Cuadro 6. Distribución de los tipos de humedad presentes en los municipios inventariados. ....	100

## LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Nomenclatura de Taludes y Laderas.....	25
Gráfica 2. Partes de un deslizamiento rotacional.....	26
Gráfica 3. Esquemas representativos para los procesos de deterioro .....	27
Gráfica 4. Caída de bloques por gravedad en roca fracturada.....	32
Gráfica 5. Esquemas representativos para los procesos de deterioro.....	33
Gráfica 6. Volteo o inclinación en materiales residuales. ....	33
Gráfica 7. Esquema de un proceso de reptación.....	34
Gráfica 8. Deslizamiento en suelos blandos. ....	35
Gráfico 9. Deslizamiento rotacional típico .....	36
Gráfica 10. Deslizamiento de traslación .....	37
Gráfica 11. Esquema de un esparcimiento lateral .....	37
Gráfica 12. Esquema de una avalancha. ....	39
Gráfica 13. Ventana del Proyecto.....	51
Gráfica 14. Entorno Arc View.....	51
Gráfica 15. Vistas de un proyecto .....	52
Gráfica 16. Tablas de un proyecto. ....	53
Gráfica 18. Temas del proyecto .....	55
Gráfica 19. Dimensiones de los movimientos en masa .....	61

Gráfica 20. Vista del mapa de Nariño, incluido como tema en Arc View 3.1 .....	67
Gráfica 21 Inserción de temas correspondientes a vías, ríos y topografía.....	68
Gráfica 22. Traslado de temas a formato shp.....	68
Gráfica 23. Edición del mapa de Nariño .....	70
Gráfica 24. Introducción de información tabulada.....	70
Gráfica 25. Edición de tablas. ....	72
Gráfica 26. Información tabulada desplegada desde el mapa. ....	72
Gráfica 27. Registro fotográfico desplegado desde el mapa. ....	73
Gráfica 28. Tabla del tema que indica el número de deslizamientos por cada municipio.....	74
Gráfica 29. Tabla General de Datos Cuantificados .....	76
Gráfica 30. Mapa de Ubicación de Deslizamientos .....	83
Gráfica 31. Mapa de ubicación de procesos de deterioro.....	84
Gráfica 32. Zonas del Departamento de Nariño del Mapa Geológico de Nariño. Editorial Ingeominas.....	85
Gráfica 33. Mapa correspondiente al porcentaje de eventos. ....	87
Gráfico 34. Mapa de distribución de eventos activos.....	88
Gráfica 35. Distribución de municipios según área de deslizamientos afectada...	90
Gráfica 36. Mapa de isoyetas de precipitación media anual multianual y porcentaje de eventos. ....	93
Gráfica 37. Mapa de isoyetas de precipitación media anual multianual y porcentaje de eventos activos.....	94

Gráfica 38. Mapa de isoyetas de precipitación media anual multianual y porcentaje de área afectada.....	95
Gráfico 39. Distribución de los tipos de deslizamientos presentes en cada municipio.....	97
Gráfica 40. Mapa con los tipos y ubicación de los deslizamientos por municipio.	98
Gráfica 41. Representación gráfica de los municipios con material seco.....	100
Gráfica 42. Representación gráfica de los municipios con material húmedo.....	101
Gráfica 43. Representación gráfica de los municipios con material mojado.....	101
Gráfica 44. Representación gráfica de los municipios con material muy mojado. .....	102
Gráfica 45. Perfil del deslizamiento y recomendaciones planeadas. ....	107
Gráfica 46. Dren con geotextil material grueso y tubo colector .....	112
Gráfica 47. Dren Francés .....	114
Gráfica 48. Perfil del deslizamiento y recomendaciones planeadas.....	116
Gráfica 49. Perfil del deslizamiento y recomendaciones planeadas.....	119
Gráfica 50. Interceptor tipo cubierta.....	131

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Foto Deslizamiento El Placer, Municipio de Linares. ....	107
Figura 2. Foto Deslizamiento La Herradura, Municipio de Cumbitara.....	108
Figura 3. Foto Deslizamiento El Zanjón. Municipio de Linares. ....	110
Figura 4. Foto Signos de rotación en deslizamiento El Zanjón. ....	110
Figura 5. Foto Grietas en Deslizamiento El Zanjón, Municipio de El Tambo.....	111
Figura 6. Foto Vista general Deslizamiento El Zanjón. Municipio de El Tambo.	111
Figura 8. Foto Barrio Siloé, Municipio de Samaniego.....	115
Figura 9. Foto Deslizamiento La Vuelta del Queso. Municipio de Mallama. ....	117
Figura 10. Foto Deslizamiento La Cantera. Municipio de Potosí. ....	118
Figura 12. Foto Deslizamiento Las Lajas. Municipio de Ipiales.....	121
Figura 13. Foto corona Deslizamiento La Curtiembre. Municipio Contadero. ....	123
Figura 14. Foto pie Deslizamiento La Curtiembre. Municipio Contadero. ....	123
Figura 15. Foto Deslizamiento Parque Central. Municipio de Buesaco.....	125
Figura 16. Foto Deslizamiento Yunga. Municipio de San Lorenzo.....	126
Figura 17. Foto Deslizamiento Urb. Los Robles. Municipio de San José.....	128
Figura 18. Foto deslizamiento San Diego. Municipio de Imués. ....	129
Figura 19. Foto deslizamiento El Túnel. Municipio de Taminango.....	131

## LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A. Formato para captura de información de campo.....	145
Anexo B. Información general del inventario.....	147
Anexo C. Valores multianuales de precipitación.....	191
Anexo D. Información preliminar de deslizamientos de algunos municipios.....	197

## INTRODUCCIÓN

Un inventario de deslizamientos es una herramienta que contiene la mayor cantidad posible de información útil y en forma organizada, referente a la cuantificación y caracterización de este tipo de eventos; siendo fundamental en la determinación de parámetros que permiten el desarrollo de planes encaminados al estudio, control, prevención y mitigación en las regiones afectadas por este tipo de fenómenos, como son los mapas de amenaza y susceptibilidad a deslizamientos.

El Departamento de Nariño, es un lugar donde la cordillera de los Andes se ramifica en tres sistemas montañosos, los cuales presentan considerable variabilidad en cuanto a estructura, morfología, geología e hidroclimatología, formándose así un complejo sistema orográfico que lo convierte en escenario adecuado para que la ocurrencia de movimientos de masa. Según Suárez<sup>1</sup>, una zona con estas características reúne cuatro factores indispensables para que se manifieste un deslizamiento: *topografía, sismicidad, meteorización y lluvias intensas*.

Los procesos de inestabilidad en laderas y taludes que hacen parte de la dinámica geomorfológica, pueden provocar efectos graves sobre la vida y bienes de los

---

<sup>1</sup> SUÁREZ DÍAZ. *Deslizamientos Y Estabilidad De Taludes En Zonas Tropicales*. UIS, 1998.

habitantes de las regiones más afectadas por ellos. Estos procesos resultan de la interacción entre factores naturales y antrópicos que deben ser evaluados en forma simultánea o particular de acuerdo a la forma de ocurrencia del fenómeno en sí.

Para la ejecución del inventario de deslizamientos previamente fue necesario tener en cuenta una base conceptual amplia con respecto a los fenómenos de remoción en masa, además de un adecuado proceso de recolección de información que se estructuró como base de datos para ser incluida y analizada mediante un Sistema de Información Geográfica. Este conjunto de procedimientos permitieron determinar la zonas o municipios que requieren mayor atención en cuanto a estos fenómenos.

Es de resaltar que los movimientos de masa, que en nuestra región tan frecuentemente se han presentado, son una amenaza a la que se debe enfrentar de manera oportuna y antes de aprender a convivir con ellos, es más racional el conocer su magnitud, comportamiento y frecuencia con la cual se presenta, lo que permitirá en un futuro establecer medidas de prevención o mitigación de manera efectiva y certera.

## 1. MARCO CONCEPTUAL

### 1.1 DESCRIPCIÓN Y TIPO DE MOVIMIENTOS EN MASA

Para la realización del Inventario de Deslizamientos, fue necesario consultar y adquirir conocimientos referentes a la conceptualización y clasificación de un movimiento en masa; que permitieron tener la capacidad de identificar rápida y certeramente tanto el tipo de movimiento que presente el fenómeno, como las principales características del mismo.

Las clasificaciones de movimientos y sus respectivas caracterizaciones son tan variadas como los puntos de vista desde donde se miren y de los autores que las realicen; por ello se adoptó para este proceso, los conceptos expuestos por Varnes<sup>2</sup>, quien estructuró una primera clasificación en el año de 1978. Las razones por las cuales se tomó como base a este autor para la caracterización de los movimientos en masa, se relacionan directamente por su amplia aplicabilidad de uso en nuestro país dentro de la comunidad que se interesa en el estudio de estos fenómenos, además por la ventaja que presenta al ser una de las clasificaciones más actualizadas hasta el momento y ha sido realizada por

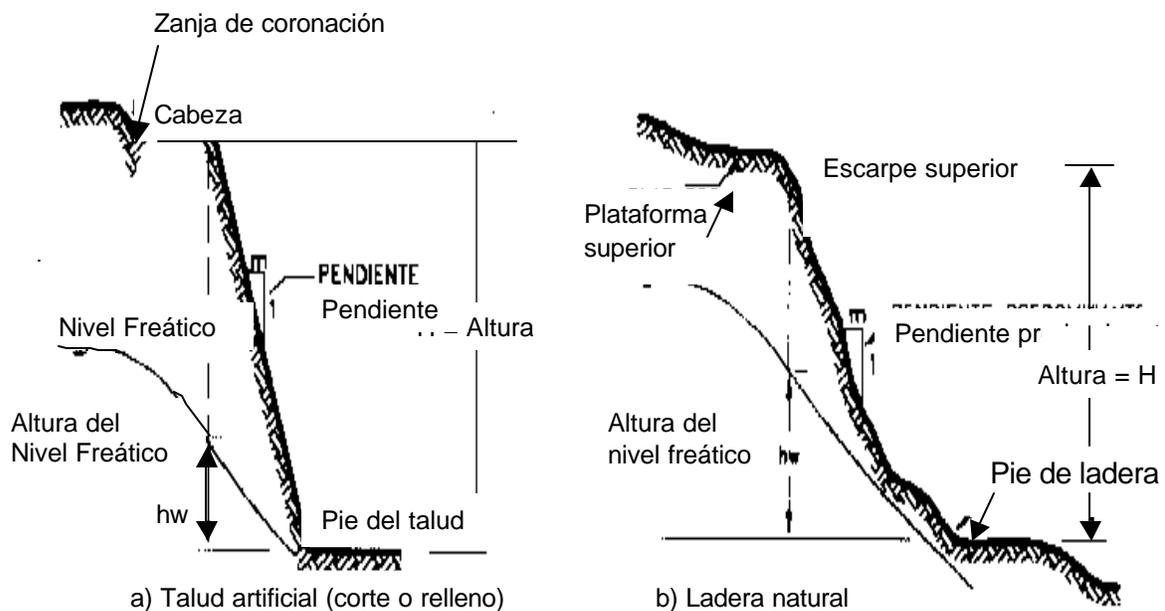
---

<sup>2</sup> VARNES, D.J, *Slope movement types and processes*. R.L Shcuster and R.J. Krizek. 1978.

Suárez<sup>3</sup> en 1998. Tanto la conceptualización como la terminología empleada en el Inventario se describen a continuación:

### 1.1.1 Movimientos en Masa

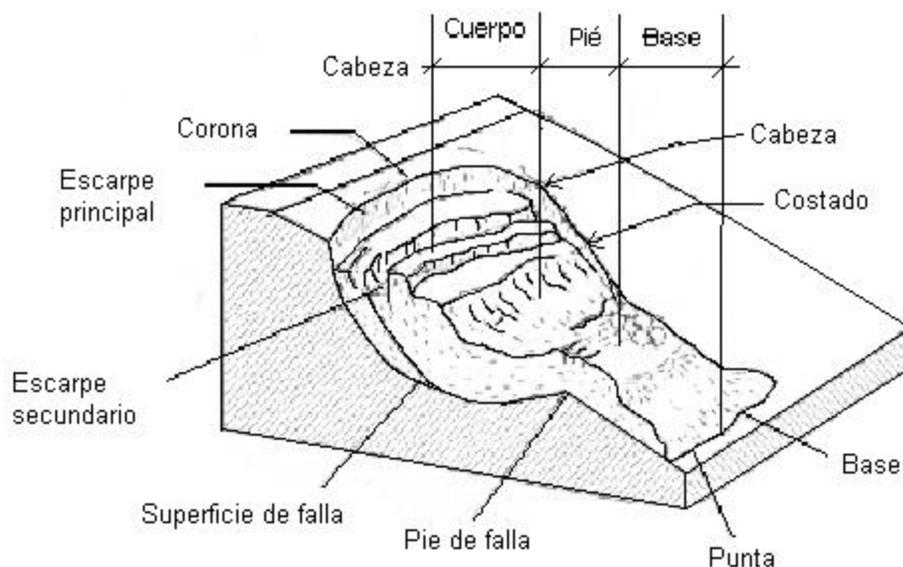
Gráfica 1. Nomenclatura de Taludes y Laderas, tomado de Suárez, 1998.



**DESLIZAMIENTO:** Las partes constituyentes de un deslizamiento o movimiento en masa, pueden observarse en el Gráfico 2.

<sup>3</sup> SUÁREZ, O p. cit., p. 8.

Gráfica 2. Partes de un deslizamiento rotacional, tomado de Suárez, 1998



- **Escarpe principal:** Corresponde a una superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original.
- **Escarpe secundario:** Superficie empinada sobre material deslizado, producido por movimientos diferenciales en éste.
- **Cabeza:** Las partes superiores del material que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- **Cima:** El punto más alto del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

- **Corona:** El material que se encuentra en el sitio, prácticamente inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal.
  
- **Superficie de falla:** Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado.

**1.1.2 Procesos en la etapa de deterioro.** Previamente a la ocurrencia del fenómeno, la zona afectada manifiesta procesos de inestabilidad cuya naturaleza tanto por su geometría como por su composición geológica, no es de un movimiento en masa en sí, sino una etapa de deterioro.

Entre los procesos que ocurren previamente a la falla masiva, según Suárez Díaz<sup>4</sup>, están (Gráfica 3):

1. **Caída de granos:** Consiste en la caída de granos individuales de la masa de roca con desintegración física a granos como pre-requisito.
  
2. **Descascaramiento:** Caída de cáscaras de material de la masa de roca. Las cáscaras tienen forma de láminas con una dimensión significativamente menor a las otras dos dimensiones.

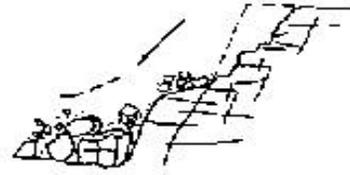
Gráfica 3. Esquemas representativos para los procesos de deterioro, tomado de Suárez, 1998.

---

<sup>4</sup> SUÁREZ, O p. cit., p. 8.



*Caida de granos*



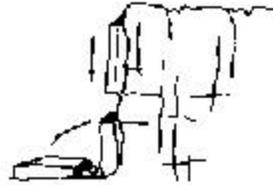
*Caidos de roca*



*Descascaramiento*



*Lavado superficial*



*Inclinación y caída de losas*



*Flujo de detritos*



*Desmoronamiento*



*Disolución*



*Caída de bloques*



*Colapso*

**3. Formación, inclinación y caída de losas de roca:** Se forman prismas o pequeñas placas con dimensiones mínimas de 50 mm, pudiendo existir deslizamiento y rotación o pandeo. Las inclinaciones pueden considerarse como un proceso de deterioro o como un movimiento del talud.

**4. Caída de bloques:** Pueden caer por gravedad, en forma ocasional bloques individuales de roca de cualquier dimensión, produciendo un deterioro en la estructura del talud.

**5. Desmoronamiento del talud:** El desmoronamiento general del talud produce la caída de bloques de diversas dimensiones en forma semicontínua.

**6. Caída de roca:** La caída de muchos bloques de roca “en un solo evento” requiere que haya ocurrido un debilitamiento de la masa de roca, debido a la fragmentación y a la ausencia de soporte lateral.

**7. Lavado superficial o erosión:** Desprendimiento, transporte y deposición de partículas o masas pequeñas de suelo o roca, por acción de las fuerzas generadas por el movimiento del agua.

Son procesos muy comunes en suelos residuales poco cementados o en suelos aluviales, especialmente los compuestos por limos y arenas finas principalmente.

**8. Flujo de detritos:** El desprendimiento y transporte de partículas gruesas y finas en una matriz de agua y granos en forma de flujo seco o saturado.

**9. Agrietamiento por tensión:** La mayoría de los suelos poseen muy baja resistencia a la tensión y la generación de esfuerzos relativamente pequeños (especialmente arriba de la cabeza de los taludes y laderas), puede producir grietas de tensión, las cuales facilitan la infiltración de agua y debilitan la estructura de la masa de suelo permitiendo la formación de superficies de falla.

**1.1.3 Proceso de Falla.** La ocurrencia de una falla obedece a un proceso, el cual comprende una gran cantidad de factores que incluyen:

**1. Condiciones originales del talud:** La topografía, geología, tipo y características de los materiales y perfiles, drenaje, condiciones ambientales generales, cobertura vegetal, sismicidad, etc., estas condiciones determinan una susceptibilidad al deterioro, a la acción de los factores detonantes y al fallamiento.

**2. Factores de deterioro:** El resultado es una disminución en la resistencia al cortante del material, entre ellos están:

- Falla progresiva por expansión o fisuración.
- Descomposición por desecación, reducción de la cohesión, lavado y remoción de los cementantes, disolución, etc.
- Erosión interna o sifonamiento.

**3. Factores detonantes:** El resultado es un aumento en los esfuerzos de corte a lo largo de la superficie de falla hasta que ocurre el movimiento.

En el fenómeno de detonación actúan una serie compleja de procesos los cuales en ocasiones, se traslapan con los factores de deterioro:

*a. Procesos Geomorfológicos y físicos:*

- La tectónica y neotectónica producen esfuerzos e inducen deformaciones, las cuales son muy difíciles de evaluar o medir.
- La erosión, la sedimentación, la lluvia, las inundaciones, los sismos, las erupciones volcánicas, la expansión de los suelos, etc.

*b. Procesos antrópicos:*

- Las excavaciones o cortes, las excavaciones subterráneas, los rellenos o depósitos de material sobre el talud, la irrigación, las fugas de agua, el mantenimiento inadecuado de sistemas de drenaje y subdrenaje, la deforestación, las vibraciones artificiales.

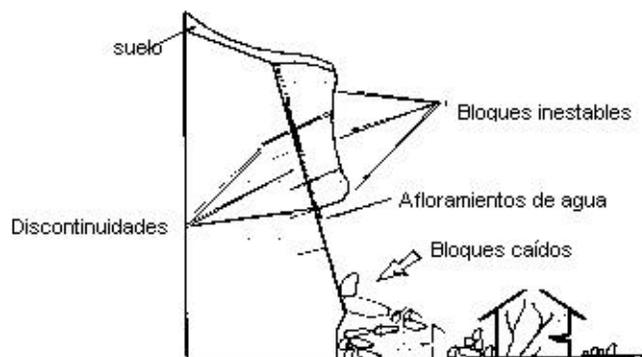
**4. Fallamiento:** El proceso de fallamiento después de que interviene el factor detonante es un fenómeno generalmente físico, en el cual las condiciones de esfuerzo y deformación juegan un papel preponderante. Las fallas en la mayoría de los casos no ocurren en forma repentina sino que toman un tiempo.

**1.1.4 Clasificación de los Movimientos en Masa.** Para la clasificación de los movimientos en masa se presenta el sistema propuesto originalmente por Varnes y presentado por Suárez<sup>5</sup>, el cual tipifica los principales tipos de movimiento así:

**1. Caído:** En los caídos una masa de cualquier tamaño se desprende de un talud de pendiente fuerte, a lo largo de una superficie, en la cual ocurre ningún o muy poco desplazamiento de corte y desciende principalmente, a través del aire por caída libre, a saltos o rodando. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Gráficas 4 y 5).

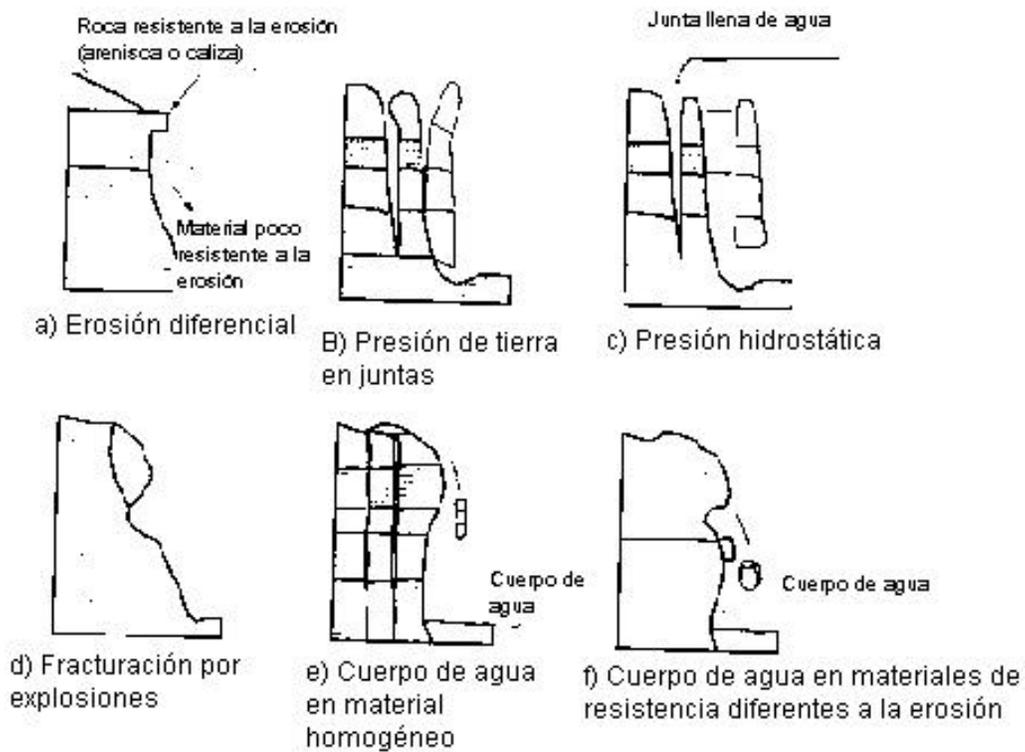
**2. Inclinación o volteo:** Este tipo de movimiento consiste en una rotación hacia adelante de una unidad(es) de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad y generalmente, ocurren en las formaciones rocosas (Gráfica 6).

Gráfica 4. Caída de bloques por gravedad en roca fracturada, tomado de Suárez, 1998

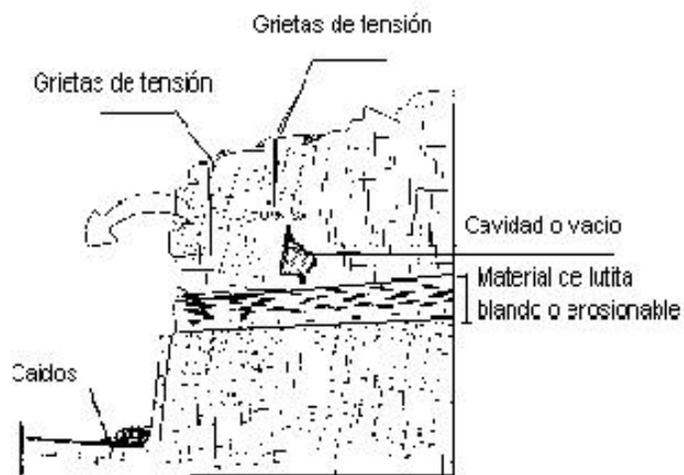


<sup>5</sup> *Ibid*, 9

Gráfica 5. Esquemas representativos para los procesos de deterioro, tomado de Suárez, 1998.

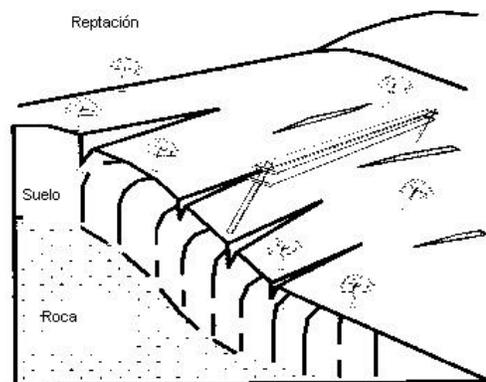


Gráfica 6. Volteo o inclinación en materiales residuales, tomado de Suárez 1998.



**3. Reptación:** La reptación consiste en movimientos muy lentos a extremadamente lentos del suelo sub-superficial sin una superficie de falla definida. Generalmente, el movimiento es de unos pocos centímetros al año y afecta a grandes áreas de terreno (Gráfica 7).

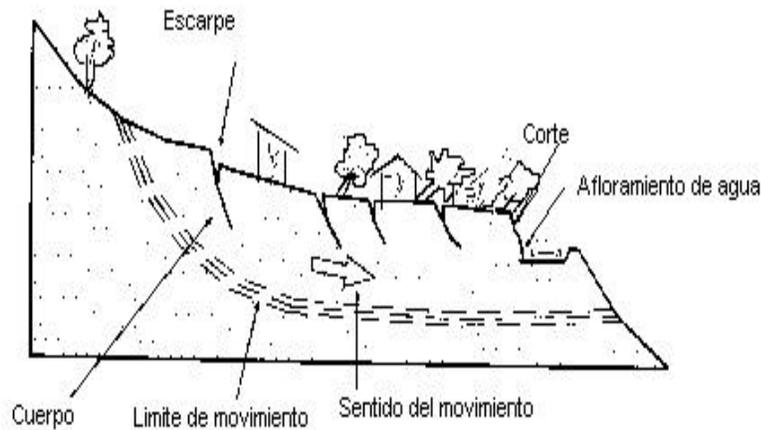
Gráfica 7. Esquema de un proceso de reptación, tomado de Suárez 1998.



**4. Deslizamiento:** Este movimiento consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse rotacional o dentro de una zona rotacionales delgada. El movimiento puede ser progresivo, o sea, que no se inicia rotacionales a lo largo de toda, la que sería, la superficie de falla (Gráfica 8).

Los deslizamientos se pueden a su vez dividir en dos subtipos denominados deslizamientos *rotacionales* y *traslacionales* o *planares*.

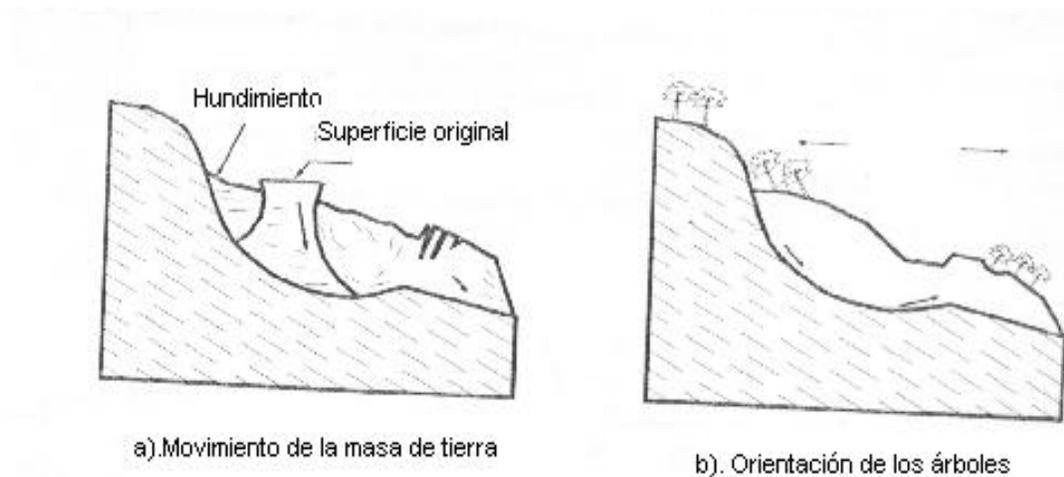
Gráfica 8. Deslizamiento en suelos blandos, tomado de Suárez 1998.



- **Deslizamiento rotacional:** La superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento (Gráfica 9).

El movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento generándose comúnmente, flujo de materiales por debajo del pie del deslizamiento. En muchos deslizamientos rotacionales se forma una superficie cóncava en forma de “cuchara”. Los deslizamientos estrictamente rotacionales ocurren usualmente, en suelos homogéneos.

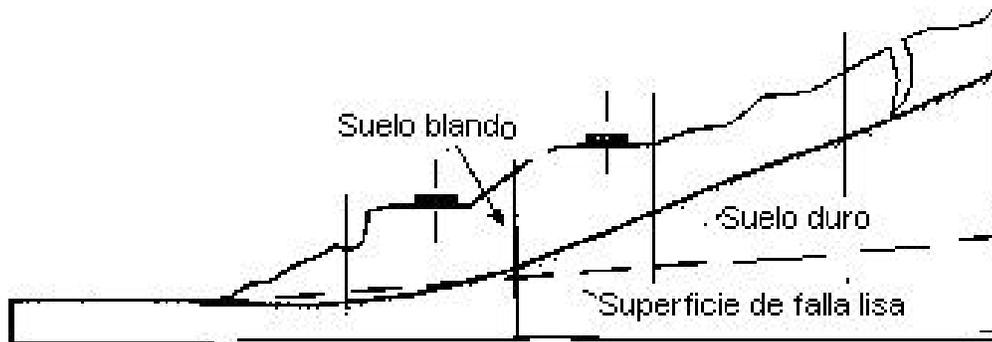
Gráfico 9. Deslizamiento rotacional típico, tomado de Suárez 1998.



- **Deslizamiento de traslación:** El movimiento de la masa se desplaza hacia fuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada (Gráfica 10).

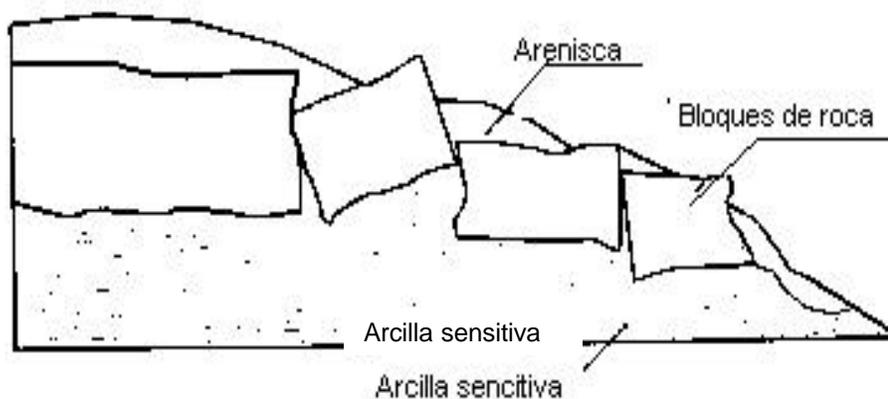
Un movimiento de rotación trata de auto-estabilizarse, mientras uno de traslación puede progresar indefinidamente a lo largo de la ladera hacia abajo. Los movimientos de traslación son comúnmente controlados por superficies de debilidad tales como fallas, juntas, fracturas, planos de estratificación y zonas de cambio de estado de meteorización que corresponden en términos cuantitativos a cambios en la resistencia al corte de los materiales o por el contacto entre la roca y materiales blandos o coluviones.

Gráfica 10. Deslizamiento de traslación, tomado de Suárez 1998.



**5. Esparcimiento lateral:** En los esparcimientos laterales el modo de movimiento dominante es la extensión lateral acomodada por fracturas de corte y tensión. El mecanismo de falla puede incluir elementos no solo de rotación y traslación sino también de flujo (Gráfica 11). Generalmente, los movimientos son complejos y difíciles de caracterizar. La rata de movimiento es por lo general extremadamente lenta y pueden ocurrir en masas de roca sobre suelos plásticos o en suelos finos, tales como arcillas y limos sensitivos que pierden gran parte de su resistencia al remodelarse.

Gráfica 11. Esquema de un esparcimiento lateral, tomado de Suárez 1998.

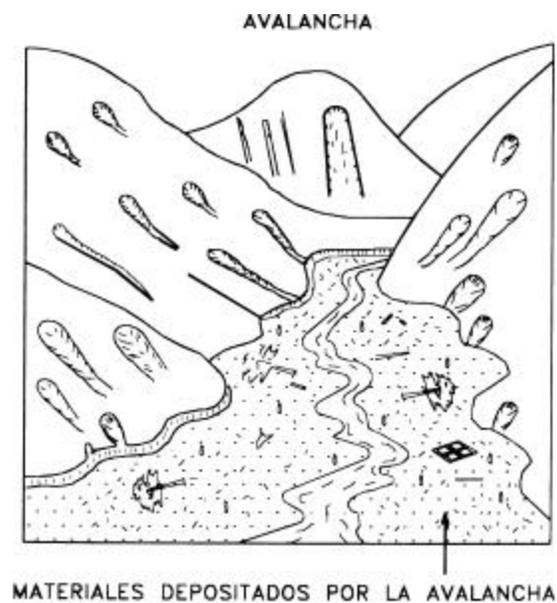


**6. Flujo:** En un flujo existen movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser lentos o rápidos, así como secos o húmedos y los puede haber de roca, de residuos, de suelo o tierra.

**7. Avalanchas:** En las avalanchas la falla progresiva es muy rápida y el flujo desciende formando una especie de “ríos de roca y suelo” (Gráfica 12). Las avalanchas son generadas a partir de un gran aporte de materiales de uno o varios deslizamientos o flujos combinados con un volumen importante de agua, los cuales forman una masa de comportamiento de líquido viscoso que puede lograr velocidades muy altas con gran poder destructivo.

**8. Movimientos complejos:** Con mucha frecuencia los movimientos de un talud incluyen una combinación de dos o más principales tipos de desplazamiento descritos anteriormente, este tipo de movimientos se les denomina como “Complejo”.

Gráfica 12. Esquema de una avalancha, tomado de Suárez 1998.



## 1.2 CARACTERIZACION DEL MOVIMIENTO

La caracterización de un movimiento en masa, es una parte complementaria al proceso de clasificar un fenómeno de este tipo, ya que ella proporciona la información necesaria para tener una visión completa en cuanto a las características diversas que se presenten en cada movimiento de masa, es por ello que es importante definir las características que posee en cuanto a secuencia, estado de actividad, estilo, velocidad, humedad y material.

Suárez, en 1996 retoma la caracterización realizada por Varnes<sup>6</sup>, la cual corresponde a la siguiente:

---

<sup>6</sup> *Ibid*, p. 11

**1.2.1 Tipo de Material.** Se refiere a los siguientes tipos de material deslizado:

**a. Roca:** Se denomina a la roca dura y firme que estaba intacta en su lugar antes de la iniciación del movimiento.

**b. Residuos:** Se denominan residuos o “Detritos” a los suelos que contienen una significativa proporción de material grueso, más el 20% del material en peso debe ser mayor que 2 mm de diámetro.

**c. Tierra o suelo:** se denomina tierra o suelo al material que tiene más del 80% de las partículas menores a 2 mm. Se incluyen los materiales desde arenas a arcillas muy plásticas.

**1.2.2 Humedad.** Es uno de los factores determinantes para la ocurrencia de un movimiento en masa, ya que influye directamente en la resistencia al corte de un suelo, afectando en mayor magnitud a suelos finos como limos y arcillas. Dentro de éste parámetro se distinguen los siguientes estados:

**a. Seco:** No contiene humedad “visible”.

**b. Húmedo:** Contiene algo de agua pero no posee agua libre y puede comportarse como un sólido plástico pero no como un líquido.

**c. Mojado:** Contiene suficiente agua para comportarse en parte como un líquido y posee cantidades visibles de agua que pueden salir del material.

**d. Muy mojado:** Contiene agua suficiente para fluir como líquido, aún en pendientes bajas.

**1.2.3 Secuencia de Repetición.** Se refiere a movimientos que inician en un área local y progresan o se repiten en una determinada dirección. Dentro de esta secuencia se pueden citar los siguientes:

**a. Progresivo:** La superficie de falla se extiende en la misma dirección del movimiento.

**b. Retrogresivo:** La superficie de falla se extiende en dirección opuesta al movimiento.

**c. Ampliándose:** La superficie de falla se extiende hacia una u otra de las márgenes laterales.

**d. Alargándose:** La superficie de falla se alarga agregando continuamente volumen de material desplazado. La superficie de falla puede alargarse en una o más direcciones.

**e. Confinado:** Se refiere a movimientos que tienen un escarpe visible pero no tienen superficie de falla visible en el pie de la masa desplazada.

**f. Disminuyendo:** El volumen de material siendo desplazado, disminuye con el tiempo.

**1.2.4 Estilo.** Suárez<sup>7</sup> establece una nomenclatura adaptada de Varnes<sup>8</sup>, en cuanto a la actividad del deslizamiento cuando aparecen conjuntamente diferentes tipos de movimiento:

**a. Complejo:** Es aquel que tiene al menos dos tipos de movimiento, por ejemplo, inclinación y deslizamiento.

**b. Compuesto:** Corresponde al caso en el cual ocurren simultáneamente varios tipos de movimiento en diferentes áreas de la masa desplazada.

**c. Múltiple:** Deslizamiento que muestra movimientos repetidos del mismo tipo, generalmente, ampliando la superficie de falla.

**d. Sencillo:** Corresponde a un solo tipo de movimiento.

---

<sup>7</sup> *Ibid*, p. 9

<sup>8</sup> *Ibid*, p.11

### 1.2.5 Estado de Actividad.

- a. Activo:** Deslizamiento que se está moviendo en los actuales momentos.
- b. Reactivado:** Movimiento que está nuevamente activo, después de haber estado inactivo. Por ejemplo, deslizamientos reactivados sobre antiguas superficies de falla.
- c. Suspendido:** Deslizamientos que han estado activos durante los últimos ciclos estacionales pero que no se está moviendo en la actualidad.
- d. Inactivo:** Deslizamientos que llevan varios ciclos estacionales sin actividad.
- e. Dormido:** Deslizamiento inactivo pero que las causas del movimiento aparentemente permanecen.
- f. Abandonado:** Es el caso de un río que cambió de curso y que estaba produciendo un deslizamiento.
- g. Estabilizado:** Movimiento suspendido por obras remediales artificiales.
- h. Relicto:** Deslizamientos que ocurrieron posiblemente, hacia varios miles de años.

**1.2.6 Pendiente del Terreno.** Los perfiles más profundos de meteorización se encuentran en taludes suaves más que en los empinados. Para cada formación, en un estado de meteorización existe un ángulo de pendiente a partir del cual el talud se vuelve inestable. Por lo cual es de vital importancia determinar la pendiente característica del deslizamiento, ya que dependiendo del material, a mayor pendiente, mayor riesgo de actividad sobre el movimiento de masa.

**1.2.7 Uso del Suelo.** Es un parámetro que puede incidir de manera directa sobre la amenaza que represente la zona a continuar deslizándose; o también puede ser una de las causas secundarias que hayan provocado inestabilidad del terreno. Esta información es la requerida para la realización de los mapas de uso del suelo, en su respectiva caracterización; para este trabajo se retomó el esquema presentado por Giraldo y Jiménez.<sup>9</sup> Los diferentes tipos de uso suelo son:

*-Bosque primario o natural (Bn o Bp):* bosque que no ha presentado ninguna intervención humana, se caracteriza por la heterogeneidad de especies. Presenta una textura compleja.

*-Bosque Secundario o Artificial (Bs):* bosques cultivados por el hombre para fines agrícolas, comerciales, forestales o de conservación, se caracterizan por la homogeneidad de especies y por una textura simple.

*-Bosque de Galerías (Bg):* Bosque primario que se encuentra en las márgenes de los ríos y quebradas, son muy importantes para conservar las cuencas.

---

<sup>9</sup> GIRALDO J, *Revista de Ingeniería de Geológica No.1, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2000.*

-*Vegetación de Páramo (Vp)*: Vegetación en zonas con alturas superior a los 3000 metros.

-*Rastrojo Alto (Ra)*: Plantaciones naturales altas conocidas también con el nombre de arbustos y malezas, como helechos y otras especies.

-*Rastrojo Bajo (Rb)*: igual al anterior pero de menor tamaño (menor a un metro).

-*Pastos (de corte o de pastoreo, Pp)*: zonas cultivadas con pasto y para alimentar ganado.

-*Café con Sombrío (Cf)*: Café con sombrío de plátano, frutales y otros.

-Cultivos densos de caña: También pueden ser de plátano o café sin sombrío.

-*Cultivos Limpios (Cl)*: Maíz, frijol, hortalizas, yuca.

-*Cultivos Semilimpios (Csl)*: Frutales.

-*Zonas Residenciales (Zr)*

-*Zonas Minerales (Mn)*

### **1.3 MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN MECÁNICA Y QUÍMICA**

A continuación se presentan algunos métodos de estabilización, recomendados por Suárez, 1989<sup>10</sup>.

1. *Método de elusión.*
2. *Abatimiento de la pendiente del terreno*<sup>11</sup>.
3. *Remoción de materiales.*

---

<sup>10</sup> SUÁREZ DÍAZ, *Estabilidad de Taludes en zonas tropicales. UIS 1ª. Edición, 1989.*

<sup>11</sup> RICO y DEL CASTILLO, *La Ingeniería de Suelos en las vías terrestres, Editorial Limusa, 2000.*

4. *Colocación de contrapesos.*

5. *Pilotes de control.*

6. *Anclajes.*

- Pernos independientes para bloques de roca.
- Plaquetas o platinas ancladas.
- Muros anclados.

7. *Muros de Gaviones.*

8. *Tratamientos químicos .*

9. *Combinación de sistemas.*

10. *Sistemas de control de aguas:*

- Zanjas de coronación.
- Subdrenes Interceptores.
- Drenes horizontales o de penetración.
- Trincheras estabilizadoras.
- Galerías de drenaje.
- Pozos verticales.

11. *Control de erosión superficial.*

- Revestimiento con vegetación.
- Revestimiento en concreto o mortero lanzado, asfalto o plásticos.
- Revestimiento con bloques de roca o mampostería.
- Revestimiento con gaviones.

- Control de aguas de escorrentía por medio de cunetas, alcantarillas, graderías o lavaderos, etc.

## **1.4 CONCEPTO Y USO DE UN INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS**

### **DEFINICIÓN Y USO**

Un inventario de deslizamientos, es una compilación o registro de movimientos en masa (suelo o roca), dentro del cual se tienen en cuenta todos los parámetros necesarios para la clasificación y caracterización de cada movimiento. Un paso previo a la realización de cualquier estudio de amenazas es la elaboración del *inventario de movimientos en masa*, que permiten definir el tipo, actividad y su distribución ambiental, el cual proveerá de información adecuada y suficiente para el desarrollo de mapas de amenaza que permitan zonificar las áreas problema en niveles apropiados a los fines de planeación.

## **1.5 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)**

**1.5.1 Definición.** Un SIG, es un paquete sistematizado, dentro del cual se encuentran múltiples herramientas que permiten la organización, manipulación y análisis de datos geográficos en forma espacial. Actualmente se cuenta con una diversidad de programas computarizados para manejar un SIG.

Un sistema de información geográfica (SIG), es un sistema computarizado que permite la entrada, almacenamiento, representación y salida eficiente de datos espaciales (mapas) y atributos (descriptivos) de acuerdo a especificaciones y requerimientos concretos.<sup>12</sup>

Para la aplicación de un SIG, es necesaria la previa estructuración de una base de datos digital, que corresponde a la colección estructurada e interrelacionada de datos sobre un sistema y programa que permite optimizar el uso y manejo de información para diferentes aplicaciones temáticas. Es importante destacar que la base de datos reduce notablemente la redundancia de la información, mantiene la integridad y calidad de los datos y permite tener seguridad en la información que se almacena.

**1.5.2 Utilización de los SIG.** Según Suárez<sup>13</sup> los sistemas de información geográfica, son un sistema muy útil para resolver los modelos que permiten zonificar las amenazas, debido a que permiten el almacenamiento y manipulación de la información referente a los diferentes factores de terreno como capas de datos.

El SIG es una herramienta de apoyo a la planificación regional y local, su desarrollo y puesta en marcha involucra una serie de operaciones relacionadas

---

<sup>12</sup> CALDERON L, Yolanda, *Base de Datos de Amenazas Geológicas de Colombia utilizando un SIG*, VII Congreso Colombiano de Geotecnia, 1998.

<sup>13</sup> SUÁREZ DÍAZ, 1998. *Op. Cit*,

desde el proceso de obtención, almacenamiento y análisis de datos, hasta la generación de información útil, que permita su información en el proceso de toma de decisiones, mejorando su calidad y optimizando resultados.

Dentro de las grandes ventajas que ofrece la utilización de un SIG, está la implementación de una base de datos, que permita ser actualizada constantemente logrando así una amplia variedad de análisis de información que presenta tanto en forma tabulada, como espacial de los datos almacenados digitalmente al sistema. Además, otro tipo de análisis de importancia es el estadístico, el cual puede ser estructurado según las necesidades de información requerida y dependiendo de la cantidad de información que se suministre al programa. Entre de las tareas más comunes y útiles, se pueden mencionar: creación de mapas, manejo de datos tabulares, simbolización y tematización de los mismos según diversos métodos de clasificación de datos, etiquetado con texto y gráficos, generación de gráficas basadas en datos, soporte para diversas proyecciones, formatos para composición de mapas para impresión, búsqueda de entidades con atributos particulares, localización dentro de ellas y por intersección.

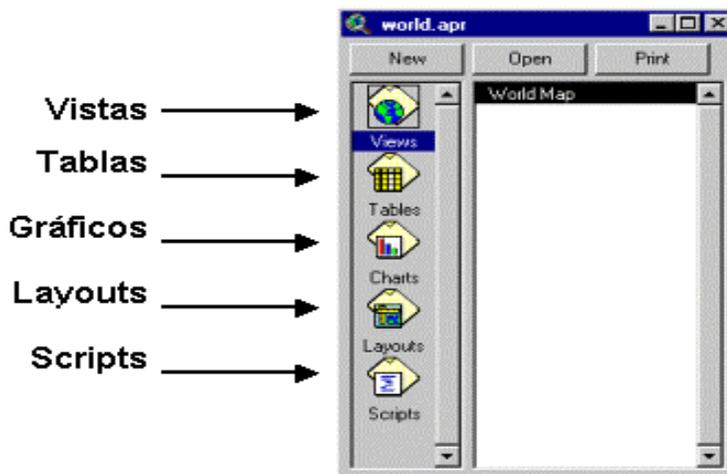
Las últimas versiones de estos programas son compatibles con otros sistemas útiles para la realización de este tipo de proyectos como el AUTO-CAD®, convirtiéndose en una herramienta de tecnología de punta.

**1.5.3 Descripción del SIG Utilizado en el Inventario.** Dentro de los SIG que se conocen en el medio se encuentra el software *ArcView*, el cual se ha seleccionado como herramienta para la sistematización del inventario realizado, debido a que es el de mayor utilización en nuestro medio universitario y en otros niveles mundiales el segundo más popular. El programa utilizado corresponde a la versión 3.1 de *ArcView*, cuya licencia No. 84343 y llaves No. 70632, son propiedad del Departamento de Física de la Universidad de Nariño.

Para dar a conocer en forma general el funcionamiento de *ArcView* 3.1, se presenta a continuación un resumen al respecto, tomado de la página de Internet <http://www.Arc View.com/>

Las actividades de *ArcView* tienen lugar dentro del *proyecto*, o colección de datos asociados con los que se trabaja durante la sesión. Los proyectos pueden contener cinco tipos de documentos: vistas, tablas, gráficos, layouts (salidas impresas) y scripts o lenguaje de programación (Gráfica 13). La ventana muestra los nombres de todos los documentos contenidos en un proyecto *ArcView*. Dicho proyecto organiza y almacena el estado de éstos, además gestiona cómo y dónde se despliegan los documentos, mantienen activas las selecciones de los mismos y define la apariencia de la ventana de aplicación. La información del proyecto se almacena en un fichero en formato ASCII y siempre tiene extensión.apr.

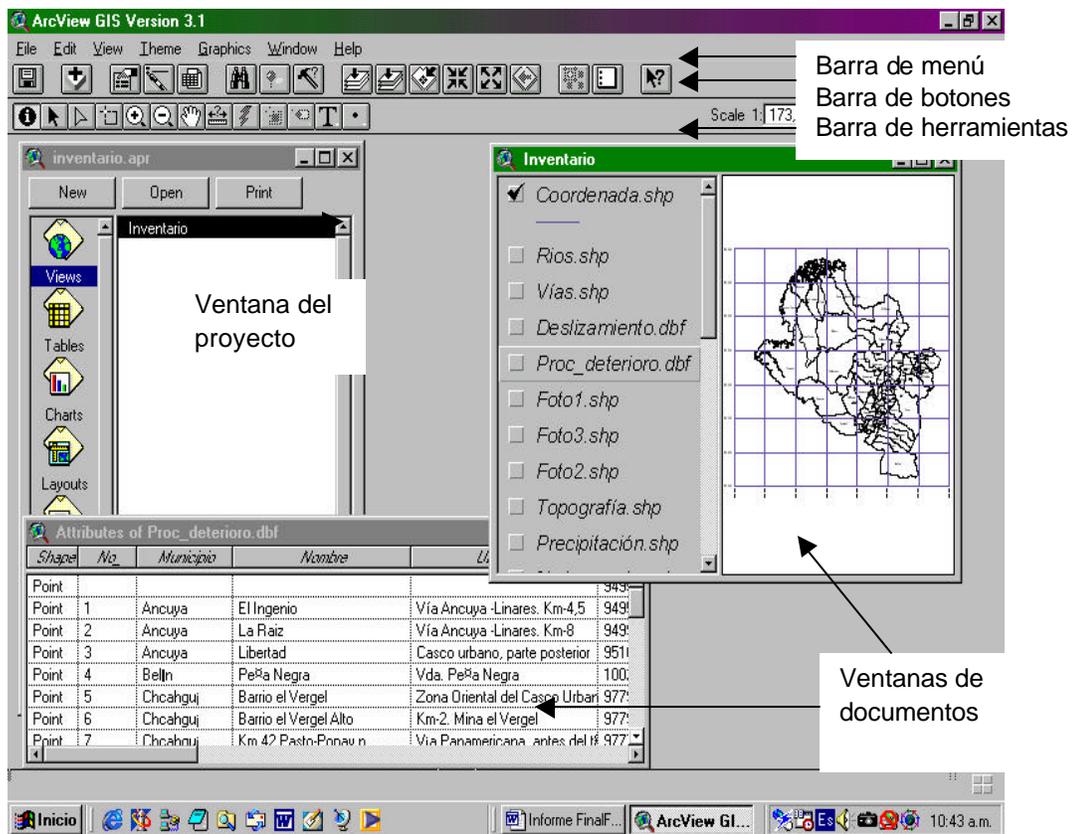
Gráfica 13. Ventana del Proyecto.



ArcView soporta muchas clases de información y cada una aparece en una ventana diferente. Se puede utilizar la ventana del documento para desplegar y operar (por ejemplo, seleccionar desde un mapa o una tabla; Gráfica14).

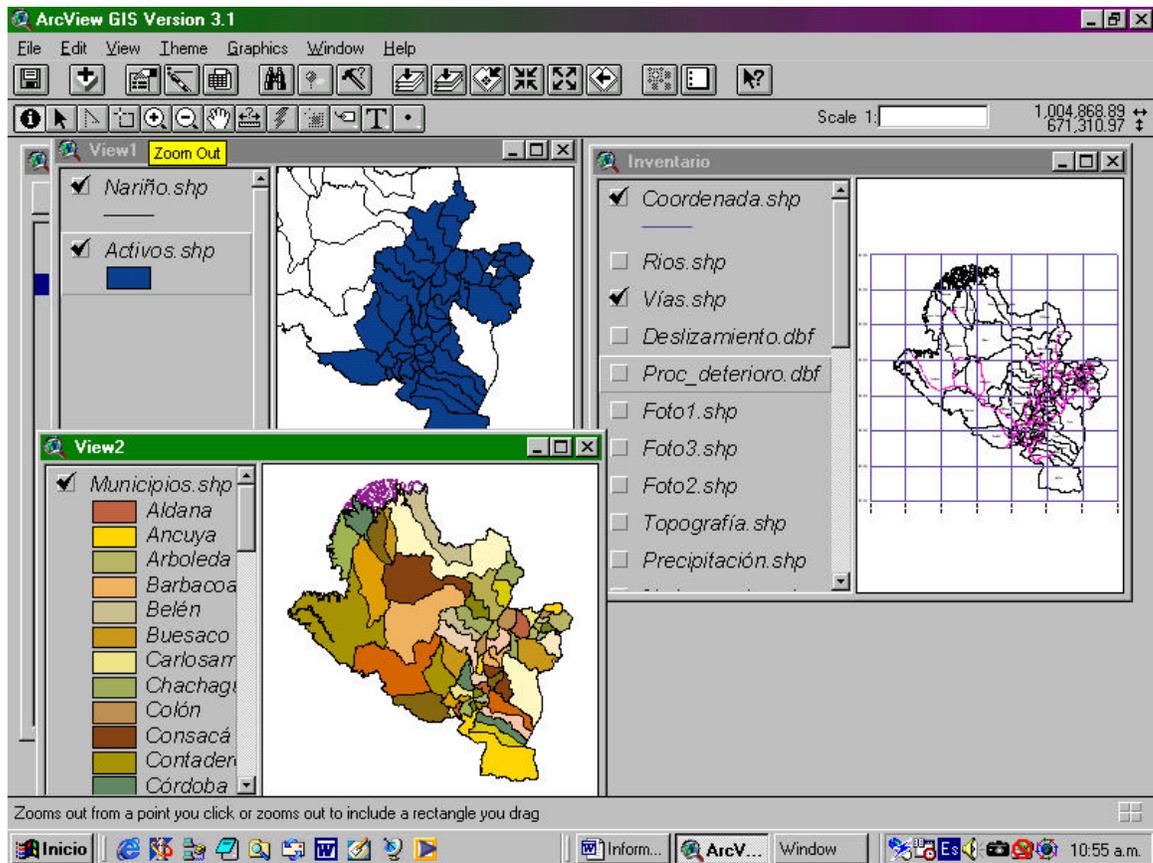
**Vistas :** Una vista despliega un mapa conteniendo cada capa de información; por ejemplo: carreteras, límites municipales, cascos urbanos y deslizamientos (Gráfica 15).

Gráfica 14. Entorno Arc View



**Tablas :** Las tablas despliegan información tabular. Almacenan información que describe los elementos geográficos de la vista; por ejemplo: localización geográfica, geometría y tipo de deslizamientos entre otros (Gráfica 16).

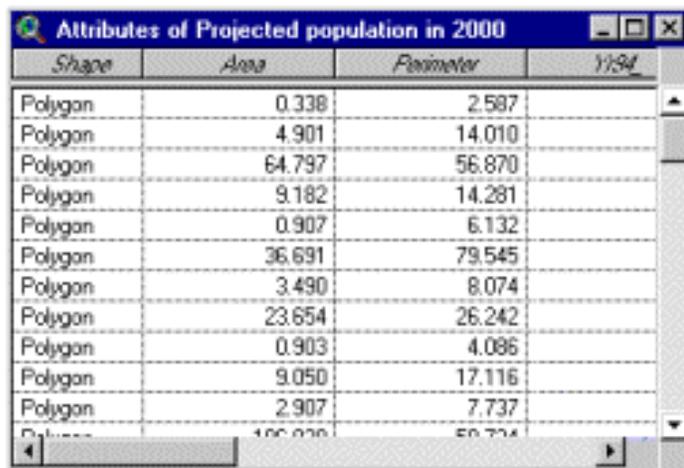
Gráfica 15. Vistas de un proyecto



**Gráficos:** Los gráficos representan de manera visual información tabular. ArcView permite realizar seis tipos de gráficos; uno de ellos se indica en la Gráfica 17, que representa un diagrama de barras.

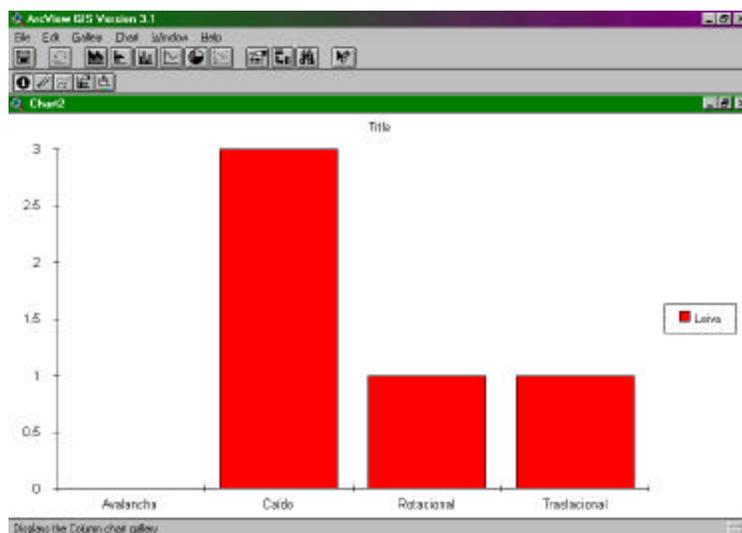
**Layouts:** Permiten unir los distintos tipos de documentos del proyecto y otros componentes (escala, orientación, imágenes, cajas, etc.) para crear un mapa final que se enviará a la impresora.

Gráfica 16. Tablas de un proyecto.



Shape	Area	Perimeter	% of total
Polygon	0.338	2.587	
Polygon	4.901	14.010	
Polygon	64.797	56.870	
Polygon	9.182	14.281	
Polygon	0.907	6.132	
Polygon	36.691	79.545	
Polygon	3.490	8.074	
Polygon	23.654	26.242	
Polygon	0.903	4.086	
Polygon	9.050	17.116	
Polygon	2.907	7.737	
Polygon	100.000	50.000	

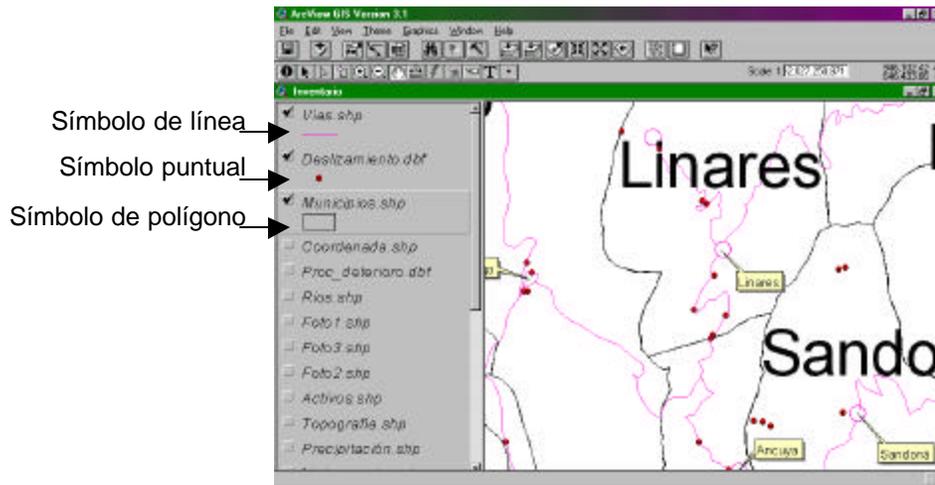
Gráfica 17. Diagrama de barras.



**Temas en Arc View:** Un tema es un conjunto diferenciado de elementos geográficos como son municipios, topografía, procesos de deterioro, deslizamientos o ríos, junto con sus atributos.

Los temas pueden ser creados desde una variedad de fuentes de datos, inclusive mapas digitales existentes, imágenes y ficheros de datos tabulares y se pueden estudiar dentro de una vista. Los elementos del tema representan objetos geográficos usando tres formas básicas: puntos, líneas y polígonos. Por ejemplo, un tema representa vías y ríos como líneas, deslizamientos o procesos de deterioro como puntos y municipios como polígonos (Gráfica 18).

Gráfica 18. Temas del proyecto



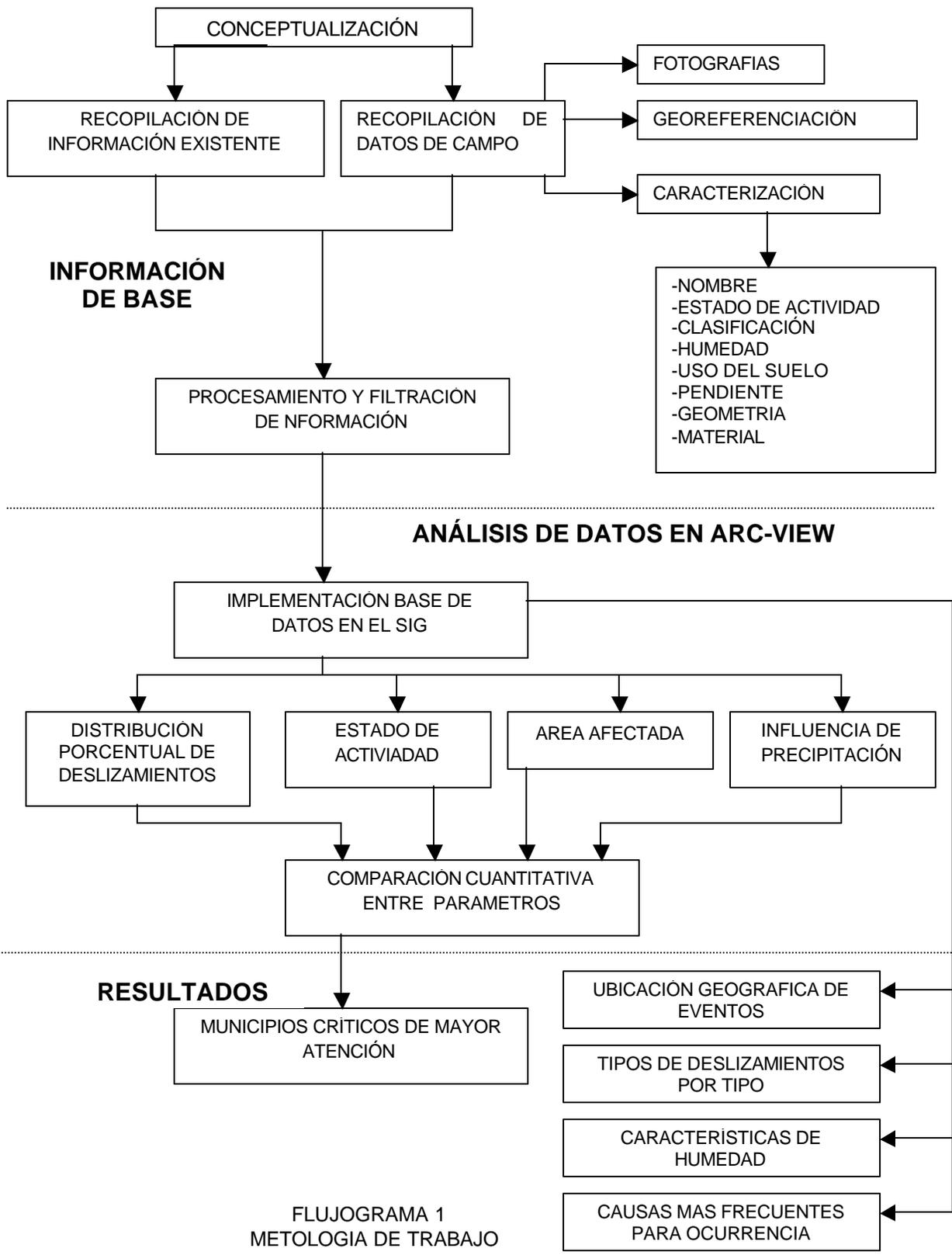
## **2. METODOLOGÍA**

En el Flujograma 1 se indica la metodología empleada para la realización del inventario de deslizamientos.

### **2.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

**2.1.1 Revisión de Información Histórica.** El primer paso dentro del desarrollo del inventario como tal, consistió en determinar las fuentes de información histórica referente a eventos ocurridos en nuestro departamento. Para ello se seleccionaron y visitaron las siguientes instituciones: INGEOMINAS, PLANEACIÓN DEPARTAMENTAL, CORPONARIÑO, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS), COMITÉ REGIONAL PARA LA ATENCIÓN Y PREVENCIÓN DE DESASTRES (CREPAD), INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM), ALCALDÍAS MUNICIPALES, SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA Y MINAS DEL DEPARTAMENTO.

La información histórica corresponde a fenómenos de movimientos en masa, ocurridos en los últimos cien años aproximadamente.



FLUJOGRAMA 1  
METODOLOGIA DE TRABAJO

Los objetivos alcanzados con la búsqueda de información histórica, se encaminaron hacia la determinación de los siguientes datos:

- *Localización general*, hace referencia a la localización dentro de cada municipio, ya sea; casco urbano, vereda o vía donde se haya presentado el evento.
- *Identificación del deslizamiento* o fenómeno de remoción en masa, que generalmente es dado por los moradores, o que corresponde al nombre de la vereda, punto o lugar de ocurrencia.
- *Fecha* en la cual se presentó el deslizamiento.
- *Descripción del fenómeno* de remoción en masa, hace referencia a la información resultante de una evaluación profesional, acerca de las características del movimiento, o simplemente su clasificación.
- *Referencias* respecto a pérdidas materiales o víctimas que se hayan presentado en el deslizamiento.

**2.1.2 Información Obtenida en Registros Históricos.** Realizada la correspondiente visita a las diferentes entidades, anteriormente mencionadas, se obtuvo la información únicamente de algunos municipios a inventariar.

Desafortunadamente, los datos recolectados no se ajustaron totalmente a las expectativas planteadas en esta actividad. Por tal razón dentro de los registros encontrados, tales como: *Esquemas y Planes Básicos de Ordenamiento Territorial (CORPONARIÑO)*; *Planes de Desarrollo (PLANEACION DEPARTAMENTAL)*, *Planes Locales de Emergencia y Contingencia (CREPAD-N)*, *Informe Ejecutivo*

*Bimestral de Sitios Críticos (INVIAS) y Base de Datos Bibliográfica de INGEOMINAS*; sólo se obtuvieron datos referentes al nombre y ubicación de los sitios con presencia de deslizamientos. Para los municipios de Santacruz, El Tambo, Buesaco y Samaniego a partir de informes técnicos de INGEOMINAS<sup>14</sup>, se contó con registros más completos, debido a la magnitud y recientes daños causados por estos eventos.

**2.1.3 Información en Campo.** Con el objeto de estructurar una base de datos de manera confiable y actualizada, sobre la revisión bibliográfica realizada; para incluirla en el presente Inventario fue necesario programar y ejecutar de manera adecuada un plan de visitas a cada uno de los municipios contenidos dentro del mismo. En la programación de actividades se realizó la siguiente planificación para el inventario, con el objeto de obtener la mayor información útil posible:

1. ***Selección de los municipios a visitar por semana:*** Se tuvo en cuenta la cercanía entre ellos y la ruta a seguir con el objeto de visitar un municipio por día de manera consecutiva, dentro de la semana.

2. ***Información a obtener:*** Con el fin de corroborar y actualizar la información encontrada dentro de la revisión histórica, con aquella alcanzada mediante la

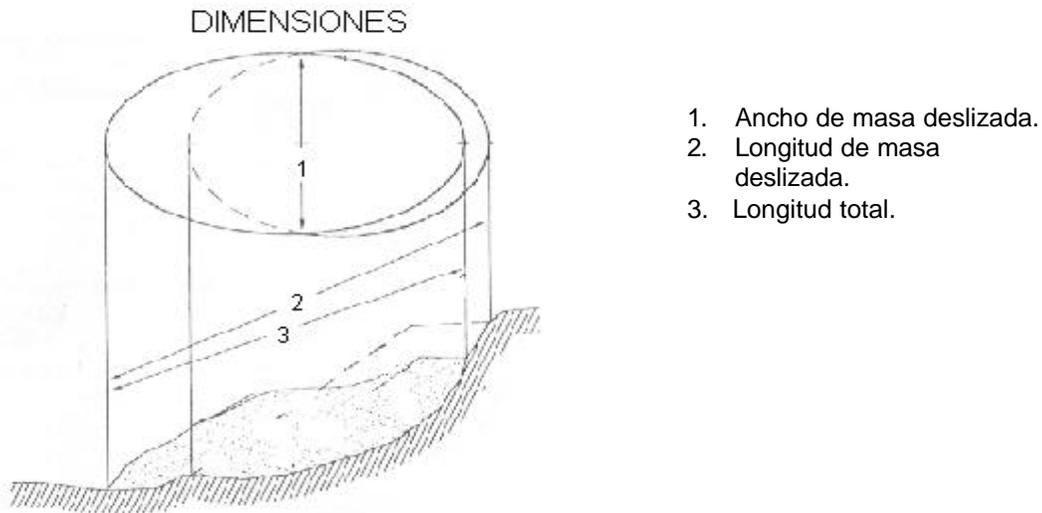
---

<sup>14</sup> INGEOMINAS, *Informes Técnicos sobre visitas de emergencia a los municipios de Santacruz, 1988, Buesaco y Tangua, 2000 y Samaniego 1997.*

observación directa del evento, se elaboró un formato de campo (Ver Anexo A), para registrar la siguiente información:

- Nombre del evento.
- Localización general dentro del municipio.
- Localización geográfica, obtenida con coordenadas planas. Esta operación se llevó a cabo con la utilización de un GPS, tipo GARMIN GX de 12 canales y la lectura se realizó con promedio de 8 satélites, según el caso y la accesibilidad al sitio, en el pie, el cuerpo o la corona del deslizamiento; tomando como DATUM el correspondiente a BOGOTA OCCIDENTAL.
- Altitud del sitio en el cual se ha presentado el fenómeno, de la misma manera, se utilizó como herramienta para dicha lectura, el GPS GARMIN.
- Características Geométricas del Deslizamiento; determinada por las dimensiones aproximadas en cuanto al ancho y longitud de la masa desplazada. Estas dimensiones fueron obtenidas mediante la utilización del GPS para deslizamientos con magnitudes mayores o iguales a 100 m, por diferencia de coordenadas; y mediante medición directa con cinta, para deslizamientos menores (Gráfica 19).

Gráfica 19. Dimensiones de los movimientos en masa, adaptado de Suárez 1998.



- Pendiente del terreno, la cual hace referencia al promedio de la pendiente característica del terreno en el que se ha presentado el deslizamiento, obtenida mediante un nivel *abney*.
- Humedad del suelo, dato que fue tomado como aquella humedad que presenta el suelo de la zona al momento de la visita. Como referencia para este factor, se ha tomado la caracterización de Varnes 1996<sup>15</sup>, dentro de la cual se encuentran suelos de tipo: *Seco, Húmedo, Mojado y Muy mojado*, los cuales se definieron anteriormente.

---

<sup>15</sup> Varnes, 1978, *Op. Cit.*

- Tipo de Movimiento: Que determina la clasificación a la que corresponde el evento en juicio y dentro de los cuales están: *caído, inclinación o volteo, deslizamiento rotacional o traslacional, flujo, avalanchas y movimientos complejos*. Varnes, 1996<sup>16</sup>. En el desarrollo de las visitas, se encontró además de los tipos de movimientos nombrados, una serie de fenómenos que no son catalogados directamente como movimientos de masa dentro de la clasificación que se utilizó en el Inventario. Los casos particulares se presentaron en los municipios de Yacuanquer y Tangua, en donde por acciones de tipo antrópico, específicamente por la inadecuada explotación de minas de arena mediante túneles; se han producido una serie de hundimientos del terreno, en colapsos repentinos, ocasionados por la pérdida de soporte en suelos arenosos como estos. Para adicionar estos fenómenos a la base de datos estructurada, se denominaron como ***fenómenos de subsidencia***, término que describe estos eventos desde el punto de vista geológico.

- Proceso de Deterioro: Debido a que no todos los lugares visitados presentaron características de movimientos en masa, propiamente dichos, sino procesos de inestabilidad que suponen el deterioro de talud o terreno susceptible a un deslizamiento y que por lo tanto se traduce en un preaviso de la ocurrencia de estos eventos; se vio la necesidad de incluir este tipo de fenómenos en el Inventario. La base para esta caracterización, se describió en el capítulo referente al *Marco Conceptual*, del presente.

---

<sup>16</sup> *Ibid*, p. 45

- Estado de Actividad: Como su nombre lo indica, especifica si el movimiento se encuentra: *Activo, Inactivo, Suspendido, Estabilizado o Dormido*, tomado de Suárez, 1998<sup>17</sup>.
  
- Uso del suelo: parámetro referenciado según lo descrito dentro del marco conceptual del presente trabajo.
  
- Tipo de Material: Clasificación del material deslizado, tomando como referencia, la caracterización propuesta por Varnes, y retomada por Suárez<sup>18</sup> que corresponde a tres grupos: *Roca, Suelo y Detritos*. Viéndose durante el desarrollo inicial del inventario, la necesidad de una implementar una caracterización del material de manera más detallada y con mayor ilustración, el grupo de trabajo determinó realizar esta clasificación en dos fases:
  - Clasificación General: ***Roca, Suelo y Detritos***.
  - Clasificación Particular:
    - Roca: sana, fracturada y meteorizada.***
    - Suelo: arcilla, limo, arenisca, combinación de ellos.***
    - Detritos o suelos residuales.***
  
- Fecha de ocurrencia: fecha en la cual ocurrió el deslizamiento

---

<sup>17</sup> SUÁREZ DÍAZ, 1998. *Op. Cite*

<sup>18</sup> *Ibid*, p. 47

- Factores influyentes: Antrópicos o naturales, este parámetro corresponde a la influencia de la actividad del hombre o de la naturaleza, que haya incidido de manera indirecta en la detonación del fenómeno.
- Registro Fotográfico: Para registrar la información gráfica de cada evento, se determinó captar imágenes del deslizamiento, mediante la utilización una cámara fotográfica.
- Observaciones acerca del fenómeno, que corresponden a las descripciones más relevantes que presentó cada uno.

## **2.1 ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

En cada municipio visitado, a través de un proceso de filtración, se obtuvo una base de datos final con eventos que dentro del registro histórico se lograron corroborar con la observación en campo, incluyendo los movimientos de masa recientes no determinados en la información preliminar.

Los datos depurados de todos los registros recopilados y que constituyen la información que provee el Inventario de Deslizamientos, fueron llevados a un formato que permita la adecuada manejabilidad, visualización e interpretación de

la misma, para lo cual se utilizó una hoja electrónica y cuyos resultados se presentan en el anexo B de este trabajo.

Registro Fotográfico: Además de organizar todos los parámetros de cada deslizamiento de manera que se alcance agilidad al momento de su revisión y manipulación, se organizó y editó cada una de las fotografías obtenidas en campo. Teniendo de manera previa todo este registro en formato digital, se procedió a su respectiva edición, tarea consistente en la identificación del lugar y la descripción gráfica de cada evento, para ser llevada cada fotografía a la carpeta del respectivo municipio.

## **2.3 IMPLEMENTACION DEL SIG**

**2.3.1 Aspectos Previos en la Información.** Estructurada la base de datos en forma tabulada y digitalizada, se introdujeron todos los registros en Arc View 3.1. Para ello se ajustaron los siguientes parámetros en la información incluida al programa:

A. *DATOS TABULADOS:* Con el fin de exportar este tipo de registros hacia Arc View, de forma adecuada para el programa, se realizó una tabla general, la cual articula toda la información referente a cada movimiento de todos los municipios registrados. Es importante además, recalcar que el programa acepta datos de

tabla, únicamente con extensión *\*.dbf*, razón que obliga a exportar el archivo con dicho formato.

B. *REGISTRO FOTOGRÁFICO*: Dado que el SIG utilizado, no soporta formatos de imágenes con extensión *\*.JPG* los cuales ofrecen la ventaja de manejar imágenes con alta resolución ocupando poco espacio en disco. Dentro de las extensiones de imagen que acepta ArcView 3.1, se encuentran *\*.GIF* y *\*.TIFF*, siendo descartada la última por la magnitud de espacio en memoria ocupado. Por lo tanto todos los archivos de fotografía se pasaron de *\*.JPG* a *\*.GIF*, para ser trabajados finalmente en este formato.

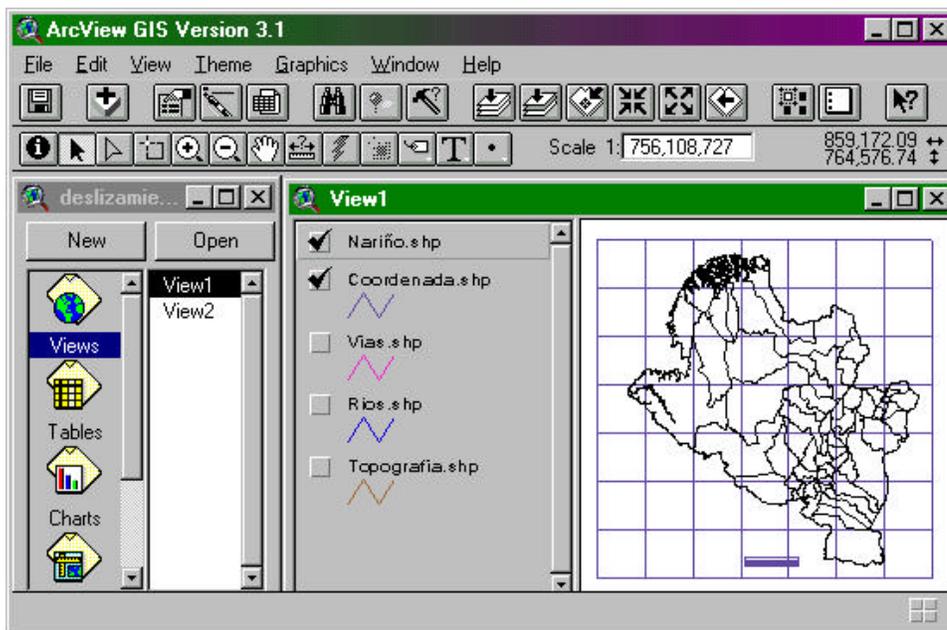
C. *MAPA DE NARIÑO DIGITALIZADO*: La base cartográfica utilizada para entrar los datos, fue el mapa generalizado de Departamento de Nariño a escala 1:400000, en formato digital y proporcionada por la oficina SIG de CORPONARIÑO. Dicha información en formato *\*.dwg*, fue exportada al sistema SIG, con la extensión *\*.dxf*.

**2.3.2 Introducción de Datos al Sistema.** El proceso de alimentación de datos al programa Arc View 3.1, se llevó a cabo a partir del archivo en hoja electrónica en el cual se registró previamente toda la información tabulada.

A. *INTRODUCCIÓN DEL MAPA DIGITALIZADO*: Cualquier tipo de información que soporte ArcView, puede tomarse dentro de su entorno de trabajo como un

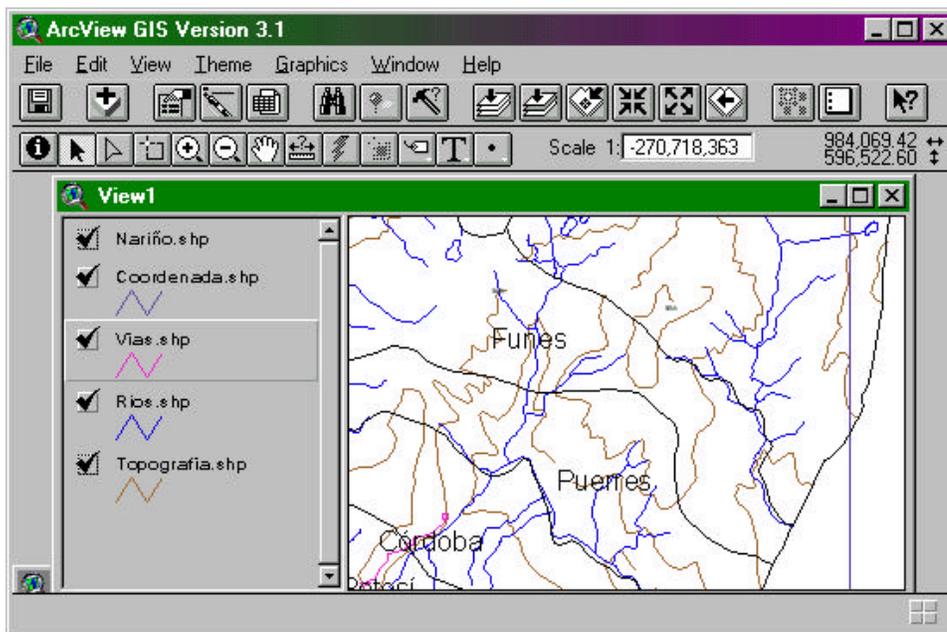
tema, por lo tanto el primer tema a entrar en el programa fue el mapa de Nariño, denominado **Nariño.shp**. Para efectos de mejor manejo de todos los tipos de información que contiene dicho mapa, se introdujo cada tipo como un tema individual, siendo cada uno de ellos: *coordenadas*, *ríos*, *vías*, *topografía* y *límites municipales*. En las gráficas 20 y 21 puede observarse, el resultado en ambiente Arc View, de lo descrito anteriormente.

Gráfica 20. Vista del mapa de Nariño, incluido como tema en Arc View 3.1

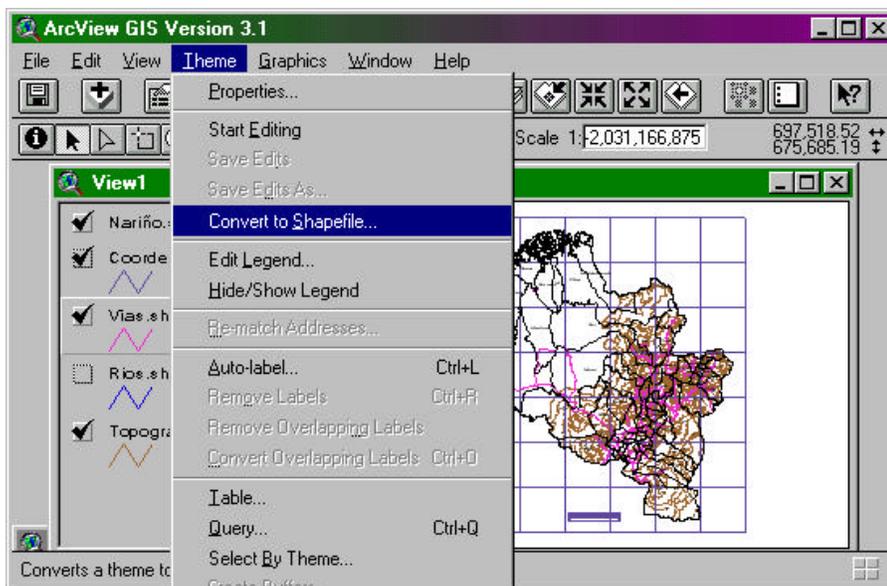


Para editar cada uno de estos temas, ya sea en su gráfico (*Vista*), o en su tabla de atributos; el programa permite transformar cualquier tema aceptado, a un archivo tipo shape o de extensión \*.shp. Esta tarea se ejecuta mediante la herramienta *convert to Shapefile*, la cual se realizó para cada tema y se ilustra en la Gráfica 22.

Gráfica 21 Inserción de temas correspondientes a vías, ríos y topografía.



Gráfica 22. Traslado de temas a formato shp.



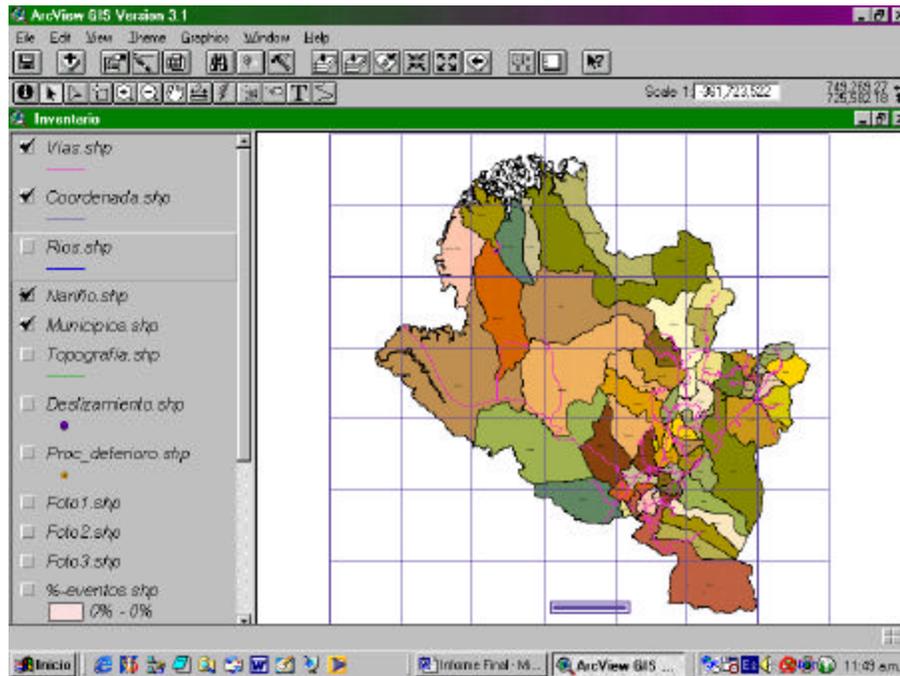
El paso siguiente consistió en la edición de los temas insertados, ya que al ser importados directamente desde el programa AutoCad, se introduce

automáticamente además del gráfico, su respectiva tabla de atributos, la cual suministró información del mismo. La información que exportó el sistema CAD hacia la tabla no fue útil, por lo tanto hubo la necesidad de editarla en tal forma que se eliminó dicha información y se insertó aquella que brindará utilidad al inventario. Los resultados de este paso, pueden observarse más adelante, en el manejo de la información que permite Arc View 3.1.

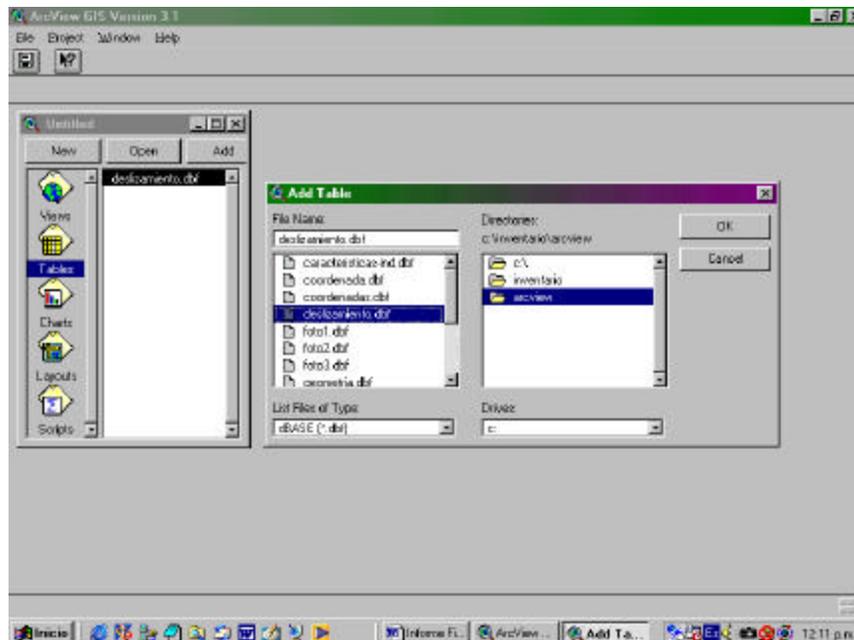
Otra tarea de modificación, consistió en la realización del detalle o “relleno” dentro del mapa, para cada uno de los municipios que conforman el Departamento de Nariño, ya que para lograr el despliegue de información para las jurisdicciones municipales y visualizar de manera clara sus límites, se graficó sobre dichos límites, un polígono que represente su área municipal, esto se archiva en un *tema* denominado ***municipios.shp***. El resultado se ilustra en la Gráfica 23.

***B. INTRODUCCIÓN DE INFORMACIÓN TABULADA Y FOTOGRAFÍAS:*** Para anexar a la base de Arc View, la información obtenida en la realización del inventario, se utilizó las herramientas que permiten importar desde el programa, datos tabulados en formato *\*.dbf*, esto es posible mediante la opción *Adición de Tablas*, con los procedimientos complementarios para esta acción (Gráfica 24).

Gráfica 23. Edición del mapa de Nariño



Gráfica 24. Introducción de información tabulada.



Los datos que integran la tabla principal del inventario, se agruparon en los mismos campos que contiene el formato destinado a la captura de información en campo, además se adicionó un campo para el registro fotográfico principal, el cual enlaza a la vista con las fotografías mediante un *hot link* o vínculo. Con el objeto de dar claridad y visualización al deslizamiento inventariado, el registro fotográfico se insertó en tres temas individuales además de la imagen principal adicionada a la anterior tabla. Por lo tanto en la mayoría de los casos y dependiendo de factores de cada fenómeno como la magnitud, accesibilidad y condiciones ambientales; se realizó la inserción de cuatro fotografías por cada evento dentro del archivo correspondiente al inventario. En algunos casos, la magnitud del fenómeno obligó a realizar empalmes en el proceso de edición de las mismas.

Siendo el mapa junto con su información geográfica, digitalizados en escala 1:400000, cada deslizamiento y proceso de deterioro con sus respectivas coordenadas geográficas, se representó individualmente como un punto, diferenciándose entre ellos mediante la adjudicación de colores, así: *color rojo para deslizamiento y color anaranjado para proceso de deterioro*. Para poder ser llevados a la base gráfica, se insertó las coordenadas de dichos puntos en dos temas diferentes dentro del mapa: *deslizamientos.shp* y *proc-deterioro.shp*. El procedimiento para esta tarea se lleva a cabo mediante las respectivas herramientas del software en mención y el resultado tanto de la información tabulada como de la ubicación de los deslizamientos dentro del mapa y registro fotográfico se observa en las Gráficas 25, 26 y 27.

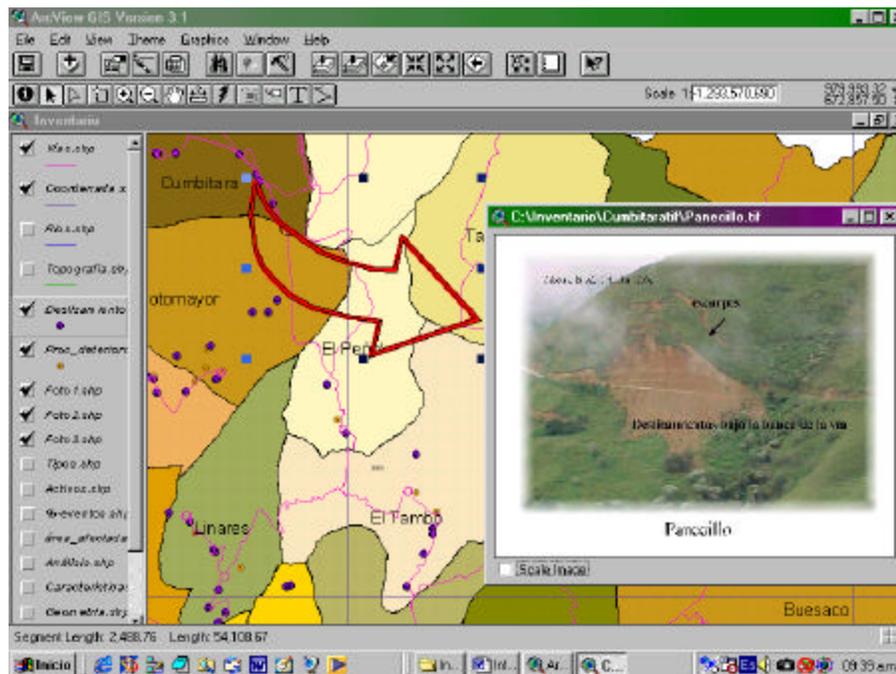
Gráfica 25. Edición de tablas.

Municipio	Ubicación	Coord. x	Coord. y	Altitud	Superficie	Área	Distancia
Ancoque	Eduardo Santos	950780.24	629043.81	1191	250	190	37900
Ancoque	Cajatal	946586.23	624365.42	1382	50	20	1000
Ancoque	Los Bernardos	947102.53	626686.41	2194	15	15	225
Ancoque	San Francisco	945715.19	630715.25	1464	40	100	4000
Ancoque	El Pedregal	948456.90	63191.16	1652	100	10	1000
Ancoque	La Palma	948953.90	636358.01	2024	30	10	300
Ancoque	Papayal	950062.19	629837.53	1226	20	60	1200
Ancoque	Fincales	951510.01	625766.08	1380	20	15	300
Ancoque	La Fibreite	951035.22	627060.77	1315	150	200	30000
Ancoque	El Chamezal	950443.45	628561.13	1274	15	45	675
Ancoque	El Limónal	951451.33	625115.00	1363	35	10	350
Concepción	Cajecol Alto	957023.76	624004.03	1705	30	10	300
Concepción	Azuñal	957093.16	624029.93	1732	70	90	3600
Concepción	San Vicente	956642.24	624029.83	1689	20	60	1200
Concepción	Los Hermanos	956697.17	624379.86	1723	50	30	1500
Concepción	El Tejar	956754.69	624855.24	1863	40	30	1200
Concepción	El Carmelo	956232.32	624415.34	1718	70	15	1050
Dumbitara	Paracillo	952236.49	627522.87	927	40	60	2400
Dumbitara	Piedra Verde	950804.73	629814.67	846	30	20	600
Dumbitara	La Manga	951945.25	627202.51	972	15	20	300
Dumbitara	El Estrecho	947523.62	625827.90	1166	30	15	450
Dumbitara	San Pablo	948692.15	623968.80	1546	60	20	1600
Dumbitara	Tablón	9548155.8	625818.28	1055	25	15	375
Dumbitara	San Juan Bosco	944200.73	623621.38	1747	5	40	200
Dumbitara	Aranda	952340.97	624222.77	763	25	20	500

Gráfica 26. Información tabulada desplegada desde el mapa.

Property	Value
Shape	Point
No.	82
Municipio	Linares
Nombre	El Placer
Ubicación	Via Linares-Ancoque Km 3
Coord. x	949050.23
Coord. y	639046.99
Altitud	1698
Long. apico	70
Ancho. apico	30
Area. de. uso. com.	2100
Uso. suelo	Banque secundario
Humedad	Muy húmedo
Pend.	.
Actividad	Ahorro
Materia	Suelo. arenoso
Factor. ent.	Mal manejo de aguas superficiales
Tipo. cam.	Traslocacional
Proceso. de	Lavado superficial

Gráfica 27. Registro fotográfico desplegado desde el mapa.



**2.3.3 Procedimiento para Determinar la Distribución Porcentual de Deslizamientos.** Se refiere a la distribución porcentual de los deslizamientos presentes en cada municipio, con respecto al total de los eventos inventariados. A partir de la base de datos insertada al programa, el desarrollo de este análisis se resume en los siguientes pasos ejecutados:

1. Se creó una tabla auxiliar a partir de la general que contiene la base de la información, para determinar el número de deslizamientos que se encontró en cada municipio (Gráfica 28).

2. Se insertó un nuevo tema llamado **%-eventos.shp**, a partir del **Municipios.shp**, anteriormente realizado, para trabajar sobre la misma base gráfica del mapa, con el fin de manipular y analizar la información referente únicamente a los deslizamientos y procesos de deterioro activos en el entorno Arc View.

3. Mediante el *editor de leyendas* que posee cada *vista y tema*, se logró visualizar gráficamente en el mapa, la *distribución porcentual del número de eventos presentes para cada municipio, con respecto al total de los inventariados*; así mismo, fue posible visualizar este dato en forma directa y no en porcentaje.

Gráfica 28. Tabla del tema que indica el número de deslizamientos por cada municipio.

Shape	Municipio	Area	Num. desliz
Polygon	Consacá	132	6
Polygon	Yacuanquer	100	4
Polygon	Tangua	178	3
Polygon	Guaitarilla	131	0
Polygon	Sandoná	100	6
Polygon	Ancuya	73	11
Polygon	Linares	100	8
Polygon	Samaniego	100	4
Polygon	La LLanada	265	6
Polygon	La Florida	143	4
Polygon	El Tambo	403	5

**2.3.4 Procedimiento para Determinar la Distribución Porcentual de Deslizamientos Activos.** En la caracterización determinada para los fenómenos en masa, tanto deslizamientos como procesos de deterioro según la clasificación realizada por Varnes es necesario determinar el estado de actividad de cada fenómeno, parámetro que permite identificar la mayor o menor susceptibilidad de ocurrencia del evento en caso de realizar un análisis de este tipo. Dentro de los tipos correspondientes al estado de actividad presentados en la caracterización utilizada para el inventario, el estado activo es un factor que implica mayor riesgo en menor tiempo para la zona afectada por lo tanto requiere medidas de prevención o mitigación a corto plazo. Por la anterior razón, dicho parámetro fue seleccionado para ser incluido dentro de los factores que determinen la zona que requiere mayor vigilancia por parte de las instituciones encargadas de atender estos fenómenos.

Para determinar el comportamiento de la zona estudiada, en cuanto al número de fenómenos de remoción en masa activos con relación al total de eventos de este tipo, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Se elaboró un archivo tabulado en el cual se registraron, para cada municipio todos los datos obtenidos en campo de manera cuantificada con respecto a los tipos de deslizamiento, procesos de deterioro, estado de actividad, propiedades del material y demás factores de caracterización. El modelo de la tabla se observa en la Gráfica 29.

2. A partir de la misma tabla se seleccionó el campo correspondiente al número de deslizamientos activos y se procedió a realizar el nuevo registro gráfico con dichos datos.

3. Mediante las herramientas del programa, incluidas en el editor de leyendas del mismo, se realizaron los pasos necesarios para visualizar en el mapa base del proyecto, una distribución de los municipios con mayor porcentaje de eventos activos. La representación gráfica de estos valores, se presenta mediante degradación de colores.

Gráfica 29. Tabla General de Datos Cuantificados

Shape	Municipio	No. Desl.	Activos	Activados	Termin.	Completos	Componentes	Activados	Activados	Profesionales	Terminados	Muertos	Algunos
Polygon	Consueña	8	6	1	0	1	0	132	0	1	1	3	
Polygon	Yacuencues	7	4	0	0	1	0	100	1	0	2	3	
Polygon	Tangula	4	3	0	1	1	0	178	1	0	1	0	
Polygon	Guatavilla	0	0	0	0	0	0	131	0	0	0	2	
Polygon	Sandón	7	4	0	0	5	1	100	0	1	0	6	
Polygon	Ancaya	14	10	1	0	1	0	73	0	4	4	11	
Polygon	Linares	10	8	0	0	0	0	100	0	4	5	0	
Polygon	Sanarengo	5	5	0	0	2	0	100	0	0	0	0	
Polygon	La Llanada	9	3	0	2	0	0	265	0	2	1	2	
Polygon	La Florida	4	1	0	0	1	0	143	0	0	3	3	
Polygon	El Tambo	7	7	0	0	3	1	403	0	0	2	3	
Polygon	Cumbalera	13	10	0	3	4	0	365	0	0	5	8	
Polygon	Sakamuray	10	5	0	0	0	0	100	0	0	6	7	
Polygon	Santa Cruz	3	2	1	0	2	0	578	0	0	0	3	
Polygon	Buenavista	6	1	0	0	0	0	682	0	2	3	4	
Polygon	San Pablo	9	5	0	0	0	0	147	0	2	3	0	
Polygon	La Unión	11	9	0	0	0	0	100	0	3	7	0	
Polygon	Arbolada	6	1	0	0	0	0	63	0	1	5	0	
Polygon	San Lorenzo	7	2	2	0	0	0	100	0	1	2	2	
Polygon	Tamiranga	18	14	0	0	0	0	100	0	1	5	1	
Polygon	Pérez	3	2	0	0	0	0	407	0	0	1	0	
Polygon	Pueños	8	7	0	0	0	0	473	0	2	4	1	
Polygon	Dóndols	5	3	0	0	0	0	292	0	2	2	5	
Polygon	Protest	9	5	0	0	0	0	397	0	2	3	5	
Polygon	Isales	6	1	0	0	0	0	1707	0	2	2	2	
Polygon	Imule	6	5	1	0	0	0	86	0	0	3	0	

**2.3.5 Procedimiento para Determinar la Distribución del Porcentaje de Area Aproximada de Deslizamientos.** Con el fin de obtener el sector más crítico se

determina como factor incidente, el porcentaje del área de los deslizamientos presentes en cada municipio con respecto a la sumatoria de estas en la zona inventariada. Para ello se ejecutaron los siguientes pasos:

1. Se estableció una comparación porcentual entre el área afectada de cada municipio y la total registrada en el inventario determinada a partir de las dimensiones aproximadas para los deslizamientos en forma particular.
2. Dentro del software, desde la tabla utilizada en el parámetro de **eventos activos**, se sumaron los registros en el campo perteneciente al *área aproximada* y se obtuvo el valor total de la superficie afectada por municipio. Con estos datos se elaboró una nueva tabla en cuyos campos se registraron únicamente los nombres de cada municipio, el valor total de área afectada y los límites municipales dentro del mapa base.
3. Finalmente se utilizaron las herramientas correspondientes del programa, con el fin de visualizar gráficamente, un mapa con la distribución de los municipios de Nariño con su respectivo valor de área afectada.

**2.3.6 Procedimiento para Determinar la Influencia de la Precipitación.** “La precipitación tiene una influencia directa en la infiltración y en el régimen del agua subterránea y a su vez afecta la estabilidad del talud. El régimen de lluvias de un sitio determinado, puede ser diferente al de un sitio específico, especialmente en

zonas de alta montaña y se debe en lo posible, tener la información de las lluvias en el sitio del talud a estudiar. En el factor de precipitación se debe tener en cuenta la intensidad de la máxima lluvia o de las lluvias más fuertes en un día (precipitación diaria máxima y la precipitación anual)", Suárez, 1989.<sup>19</sup>

Los datos de entrada para el análisis, consistieron en los registros de 45 estaciones hidrometeorológicas existentes en la zona de estudio, las cuales son manejadas por el IDEAM.<sup>20</sup> Estos registros contienen datos correspondientes a las *precipitaciones* (en mm), máximas mensuales multianuales, para un periodo mínimo de 30 años (Anexo C).

Por lo anterior, para introducir el factor de precipitación en el inventario, realizaron los siguientes pasos:

1. Se determinaron los datos de *precipitación máxima anual multianual* a partir del promedio anual de los valores máximos correspondientes a cada estación.
2. Se ubicaron en el mapa base de trabajo, cada una de las estaciones hidrometeorológicas con su respectiva localización geográfica y el correspondiente valor de precipitación máxima anual multianual.

---

<sup>19</sup> SUÁREZ DÍAZ, 1989, *Op.Cit*,

<sup>20</sup> IDEAM, *Registros de Precipitación de Estaciones Hidrometeorológicas*, 2002.

3. Se elaboraron las curvas isoyetas, mediante interpolación lineal entre valores de precipitación de las estaciones registradas para la zona de estudio.

**2.3.7 Procedimiento para Determinar los Tipos de Deslizamientos.** Tomando como base la clasificación de deslizamientos estructurada por Varnes<sup>21</sup>, se determinaron los tipos de deslizamientos presentados en mayor número en la totalidad de los municipios inventarios. Cabe anotar que dicho análisis se realizó mediante observación directa de los gráficos en diagramas de pastel, realizados a través de Arc View, teniendo en cuenta las siguientes observaciones para dicho procedimiento:

1. *Los resultados estadísticos no pueden visualizarse de manera gráfica y numérica al mismo tiempo en el mapa base. Se seleccionó por ello, los gráficos con diagrama de pastel, que dan una idea aproximada de los datos, sin resultados numéricos.*

2. *Es necesario manejar el zoom, o acercamiento hacia cada polígono del mapa que representa el respectivo municipio, con el fin de observar claramente el diagrama mencionado.*

Los pasos ejecutados se resumen a continuación:

---

<sup>21</sup> VARNES, Op. Cit., p. 27

1. Creación de un archivo tabulado que contiene la cantidad y tipo de deslizamientos presentados en cada jurisdicción municipal.
2. Definición de los datos que se representarán en los diagramas mediante las herramientas del software, los cuales consistieron en todos y cada uno de los tipos de deslizamientos encontrados en el inventario.
3. Para obtener los valores que corresponden a cada tipo de deslizamiento en esta distribución, es necesario interactuar con el programa analizando cada tipo de fenómeno en forma separada.
4. Visualización gráfica en el mapa base del inventario.

**2.3.8 Procedimiento para Determinar las Características de Humedad.** Se refieren al comportamiento aproximado de las características de humedad del material, en los deslizamientos registrados dentro el inventario, permitiendo ver de manera resumida, qué municipios presentan el mayor número de deslizamientos con materiales de remoción *muy mojado, mojado, húmedo y seco*, respectivamente, en tres niveles de importancia.

El proceso se lleva a cabo mediante las herramientas que permiten ver dicho análisis, teniendo en cuenta que se hace en forma individual para cada tipo de humedad. Los pasos más importantes se resumen a continuación:

1. Se seleccionó el campo que corresponde al tipo de humedad del material, en la base de datos y se realizó una nueva tabla, contabilizando el número de eventos con materiales *muy mojado*, *mojado*, *húmedo* y *seco*, que presenta cada municipio.
2. Visualización gráfica de los resultados en el mapa, la cual consistió en la asignación de colores y/o convenciones que ofrece el programa y que representan cada uno el respectivo valor, rango de valores, o la característica específica de cada parámetro evaluado.

### **3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

#### **3.1 UBICACIÓN DE EVENTOS EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

Esta información consiste en la ubicación tanto de los deslizamientos, como de los procesos de deterioro en el mapa digitalizado, la cual permitió diferenciar los tipos de eventos presentados de manera gráfica, su resultado se condensa en los mapas correspondientes (Gráficas 30 y 31).

#### **3.2 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE DESLIZAMIENTOS**

Una vez introducidos y analizados gráficamente los datos correspondientes al número de deslizamientos, se pudo observar el siguiente comportamiento en la zona del departamento objeto del inventario:

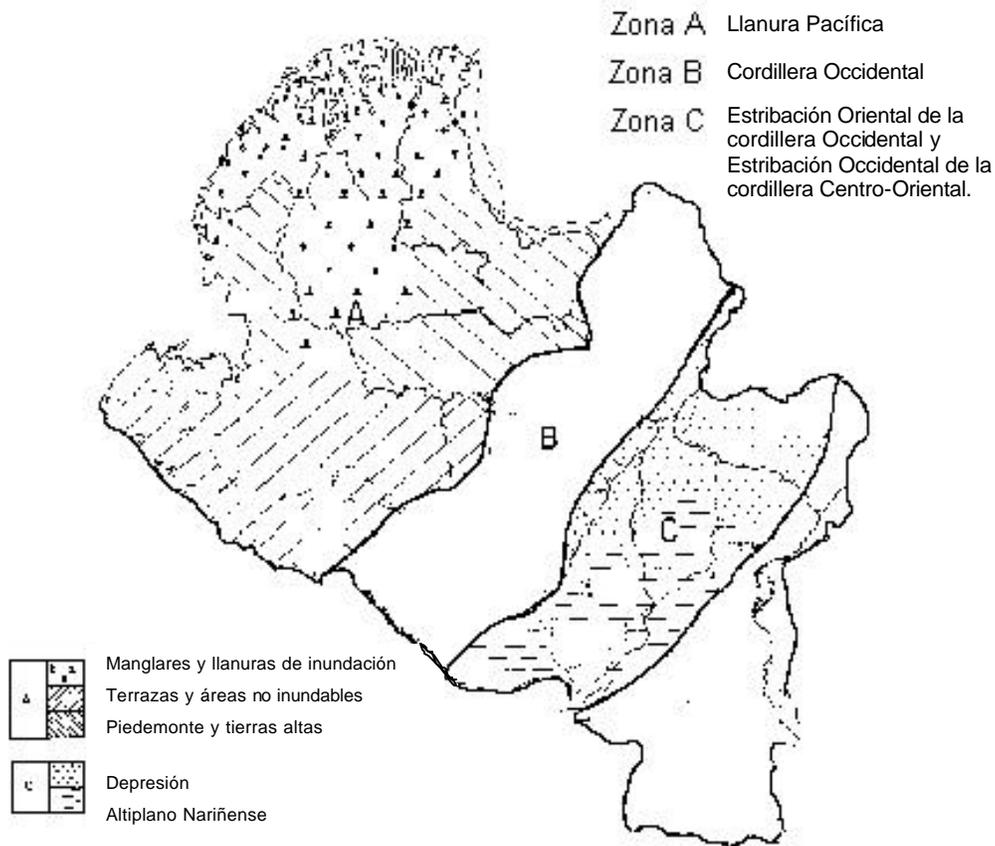
Observando la Gráfica 32, el norte del sector C correspondiente a una zona de depresión y parte del altiplano nariñense, junto con la sección intermedia entre el centro y norte del sector B; presentan una mayor concentración de fenómenos de remoción en masa, las cuales hacen referencia a los municipios incluidos en los dos primeros rangos de mayor porcentaje en cuanto al número de eventos presentados, como se observa en la Gráfica 33.

Gráfica 30. Mapa de Ubicación de Deslizamientos

Gráfica 31. Mapa de ubicación de procesos de deterioro.

En el Cuadro 1 se muestran los porcentajes correspondientes a cada municipio, que integran los dos primeros intervalos en cuanto al mayor número de deslizamientos presentados. Los dos grupos seleccionados se representan mediante los colores indicados en el mapa (Gráfica 33).

Gráfica 32. Zonas del Departamento de Nariño – Adaptado de PONCE M. y CALAD E., 1980. Mapa de Regiones Naturales y Cuencas Hidrográficas, Memoria Explicativa del Mapa Geológico de Nariño. Editorial Ingeominas.



Cuadro 1. Municipios con mayor porcentaje de eventos presentados

<b>Municipios 1er orden</b>	<b>Porcentaje de eventos</b>	<b>Municipios 2do orden</b>	<b>Porcentaje de eventos</b>
Taminango	5.35	Puerres	3.6
Cumbitara	4.9	Sandoná	3.1
Ancuya	4.9	Colón	3.1
Mallama	4.9	-	-
La Unión	4.9	-	-
Chachaguí	4.5	-	-
San José	4.5	-	-

Los valores obtenidos corresponden al porcentaje de eventos presentados a cada municipio con respecto al número total de fenómenos observados en el inventario, los cuales suman un total de 224.

### **3.3 DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS DESLIZAMIENTOS ACTIVOS**

El mapa presentado en la Gráfica 34, indica mediante asignación de colores, la distribución de los deslizamientos activos en los municipios inventariados. Los datos más relevantes se indican en el Cuadro 2, en cuyas casillas se determina el rango al cual pertenece cada municipio, según los colores del mapa.

Observando el mapa, se pudo determinar que no hay uniformidad en cuanto a la distribución de este parámetro, por lo cual no fue posible determinar zonas de mayor o menor presencia de fenómenos activos.

Gráfica 33. Mapa correspondiente al porcentaje de eventos.

Gráfico 34. Mapa de distribución de eventos activos.

Cuadro 2. Porcentaje de eventos activos para los municipios incluidos en los dos grupos con mayor presencia estos fenómenos.

<b><i>Municipio</i></b>	<b><i>Porcentaje de activos con respecto al total</i></b>
Ancuya	9.56
Cumbitara	9.56
La Unión	7.83
Taminango	6.09
Mallama	6.09
Puérres	6.09
Sandoná	5.22

### **3.4 PORCENTAJE DE AREA APROXIMADA DE DESLIZAMIENTOS**

Con el fin de obtener el sector más crítico se determina el porcentaje del área de los deslizamientos presentes en cada municipio con respecto a la sumatoria de éstas en la zona inventariada

A partir del mapa obtenido con el programa (Gráfica 35), se logró determinar que en la región estudiada del Departamento de Nariño no existe una zona definida con mayor incidencia de los fenómenos de remoción en masa considerando la dimensión de los mismos. Sin embargo, puede apreciarse que los municipios más afectados por deslizamientos, en cuanto a su magnitud, son San Bernardo y Santacruz; en segundo orden se presentan algunos municipios de la parte Nor-Oriental del Departamento.

Gráfica 35. Distribución de municipios según área de deslizamientos afectada.

El Cuadro 3 indica el orden en el cual se presentan los principales municipios afectados por las dimensiones de los deslizamientos registrados.

Cuadro 3. Municipios con mayor área de deslizamientos afectada.

<i>Municipio</i>	<i>Porcentaje de área afectada</i>	<i>Municipio</i>	<i>Porcentaje de área afectada</i>
San Bernardo	47.54	Túquerres	4.82
Santacruz	11.50	El Tambo	4.30
Chachagüí	5.82	Piedrancha	3.76
Sandoná	5.45	San Lorenzo	3.13

### **3.5 INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN**

Durante la ejecución del inventario, a través de las observaciones tomadas en campo se ha visto que la precipitación es un factor que favorece en alto grado a la desestabilización de un talud, ya sea en material rocoso, residual o cualquier otro tipo de suelo. Para los tipos de materiales encontrados, la precipitación contribuye a detonar el deslizamiento o al deterioro del talud, con las siguientes manifestaciones:

- En materiales rocosos el agua de escorrentía superficial tiende a infiltrarse, entre las fisuras que ellos pueden presentar; incrementando así la posibilidad de activar el movimiento.

- Si el material corresponde a un suelo residual, el agua de escorrentía actúa como transporte de material, erosionando la misma superficie formando cárcavas y desestabilizando así la zona afectada.
- Para los materiales arenosos, el agua infiltrada satura el material incrementando la presión de poros y disminuyendo la resistencia al esfuerzo de corte; esto conduce al deterioro o al colapso definitivo del terreno.
- En suelos finos tales como limos y arcillas, los efectos de la precipitación radican en la saturación del material incrementando tanto los esfuerzos internos como el peso específico del mismo. Cabe anotar la gran capacidad de retención de agua que poseen las arcillas.

Los resultados de los respectivos análisis en los cuales se comparó la intensidad de lluvias con los parámetros correspondientes a los porcentajes de: *eventos presentados, de eventos activos y de área afectada*; se ven reflejados en las Gráficas 36, 37 y 38 en las que puede observarse que la precipitación se relaciona de manera directa en gran parte de la zona inventariada en cuanto a los factores enunciados. De manera particular en la zona norte del área estudiada, aunque se presentan elevado porcentaje de eventos y deslizamientos activos, la precipitación registra valores relativamente bajos (Gráficas 36 y 37). El Cuadro 4 indica los municipios con altos valores precipitación.

Gráfica 36. Mapa de isoyetas de precipitación media anual multianual y porcentaje de eventos.

Gráfica 37. Mapa de isoyetas de precipitación media anual multianual y porcentaje de eventos activos.

Gráfica 38. Mapa de isoyetas de precipitación media anual multianual y porcentaje de área afectada.

Cuadro 4. Municipios con mayor precipitación Máxima Anual Multianual.

<b>Municipio-Estación</b>	<b>Precip. Max. Anual Multianual (m.m)</b>
Mallama	300-800
Santacruz	300-600
Samaniego	300-500
Ancuya	350-550
Sandoná	350-500
La Unión	350-450

### **3.6 MUNICIPIOS QUE REQUIEREN ATENCIÓN PRIORITARIA**

Mediante una comparación de tipo cuantitativo entre los factores correspondientes a: *porcentaje de eventos, de eventos activos, área afectada y datos de precipitación*, se determinaron los municipios con valores de análisis más críticos y con mayor frecuencia de repetición dentro de los factores enunciados. Como resultado de la comparación y observación realizada, se determinaron los siguientes municipios como ***zonas de atención prioritaria para atender los fenómenos de remoción de masa: MALLAMA, ANCUYA, SANDONÁ, LA UNIÓN Y CUMBITARA.***

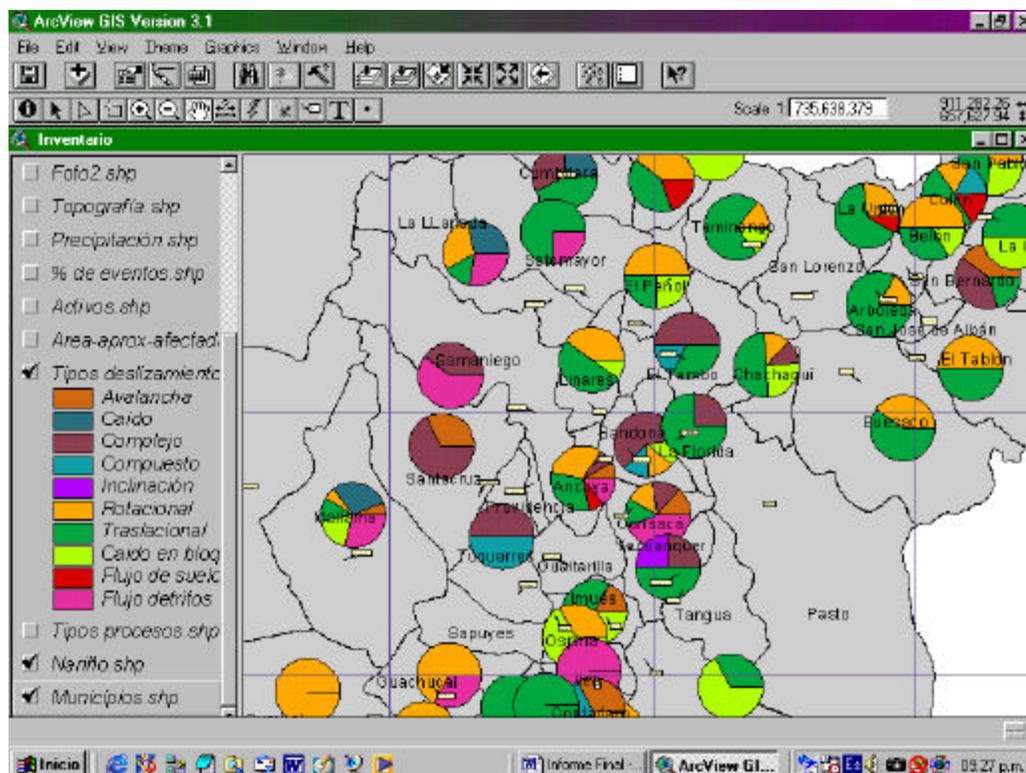
### **3.7 TIPOS DE DESLIZAMIENTOS CON MAYOR PRESENCIA EN LA ZONA INVENTARIADA**

Para este análisis se obtuvo un mapa con diagramas de pastel (Gráfica 39) que representan la distribución de los diferentes tipos de deslizamientos encontrados

en cada municipio y otro con el tipo y ubicación los deslizamientos en cada municipio (Gráfica 40). Se obtuvo además el Cuadro 5, el cual registra los datos de la Gráfica 40. Esto permitió determinar que el comportamiento presentado en cuanto a los tipos de deslizamientos registrados en el inventario, es el siguiente:

Según el tipo de fenómeno presentado, el mayor número de deslizamientos corresponde a los de tipo **traslacional** con un 40.62 %, seguido de los **rotacionales** con un 22 % y seguidamente se observó la siguiente distribución en los principales tipo de movimientos: *flujo con 9.4 %, caído con 8.9 %, complejo con 8.9 %, avalancha con 5.8% y compuesto con 4.0%.*

Gráfico 39. Distribución de los tipos de deslizamientos presentes en cada municipio.



Gráfica 40. Mapa con los tipos y ubicación de los deslizamientos por municipio.

Cuadro 5. Principales tipos de deslizamientos por municipio.

No.	MUNICIPIO	Eventos	Traslación	Rotación	Caído	Flujo	Complejo	Compuesto	Avalancha
1	Ancuya	17	4	4	6	1	1	0	1
2	Arboleda	4	3	1	0	0	0	0	0
3	Belén	6	2	3	1	0	0	0	0
4	Buesaco	6	4	2	0	0	0	0	0
5	Carlosama	1	0	1	0	0	0	0	0
6	Chachagúí	9	3	2	3	0	1	0	0
7	Colón	7	3	2	0	1	0	1	0
8	Consacá	7	0	1	3	1	1	1	0
9	Contadero	4	0	1	0	0	2	0	1
10	Córdoba	4	1	3	0	0	0	0	0
11	Cumbal	1	0	1	0	0	0	0	0
12	Cumbitara	11	4	0	3	1	3	0	0
13	El Peñol	3	1	2	0	0	0	0	0
14	El Rosario	2	1	0	0	1	0	0	0
15	El Tablón	2	1	1	0	0	0	0	0
16	El Tambo	5	2	0	0	0	2	1	0
17	Fúnes	3	1	0	1	0	0	0	1
18	Guachucal	3	0	2	0	1	0	0	0
19	Gualmatán	1	1	0	0	0	0	0	0
20	Iles	1	0	0	1	0	0	0	0
21	Imués	6	3	0	1	1	0	0	1
22	Ipiales	2	0	1	0	0	1	0	0
23	La Cruz	2	2	0	0	0	0	0	0
24	La Florida	3	2	0	0	0	1	0	0
25	La Llanada	4	1	2	0	1	0	0	0
26	La Unión	10	7	3	0	0	0	0	0
27	Leiva	2	1	1	0	0	0	0	0
28	Linares	5	4	0	1	0	0	0	0
29	Mallama	10	2	2	5	1	0	0	0
30	Ospina	1	0	1	0	0	0	0	0
31	Policarpa	5	3	2	0	0	0	0	0
32	Potosí	3	2	1	0	0	0	0	0
33	Providencia	3	1	0	0	1	1	0	0
34	Puerres	8	4	2	0	2	0	0	0
35	Pupiales	2	2	0	0	0	0	0	0
36	Samaniego	3	0	0	0	2	1	0	0
37	San Bernardo	5	1	0	0	0	2	0	2
38	San Lorenzo	6	2	1	0	1	0	0	2
39	San Pablo	4	3	1	0	0	0	0	0
40	Sandoná	7	0	1	0	0	1	5	0
41	Santacruz	3	0	1	0	0	2	0	0
42	Sn José Albán	10	4	3	0	0	0	0	3
43	Sotomayor	6	6	0	0	0	0	0	0
44	Taminango	12	4	1	4	3	0	0	0
45	Tangua	5	4	1	0	0	0	0	0
46	Túquerres	2	0	0	0	0	1	1	0
47	Yacuanquer	3	3	0	0	0	0	0	0

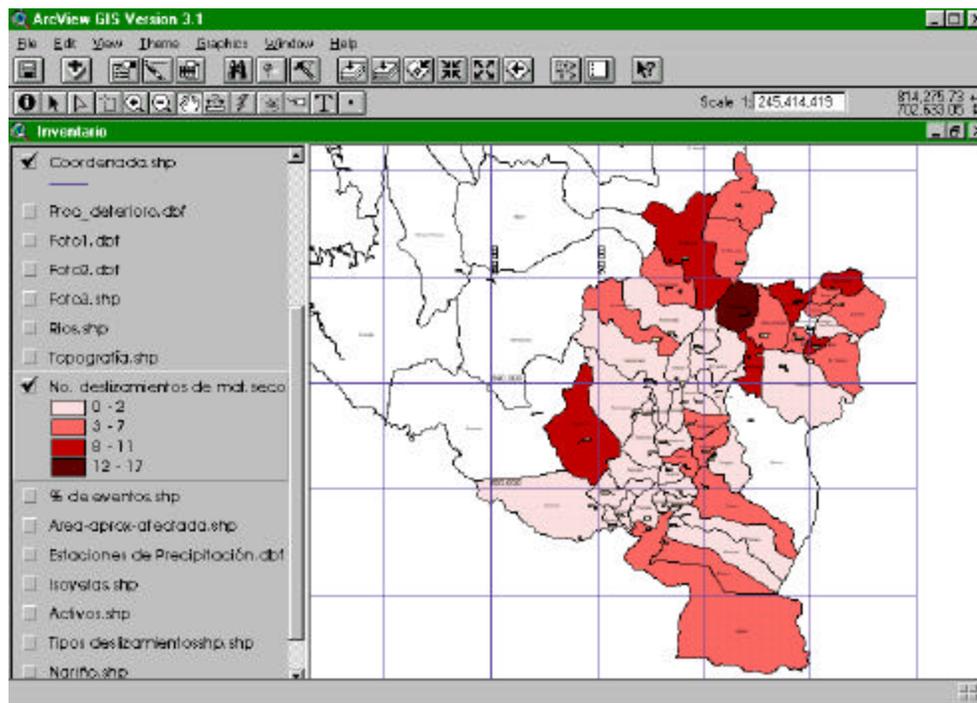
### 3.8 CARACTERÍSTICAS DE HUMEDAD

Observando los diferentes mapas para cada parámetro de humedad, como los indicados en las Gráficas 41, 42, 43 y 44, se realizó un análisis estadístico mediante interacción con el software y se estructuró el Cuadro 6, que indica los municipios que presentaron mayor número de deslizamientos con materiales de remoción *muy mojado, mojado, húmedo y seco*.

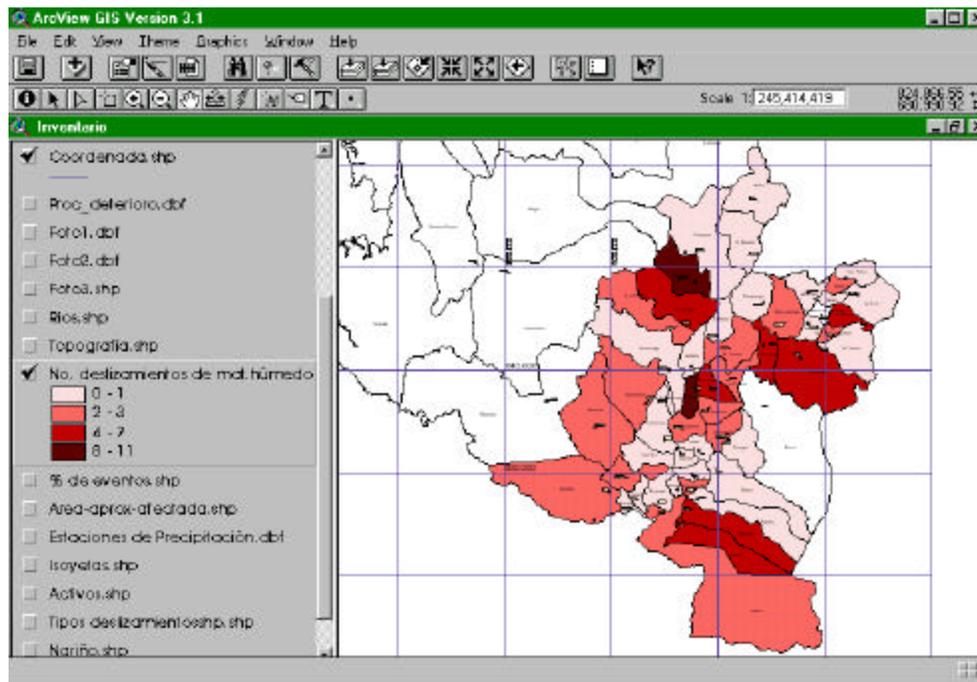
Cuadro 6. Distribución de los tipos de humedad presentes en los municipios inventariados.

No. ÓRDEN	MUY MOJADO	MOJADO	HÚMEDO	SECO
1	Linares	Puerres	Ancuya	Taminango
2	Ancuya	Linares	Linares	Policarpa
3	-	Ancuya	Cumbitara	San Pablo

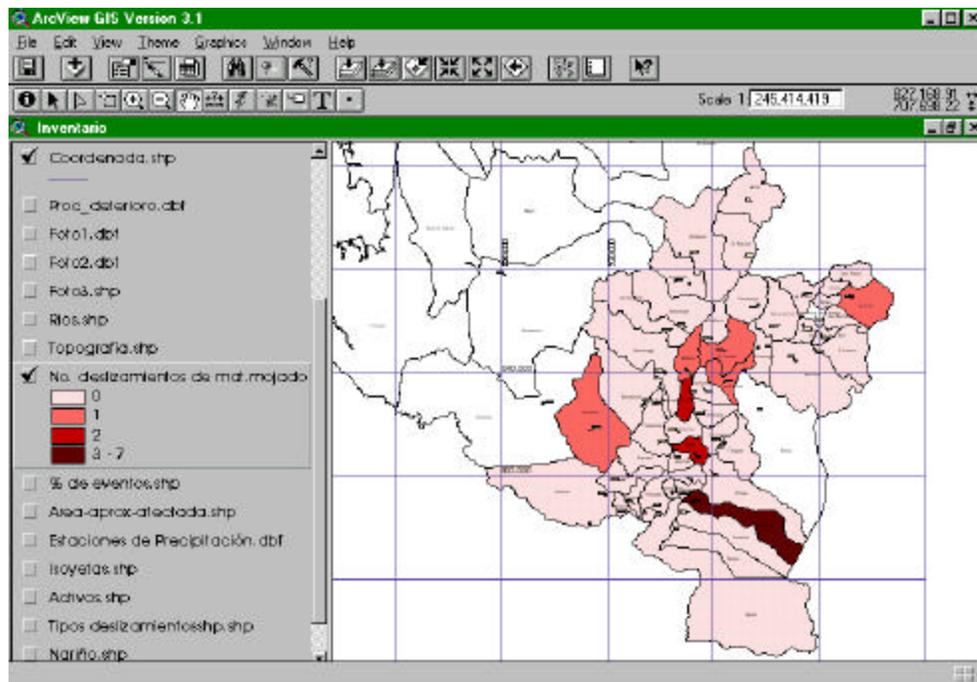
Gráfica 41. Representación gráfica de los municipios con material seco.



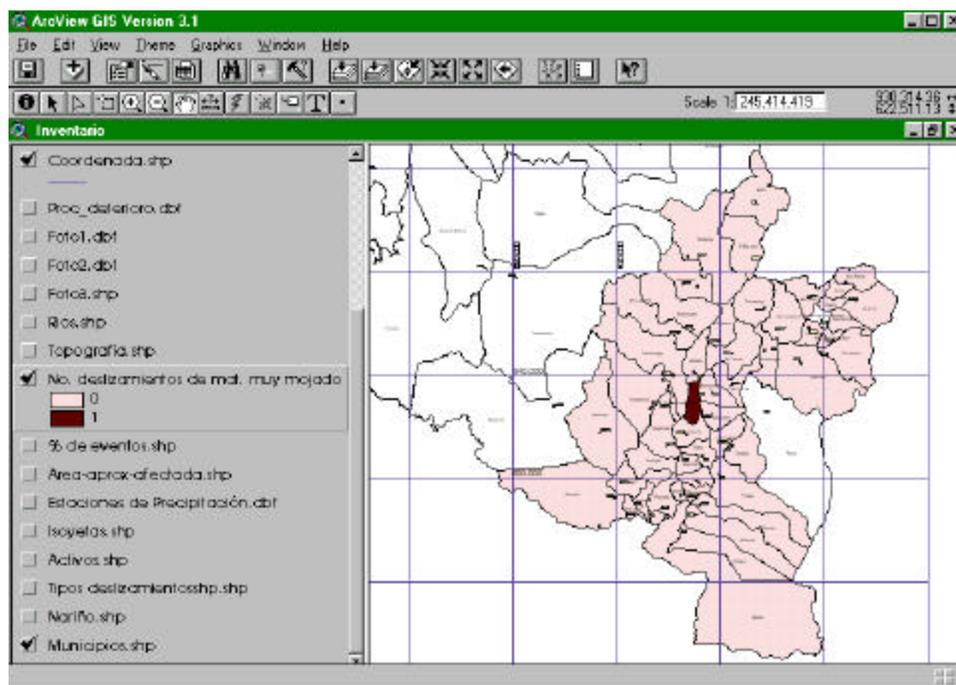
Gráfica 42. Representación gráfica de los municipios con material húmedo.



Gráfica 43. Representación gráfica de los municipios con material mojado.



Gráfica 44. Representación gráfica de los municipios con material muy mojado.



### 3.9 CAUSAS MAS FRECUENTES QUE DETERMINAN LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS

De acuerdo a lo observado en el proceso de recopilación de información en campo y en el análisis de dichos datos, se logró determinar a juicio del grupo de trabajo los factores de mayor influencia, tanto de origen natural como de origen antrópico, que activan este tipo de fenómenos, en nuestra región. Estos factores se describen a continuación según su origen:

**3.9.1 Factores de Origen Antrópico.** Corresponden a las acciones ejecutadas por el hombre para su propio beneficio, pero que debido a la deficiente planeación en estos procesos, se convierten en acciones que atentan contra el equilibrio del entorno afectado. En nuestro medio se pueden mencionar los siguientes casos:

- Corte inadecuado de taludes para vías, los cuales generalmente se presentan por la carencia estudios geológicos apropiados que eviten cortes en zonas de falla o de estratificación desfavorable, al trazar una determinada carretera.
  
- Urbanización no planificada, cuyos casos se reflejan en la forma anti-técnica de proyectar obras de infraestructura en áreas de alta pendiente o terrenos inestables. Los casos más críticos se presentan con los cortes indiscriminados de taludes, generalmente sobre los costados de las vías sin control ni asesoría técnica, que conducen a la desestabilización del terreno y el consecuente riesgo de pérdida de vida humana.
  
- Deficiencia en manejo de aguas superficiales y servidas: La disposición directa o inadecuada de las mismas, producen erosión en las capas superficiales del terreno y desestabilización en las capas internas mediante la socavación o incremento de la presión de poros, según el tipo de suelo. Esto conlleva a disminuir la resistencia del suelo y el consecuente movimiento del material.

- Inadecuada explotación de material: Situación detectada por la metodología anti-técnica para extracción de material de construcción, en taludes de gran altura, ya sea en forma manual o mediante explosivos que alteran su estabilidad.
- Deforestación del terreno: Aunque no es un factor determinante observado en la región, es necesario tener en cuenta que la falta de cobertura vegetal permite la infiltración excesiva del agua de escorrentía superficial, permitiendo la saturación y posterior saturación del suelo.

**3.9.2 Factores de Origen Natural.** Como factores provocados por la naturaleza para la contribución a la ocurrencia de deslizamientos observados en la zona objeto del inventario están:

- Topografía del terreno: Parámetro de gran influencia en los procesos de remoción, ya que las fuertes pendientes del terreno por efectos de gravedad y cambios de esfuerzos en el suelo, favorecen la ocurrencia de deslizamientos.
- Precipitaciones: Es el factor más incidente en estos fenómenos, ya que además de dar origen a procesos erosivos conllevan a la detonación de los movimientos en masa.
- Fallas geológicas: Fenómenos que han desatado la ocurrencia de deslizamientos en su gran mayoría de tipo complejo y compuestos, en nuestra

región. Generalmente son las causas de activación de movimientos en masa de forma permanente, incrementando los efectos y magnitud de los mismos.

## **4. ANÁLISIS DE ALGUNOS MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN**

A continuación se presentan análisis y recomendaciones de tipo ingenieril para algunos deslizamientos, los cuales se seleccionaron por ser considerados como fenómenos de remoción en masa, de mayores repercusiones sobre los diferentes tipos de infraestructura, así como por su representatividad en cuanto a clasificación y caracterización de estos eventos.

### **4.1 DESLIZAMIENTO EL PLACER, MUNICIPIO DE LINARES**

Es un deslizamiento que corresponde al tipo Traslacional en estado activo, para el cual su principal factor detonante es la filtración de agua superficial y el alto nivel freático de la zona. El cuerpo del deslizamiento está compuesto por un material de tipo arenoso con presencia de limos, lo cual contribuye a la inestabilidad del terreno (Figura 1).

Una solución al problema mencionado es la construcción en la parte alta del deslizamiento de un canal recolector (*zanjas de coronación*) impermeabilizado, el cual debe tener una adecuada pendiente para la conducción y evacuación del agua de escorrentía superficial que está afectando la estabilización del talud. En cuanto a la presencia de nivel de aguas freáticas se recomienda que la mejor

manera para su abatimiento es la colocación de *Subdrenes horizontales* o de *penetración* que sobrepasen la superficie de falla con el fin de incrementar la estabilidad del talud (Gráfica 45).

Gráfica 45. Perfil del deslizamiento y recomendaciones planeadas.

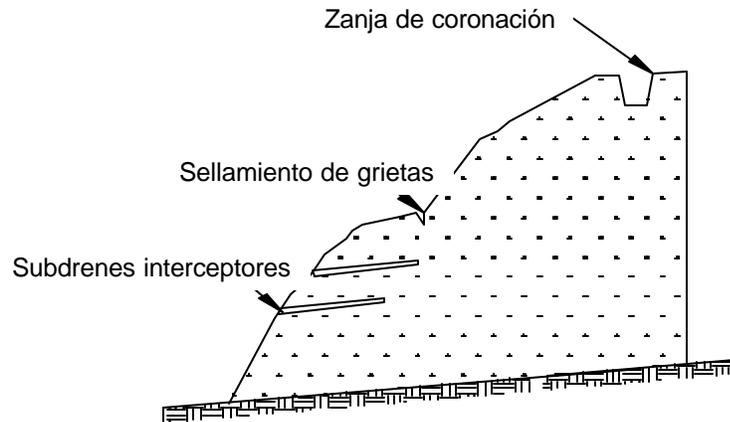


Figura 1. Foto Deslizamiento El Placer, municipio de Linares.

Deslizamiento activo de tipo traslacional. Vereda El Placer, mpio. de Linares.



## 4.2 DESLIZAMIENTO LA HERRADURA, MUNICIPIO DE CUMBITARA

Corresponde a un deslizamiento tipo traslacional, cuyo estado activo afecta la vía principal en dos tramos. La elevada pendiente y la carencia de obras de arte sobre la vía son de alguna manera el principal problema para la activación de este fenómeno (Figura 2).

Una solución al problema es darle un manejo adecuado a las aguas de escorrentía superficial mediante la construcción y mantenimiento permanente de obras de arte (cunetas y alcantarillas). En cuanto a la pérdida parcial de la banca se recomienda la construcción de un muro de contención sobre la parte inferior de la misma, teniendo en cuenta que la cimentación del muro debe estar muy por debajo de la superficie de falla del talud para garantizar la estabilidad general del sistema.

Figura 2. Foto Deslizamiento La Herradura, municipio de Cumbitara.



### 4.3 DESLIZAMIENTO EL ZANJÓN MUNICIPIO DEL TAMBO

Este deslizamiento es de tipo complejo, el cual presenta grandes y continuos asentamientos de material que provocaron la pérdida total de la vía principal, obligando el trazado de una variante dentro de la misma zona de falla. En la actualidad, se observa que el fenómeno persiste ocasionando deterioro en los costados de la nueva vía, con lo que se prevé la pérdida total de la misma. Dentro de la zona afectada no fue posible determinar un tipo de movimiento específico que caracterice al evento, debido a que se presentan sectores con diferentes comportamientos en cuanto a estos fenómenos, manifestándose movimientos de tipo caído en bloques (Figura 3), rotacional (Figura 4), así como agrietamientos, hundimientos dentro del área en cuestión (Figura 5) y formación de pequeñas lagunas a un costado de la nueva vía (Figura 6).

Con el fin de dar una posible solución, enmarcada dentro de los métodos de estabilización enunciados en el capítulo 1.3 del presente, se recomienda para este caso particular, el *método de elusión*, consistente en el trazo de una nueva variante evitando el paso por esta zona, previos estudios geológicos, topográficos y geotécnicos. Además, teniendo en cuenta la magnitud y complejidad del fenómeno, se estima que la estabilización de la zona podría ser una solución de elevados costos, por lo cual también se recomienda realizar estudios profundos que conlleven a la determinación de una decisión acertada al seleccionar una alternativa.

Figura 3. Foto Deslizamiento El Zanjón. Municipio de Linares.



Figura 4. Foto Signos de rotación en deslizamiento El Zanjón.



Figura 5. Foto Grietas en Deslizamiento El Zanjón, municipio de El Tambo.



Figura 6. Foto Vista general del deslizamiento El Zanjón. Municipio de El Tambo.



#### 4.4 DESLIZAMIENTO VILLA MARÍA, MUNICIPIO DE PROVIDENCIA

Corresponde a un movimiento con pronunciadas características de erosión y flujo de lodo en estado activo, presenta pendiente alta, del orden del 70% y afloramientos de agua en toda la zona, además se observó un material de elevada permeabilidad por lo cual se hace indispensable bajar dicho nivel y canalizar el agua de escorrentía en la parte alta del talud.

Para el abatimiento del nivel freático se recomienda la implementación de subdrenes interceptores, cuyo tipo de drenes se observa en la Gráfica 46.

Gráfica 46. Dren con geotextil material grueso y tubo colector, Suárez Díaz 1989

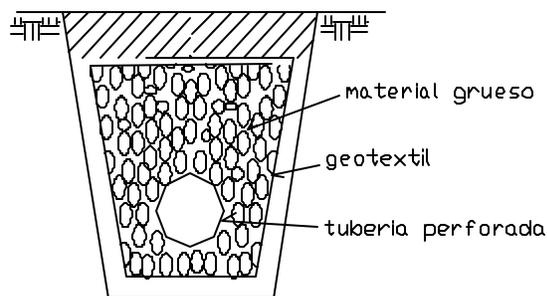


Figura 7. Foto Deslizamiento Villa Maria. Municipio de Providencia



#### 4.5 DESLIZAMIENTO LAS MINAS, MUNICIPIO DE SANTACRUZ

Corresponde a un movimiento en masa de tipo avalancha en estado activo, generada por el alto nivel freático que presenta toda la zona, incrementando la inestabilidad del terreno debido a la baja resistencia de corte. En época invernal, este fenómeno pone en alto riesgo el casco urbano puesto que se encuentra dentro de la zona afecta.

Se recomienda bajar el nivel freático mediante la construcción de drenes colectores (Gráfica 47) de tipo espina de pescado, *los cuales contribuyen a disminuir la presión de poros, las fuerzas hidrostáticas desestabilizantes y a*

mejorar las propiedades mecánicas del suelo<sup>22</sup>. La baja vegetación en la zona no favorece la estabilización por cuanto se recomienda la reforestación del sector afectado con especies nativas, contribuyendo a bajar el contenido de agua en la superficie y proporcionando consistencia por el entramado mecánico de sus raíces, en la parte donde se presenta el movimiento en forma de avalancha es de considerar un terraceo en el talud para contrarrestar la pendiente (60%) que favorece al fenómeno.

Gráfica 47. Dren Francés, Suárez Díaz 1989

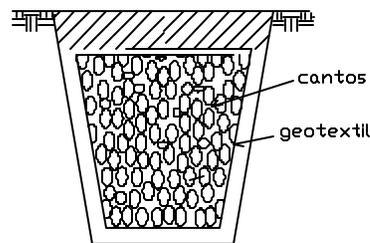
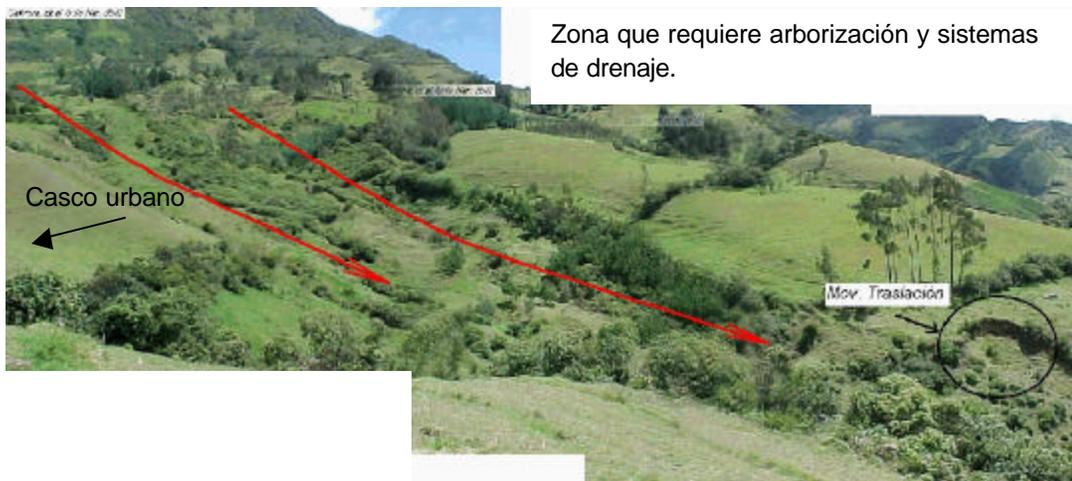


Figura 7. Foto deslizamiento Las Minas. Municipio de Santacruz.



<sup>22</sup> RICO y DEL CASTILLO, Op, Cit., p. 33

#### 4.6 DESLIZAMIENTO BARRIO SILOÉ MUNICIPIO DE SAMANIEGO

Corresponde al fenómeno erosivo del suelo (conglomerado) en estado activo, causado por la pendiente alta del terreno (75%) y la ausencia de un sistema de recolección de aguas lluvias. Los procesos de erosión son tan avanzados que han provocado la inestabilidad de las viviendas, escaleras de acceso y la red de acueducto (Figura 8). Frente a esta situación se recomienda la adecuación del alcantarillado separado para el manejo de aguas lluvias de una forma eficiente y así evitar la erosión que le causan al terreno. Se deben considerar métodos de bioingeniería, como es la empradización de la zona con pastos y plantas de la región, ya que el entramado de las raíces dan una mayor capacidad de soporte del suelo y contribuye a la disminución de agua en la parte superficial.

Figura 8. Foto Barrio Siloé, Municipio de Samaniego.



#### 4.7 DESLIZAMIENTO LA VUELTA DEL QUESO MUNICIPIO DE MALLAMA

Fenómeno en estado activo que presenta continuos caídos de detritos sobre la vía principal, afectando el tránsito vehicular de la zona, en este sitio se han construido muros en gaviones con una altura de 1.5 m los cuales no brindan protección suficiente ya que son susceptibles a colapso porque están sobre la superficie de falla y además se encuentran sometidos a su máxima capacidad de soporte de material, debido a la falta de adecuado mantenimiento (Figura 9).

Una de las formas de evitar esta situación es mediante la construcción de muros de contención en concreto ciclópeo con una altura no mayor de cuatro metros o gaviones sobre el pie del talud (Gráfica 48), con el objeto de evitar que el material caído llegue a taponar o a causar algún daño sobre la vía. Se recomienda además la construcción de terrazas para descargar el talud y bajar su pendiente.

Gráfica 48. Perfil del deslizamiento y recomendaciones planeadas

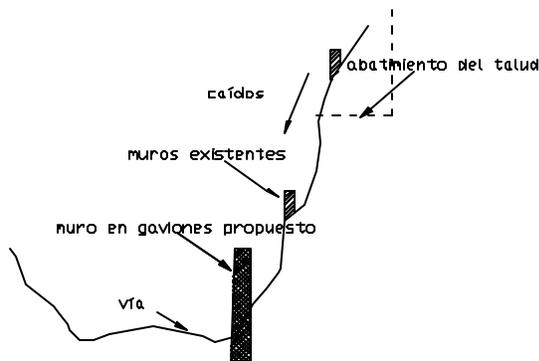


Figura 9. Foto Deslizamiento La Vuelta del Queso. Municipio de Mallama.



#### 4.8 DESLIZAMIENTO LA CANTERA MUNICIPIO DE POTOSÍ

En este sector existe una cantera de material rocoso conformado por lavas andesíticas<sup>23</sup> para uso en la construcción, la explotación no se realiza de manera técnica, ocasionando cavernas en la parte inferior del talud que causan la desestabilización del manto rocoso y el posible taponamiento de la vía principal, de igual forma pone en riesgo la vida de los obreros que laboran en esta zona (Figura 10).

<sup>23</sup> MINERCOL, San Juan de Pasto.

Se recomienda una explotación técnica de la cantera y comenzar la explotación en la parte superior del talud.

Figura 10. Foto Deslizamiento La Cantera. Municipio de Potosí.



#### **4.9 DESLIZAMIENTO EL JARDÍN, MUNICIPIO DE SAN BERNARDO**

Movimiento de tipo caídos en estado activo que pone en riesgo las viviendas del barrio El Jardín en la parte occidental, por cuanto la socavación de las quebradas El Pailón y El Rollo, han ocasionado desprendimientos de tierra, incrementando su efecto en época invernal cuando crece el cauce de la Quebrada de El Rollo. Otro

factor que contribuye a la desestabilización del material es el vertimiento de aguas negras sobre el talud (Figura 11).

Se recomienda la evacuación de las aguas negras con la conexión directa hacia el colector principal del alcantarillado, se deben realizar obras de protección para las orillas de la quebrada, con muros de gaviones para contrarrestar la socavación, (Gráfica 49). Se debe complementar con sistemas de empradización contribuyendo a estabilizar el material expuesto a la intemperie, es decir, un sistema de estabilización biotecnológico, la zona presenta un talud de pendiente alta por tal motivo se requieren colocar elementos de anclaje para los pastos, favoreciendo el esfuerzo requerido para establecer la cobertura vegetal.

Gráfica 49. Perfil del deslizamiento y recomendaciones planeadas

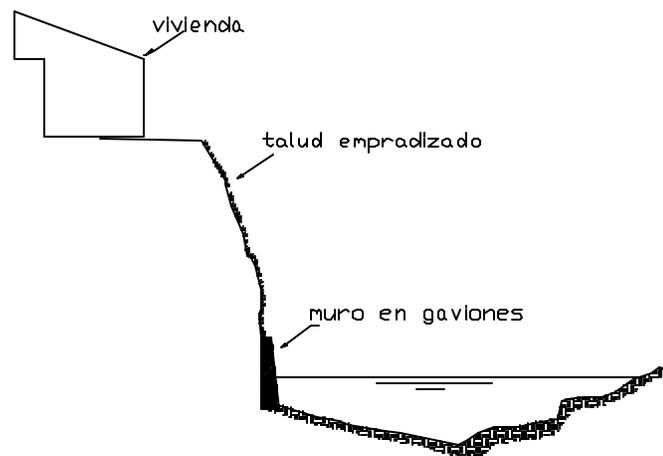


Figura 11. Foto deslizamiento Barrio El Jardín. Municipio San Bernardo.

Viviendas que requieren adecuado sistema para evacuación de aguas negras



#### 4.10 DESLIZAMIENTO DE LAS LAJAS, MUNICIPIO DE IPIALES

La inestabilidad del material evidenciada como movimiento de tipo complejo en estado suspendido, se debe a varios factores tales como: la existencia de un estrato de arena de alta permeabilidad, sobre el cual reposan edificaciones y muros de contención que generan sobrepeso por cuanto están contruidos sobre la superficie de falla, adicionalmente existe un manejo inadecuado de aguas tanto de escorrentía superficial como de aguas servidas las cuales son vertidas directamente al talud (Figura 12). Como prioridad se recomienda controlar el sobrepeso, condicionando la construcción de viviendas a un estudio previo de cargas que pueda resistir el suelo bajo las condiciones actuales. De igual forma,

se recomienda la construcción de subdrenes de penetración con el fin de lograr el abatimiento del nivel freático disminuyendo así la presión hidrostática sobre dichos muros, mejorando las propiedades mecánicas del suelo, eliminando la humedad y finalmente evitando el avance de las grietas en los muros de contención del Santuario.

Es de tener en cuenta la relevancia que tiene por turismo tanto departamental como nacional, además de la importancia del santuario desde el punto de vista arquitectónico y cultural, por tanto se debe dar prioridad al desarrollo de medidas que garanticen la preservación y seguridad de este patrimonio.

Figura 12. Foto deslizamiento Las Lajas. Municipio de Ipiales.



#### **4.11 DESLIZAMIENTO LA CURTIEMBRE MUNICIPIO DEL CONTADERO**

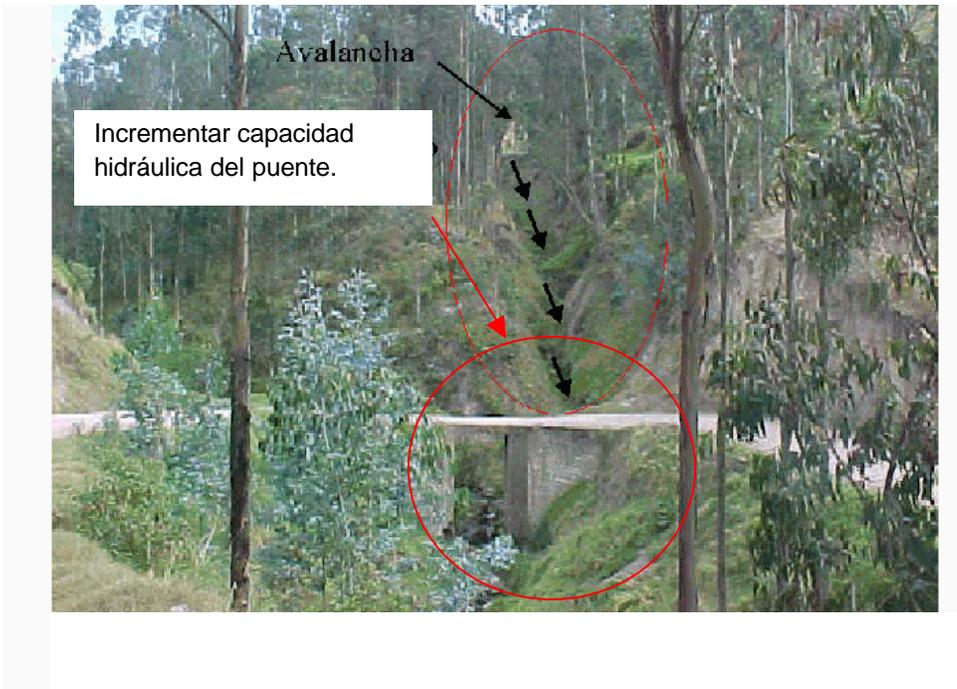
Es un deslizamiento suspendido de tipo compuesto, ya que debido a su longitud (600 m) y comportamiento, se determinó que existen dos tipos de movimientos, en la parte superior un movimiento de tipo rotacional, el terreno presenta alta pendiente por lo cual el movimiento no logró estabilizarse desarrollando en la parte inferior una avalancha que taponó el puente y parte de la vía (Figuras 13 y 14).

En la parte superior del movimiento se recomienda arborización de la zona para que ayude a la estabilidad del suelo, la presencia de agua es poca por lo tanto no representa gran influencia para activar el mismo, pero en la parte inferior como medida de prevención se recomienda aumentar la capacidad hidráulica del puente ya que en el anterior evento fue una de las causas de obstrucción del flujo taponando la vía.

Figura 13. Foto Corona deslizamiento La Curtiembre. Vereda Yaéz, municipio de Contadero.



Figura 14. Foto pie deslizamiento La Curtiembre. Municipio de Contadero.



#### **4.12 DESLIZAMIENTO DEL PARQUE CENTRAL, MUNICIPIO DE BUESACO**

Es un fenómeno de tipo traslacional suspendido, presentado en el municipio de Buesaco sobre la parte Occidental del casco urbano en la plaza central, donde se observa la pérdida de la vía y parte del parque, bajo el cual se encuentra el escarpe del movimiento. Este sitio se encuentra conformado por material residual, siendo muy permeable e inestable permitiendo la actividad del deslizamiento. En su parte inferior presenta flujo de material lo que complica el fenómeno ya que la pendiente alta del sector Buesaquito contribuye en gran medida al continuo deslizamiento de tierra (Figura 15).

Como medidas preventivas se recomienda de manera prioritaria, controlar el flujo de aguas negras sobre el talud, con sistemas de alcantarillado adecuados con el fin de no acelerar el movimiento. Otro problema a solucionar es detener el flujo de material, previo estudios detallados para optar por una solución económicamente viable ya que la magnitud del evento lo amerita. Es de aclarar que dichos estudios deben proyectarse no solo de manera puntual a la zona correspondiente al Parque, sino también al flanco occidental de todo el casco urbano, donde se presentan colapso y agrietamiento de viviendas, evidenciando constantes movimientos por la presencia de fallas geológicas.

Figura 15. Foto deslizamiento Parque Central. Municipio de Buesaco.

Controlar aguas de escorrentía superficial y aguas negras, para evitar la progresiva desestabilización del material en la zona.



#### 4.13 DESLIZAMIENTO DE YUNGA, MUNICIPIO DE SAN LORENZO

Es un fenómeno consistente en caída de roca en estado activo, responsable del permanente taponamiento de la vía principal y de la pérdida parcial de la banca, como también el colapso de un muro en gaviones que cumplía la función de contención de la parte inferior de la vía (Figura 16).

Una de las recomendaciones frente a esta situación es la reposición del muro de contención con una mayor altura y en concreto reforzado, en la parte inferior de la vía; con el fin de detener la pérdida de la banca. Así mismo, la construcción de

un muro de contención similar, en al pié del talud superior, con el fin de evitar la continua caída de detritos sobre la vía obstruyendo el tránsito normal de vehículos.

Figura 16. Foto deslizamiento Yunga. Municipio de San Lorenzo.



#### **4.14 DESLIZAMIENTO SOBRE LA URBANIZACIÓN LOS ROBLES MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE ALBAN.**

Hace referencia a un deslizamiento de tipo traslacional activo, que afecta aproximadamente a 72 familias de la nueva urbanización, la cual se encuentra cimentada sobre una ladera de material compuesto por detritos en matriz limo

arenoso y de pendiente fuerte; siendo estos los factores que directamente contribuyen a la ocurrencia del fenómeno (Foto 17).

Teniendo en cuenta las condiciones topográficas, la precipitación y la constante agitación del suelo por efectos de sobrepeso, se recomienda hacer un análisis de cargas sobre el talud, bajo las condiciones actuales y además, conservar las viviendas como inicialmente fueron diseñadas en el proyecto, ya que se observaron modificaciones como ampliaciones, cambios de cubiertas incluso construcciones de nuevas plantas produciendo la activación del deslizamiento.

De igual manera se recomienda el tener un mejor y adecuado manejo de las aguas de escorrentía superficial mediante la construcción de un canal debidamente impermeabilizado en la parte superior del talud, para evitar que el agua proveniente de sitios más altos ingrese a esta zona a debilitar y erosionar el terreno.

Figura 17. Foto deslizamiento Urbanización Los Robles. Municipio de San José.

Evitar la construcción de cualquier tipo de obra, que incremente el sobre peso sobre el terreno.



#### 4.15 DESLIZAMIENTO DE SAN DIEGO, MUNICIPIO DE IMUÉS

Consiste en un deslizamiento traslacional suspendido que afecta por completo un balneario en donde colapsaron las piscinas y patio además hay presencia de grandes grietas sobre los muros y piso de la vivienda, la cual se encuentra ubicada al extremo y sobre la corona del deslizamiento (Figura 18).

Hasta no contar con estudios geotécnicos detallados de la zona, se recomienda suspender la construcción que en la actualidad se esta realizando, debido a que el terreno en consideración, presenta varios agrietamientos, los cuales debilitan aún

más la resistencia del mismo, pudiendo ocasionar un deslizamiento de mayor magnitud y por ende la pérdida de toda la infraestructura actual.

De igual forma se recomienda un control adecuado de las aguas servidas, mediante la construcción o adecuación del alcantarillado en la zona, que evite disponer dichas aguas directamente sobre los taludes; es necesario conducirlas mediante tubería o canal completamente hasta la fuente receptora.

Figura 18. Foto deslizamiento San Diego. Municipio de Imués.



#### **4.16 DESLIZAMIENTO TÚNEL LA LLANA, VÍA PANAMERICANA PASTO- POPAYÁN**

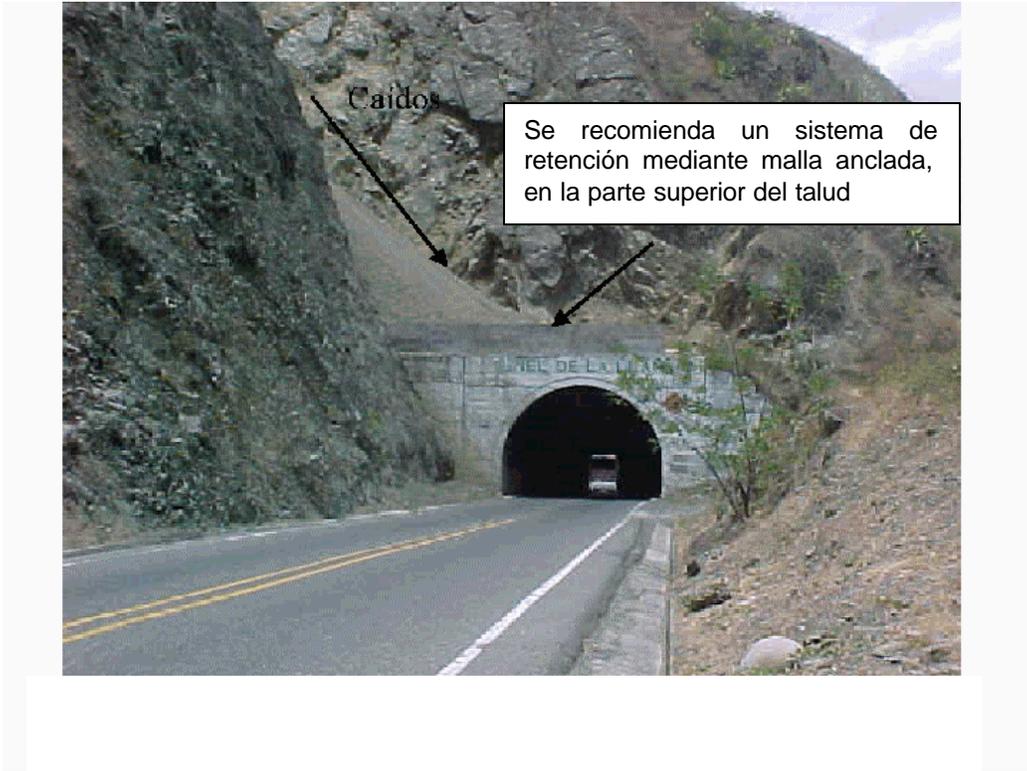
Movimiento correspondiente a caído de rocas y bloques en estado activo, que ha ocasionado taponamientos constantes en los accesos al túnel, obstruyendo de manera crítica el flujo vehicular en esta importante vía. En la zona los taludes presentan material compuesto por roca totalmente fracturada lo que facilita el desprendimiento del mismo (Figura 19).

Para contrarrestar este evento se ha construido un muro de contención en la parte superior del acceso que ha solucionado parcialmente el problema, y actualmente dichas obras se encuentran en su máxima capacidad de diseño, debido a la carencia de constante mantenimiento. Como complemento para la suspensión de caídos se recomienda la colocación de mallas de acero galvanizado, similar al que se usa en los gaviones las cuales deben ser ancladas sobre la superficie del talud hasta llegar a una superficie estable. Debe tenerse en cuenta que la recomendación soportará material superficial, pero no solucionará fallas de bloques de gran tamaño.

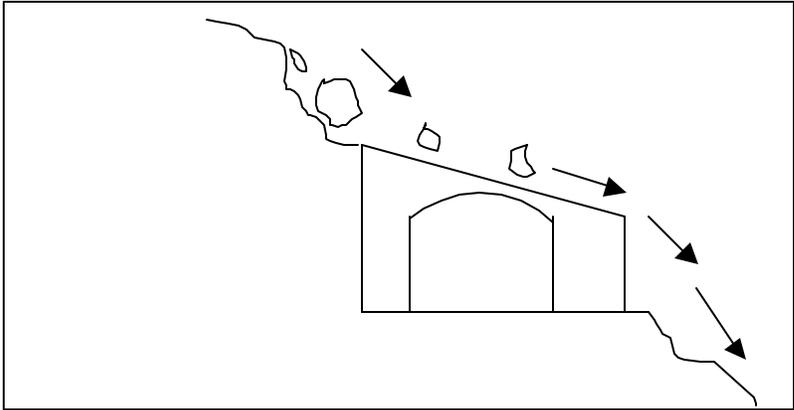
Una solución complementaria que se recomienda el uso de concreto o mortero lanzado colocado por medio de un sistema de bombeo sobre las grietas o fracturas del talud, el cual tiene la función de evitar la penetración de agua que aumenta el agrietamiento provocando la caída de material. Otra alternativa es la

construcción de un interceptor de desvió tipo cubierta, el cual sirve como puente para que los caídos, sin ser interceptados, continúen su trayecto hacia el talud inferior de la vía (Gráfica 50).

Figura 19. Foto deslizamiento El Túnel. Municipio de Taminango.



Gráfica 50. Interceptor tipo cubierta.



*Con el fin de alcanzar la solución deseada con cada una de las recomendaciones anteriormente expuestas, es necesario aclarar que se debe realizar los respectivos estudios geotécnicos, análisis de cargas y diseños adecuados para las situaciones presentadas, en forma particular.*

## 5. CONCLUSIONES

Es importante tener en cuenta que para la realización del presente inventario de deslizamientos, fue necesario articular de manera adecuada la base del marco conceptual con la parte metodológica del proyecto. Este procedimiento, a través del análisis de información y la interpretación de los resultados permitieron llegar a las siguientes conclusiones:

1. Durante el desarrollo del inventario, se incluyeron los fenómenos catalogados como procesos de deterioro, los cuales sin ser considerados directamente como deslizamientos, conllevan a su ocurrencia en caso de no tomarse las medidas necesarias para su prevención o control.
2. Dentro del proceso concerniente a la recopilación de información en campo, se pudo determinar que la gran mayoría de los deslizamientos y procesos de deterioro registrados en el inventario, se activaron y/o aparecieron en la ola invernal ocurrida en mayo del año 2000; cuyos efectos repercutieron en gran parte del país. Esto puede verse en las *observaciones* registradas en la base de datos (Anexo B).

3. Los eventos registrados en el proceso concerniente a la recolección de información, manifiestan con mayor frecuencia sus efectos sobre la infraestructura vial en forma de caídos, generando una constante perturbación para el normal flujo vehicular; situación que implica proyectar y ejecutar grandes y múltiples obras para mitigar dichos efectos; que a su vez requieren elevadas inversiones.

4. En cuanto al SIG utilizado, una de las principales ventajas que ofrece, radica en la proporción de una mejor y más amplia interpretación de la información que se esté manejando. Las herramientas que interrelacionan datos tabulados con gráficas interactivas, permitieron obtener conclusiones mediante una simple pero objetiva visualización de resultados presentados en mapa.

5. Implementar un SIG a determinado proyecto, permite organizar según las necesidades requeridas, los datos necesarios para obtener información en formatos gráficos, estadísticos y tabulados de fácil manejo e interpretación. Por esta razón, los sistemas de información geográfica, se están convirtiendo en una importante herramienta para estructurar las bases de datos que se manejan en múltiples áreas, dentro las que se pueden citar: la planificación regional, el sector salud, el sector de servicios públicos, la academia, entre otros.

6. Teniendo en cuenta que en el inventario se involucraron tanto deslizamientos, como procesos de deterioro; fue posible determinar mediante el manejo de la información; que la mayor parte de eventos registrados, referentes a

movimientos de remoción en masa, fueron los deslizamientos; los cuales registraron un total de **224**, mientras que el número de procesos de deterioro inventariados, correspondió a un total de **87**.

7. De los 64 municipios del Departamento de Nariño, el 82.8 % correspondiente a 53 de ellos, se proyectaron para ser incluidos dentro inventario, de los cuales por sus condiciones topográficas, los siguientes no presentaron problemas de deslizamiento: *Aldana, Guaitarilla, Nariño y Sapúyes*, que representan el 7.5 % del total inventariados. En el proyecto no se incluyeron los municipios de Pasto, Ricaurte, Cartago y los pertenecientes a la Costa Pacífica Nariñense, por lo cual la base de datos se estructuró para un total de 47 municipios, correspondientes al 88.68% de los proyectados y a un 73.43% con respecto al total en el departamento.

8. Para catalogar una zona o un municipio como crítico en cuanto a movimientos de remoción en masa, fue necesario interrelacionar cuatro parámetros, que a juicio de la presente investigación, son los factores más influyentes en la ocurrencia de estos fenómenos; los cuales hacen referencia a: *número de eventos presentados, número de eventos activos, área afectada por deslizamiento y precipitación* de la zona en estudio.

9. En cuanto a los análisis realizados mediante las herramientas proporcionadas por el SIG utilizado, pudo determinarse los siguientes resultados:

- El municipio con mayor porcentaje de deslizamientos presentes dentro de su jurisdicción es La Unión.
- El mayor número de deslizamientos activos se presenta en el municipio de Ancuya.
- En cuanto al área del municipio, afectada por deslizamientos, es San Bernardo el cual presenta el mayor valor.
- La zona con mayores índices de precipitación media anual multianual, según las estaciones existentes, es la comprendida por los municipios de Mallama y Ricaurte.

10. Realizados los correspondientes análisis e interpretación de manera detallada, para la totalidad de la información recolectada; se llegó a la conclusión que el Departamento de Nariño, debido a factores heterogéneos, como topografía, vegetación y geología; presenta una crítica situación referente a movimientos de remoción en masa. Estos fenómenos se encuentran con mayor relevancia en los municipios de **Ancuya, Mallama, Sandoná, La Unión y Cumbitara.**

11. Para los casos particulares presentados en los municipios de Santacruz y Buesaco, es necesario tener en cuenta que si bien, no están incluidos como críticos dentro de la determinación de los municipios relacionados en la Tabla 3.5; dichos municipios requieren proyectar estudios mucho más detallados, frente a los fenómenos de remoción en masa presentados en ellos, como lo son los estudios de zonificación geotécnica, siendo la razón principal para esta afirmación, el grave

peligro al cual se encuentran expuestos los respectivos cascos urbanos de estas poblaciones.

12. En cuanto a los municipios de Tangua y Yacuanquer, es indispensable resaltar que los fenómenos de remoción en masa ocurridos en estas zonas, corresponden a fenómenos de subsidencia ocasionados por la inadecuada explotación de minas de arena mediante el sistema de túneles. Estos fenómenos consisten en el colapso repentino de la superficie de terrenos cuyas zonas interiores han sido objeto de excavación.

13. Así mismo para el municipio de El Tambo, el deslizamiento denominado El Zanjón, debido a su gran magnitud y a la complejidad en su comportamiento, requiere para su tratamiento proyectar estudios detallados de tipo geológico, geotécnico y topográfico, que permita tomar una decisión adecuada al enfrentar el problema.

14. La base de datos generada a partir del inventario de deslizamientos, está sujeta a permanentes actualizaciones en su estructura, debido a la constante actividad que registran este tipo de fenómenos en nuestra región y más aún siendo la misma, una extensión con gran heterogeneidad en factores como el relieve, la precipitación, tipo vegetación, condiciones antrópicas, etc.

15. Pese a los diferentes estudios y visitas técnicas realizadas por profesionales como geólogos, ingenieros civiles e ingenieros de minas, etc., de múltiples instituciones, a los sitios de emergencia referente a estos fenómenos, no se han dado soluciones definitivas para las áreas afectadas. Mediante el presente trabajo se hace un llamado a instituciones responsables del manejo en forma directa o indirecta, de este tipo de emergencias, a comprometerse desde ya en la planeación y ejecución de proyectos encaminados a la mitigación o a dar soluciones definitivas frente a estos fenómenos, teniendo en cuenta que es prioridad la vida humana en peligro, sobre cualquier costo material que generen dichos proyectos. Por lo anterior es deber de entes como: CREPAD, PLANEACION DEPARTAMENTAL, CORPONARIÑO, INVIAS, Alcaldías Municipales, entre otros, atender el urgente llamado que se les hace a partir del inventario ejecutado.

## 6. RECOMENDACIONES

Una vez estructurada la base de datos y realizados los respectivos análisis concernientes al inventario de deslizamientos de las zonas: Cordillera Occidental, Centro-Oriental, Depresión Cauca-Patía y Piedemonte Andino Oriental del Departamento De Nariño; e identificados los municipios que requieren atención prioritaria frente al problema de deslizamientos, se recomiendan los siguientes apartes, referentes a la continuidad de este proyecto:

- Realizar estudios complementarios y de profundización encaminados a elaborar mapas de susceptibilidad y amenaza de deslizamientos en el área estudiada, con el fin de proyectar planes de emergencia y contingencia a nivel departamental. Uno de los métodos existentes para la evaluación de la amenaza que es posible de ejecutar mediante la información recopilada por el presente inventario, es el presentado por Mora Vahrson.
  
- Tomar como sitios de atención inmediata o prioritaria aquellos incluidos en los municipios, que a juicio del presente trabajo, se catalogaron como críticos frente a este tipo de fenómenos. Atención que puede consistir en destinar recursos para proyectar estudios detallados y obras de mitigación o estabilización, para los eventos presentados.

- Con el fin de mantener la confiabilidad en la información registrada, se recomienda conservar los parámetros de las bases conceptuales y metodológicas, utilizadas en la elaboración del inventario, al momento de someter el trabajo a futuras actualizaciones por parte de un nuevo grupo investigativo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ARANGO C., Ponce M. Mapa Geológico Generalizado del Departamento de Nariño, escala 1:400000, INGEOMINAS, 1982.

CALDERON Yolanda, Base de datos de amenazas geológicas de Colombia utilizando un Sistema de Información Georeferenciado. VII Congreso Colombiano de Geotecnia, 1998.

CORPONARIÑO, Esquemas de Ordenamiento Territorial de los municipios del Departamento de Nariño, 2000.

COMITÉ REGIONAL DE ATENCIÓN Y PREVENCIÓN DE DESASTRES DE NARIÑO, Planes Locales de Emergencia y Contingencia de los municipios del Departamento de Nariño, 2000.

GIRALDO J, Revista de Ingeniería de Geológica No.1, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2000.

INGEOMINAS, Informes Técnicos sobre visitas de emergencia a los municipios de Santacruz, 1988, Buesaco y Tangua, 2000 y Samaniego 1997.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES,  
Valores anuales de precipitación de estaciones en el Departamento de Nariño.  
San Juan de Pasto, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, Informe Ejecutivo Bimestral, Cuadro No. 1, Nov-  
Dic del 2001.

MINERALES DE COLOMBIA, MINERCOL, San Juan de Pasto, 2002.

PONCE M. y CALAD E., 1980. Mapa de Regiones Naturales y Cuencas  
Hidrográficas, Memoria Explicativa del Mapa Geológico de Nariño. Editorial  
Ingeominas.

PLANEACION DEPARTAMENTAL DE NARIÑO, Planes De Desarrollo  
Municipales, 2000.

RICO R, Alfonso. , Y DEL CASTILLO, Hermilo, La Ingeniería de Suelos en Las  
Vías Terrestres. Editorial Limusa, 2000.

SECRETARIA DE OBRAS PÚBLICAS, Inventario de Sitios Críticos Red Vial  
Departamental, 2001.

SUÁREZ DÍAZ, Jaime, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. UIS, 1998.

SUÁREZ DÍAZ, Jaime, Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Cimientos y Diseños de Obras en Gaviones. UIS, 2ª. Edición, 1992.

SUÁREZ DÍAZ, Jaime, Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. UIS, 1ª. Edición, 1989.

VARNES, D.J, Slope movement types and processes. R.L Shcuster and R.J. Krizek. 1978.

# ANEXOS