

1. INTRODUCCIÓN

Las amenazas naturales constituyen restricciones al uso del territorio, ya que son fenómenos naturales que por su origen y magnitud pueden escapar al control del hombre y generar desastres, no obstante que sus efectos pueden mitigarse.

La Ley 388 de 1997 es explícita frente al tema y dentro de sus objetivos establece que los municipios deben promover y garantizar la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo. Aunque ya son de uso común en nuestro medio, se incluyen las definiciones concernientes que se propone utilizar y que están basadas en Varner – Unesco (1.984).

Amenaza Natural

Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente desastroso que afecte un área, para un período de retorno específico.

Susceptibilidades

Aquello que está potencialmente dispuesto a modificarse o evolucionar ante eventuales circunstancias naturales o antrópicas.

Vulnerabilidad:

Grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la ocurrencia de un fenómeno, de una magnitud dada.

Riesgo:

Número esperado de pérdidas de vida, heridos, daños en propiedades o interrupción de actividades económicas debidas a un fenómeno desastroso.

Elementos Bajo Riesgo

Población, edificaciones, propiedades, actividades económicas y demás expuestas a un riesgo en un área dada.

1.1 DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA

La zonificación de amenaza por remoción en masa puede ser determinada de diferentes formas (Adaptada de Ojeda, 1.996):

1.1.1 MÉTODO IMPLÍCITO:

Cuando se hace la zonificación a partir de observaciones de campo apoyada en elementos básicos de cartografía y fotografías aéreas. Es un método donde la experiencia y el criterio juegan un papel fundamental, aunque es totalmente subjetivo. Se aplica en casos de emergencias o toma de decisiones rápidas o como primer paso de un estudio más detallado.

1.1.2 MÉTODO SEMI-IMPLÍCITO:

También se hacen observaciones de campo, pero apoyado en un método teórico que destaque los elementos a considerar. También se apoya en información previa y se aplican en casos generales o donde las escalas de trabajo son del orden nacional.

1.1.3 MÉTODO EXPLÍCITO EMPÍRICO:

Se utiliza información geológica, geomorfológica, uso agrícola del suelo, pendientes, se les asignan puntajes ponderados a cada factor. Estos puntajes varían de caso en caso, ya que los expertos asignan de acuerdo con la relevancia que tenga cada uno. Se aplican en estudios regionales; son los métodos más utilizados en nuestro medio en la actualidad.

1.1.4 MÉTODO EXPLÍCITO SEMI-ANALÍTICO

Utilizando factores similares al del método anterior, pero complementado con formulaciones matemáticas. Este método se aplica en estudios de escala detallada.

1.1.5 MÉTODO ANALÍTICO

Se utiliza con modelos analíticos integrando los diferentes factores y la probabilidad de ocurrencia. Se aplica en casos detallados donde se cuenta con parámetros y datos de buena calidad y muy completos. Constituyen la alimentación de los estudios de riesgo detallado.

Para la evaluación de la amenaza en el Municipio de Suárez se empleó el *Método Explícito Empírico*, ya que para el municipio se cuenta con la información apropiada para emplear esta metodología, además de que es un método aplicado en estudios regionales y es uno de los más utilizados actualmente en el medio.

En la realización de la zonificación para el municipio de Suárez, se contó con el mapa geológico del Cauca (INGEOMINAS, 1979) a escala 1:300.000, fotografías aéreas:

C2481-44-92, #75-83; C2481-44-92, # 21-30; C2481-45-92, #31-42, además de la información secundaria obtenida para conocer la amenaza sísmica y los planos temáticos que son el resultado de la elaboración del plan de ordenamiento territorial de Suárez como son: geomorfológico, erosión, isoyetas y de pendientes, no se contó con información geotécnica detallada, ni registro histórico de eventos.

1.2 CALIFICACIÓN DE LA AMENAZA

Estaría dada por los siguientes términos:

BAJA

El sitio no presenta sitios evidentes de inestabilidad, pero su estabilidad puede verse comprometida en un momento dado por acciones antrópicas sin ningún control.

MEDIA

Puede inestabilizarse con el tiempo por causas naturales o antrópicas, así estas sean controladas técnicamente.

ALTA

El terreno presenta una inestabilidad general y se evidencian movimientos de remoción en masas recientes actualmente estables o estabilidad marginal.

MUY ALTA

Las zonas afectadas muestran inestabilidad evidente activa, en donde la erosión es crítica y se presentan movimientos de remoción en masa recientes en proceso evolutivo o estabilidad crítica.

2. METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA ZONIFICACIÓN

De acuerdo con el tipo y la calidad de la información disponible se optó por el método de análisis estadístico univariado, consistente en el cruce de los mapas temáticos, (geológico, geomorfológico, pendientes, erosión, isoyetas y sísmico); obteniéndose nuevos mapas y tablas que muestran el grado de correlación entre los distintos parámetros analizados.

Durante el desarrollo de trabajo se recogió en las entidades respectivas (CRC, INGEOMINAS, IGAC, PLANEACION MUNICIPAL y otras) la información secundaria existente de la zona del Municipio de Suárez y se realizaron visitas al

campo y talleres con la comunidad con el propósito de elaborar y complementar todos mapas temáticos indispensables para la elaboración de la zonificación, centrándose especialmente en aquellos factores críticos que generan y/o desencadenan los distintos procesos morfológicos, identificados en el terreno como los principales contribuyentes al deterioro progresivo de la zona.

La metodología de trabajo se encaminó a los objetivos básicos del informe y comprende las siguientes etapas:

2.1 DEFINICIÓN DEL OBJETIVO FINAL

Elaboración del mapa de amenazas del municipio de Suárez; definir áreas con problemas de remoción en masa y zonas susceptibles a inundaciones por crecientes; aportar elementos del medio físico para una zonificación ambiental del área; y finalmente evaluar cada amenaza. Sin embargo, es finalmente a los representantes de la sociedad a quienes le corresponderá en nombre y con participación de ella, valorar de acuerdo con su juicio la importancia de las pérdidas esperadas que los expertos han calculado, es decir, son ellos quienes finalmente establecerán la zona que consideren como de muy alto, medio o bajo riesgo para objeto de la toma de las acciones urbanísticas y de prevención de desastres que establece la Ley 388 de 1997.

2.2 DEFINICIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS

Como se determinó anteriormente, el método a emplear es el Explicito Empírico de acuerdo con la escala requerida, el alcance, la calidad de los datos, el recurso humano disponible y su experiencia, los recursos económicos y el tiempo para ejecutar el trabajo.

2.3 DATOS DE ENTRADA

Se hará una breve descripción de cada uno de los mapas utilizados en el análisis:

2.3.1 MAPA GEOLÓGICO

Estratigráficamente se presentan los siguientes tipos de rocas:

- Rocas Cretáceas: Metasedimentos (Kgd), basaltos y diabasas (Kv) y rocas sedimentarias y volcánicas (Kvs) constituidas por chert, shales, limolitas, grauvacas, calizas micriticas y areniscas guijarrosas.

- Rocas Terciarias: representadas por las rocas sedimentarias que conforman el denominado Grupo Cauca (Tms) que es subdividido en las formaciones Chimborazo, Guachinte y Ferreira, y otras formaciones (Tme) como la Esmita; además de rocas ígneas intrusivas hipoabisales (Tda, Tdi, Tcd-di, Tcd) constituidas por pórfidos dacíticos – biotíticos y pórfidos andesíticos – hornbléndico.
- Rocas Terciario Cuaternarias: se encuentra la Formación Popayán (TQv) constituida por depósitos volcánicos calco – alcalinos – andesíticos de color gris y de aspecto granular, poco consolidados; Las cenizas “ash fall” (Qc) son flujos de ceniza y registran el último evento de la actividad volcánica y los sedimentos aluviales (Qal) que son depósitos inconsolidados de gravas, arenas y arcillas.

Respecto a la tectónica en el municipio de Suárez, es bastante intensa encontrándose la depresión Cauca – Patía, el sistema de fallas Cauca – Patía de dirección Norte – Sur y un tipo de fallamiento transversal de dirección NW – SE.

2.3.2 MAPA GEOMORFOLÓGICO:

- Se diferenciaron siete unidades (ver Mapa Temático de Geomorfología)
- Unidad 1: las rocas metasedimentarias de la formación Cisneros (Kgd), muestran cimas afiladas paralelas alargadas e irregulares con pendientes fuertes.
 - Unidad 2: las rocas basálticas de la formación Volcánica (Kv) presentan morfología típica de formas suaves, colinas bajas con filos redondeadas, pendientes moderadas, relieve ondulado. El drenaje es de tipo dendrítico bien establecido con valles angostos y relativamente profundos.
 - Unidad 3: rocas sedimentarias de la formación Espinal (Kvs) presentan geoformas de cerros alargados, cimas piramidales con terminaciones aguadas.
 - Unidad 4: rocas sedimentarias (Tms) que representan geoformas de cerros y colinas semirredondeadas, con pendientes largas y moderadas, se reconoce en esta secuencia un patrón de drenaje erosivo subparalelo y trellis, corresponde a las rocas terciarias del denominado Grupo Cauca.
 - Unidad 5: se caracteriza por presentar pendientes bajas y cortas muy irregulares que generan morfologías suaves y redondeadas, corresponde a la Formación Popayán (TQv) y a los pequeños parches de depósitos de cenizas (Qc), los cuales presentan geoformas muy similares.
 - Unidad 6: Son las rocas ígneas intrusivas indistintas del municipio, caracterizados por mostrar formas típicas de domos (los de mayor tamaño) y en general serranías redondeadas y pendientes regulares. Los cuerpos de menor tamaño no muestran geomorfologías definidas.

- Unidad 7: corresponde a los depósitos coluviales (7^a) y a l cuaternario aluvial del río Cauca (Qal) (7b).

2.3.3 MAPA DE PENDIENTES:

Para su elaboración se utilizaron los siguientes rangos (ver Mapa Temático de Pendientes)

- 0° - 12°
- 12° - 25°
- 25° - 50°
- Mayor de 50°

2.3.4 MAPA DE EROSIÓN

Los sectores más críticos de erosión muy severa se presentan en la región occidental del municipio, sector de la cuenca del Inguitú, siendo los corregimientos de Robles, sector Agua Bonita en el Norte y Aguaclara en el Sur los más afectados; otro de los corregimientos afectados por erosión muy severa pero solo en las laderas que convergen al río Cauca es Asnazú. En los otros corregimientos se observa en su mayoría erosión moderada y ligera siendo esta última del tipo erosión natural, observándose procesos degradacionales en ciertos sectores debidos a la acción antrópica, principalmente por uso inadecuado del suelo Ver Figura No.93).

2.3.5 MAPA DE ISOYETAS

Se diferencian cinco zonas de pluviosidad (Ver Mapa Temático de Isoyetas, Título 2)

- En la región ribereña del río Cauca y Ovejas donde las precipitaciones en general son menores a 1900 mm
- La zona oriental entre las cotas 1100 msnm y 1400 msnm, a la cual pertenece toda la zona del embalse de Salvajina y se extiende hasta el norte, abarcando la parte baja de la cuenca del río Marylópez. En esta zona las precipitaciones se encuentran entre los 1900 mm y 2500 mm
- Continuando hacia el occidente del municipio de Suárez, entre las alturas 1400 msnm a 1700 msnm, se desarrolla una pluviosidad que alcanza entre los 2500 mm y 3100 mm; entre las zonas influenciadas por esta franja de precipitación se encuentran en el sur la parte media de la cuenca del río Marilopito, longitudinalmente todo el centro del municipio de Suárez y en norte toda la cuenca alta y media del río Marylópez. Un núcleo lluvioso se presenta en el sector oriental en la zona de las veredas La Toma y El Hato.

- En la zona occidental del municipio entre las cotas 1700 msnm y 2000 msnm, se presentan precipitaciones entre los 3100 mm y 3600 mm.
- Precipitaciones entre 3100 mm y 3700 mm, se presentan en zonas donde se alcanzan alturas entre 2000 msnm y 2300 msnm, ubicadas al occidente del municipio, en la cuenca del río Inguitó.

3. ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS NATURALES

3.1 DATOS DE FACTORES DE DISPARO

De acuerdo a la metodología del IGAC (1.996), los factores de disparo son aquellos factores externos que inducen un comportamiento activo de los fenómenos de remoción en masa. Los factores de disparo principales son tres:

LLUVIAS

Para analizar las lluvias como factor de disparo se debe tener registro de estaciones pluviométricas del área y cálculos de los eventos máximos mensuales para diferentes períodos de retorno en función de las necesidades del proyecto. Para el Municipio de Suárez se tomaron los datos de las estaciones Hidroclimatológicas disponibles en los municipios del Cauca como Suárez, Buenos Aires, El Tambo, Santander, Caldono, Morales, Cajibío y Piendamó y del Valle como Cali y Jamundí.

SISMOS

De acuerdo a lo escrito anteriormente el municipio de Suárez se encuentra localizado en una zona de actividad *Sísmica Alta*.

ACCIÓN ANTRÓPICA

Es uno de los factores de disparo más importante, es también el más difícil de cuantificar, no sólo el desarrollo urbano, controlado o incontrolado, sino también el desarrollo de infraestructura como vías, industrias, desarrollo minero, agropecuario y disposición de rellenos.

En el Municipio de Suárez la acción antrópica se evidencia este fenómeno en los sectores donde se desarrolla la apertura de vías que generan problemas de deslizamientos y cárcavas, tanto sobre la misma banca como en zonas cercanas, afectando cultivos e incrementando los problemas de erosión. Otro factor importante es el pastoreo de ganado generando erosión "pata de vaca", terráceo y reptación del suelo.

3.2 DEFINICIÓN DE RELACIONES

Para la definición de relaciones dentro del método de zonificación en el municipio de Suárez se tomaron los siguientes datos de entrada:

- Cartografía básica IGAC
- Fotografías Aéreas IGAC, 1991
- Cartografía Geológica INGEOMINAS, escala 1:300.000
- Geomorfología
- Pendientes
- Hidrología
- Procesos morfolodinámicos principalmente erosión

3.2.1 ACTIVIDAD SÍSMICA

Es importante hacer una evaluación de la actividad sísmica que afecta al departamento del Cauca, como posible detonadora de movimientos del terreno.

3.2.1.1 TECTÓNICA Y SISMICIDAD COLOMBIANA

Desde el punto de vista sismo – tectónico, la esquina noroccidental de Suramérica, conforma uno de los ambientes más interesantes y complicados que existen, puesto que allí interactúan tres placas tectónicas: Nazca, Suramérica y Caribe. El ambiente de convergencia de tales placas se desarrolló dentro del territorio Colombiana, como consecuencia del campo de esfuerzos.

Presenta a su vez flexiones y cizallas en las placas que se manifiestan a lo largo de fallas geológicas y sismos, los cuales conforman las manifestaciones de la acumulación de energía sísmica. La zona más activa tectónicamente es la región Andina, lo cual hace que la mayoría de esta parte del territorio esté clasificado como zona de alto riesgo sísmico.

La Figura No. 94 muestra la ubicación de Colombia respecto al sistema sismotectónico del continente suramericano.

La interacción de las tres placas genera cuatro zonas potenciales de sismicidad:

- Zona de choque interplacas
- Zona de Subducción
- Zona de vulcanismo regional
- Zona de fallas activas



Fuente: Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia, 1996

FIGURA No. 94 Localización Tectónica de Colombia

La zona de choque entre placas es lenta conociéndose que la placa de Nazca se desplaza a una velocidad de 7 cm/año hacia el Este con respecto a la placa Suramericana. Por su parte la placa del Caribe se desplaza a una velocidad de 1 a 2 cm por año en dirección E-SE con respecto a la Suramericana. La interacción entre estas tres placas es de carácter tridimensional generando fallamientos de direcciones y sentidos variables.

Las dos últimas fuentes potenciales de sismicidad tienen influencia directa con el área de estudio, principalmente por su cercanía.

La zona subducción asocia sismicidad al plano de Benioff, o sea el contacto entre la placa Suramericana y la placa de Nazca y se conoce como sismicidad de subducción, en razón de su disposición geométrica de la zona. La traza del plano de subducción tiene una orientación aproximadamente paralela a la línea de la costa actual y pasa a unos 40 kilómetros al occidente de ella, el ángulo del plano de Benioff es cercano a los 45°.

La llanura Pacífica es la más afectada por los sismos de intensidad baja a intermedia; ha sido poco poblada y muy aislada durante todo el período histórico, razón por la

que solo se conocen los sismos de gran intensidad entre los cuales sobresalen el del 31 de enero de 1906.

En la parte de la fosa Colombia-Ecuador en donde la placa de Nazca subduce la placa suramericana, es notoria la abundancia de sismos, con magnitudes iguales o superiores a 5.0

Según la información disponible actualizada y suministrada por ITEC, la parte sur de Colombia, entre 1° Norte hasta las inmediaciones de la latitud 5.5° Norte, para magnitudes iguales o superiores a 4.0 y considerando sólo los datos entre Enero de 1960 y 1987, se obtiene una recurrencia de magnitudes con profundidades locales iguales o inferiores a 70 kilómetros, que son los que se pueden asociar al proceso de subducción.

El primer registro de un evento sísmico ocurrió en 1.566 en las ciudades de Cali y Popayán. Existen registros de numerosos sismos históricos desde la Colonia y hasta 1.922, año en el que se instala el primer sismógrafo en el País. En Ramírez, 1.975 se hace una descripción de ellos.

Desde 1.957 hasta 1.972 se instalaron siete estaciones sismológicas permanentes en el país, siendo operadas por el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, adscrito a la Universidad Javeriana de Bogotá.

A partir de 1.993, Ingeominas opera la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC), además se crea el Observatorio Sismológico del Suroccidente (OSSO), con sede en la ciudad de Cali. La RSNC cuenta actualmente con catorce (14) estaciones con capacidad remota vía satélite y se adelanta en la adecuación de cinco (5) más.

En las tablas siguientes se presentan las fechas importantes para la historia sísmica en Colombia.

TABLA No. 106 Fechas Importantes para la Historia Sísmica

AÑO	EVENTO
1566	Primer sismo del que se tiene registro escrito
1922	Instalación del Primer Sismógrafo en el País
1957	Red suficientemente densa para poder calcular profundidad
1993	Entra en operación la RSNC

A continuación se relacionan algunos sismos importantes en Colombia:

TABLA No. 107 Sismos Importantes en Colombia

FECHA	LOCALIZACIÓN	MAGNITUD	PROFUNDIDAD	MUERTOS
31-1-06	Cerca de Tumaco	8.9	?	400

94I-67	Huila	6.3	60	98
29-III-67	Santander	6.0	160	5
23-XI-79	Quindío, Risaralda y Caldas	6.4	80	55
12-XII-79	Cerca de Tumaco	7.8	40	500
31-III-83	Popayán	5.5	12	300
18-X-92	Murindó, Límite Antioquia – Chocó	7.2	15	30
6-VI-94	Puez, Límite Cauca – Huila	6.4	<20	120
19495	Tauramena, Casanare	6.5	15	10
84I-95	Calima, Valle	6.4	90	5

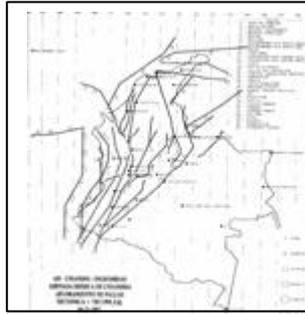
Para la elaboración de los mapas de amenaza sísmica de la nueva versión de las normas sísmo resistentes colombianas, se actualizó nuevamente el catálogo, utilizando información de los catálogos anteriores, además de nuevos datos suministrados por la RSNC y el OSSO de la Universidad del Valle y el Instituto de Geofísica de la Universidad Javeriana. Contiene 11.088 eventos (García et al., 1.996). A continuación se dan algunas estadísticas de este Catálogo.

TABLA No. 108 Algunas Estadísticas del Catálogo

CARACTERÍSTICAS	No. SISMOS
Contenido Total de Eventos (1566 – 1995)	11088
Sismos No instrumentales (1566 – 1922)	293
Sismos Instrumentales (1922 – 1995)	10796
Sismos de 1957 a 1995	10546
Sismos de 1957 a 1995 con $M_g \geq 3.0$	3255
Sismos de 1957 a 1995 con $M_g \geq 4.0$	1185

SISTEMAS DE FALLAMIENTO REGIONAL

La dirección de las Cordilleras Central, Oriental y Occidental coinciden con el Sistema de fallamiento Regional Norte-Sur. En la figura No. 95 se presenta el sistema de fallamiento general de Colombia.



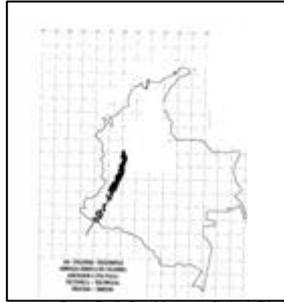
Fuente: Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia, 1.996
FIGURA No. 95 Sistemas de Fallamiento en Colombia

En el Departamento del Cauca los principales sistemas de fallamiento son: Cauca – Patía y el Sistema de El Romeral al oriente. La Geología estructural se ha estudiado gracias a las investigaciones que se han realizado en Colombia en las áreas de minería, petróleo, los proyectos Hidroeléctricos y el Ingeominas.

- Sistema de fallas Romeral: Recorre a Colombia de norte a Sur en una longitud de mas de 1000 kilómetros, conformando un amplio corredor que en algunas partes tiene varias decenas de kilómetros de anchura, dentro del cual se presentan numerosos ramales de la falla principal. La zona de Romeral tiene componentes de movimiento muy variables, en algunas partes los hay de tipo normal o de compresión, mientras que en otras partes los hay de desplazamiento horizontal. Ocupa todo el flanco Occidental de la cordillera Central, desde el Valle del río Cauca hasta la cima de la cordillera y desde el nacimiento de ésta, en el Ecuador, hasta su terminación en las llanuras del Caribe. Separa rocas de afinidad oceánica al occidente (Ofiolitas) de rocas continentales al oriente, correspondiendo probablemente a una Paleosutura la cual constituye una debilidad de la corteza terrestre a lo largo de la cual las rocas están intensamente fracturadas. Las tasas de actividad que han sido reportadas para esta falla son bastante bajas y han sido analizadas principalmente dentro de los contextos de proyectos hidroeléctricos. Algunos estudios globales dentro del país indican que la actividad de esta zona se reduce en el tramo norte con respecto a la que pueda presentarse mas al sur, hacia los límites con Ecuador o un poco mas al norte.

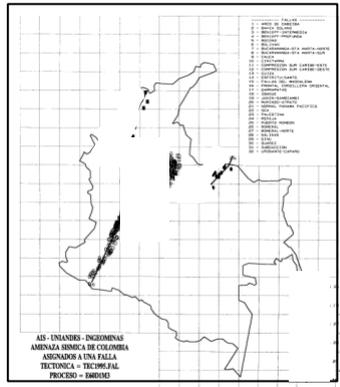
Históricamente la zona de Romeral presenta una actividad sísmica con sismos de intensidad media a alta (VII, VIII y XI); a ésta se le pueden atribuir los mas importantes sismos de la colonia (1736, 1766 y 1566), del siglo pasado (1878 y 1855) y algunos de este siglo.

- Sistema de fallas del Río Cauca: Este sistema está conformado por una serie de fallas inversas orientadas en dirección N10E a N35E, las cuales ponen en contacto a la cordillera Occidental con la depresión Cauca – Patía. A este sistema pertenecen las Fallas Cauca – Patía y Bellavista – Río Bravo. La falla Cauca no ha sido objeto de un estudio sistemático, su alineamiento se interfiere por la trayectoria del Río Cauca, tienen una longitud de más de 400 kilómetros y va desde el Sur del País hasta el Departamento de Caldas. Ha sido catalogada de tipo normal con un buzamiento fuerte hacia el Oeste. Por su posición, geometría y tipo se le ha asignado en la escala Ms un valor de orden de 7. En la figura No. 96 se presenta la amenaza sísmica asociada a la falla del Cauca.



Fuente: Estado General de Amenaza Sísmica de Colombia, 1996
FIGURA No. 96 Amenaza Sísmica Asignada a la Falla del Cauca

- Falla Romeral: Tectónicamente es la estructura más importante que atraviesa al País de Sur a Norte. El sismo que destruyó a Popayán el 31 de Marzo de 1983 se debió a la actividad de la Falla Rosas – Julumito que hace parte del Sistema Romeral. Los parámetros de sismicidad, el tipo de fallamiento y su posición entre la subducción y la falla frontal de la Cordillera Oriental, indican que la magnitud última posible para esta falla es del orden de 7.6 en la escala Ms. En la figura No. 97 se muestra la amenaza sísmica asociada a la falla de Romeral.



Fuente: Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia, 1.996
FIGURA No. 97 Amenaza Sísmica Asignada a la Falla de Romeral

3.2.1.2 ASIGNACIÓN DE EVENTOS A LAS FUENTES SÍSMICAS

Inicialmente las asignaciones de eventos a las diferentes fuentes sísmicas se habían realizado manualmente. Era un trabajo laborioso y una alta posibilidad de cometer un error en la asignación, por esta razón se decidió desarrollar un proceso matemático que permitiera asignar a los sismos de una manera automática y confiable. Lo que se hace actualmente es la asignación de un corredor paralelo al lineamiento de la falla de 60 Kilómetros a lado y lado que es compatible con la calidad de la precisión de localización dentro del Catálogo.

El análisis de asignación de eventos depende de la tectónica, de la información sísmica utilizada y del ancho del corredor de asignación.

3.2.1.3 ZONA DE AMENAZA SÍSMICA

Las normas sísmo resistentes en general indican dentro de su propósito "una edificación diseñada siguiendo los requisitos de estas normas sísmo resistentes, debe

ser capaz de resistir temblores pequeños sin daño, temblores moderados sin daño estructural, pero con algún daño en elementos no estructurales y un temblor fuerte sin colapso".

El Comité a cargo de las Normas Sismo Resistentes resolvió establecer tres (3) niveles de requisito de diseño. El primer nivel para edificaciones cuyo sismo de diseño no exceda una aceleración pico horizontal de 0.10 g. Este nivel se propuso como apropiado para zonas de amenaza sísmica baja. En la Figura No.95, se presenta las zonas de amenaza sísmica para Colombia.

En regiones donde exista la probabilidad de alcanzar valores de aceleración pico horizontal de 0.20 g, los requisitos para construcción son más estrictos y se debe garantizar que las estructuras cumplan las normas sismorresistentes en lo que respecta a daño y colapso. La región donde se deben aplicar se definió como una zona de amenaza sísmica intermedio.

En regiones donde la aceleración pico horizontal es de 0.25 g o más el diseño de las edificaciones deben responder el rango inelástico durante gran parte del sismo sin que haya mayor daño a la estructura de la edificación pero admitiendo daño a los elementos no estructurados y sin colapso ni pérdida de vidas.

Estos requisitos se dan para zonas de amenaza sísmica alta. Las zonas de amenaza que define el mapa son compatibles con los requisitos diferenciales que exige la norma sismo resistente.

En la Tabla No.109 se presenta para cada uno de los municipios del Departamento del Cauca los valores de aceleración para el umbral de daño (Ad), la aceleración pico efectiva (Aa) y la zona de amenaza sísmica que son requisito de las normas de construcción sismo resistente (NSR) para ser utilizado en el diseño y verificación de edificaciones indispensables.

TABLA No. 109 Zonas de Amenaza Sísmica

DEPARTAMENTO DEL CAUCA			
MUNICIPIO	Aa	Ad	Zona De Amenaza Sísmica
Popayán	0.25	0.04	Alta
Almaguer	0.25	0.04	Alta
Argelia	0.25	0.04	Alta
Balboa	0.25	0.04	Alta
Bolívar	0.25	0.04	Alta
Buenos Aires	0.25	0.04	Alta
Cajibío	0.25	0.04	Alta
Caldono	0.25	0.04	Alta
Caloto	0.25	0.04	Alta

Corinto	0.25	0.04	Alta
El Tambo	0.25	0.04	Alta
Guapi	0.40	0.06	Alta
Inza	0.30	0.04	Alta
Jambaló	0.25	0.04	Alta
La Sierra	0.25	0.04	Alta
La Vega	0.25	0.04	Alta
López	0.30	0.05	Alta
Mercaderes	0.25	0.04	Alta
Miranda	0.25	0.04	Alta
Morales	0.25	0.04	Alta
Padilla	0.25	Alta	Alta
Paez	0.25	Alta	Alta
Patía (El Bordo)	0.25	Alta	Alta
Piendamó	0.25	Alta	Alta
Puerto Tejada	0.25	Alta	Alta
Puracé	0.25	0.04	Alta
Rosas	0.25	0.04	Alta
San Sebastián	0.30	0.04	Alta
Santander de Quilichao	0.25	0.04	Alta
Santa Rosa	0.35	0.04	Alta
Silvia	0.25	0.04	Alta
Sotará	0.25	0.04	Alta
Sudréz	0.25	0.04	Alta
Timbío	0.25	0.04	Alta
Timbiquí	0.40	0.06	Alta
Toribío	0.25	0.04	Alta
Totoró	0.25	0.04	Alta

Fuente: Estudio general de amenaza sísmica de Colombia. 1996

En conclusión no se han realizado estudios de Geología y Geotectónica en los principales sistemas de fallamiento.

No existe ningún tipo de estudios sobre fallas secundarias las cuales representan un peligro palpable debido a su cercanía a núcleos poblados. Esta situación es lamentable, pues en el caso del sismo del 31 de marzo de 1.983, en Popayán, demostró que fallas secundarias pueden producir sismos muy destructores.

El 90% de la población habita en la zona Andina del país, que se caracteriza por una amenaza sísmica entre intermedia y alta.

A pesar de los esfuerzos que se han realizado al respecto por intermedio de INGEOMINAS, todavía la Red Sísmica Nacional es inadecuada para las necesidades del país. Su ampliación, actualización y permanente mantenimiento es una necesidad

prioritaria.

No existen esfuerzos integrados entre Ingenieros, Geólogos y Geofísicos, conducentes a un mejoramiento sistemático de la información disponible.

Los sismos se pueden evaluar por la energía liberada (magnitud) o la aceleración del terreno o intensidad del movimiento (efectos).

Si las casas vulnerables al sismo se encuentran en una zona alta lejana a la probable zona de inundación, su vulnerabilidad a este fenómeno podría ser cero. Análisis similares se podrían repetir para otros fenómenos como los deslizamientos, erupciones volcánicas y demás que se identifiquen como amenazas en la localidad bajo estudio.

3.2.2 ACTIVIDAD VOLCÁNICA

3.2.2.1 WULCANISMO REGIONAL

El vulcanismo de los Andes Colombianos se ha explicado como producto de la interacción de la placa de Nazca bajo Sur América y se ha dividido en dos etapas principales: la primera de ellas del Mioceno Medio – Pleistoceno representada por lavas, piroclastos e ignimbritas asociadas a un vulcanismo extinto cuyos edificios están completa o parcialmente erodados; sobre las estructuras de la primera etapa se desarrolló el vulcanismo de la segunda, la cual comenzó en el Pleistoceno, y está representado por edificios fácilmente reconocibles correspondientes a los volcanes actualmente activos. A lo largo de los Andes suramericanos existen más de treinta volcanes, de los cuales por lo menos siete han mostrado actividad durante el último siglo y en Colombia se restringen a los ubicados en las cordilleras Occidental y Central y a la depresión Interandina Cauca–Patía. Sin embargo es importante resaltar las que se podrían llamar brechas volcánicas, correspondientes a zonas donde no hay volcanes pero en las cuales se podría esperar su existencia.

De manera regional hacia el Norte de la zona de estudio, es importante mencionar, por tratarse de la mayor concentración de volcanes de Colombia, el llamado Parque Nacional de los Nevados, localizados en la Cordillera Central, el cual está constituido por los volcanes: Ruiz, Cisne, Santa Isabel, Santa Rosa, Quindío y Tolima; estos volcanes están poco espaciados entre sí e iniciaron su actividad hace 50 millones de años. A estos volcanes se les atribuye grandes depósitos volcánicos del centro y algunos de sur del país. Más hacia el sur y más cerca al Municipio de Suárez, se encuentra otra serie de volcanes entre los cuales se puede mencionar: Huila, Puracé, Sotará, Petaca y Doña Juana. En los límites con el Ecuador se ubican los volcanes Galeras, Cumbal, Chiles y Azufral. De los volcanes antes mencionados, el Ruiz, Tolima, Huila, Puracé, Doña Juana, Galeras y Cumbal, han tenido actividad durante los últimos cien años.

La actividad de estos volcanes representan un riesgo para las zonas aledañas a ellos. Sin embargo, el grado de riesgo está directamente relacionado con la cercanía al foco de erupción y a la magnitud del evento volcánico.

Los sismos generados a partir de la explosión de un volcán, en general son de magnitud moderada y su foco está localizado a unas profundidades que oscila entre 1–5 kilómetros, es decir son superficiales y su epicentro generalmente se ubica en los alrededores del volcán.

Para la zona del Municipio de Suárez, se considera que el grado de riesgo ante la presencia de un sismo de gran magnitud originado a partir de la explosión de un volcán, es baja a casi nula, sin embargo ante una explosión volcánica excepcionalmente fuerte, podrían verse afectados moderadamente algunos sectores del municipio, especialmente las poblaciones ubicadas al sur de la cabecera municipal, especialmente por la presencia de cenizas volcánicas. Uno de los volcanes que puede representar cierta amenaza volcánica para el municipio de Suárez es el volcán Puracé el cual se encuentra localizado a 30 kilómetros al SE de la ciudad de Popayán en 02° 22' de latitud Norte y 76° 23' de longitud Sur.

Se espera que las eventuales erupciones futuras del Puracé presenten características similares a las que dieron origen a los depósitos presentes en el Registro Geológico del Puracé actual. (INGEOMINAS No.2 de 1.993), de esta forma, aunque el Municipio de Suárez no se afectaría por eventuales eventos de flujos de lava andesítica, las emisiones de ceniza, que son los productos más comunes del volcán Puracé, podrían ocasionalmente distribuirse hacia el noreste del volcán y llegar a afectar algunos de los corregimientos del sur del Municipio de Suárez, sin embargo, esta posibilidad dependería de la dirección que tenga el viento en el momento de la erupción y de la intensidad de la misma.

Se conoce que las cenizas y lapilli se distribuyen en todo el área del volcán y en datos de erupciones históricas se informa sobre la caída de cenizas en la ciudad de Popayán, y las poblaciones como Paispamba, Timbio y El Tambo. Por esta razón se considera una amenaza baja a nula para el Municipio, por eventos volcánicos.

3.2.3 AMENAZA POR INUNDACIONES

La amenaza de riesgos por inundaciones se define en términos de la vulnerabilidad que tienen algunas áreas de ser afectadas por crecientes que sobrepasen la capacidad natural de los cauces y se desborden ocasionando pérdidas de vidas humanas como el aspecto más crítico y en menor importancia, la pérdida de bienes materiales. La identificación de las zonas críticas en este estudio se hizo teniendo en cuenta dos variables: la cercanía de las áreas con respecto a los cauces superficiales y el tamaño mismo de estos cauces.

3.2.3.1 AMENAZA POR CERCANÍA DE LOS CAUCES

Zonas de Amenaza Alta:

Las zonas bajas ubicadas hasta la cota 1050 msnm son las más susceptibles debido a la escasa diferencia de altura existente entre el cauce propio del río y las áreas urbanas ó de alguna importancia económica. Los sectores que se encuentran en esta situación corresponden en primera instancia a la cabecera municipal de Suárez y los corregimientos ubicados hacia aguas abajo tales como Portugal - Asnazú, San Francisco y Asnazú. El corregimiento de Asnazú sus veredas Portugal, Asnazú,

Catoto, Cariutico. Sobre estas zonas actúan tanto los caudales del río Cauca que salen del embalse como las crecientes naturales del río Ovejas. Aunque la existencia del embalse de Salvajina mejoró la protección del área contra estos fenómenos naturales, la capacidad de regulación del embalse no es total sino que está limitada a garantizar protección contra eventos que se presentan en promedio una vez cada 30 años.

Debido a que no existe información disponible para diseñar un modelo hidráulico que permita definir una línea de inundación en cada una de las cuencas y en especial del Río Cauca para la Cabecera Municipal de Suárez, con un periodo de retorno adecuado para zonas urbanas (100 años), en donde se tome como base información detallada de las características físicas del Río Cauca tales como secciones transversales amarradas a un mismo sistema de nivelación y la rugosidad del cauce; de una forma muy preliminar se propone un valor consecutivo, el cual puede ser seguro para la construcción de viviendas.

De esta manera es absolutamente necesario la realización del estudio hidráulico detallado que determine técnicamente los niveles de inundación en la zona urbana y todas las poblaciones ubicadas aguas bajas de la Cabecera Municipal, el cual debe tener en cuenta la regla de operación del embalse de Salvajina, (ver Anexo No.).

Estas poblaciones ubicadas aguas debajo de la Cabecera Municipal, aunque tienen menor riesgo por estar más alejadas del vertedero de Salvajina, presentan igualmente amenazas por las crecientes del Río Ovejas y las descargas de salvajina de igual manera este estudio debe contemplar la completación de las obras de protección de las zonas urbanas y rurales mediante la construcción de obras tales como jarillones o diques marginales al río Cauca, además de canales de drenaje que intercepten las aguas lluvias que hoy drenan libremente hacia el río y que se afectarían por la presencia de los diques.

La determinación de la altura total de estos diques y las obras de drenaje complementarias se deberá analizar en el mismo estudio hidráulico detallado teniendo en cuenta una crecencia simultánea de los ríos Ovejas y una descarga desde el embalse de Salvajina a través de los diferentes medios de salida ó evacuación como la casa de máquinas, las descargas de fondo y el rebosadero.

Es importante considerar que aunque existe una probabilidad baja que ocurra el rompimiento de la presa, deberá evaluarse con más detalle esta circunstancia con el fin de tomar las medidas de alarma necesarias y mediante la preparación de un plan de evacuación y contingencia por parte del CLE evacuar a la población, dado que de llegar a ocurrir la crecencia arrastraría con toda la zona urbana del municipio de Suárez y El Corregimiento de Asnazú ubicado aguas abajo.

Por todo lo anterior y debido a que no está dentro de los objetivos del estudio realizar el análisis hidráulico de crecientes se considera que la vulnerabilidad de estas zonas es alta debido a su cercanía a los cauces y a la magnitud de los caudales, además la importancia del impacto es alta porque puede afectar el principal núcleo urbano del municipio ó zonas de alta importancia económica para las comunidades ubicadas en el área, por esta razón y hasta que no se conozcan resultados técnicamente adecuados se considera la cota 1050 msnm, en el nivel de inundación para el Río

Cauca para un periodo de retorno de 200 años y se recomienda que cuando se proyecte cualquier construcción ubicada por debajo de este nivel propuesto como seguro, el constructor debe presentar el estudio hidráulico del sector correspondiente que garantice la seguridad de la obra.

Sobre la margen izquierda del río Ovejas en jurisdicción del corregimiento de La Toma se encuentran zonas bajas que periódicamente se inundan por crecientes del río, afectando principalmente cultivos y causando erosión de las orillas. Por otra parte no se encuentran asentamientos humanos que se puedan afectar. Estas zonas se clasifican como de vulnerabilidad alta y de afectación media debido al tamaño de las pérdidas que se pueden ocasionar en áreas dedicadas al cultivo. Entre las soluciones se pueden mencionar las obras de protección como diques marginales y obras de drenaje, la desviación del río Ovejas que contribuiría a reducir los caudales durante crecientes y la adecuación de otras áreas para cultivo.

Zonas de Amenaza Media:

Existe otro tercer grupo de terrenos que se encuentran ubicados entre el cauce del río hasta una altura de 20 metros por encima de ese nivel, los cuales también se clasifican como de vulnerabilidad alta e importancia baja, dado que no se encuentran viviendas dentro de esta zona sino únicamente obras de infraestructura tales como puentes vías y algunos cultivos. Entre las zonas que se encuentran en esta condición se mencionan las veredas Santa Ana y Aguaclara, la zona alta del río Marilopito afluente del río Inguitó y el sector de Marylopez en la cuenca del río Timba.

Zonas de Amenaza Baja:

Estas zonas ubicadas 20 metros por encima del cauce actual del río se clasifican en términos generales como seguras y corresponden a todos los sectores altos del municipio donde habita la mayor parte de la comunidad rural.

En estas zonas existe sin embargo el riesgo de represamiento de las quebradas y ríos menores, como consecuencia de inestabilidades geológicas que causan deslizamientos y arrastre de materiales de gran tamaño, cuyas avalanchas pueden ocasionar daños tan graves como las inundaciones mismas, afectando además de las obras de infraestructura a los núcleos poblados y viviendas aisladas ubicadas cerca de los cauces, tal es el caso del sector Marylopez y de las veredas localizadas a lo largo de la cuenca del río Marilopito.

3.2.3.2 AMENAZA POR TAMAÑO DE LOS CAUCES

El tamaño de los cauces es también un factor importante, dado que en general los cauces más grandes tienen asociado un mayor riesgo, tal es el caso de los ríos Cauca y Ovejas que pueden afectar a la zona baja del municipio.

Los otros cauces, aunque son de menor tamaño como los ríos Inguitó, Marylopez, Asnazú y Marilopito, producen también crecientes de gran magnitud debido al carácter torrencial como producto de la alta pendiente de los cauces. Sin embargo, la ausencia de núcleos poblados cercanos a las orillas de los cauces disminuye la vulnerabilidad de estas zonas, donde las amenazas por deslizamientos y

represamientos son más importantes debido a las condiciones geológicas y los fenómenos de erosión acentuados en toda el área del municipio.

Como se está empleando un *Método Explícito Empírico*, para la calificación del peso relativo de los factores considerados en los planos temáticos se ha tenido en cuenta como lo más relevante los procesos morfodinámicos (erosión), pendientes, actividad sísmica y pluviosidad de la zona. En la Tabla No. 110 se muestra la ponderación que se le da a los fenómenos de inestabilidad predominantes en el área de estudio.

Una vez realizados los cruces entre los diferentes planos, se procedió a valorar el peso temático en el Mapa de Zonificación en porcentaje y calificación de cada temático obteniendo el Mapa de Zonificación de Amenaza por procesos morfodinámicos. La Figura No.98 muestra la zonificación de amenaza por procesos erosivos obtenida para el municipio de Suárez.

TABLA No. 110 Ponderación de los Fenómenos de Inestabilidad Predominantes

TEMÁTICOS CONSIDERADOS	Peso del Temático en el Mapa de Zonificación %	Calificación Dentro de cada Temático %
1. GEOLÓGIA		
Rocas Terciario Cuaternario	20	20
Rocas Terciarias		40
Rocas Cretácicas		40
2. GEOMORFOLOGÍA		
Unidad 6	10	5
Unidad 5		10
Unidad 4		25
Unidad 3		25
Unidad 2		15
Unidades 1		20
3. PROCESOS MORFODINÁMICOS (Erosión)		
Sin erosión aparente	15	0
Moderada		20
Severa		30
Muy severa		50
4. PENDIENTES		
Nula 0% -12%	15	0
Baja 12% -25%		15

Media	25% - 50%	35
Alta	> 50%	50
5. CONDICIÓN SÍSMICA		
Baja	20	0
Media		0
Alta		100
6. PRECIPITACIÓN		
1900 - 2500 mm	20	10
2500 - 3100 mm		20
3100 - 3600 mm		30
> 3600 mm		40

Fuente: GEOSIG Ltda.

FIGURA No. 98 Mapa de Zonificación de Amenaza por Procesos Morfológicos
 En las Tablas No.111 y 112 se presenta la síntesis del Mapa de zonificación por procesos erosivos para el municipio de Suárez, especificando cada corregimiento.

TABLA No. 111 Resumen de Amenaza por Procesos de Remoción en masa por corregimientos

Corregimiento	Área total (Km ²)	Área de Amenaza (Km ²)				Porcentaje de amenaza				Amenaza
		Baja	Media	Alta	Muy Alta	Baja	Media	Alta	Muy Alta	
Robles	82.51	1.43	8.10	37.70	34.21	1.8	9.9	46.3	42.0	ALTA
Aguaclara	81.56	0.62	14.51	44.50	21.01	0.8	18.0	55.2	26.1	ALTA
Betulia	67.42	5.62	28.41	27.36	5.62	8.4	42.4	40.8	8.4	MEDIA
Mindala	49.28	0.90	13.60	32.80	1.24	1.9	28.0	67.6	2.6	ALTA
La Tiza	40.83	11.60	18.10	10.10	—	29.1	45.5	25.4	—	MEDIA
Asnazú	31.28	5.47	9.82	14.90	0.60	17.7	32.1	48.2	1.9	ALTA
La Meseta	21.72	0.53	3.35	15.17	2.22	2.5	15.7	71.3	10.4	ALTA
Suarez	3.57	1.70	0.32	1.54	0.02	47.5	8.9	43.0	0.6	BAJA

Fuente: GE OSIG Ltda.

TABLA No. 112 Descripción de los factores que contribuyen a la amenaza por procesos erosivos en cada corregimiento

CORREGIMIENTO	SÍNTESIS
---------------	----------

ROBLES	<p>AMENAZA ALTA El 43.6% del corregimiento se encuentra de una zona altamente susceptible a los procesos de remoción en masa, esto se debe principalmente a su relieve en donde se presentan en su mayoría pendientes fuertes mayores de 50% y pendientes medias entre 25 - 50%. La erosión es moderada, aunque se presentan concentraciones de erosión severa hacia el sur y erosión moderada y natural en el resto del corregimiento, sobre suelos desarrollados a partir de la Formación Cisneros (Kgd). Las precipitaciones en este sector son las más altas del municipio y oscilan desde los 3100 mm hasta los 3700 mm</p>
MINDALA	<p>AMENAZA ALTA El 67.6% del corregimiento presenta alta susceptibilidad a los procesos de remoción en masa, siendo La geología es variada, presentándose todo tipo de rocas, sin embargo predominan las rocas sedimentarias del Grupo Cauca, afectadas por erosión moderada. Las precipitaciones oscilan desde los 1700 mm en el Este del corregimiento hasta los 3100 mm en el sector Occidental. La topografía en general es suave con pendientes medias.</p>

Continuación Tabla No. 112

CORREGIMIENTO	SÍNTESIS
AGUACLARA	<p>AMENAZA ALTA El 55.2% del corregimiento presenta alta susceptibilidad a los procesos de remoción en masa; esto obedece principalmente a las pendientes moderadas a altas y al alto régimen de pluviosidad de la zona, que se encuentra entre los 3100 mm y 3700 mm de lluvia. El relieve es abrupto desarrollado por las rocas Cretácicas de la Formación Cisneros, en el sector Occidental, en donde se presenta erosión muy severa, especialmente en las laderas que convergen al río Inguitú. En general el corregimiento presenta erosión moderada encontrándose el 42.12% del área total y erosión leve en el resto de la zona. Hacia el Este del corregimiento el relieve es alto y la erosión se cataloga como moderada alta afectando las rocas Terciarias del Grupo Cauca. Es este sector hacia la vertiente derecha del río Marilopito Sendicero Damián, El Manzano y la Cascada en donde se han presentado deslizamientos por erosión</p>

BETULIA	<p>AMEVAZA MEDIA</p> <p>El 42.4% del corregimiento muestra susceptibilidad media a los procesos de remoción en masa y el 40.8% amenaza alta, lo cual indica que esta zona del Municipio puede alcanzar amenaza alta, si se incrementan algunos factores principalmente en los que tiene influencia el hombre como la erosión, la cual puede generar deslizamientos y cárcavamientos hacia el Sur – Oeste del corregimiento en donde el principal detonante como son las lluvias son altas y van desde los 3100 hasta los 3700 mm.</p> <p>Las rocas aflorantes en este corregimiento son variadas encontrándose rocas Cretácicas de las formaciones Cisneros en el Sur – Oeste, rocas volcánicas de la Formación Volcánica, en el centro y Norte y rocas del Grupo Cauca en el sector central y oriental del corregimiento.</p> <p>El relieve es de pendientes mayores del 50%, en el sector soroccidental y pendientes medias a bajas en el centro y Norte del corregimiento, generándose un relieve de colinas altas, laderas largas y continuas.</p>
LA TOMA	<p>AMEVAZA MEDIA</p> <p>El 45.3% del corregimiento presenta una susceptibilidad media a los procesos de remoción en masa y solo el 25.4% es de susceptibilidad alta, ubicándose especialmente hacia las laderas que convergen al embalse de Salvajina en donde las pendientes son medias a altas.</p> <p>La erosión en este corregimiento es moderada, la cual afecta la totalidad del área. Las rocas que afloran son de edad Terciaria y Cuaternarias, pertenecientes al Grupo Cauca en el Occidente, a la formación Esmita al Oriente y a la formación Popayán en el centro del corregimiento, respectivamente.</p> <p>Su topografía es de pendientes moderadas y la geomorfología de colinas con cimas modeladas por depósitos de ceniza. Las precipitaciones en este corregimiento van desde los 1700 mm hasta los 3100 mm, los cuales se alcanzan en la población de la Toma.</p>
Continuación Tabla No. 112	
CORREGIMIENTO	SÍNTESIS
LA MESETA	<p>AMEVAZA ALTA</p> <p>El 71.3% del corregimiento es altamente susceptible a presentar procesos de remoción en masa, en donde el 44.04% de la zona muestra erosión severa, siendo el corregimiento con mayor afectación por este tipo de procesos.</p> <p>Deslizamiento en La Venta cuenca del río Maripuito. Es importante destacar un deslizamiento en el sector de La Venta, el cual INGEOMINAS 1994 ha logrado como un proceso de tipo rotacional y velocidad rápida.</p> <p>Las rocas aflorantes pertenecen al Grupo Cauca, generándose un relieve suave, con pendientes poco abruptas, donde se desarrolla un drenaje subparalelo. En esta zona se presentan suelos residuales arenosos, altamente susceptibles a las lluvias, las cuales van desde los 2500 mm hasta los 3100 mm.</p>

<p>SUÁREZ (Cabecera Municipal)</p>	<p>AMENAZA BAJA En general en la cabecera municipal el 47.5 del área presenta baja susceptibilidad a los procesos de remoción en masa, sin embargo el 43% del área muestra amenaza alta. Lo que indica que este sector del municipio es muy vulnerable a presentar cambios que modifiquen su condición de baja a alta. La cabecera municipal presenta una topografía de pendientes medias a bajas, altamente intervenidas por acción antrópica (tala y quema de vegetación, uso inapropiado del suelo), siendo uno de los factores que afecta y acelera los problemas erosivos, generando mayor amenaza. La erosión en general es moderada, presentándose principalmente asentamientos y pequeños desplomes ocasionados por factores hídricos en suelos altamente erosionables. El régimen de lluvias es moderado alcanzando precipitaciones desde los 1700 mm en el nor - oriente de la población hasta los 2500 mm en el sur - occidente de Suárez. En la figura 99 se presenta la identificación y clasificación de zonas que muestran fenómenos erosivos.</p>
<p>ASNAZÚ</p>	<p>AMENAZA ALTA El 48.2% del corregimiento muestra alta susceptibilidad a presentar procesos de remoción en masa. Aunque la geología es variada presentándose rocas Cretácicas, Terciarias y Cuaternarias, los procesos erosivos severos se concentran en las rocas sedimentarias del Grupo Cauca y formación Popayán, en donde se presenta erosión muy severa en las laderas que convergen al río Cauca. En general la erosión que predomina en el corregimiento es moderada que afecta el 87% del área. La topografía muestra pendientes medias a localmente bajas especialmente hacia la zona del río Cauca. Al nor - occidente la topografía es un poco mas fuerte con pendientes mayores del 50%. El régimen de lluvias va desde 1700 mm en la parte plana a 2500 mm en el sector mas alto del corregimiento..</p>

La Figura No. 99 muestra el mapa temático de las amenazas por procesos morfodinámicos en la Cabecera Municipal de Suárez

FIGURA No. 99 Mapa de Temático de las Amenaza por Procesos Morfodinámicos en la Cabeera

TÍTULO 3
La Zonificación de Amenazas Naturales

1.	INTRODUCCIÓN	298
1.1	DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA	298
1.1.1	Método Implícito	299
1.1.2	Método Semi-Implícito	299
1.1.3	Método Explícito Empírico	299
1.1.4	Método Explícito Semi-Analítico	299
1.1.5	Método Analítico	299
1.2	CALIFICACIÓN DE LA AMENAZA	300
2.	METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA ZONIFICACIÓN	
2.1	DEFINICIÓN DEL OBJETIVO FINAL	
2.2	DEFINICIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS	
2.3	DATOS DE ENTRADA	301
2.3.1	Mapa Geológico	301
2.3.2	Mapa Geomorfológico	302
2.3.3	Mapa de Pendientes	303
2.3.4	Mapa de Erosión	303
2.3.5	Mapa de Isoyetas	303
3.	ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS NATURALES	305
3.1	DATOS DE FACTORES DE DISPARO	305
3.2	DEFINICIÓN DE RELACIONES	306
3.2.1	Actividad Sísmica	306
3.2.1.1	Tectónica y Sismicidad Colombiana	306

3.2.1.2	Asignación de Eventos a las Fuentes Sísmicas	312
3.2.1.3	Zona de Amenaza Sísmica	312
3.2.2	Actividad Volcánica	315
3.2.2.1	Vulcanismo Regional	315
3.2.3	Amenaza por Inundaciones	316
3.2.3.1	Amenaza por Cercanía de los Cauces	316
	Zonas de Amenaza Alta:	316
	Zonas de Amenaza Media:	318
	Zonas de Amenaza Baja:	318
3.2.3.2	Amenaza por Tamaño de los Cauces	318

Título 3 La Zonificación de Amenazas Naturales

<i>FIGURA No. 93</i>	<i>Mapa Temático de Erosión</i>	
<i>FIGURA No. 94</i>	<i>Localización Tectónica de Colombia</i>	307
<i>FIGURA No. 95</i>	<i>Sistemas de Fallamiento en Colombia</i>	310
<i>FIGURA No. 96</i>	<i>Amenaza Sísmica Asignada a la Falla del Cauca</i>	311
<i>FIGURA No. 97</i>	<i>Amenaza Sísmica Asignada a la Falla de Romeral</i>	312
<i>FIGURA No. 98</i>	<i>Mapa de Zonificación de Amenaza por Procesos Morfológicos</i>	321
<i>FIGURA No. 99</i>	<i>Mapa de Temático de las Amenaza por Procesos Morfológicos en la Cabecera</i>	325

Título 3 La Zonificación de Amenazas Naturales

TABLA No. 106	<i>Fechas Importantes para la Historia Sísmica</i>	308
TABLA No. 107	<i>Sismos Importantes en Colombia</i>	308
TABLA No. 108	<i>Algunas Estadísticas del Catálogo</i>	309
TABLA No. 109	<i>Zonas de Amenaza Sísmica</i>	313

TABLA No. 110	Ponderación de los Fenómenos de Inestabilidad Predominantes	319
TABLA No. 111	Resumen de Amenaza por Procesos de Remoción en masa por corregimientos	321
TABLA No. 112	Descripción de los factores que contribuyen a la amenaza por procesos erosivos en cada corregimiento	321

Título 3

La Zonificación de Amenazas Naturales



Sector Margen Derecho Carretera Suárez – Mindalá.