INVENTARIO, CARACTERIZACIÓN, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE CONTROL Y MANTENIMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES ADELANTADAS EN EL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL

INVESTIGADORES AUXILIARES:
ANDRÉS MAURICIO FLÓREZ SALAS
MÓNICA PAOLA GÓMEZ CORTÉS
DANIEL ORTIZ CORREA

UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA CIVIL
2014

INVENTARIO, CARACTERIZACIÓN, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE CONTROL Y MANTENIMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES ADELANTADAS EN EL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL

Investigador principal

ALEJANDRO ALZATE BUITRAGO
GEÓLOGO

TRABAJO DE GRADO
PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Investigadores Auxiliares

ANDRÉS MAURICIO FLÓREZ SALAS
MÓNICA PAOLA GÓMEZ CORTÉS
DANIEL ORTIZ CORREA

UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA CIVIL
2014

NOTA DE ACEPTACIÓN:

_____
_____
_____
_____
_____

_____
Firma del presidente del jurado

_____
Firma del jurado

_____
Firma del jurado

Pereira, Febrero del 2014

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS *6*

LISTA DE TABLAS *7*

RESUMEN *9*

1. INTRODUCCION *12*

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA *13*

FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN *16*

3. JUSTIFICACIÓN *17*

4. OBJETIVOS *23*

4.1. OBJETIVO GENERAL **23**

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. **23**

5. ANTECEDENTES *24*

6. MARCO DE REFERENCIA *30*

6.1. MARCO TEÓRICO: **30**

6.1.1. LA PREVENCIÓN: **30**

6.1.2. ELUSIÓN DE LA AMENAZA: **32**

6.1.3. CONTROL DE MASAS EN MOVIMIENTO: **33**

6.1.4. ESTABILIZACIÓN: **34**

6.1.5. DURABILIDAD Y MANTENIMIENTO **39**

6.1.6. TIPOS DE DRENAJES **41**

6.2. MARCO CONCEPTUAL **43**

6.3. MARCO LEGAL Y NORMATIVO **52**

6.4. MARCO METODOLÓGICO **53**

6.4.1. DISEÑO METODOLÓGICO **53**

6.4.2. MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO **54**

6.4.3. OBTENCIÓN Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN **56**

7. RESULADOS *58*

7.1. INVENTARIO DE OBRAS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y/O ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EJECUTADAS EN EL PERÍMETRO URBANO DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL **58**

7.1.1. ESTUDIO DE CASO: 69
7.1.2. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN: 73
7.2. FUNCIONALIDAD Y ESTADO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN 78
7.2.1 Manejo de Aguas Superficiales: 78
7.2.2 Muros Anclados: 80
7.2.3 Muro en Concreto Reforzado: 81
7.2.4 Muros en Gaviones: 84
7.2.5 Muro en Mampostería Estructural: 86
7.2.6 Trinchos en guaduas: 89
7.2.7 Muro en Piedra: 90
7.2.8 Perfilado: 90
7.3. GEO-REFERENCIACION DE MEDIDAS DE MITIGACION 92
7.4. FORMULACIÓN DE PROTOCOLO DE ESTÁNDARES MÍNIMOS PARA LA PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS Y RESULTADOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y UN MANUAL DE MANTENIMIENTO DE OBRAS. 95
7.4.1. REGISTRO TÉCNICO DOCUMENTAL 96
7.4.2. FLUJOGRAMA DE ACTUACIÓN FRENTE A UN DESASTRE 98
7.4.3. MATRIZ DE DIAGNÓSTICO - ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO 100
8. CONCLUSIONES 106
9. RECOMENDACIONES 109
10. REFERENCIA BIBLIOGRAFÍCA 111
ANEXOS 113

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: LOCALIZACIÓN DE SANTA ROSA DE CABAL EN EL DEPARTAMENTO DE RISARALDA. 13
FIGURA 2. MAPA DE LA DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA DE SANTA ROSA DE CABAL (TOMADO DE ATLAS DE RISARALDA, 2000) 14
FIGURA 3. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PÁGINA 1. 64
FIGURA 4. FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PÁGINA 2. 65
FIGURA 5. ESTUDIO DE CASO, FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PÁGINA 1. 70
FIGURA 6. ESTUDIO DE CASO, FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PÁGINA 2. 71
FIGURA 7. TIPO DE OBRA 73
FIGURA 8. UBICACIÓN DE LAS OBRAS SEGÚN LA DIVISIÓN SOCIOPOLÍTICA DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL. 74
FIGURA 9. PRESENCIA DE AGUA. 76
FIGURA 10. GRÁFICA, UBICACIÓN SEGÚN LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA 77
FIGURA 11. CANALES OBSTRUIDOS 80
FIGURA 12. CANALES CON SECCIONES ADECUADAS. 80
FIGURA 13. MUROS ANCLADOS, SECTOR LA TRAVIATA, FICHA 31. 81
FIGURA 14. . MURO EN CONCRETO REFORZADO CONSTRUIDO SIN LAS TÉCNICAS INGENIERILES ADECUADAS. 83
FIGURA 15. MUROS EN CONCRETO REFORZADO, BUEN ESTADO. 84
FIGURA 16. MURO EN GAVIÓN, JARDÍN 3ª ETAPA – LA HERMOSA. 86
FIGURA 17. MURO EN GAVIÓN, BARRIO SAN CARLOS. 86
FIGURA 18. MURO MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL 88
FIGURA 19. MURO MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL, MALA CONSTRUCCIÓN. 88
FIGURA 20. TRINCHOS SIN VEGETACIÓN 89
FIGURA 21. TRINCHOS EN BUEN FUNCIONAMIENTO. 90
FIGURA 22. PERFILADO 92
FIGURA 23. GEO - REFERENCIACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN 94

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. ANTECEDENTES, TIPO DE AMENAZA 17
TABLA 2.MÉTODOS DE PREVENCIÓN DE LA AMENAZA O EL RIESGO 32
TABLA 3. MÉTODOS DE ELUSIÓN DE AMENAZAS DE DESLIZAMIENTOS. 33
TABLA 4. ESTRUCTURAS DE CONTROL DE MASAS EN MOVIMIENTO 34
TABLA 5. SISTEMAS QUE TIENDEN A LOGRAR UN EQUILIBRIO DE MASAS. 35
TABLA 6. MÉTODOS QUE TRATAN DE IMPEDIR LA INFILTRACIÓN O EROSIÓN. 36
TABLA 7. SISTEMAS TENDIENTES A CONTROLAR EL AGUA Y SUS EFECTOS. 37
TABLA 8. ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN. 38
TABLA 9. MEJORAMIENTO DEL SUELO. 39
TABLA 10: MARCO LEGAL 52
TABLA 11. CUADRO DE DISEÑO METODOLÓGICO 54
TABLA 12. CLASIFICACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA 56
TABLA 13. OBRAS REPORTADAS POR LA CARDER 59
TABLA 14. OBRAS REPORTADAS POR LA ALCALDÍA MUNICIPAL DE SANTA ROSA DE CABAL 61
TABLA 15. OBRAS REPORTADAS POR EMPOCABAL. 62
TABLA 16. TIPO DE OBRA 73
TABLA 17. PRESENCIA DE AGUA 75
TABLA 18. ZONA SÍSMICA. 76
TABLA 19. FUNCIONALIDAD, MANEJO DE AGUAS SUPERFICIALES. 78
TABLA 20. PATOLOGÍAS, MANEJO DE AGUAS SUPERFICIALES. 79
TABLA 21. PORCENTAJE DE PRESENCIA DE PATOLOGÍAS POR NÚMERO DE OBRA TIPO MANEJO DE AGUAS SUPERFICIALES 79
TABLA 22. FUNCIONALIDAD, MURO EN CONCRETO REFORZADO. 81
TABLA 23. PATOLOGÍAS, MURO EN CONCRETO REFORZADO 82
TABLA 24. PORCENTAJE DE PRESENCIA DE PATOLOGÍAS POR NÚMERO DE OBRA TIPO MURO EN CONCRETO REFORZADO. 83
TABLA 25. FUNCIONALIDAD, MURO EN GAVIONES 84
TABLA 26. PATOLOGÍAS, MURO EN GAVIONES 84
TABLA 27. PORCENTAJE DE PRESENCIA DE PATOLOGÍAS POR NÚMERO DE OBRA TIPO MURO EN GAVIÓN. 85
TABLA 28. FUNCIONALIDAD, MURO EN MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL 87
TABLA 29. PATOLOGÍAS, MURO EN MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL 87
TABLA 30. PORCENTAJE DE PRESENCIA DE PATOLOGÍAS POR NÚMERO DE OBRA TIPO MURO EN MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL. 88

TABLA 31. PORCENTAJE DE PRESENCIA DE PATOLOGÍAS POR NÚMERO DE OBRA TIPO GAVIÓN. 89
TABLA 32. FUNCIONALIDAD, PERFILADO 91
TABLA 33. PORCENTAJE DE PRESENCIA DE PATOLOGÍAS POR NÚMERO DE OBRA TIPO PERFILADO. 92
TABLA 34. DISTRIBUCIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE ACUERDO A LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE SANTA ROSA DE CABAL 107
TABLA 35. PATOLOGÍAS DOMINANTES SEGÚN LA TIPOLOGÍA DE OBRA. 108

RESUMEN

El presente documento es el trabajo de grado para obtener el título de ingeniero civil de la universidad libe seccional Pereira y ha dado origen a la investigación inventario, caracterización, evaluación y propuesta de control y mantenimiento de medidas de mitigación y estabilización de taludes adelantadas en el municipio de Santa Rosa de Cabal.

Su principal objetivo fue recolectar información de las obras ejecutadas para la mitigación de riesgo del municipio de Santa Rosa de Cabal, con el propósito de diagnosticar cada obra, de acuerdo a su tipología, funcionalidad, características y estado. Permitiendo tener un conocimiento detallado de cada estructura y analizando sus respectivas patologías.

Se ejecutó mediante visitas de campo en las cuales se procedía a diligenciar fichas técnicas de recolección de datos previamente diseñadas con el fin de caracterizar las obras.

Una vez realizado el recorrido censal por el municipio se procedió analizar mediante estadística toda la información recolectada, logrando conocer el estado y funcionalidad de las obras. Todo esto con el fin de brindar al municipio de Santa Rosa de Cabal, especialmente para la Secretaria de Planeación, un inventario de cada obra ejecutada para la mitigación del riesgo y su actual estado, para así poder realizar un seguimiento más minucioso y un pronto mantenimiento que garantice la mitigación del evento.

Los resultados de esta investigación permiten deducir que la mayoría de las obras no cuentan con un adecuado mantenimiento evidencia de ello es la falta de manuales de mantenimiento, así como la presencia de patologías en la mayoría de ellas.

Lo anterior sustentando en que primero la alcaldía municipal como principal ente rector del municipio no conoce con claridad la cantidad de obras ni la tipología de ellas que existen en el municipio. Por otro lado las obras no son construidas en el marco de los estándares técnicos ordenados por la norma NSR-10.

Con este trabajo, pretendemos generar un nuevo instrumento bien sea normativo, protocolario o procedimental buscando otorgar las herramientas necesarias para que el municipio tome las medidas necesarias, para ello se le brinda toda la

información recolectada en campo, los estudios estadísticos, y un manual de mantenimiento para cada tipología de obra, que garantiza su adecuado funcionamiento y perdurabilidad de la obra.

ABSTRACT

This current document is the work of degree to obtain the title of Civil Engineer from the University Libre Seccional Pereira and has given such origin to the research inventory, characterization, evaluation and proposal of control and maintenance of slope stabilization and moderation measures carried out in the municipality of Santa Rosa de Cabal.

Its main objective is to collect information from the works to the mitigation with the risk of the municipality of Santa Rosa de Cabal, to be able to diagnose each work, according to their typology, functionality, features and status. With each diagnosis, it allows to have a detailed knowledge of each structure and analyzing their respective studies.

Elaboration consisted of running through fields in which was required to fill out sheets of data previously collected in order to characterize the ending labor.

Once the tour census for the municipality was analyze by statistical information collected, making it known by the State and functionality of the works. All this is to provide to the municipality of Santa Rosa de Cabal, especially for the Ministry of planning, an inventory of each work performed for the mitigation of risk and their current state, to do a more thorough monitoring and maintenance that ensures mitigation of the event soon.

The results of this research allows to comprehend that most of the works do not have a suitable maintenance, with the evidence provided is due to the lack of maintenance manuals, as well as the presence of pathologies in most of them.

With the above support, it clarifies that the municipal government as the main governing body of the municipality does not know clearly the number of works or the type that exist in the municipality. On the other hand the works are not built within the framework of the technical standards ordered by the NSR-10 standard.

With this job, we intend to generate a new instrument that is well normative, formal or practical, seeking to grant the necessary tools so that the municipality take necessary measures. This document here gives you all the information collected in the field, statistical studies, and a maintenance manual for each type of work, which guarantees their proper operation and life service of the exertion.

1. INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objetivo realizar el inventario, caracterización, evaluación y propuesta de control y mantenimiento de medidas de mitigación y estabilización de taludes adelantados en el municipio de Santa Rosa de Cabal. La investigación está compuesta por una recopilación de información de todas las obras ejecutadas, a partir de la información contractual aportada por CARDER, Gobernación de Risaralda, Alcaldía de Santa Rosa de Cabal y Empocabal; y la información encontrada en el ejercicio de campo.

Se realizó un amplio trabajo de campo por la zona urbana del municipio, en búsqueda de las obras ejecutadas para la mitigación de riesgo; de las cuales se pudo realizar un registro del estado de la obra, de acuerdo a su tipología, sus características, funcionalidad, tipo de daño.

Basados en esta información de campo, se analizó el estado de las obras, determinando aspectos como la funcionalidad y entorno; de igual forma se buscaba determinar si las obras fueron ejecutadas bajo un diseño previo, con un adecuado proceso constructivo y con materiales de buena calidad.

Analizado los componentes necesarios de cada obra de mitigación, se procedió a georreferenciar las 74 obras encontradas en el municipio basados en su plan de ordenamiento territorial (POT).

El trabajo está compuesto por un manual de mantenimiento, que tiene como propósito resaltar los aspectos más importantes para tener en cuenta en el momento de evaluar el estado de una obra, y para desarrollar de manera adecuada las actividades necesarias para la conservación de la infraestructura.

Este trabajo es de gran utilidad para el municipio de Santa Rosa de Cabal, en particular para la Secretaría de Planeación Municipal; ya que permite tener un registro georreferenciado de cada una de las obras de mitigación del riesgo, facilitando el seguimiento da cada obra y garantizando un mantenimiento pronto y adecuado para su conservación y buena funcionalidad.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El Municipio de Santa Rosa de Cabal se encuentra localizado en el flanco occidental de la Cordillera Central entre alturas que van desde los 5.200 m.s.n.m. en el Nevado de Santa Isabel hasta los 1.400 en la vereda Las Mangas. Limita por el Norte con Chinchiná y Villamaría, por el Sur con Pereira y Dosquebradas, por el Oriente con el Departamento del Tolima y por el Occidente con Marsella y Dosquebradas (ver Figura 1).

Santa Rosa de Cabal hace parte de la Subregión I con una extensión territorial aproximada de 547 km^2. Según la zonificación ambiental realizada por la CARDER, esta subregión se localiza en la vertiente oriental del Río Cauca, también se puede decir que está ubicada en la vertiente occidental de la Cordillera Central, y comprende además los municipios de Pereira, Dosquebradas y Marsella (Ver Figura 1). El eje de la problemática ambiental gira en torno a los procesos de conurbación y urbanización de Pereira- Dosquebradas.

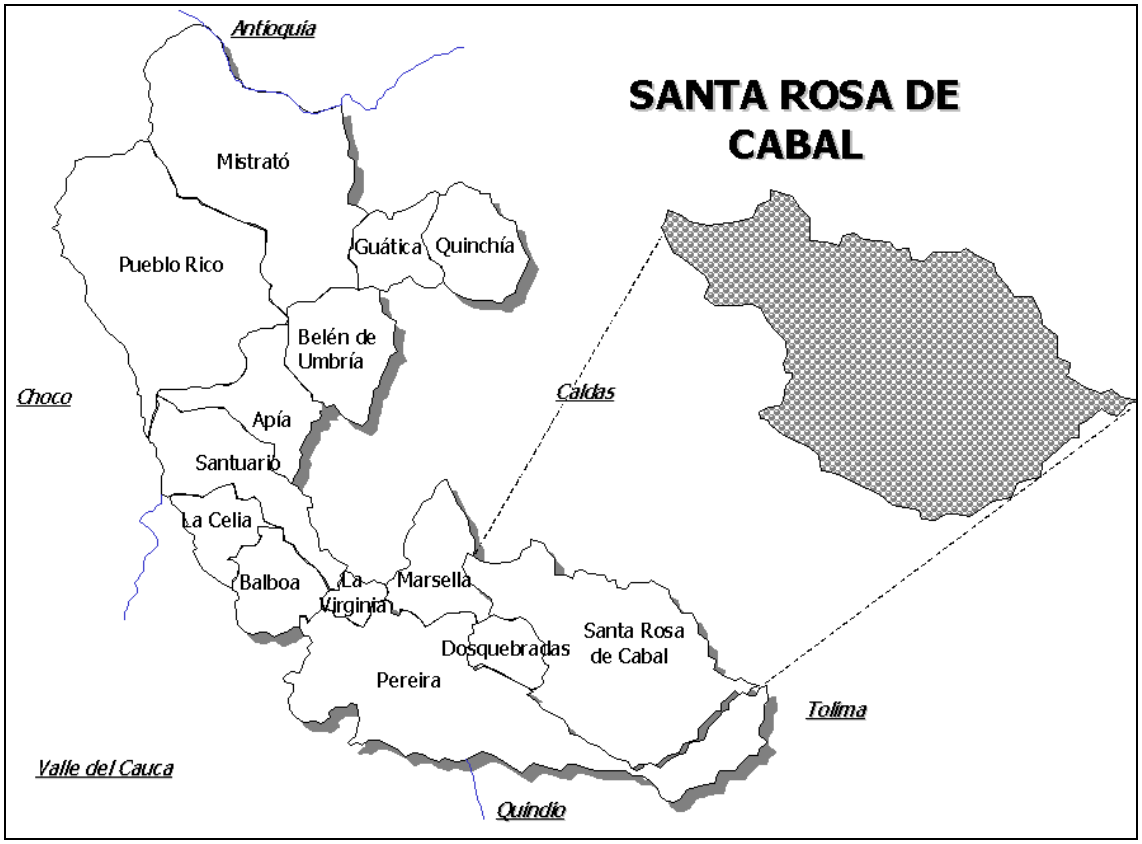


Figura 1: Localización de Santa Rosa de Cabal en el Departamento de Risaralda.

La cabecera municipal se ubica a los 4º52` de latitud norte y a los 75º37` de longitud este, sobre la vertiente oriental del rio cauca. Posee una altura promedio de 1766 msnm a 15 minutos de la ciudad de Pereira capital del departamento de Risaralda.

Hacen parte del municipio los corregimientos de El Sur, El Español, El Lembo, El Manzanillo, Guacas, Los Nevados y Santa Bárbara; y las inspecciones de policía rural Cedralito, Las Mangas, La Estrella, La Capilla, El Manzanillo, El Guamal-La María, Santa Bárbara y Santa Rita.

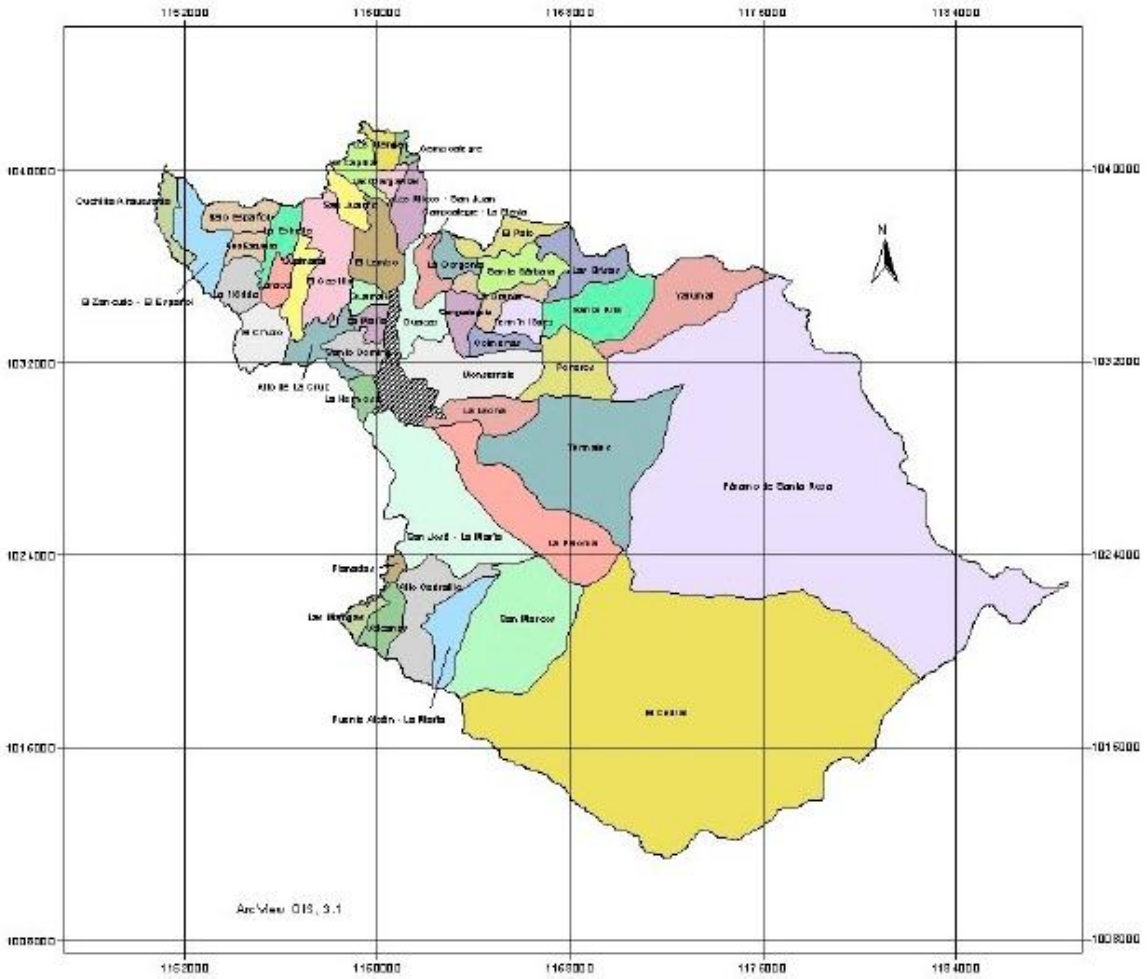


Figura 2. Mapa de la división político administrativa de Santa Rosa de Cabal (Tomado de Atlas de Risaralda, 2000)

Según el Censo de 1993, la población de Santa Rosa de Cabal era de 68.514 habitantes, de los cuales 50.983 (74.4%) habitaban la zona urbana, y los restantes 17.531 (25.6%) en el área rural.

Su clima es templado a temperaturas promedio de 19°C, la riegan los ríos Campo Alegre, Otún, San Eugenio, San José, San Juan, Campo Alegrito, Barbo y San Ramón, además de numerosas corrientes menores.

El área urbana y suburbana de Santa Rosa de Cabal está asentada principalmente sobre depósitos de piedemonte, en el flanco occidental de la cordillera central, presenta pendientes entre 0 y 5 % en el centro de la cabecera municipal, los sectores de la hermosa, el estadio, la María y las llanuras formadas por el río san Eugenio y la quebrada San Roque; las vertientes de los drenajes naturales presentan pendientes entre 15 y 35 %, en general presenta las características de suelos situados sobre la Cordillera Central, teniendo suelos que van desde los 1500 msnm hasta los 3800 conformando una zona paramuna en los límites con los departamentos de Tolima, Caldas y Quindío. El territorio es montañoso y su relieve corresponde a la cordillera Central; se destacan entre los accidentes orográficos el antiguo nevado de Santa Isabel situado en el límite con el departamento del Tolima, y la cuchilla de Corozal.

Santa Rosa de Cabal pertenece además a la región colombiana llamada Eje Cafetero y su economía gira alrededor del café; aunque en los últimos años su economía ha aumentado la actividad turística, ya que posee importantes atractivos como dos balnearios de Aguas Termales y un pequeño lago de barro medicinal con grandes propiedades para la piel, el municipio conserva el estilo de los pueblos cafeteros de mediados del siglo XX con sus casas típicas, con balcones florecidos característicos de la colonización Antioqueña, su iglesia principal y el Parque de las Araucarias en el centro del pueblo, también tienen renombre los chorizos santarrosanos.

En el país se han venido realizando obras buscando detener un poco los efectos causados por el calentamiento global y acrecimiento del fenómeno de la niña y en su defecto del fenómeno del niño, las cuales son construidas bajo un supuesto de vida útil determinada, sin embargo ante el cambio de administraciones locales las obras pierden su importancia ya que no se cuenta con un registro histórico el cual contenga información técnica de que se ha construido; derivando finalmente en el colapso de las mismas por falta de mantenimiento preventivo que aseguraría mucho más tiempo de vida útil.

Por consiguiente la comunidad de la ciudad de las araucarias es la principal afectada, debido a que los deslizamientos, inundaciones y sismos, traen consigo una serie de dificultades como aislamiento parcial de las veredas, viviendas destruidas, suspensión de servicios públicos a causa de la ruptura de las redes hidráulicas y eléctricas, colapso de la malla vial, familias damnificadas y pobreza, por otro lado el sector económico del municipio en actividades la agricultura, la ganadería y el turismo se ven perturbados por la falta de disponibilidad de productos y servicios de manera rápida y económica.

Por ello es de suma importancia tener presente en todo momento, el estado de las obras de mitigación que se han adelantado en todo el municipio, de tal manera que se tenga conocimiento de en qué momento estas deben repararse, rehacerse o efectuar lo indicado de acuerdo al estado de dichas obras, esto con el fin de evitar principalmente las pérdidas humanas, y posteriormente edificaciones y demás.

Cabe señalar lo sucedido en el sector de los Barrios Unidos del Sur, el 14 de Octubre de 2011, donde una avalancha del rio San Eugenio provocó pérdidas materiales de gran escala, bloqueando la vía principal de acceso del municipio, sin embargo en el mismo sector se encuentra un muro de contención que gracias a él, se evitaron las pérdidas humanas; ahora nace el siguiente interrogante:

¿Qué hubiera podido pasar en caso de que este muro de contención no se hubiese construido?

Es por incógnitas como esta que se debe avanzar en la investigación y contribuir desde el conocimiento de los factores generadores de riesgo y las intervenciones de tipo institucional, con el propósito de mejorar el conocimiento referido a la gestión del riesgo y las medidas de mitigación que a través del tiempo se han ejecutado en el territorio municipal. Es de reconocer, que la falta de cultura y concientización de la comunidad, es quien provoca en muchas ocasiones que estas tragedias ocurran.

FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles pueden ser las herramientas procedimentales, normativas y de control que garanticen de manera eficiente la calidad y durabilidad de las medidas de mitigación y/o estabilización de taludes ejecutadas o por ejecutar en el municipio de Santa Rosa de Cabal, bien sea por iniciativa del sector público o del privado?

3. JUSTIFICACIÓN

El quehacer cotidiano del desarrollo humano implica la transformación permanente del paisaje, generando sustanciales impactos y profundas alteraciones de las dinámicas terrestres. En el caso de los taludes, éstos se generan de manera artificial y/o inducida mediante la ejecución o construcción de proyectos urbanísticos; corredores viales; terraplenes; aprovechamiento de canteras, entre otros proyectos.

Según la CARDER, en su estudio de diagnóstico de riesgos ambientales de Santa Rosa de Cabal, ha tenido afectaciones por la ocurrencia de diferentes eventos, de manera específica, los deslizamientos se convierten, después de los sismos, en los eventos de mayor impacto, razón por la cual merecen una mirada de mayor detalle, en cuanto al proceso técnico y de ejecución de medidas de mitigación.

Tabla 1. Antecedentes, Tipo de Amenaza

BARRIO Y/O SECTORES	TIPO DE AMENAZA	VULNERABILIDAD FISICA	TIPO DE RIESGO
Barrios Unidos del Sur (Córdoba, La Milagrosa, La Suiza, y La Unión)	- Por inundación - Aumento de los caudales del río San Eugenio y la quebrada la Leona - Por movimiento en masa - Ladera sub-vertical; en la que afloran niveles freáticos.	-Viviendas localizadas sobre partes bajas (llanuras de inundación de estas corrientes.) - Estructura tipo de las viviendas inadecuada para zonas con influencia de corrientes. -Viviendas localizadas junto a la ladera.	**HIDROLÓGICO Y GEOTÉCNICO**
LAS ESCALERAS	- Por movimientos en masa - Vertiente de alta pendiente afectada en su base por la dinámica de la corriente de la quebrada la Leona.	-Viviendas construidas en una vertiente de alta pendiente. -Inadecuado manejo de aguas de escorrentía -Casas localizadas	**HIDROTÉCNICO E HIDROLÓGICO**

	- Se observan cicatrices de movimientos en masa y socavación lateral de orillas - Por inundación debido al aumento de las corrientes del río San Eugenio y a la quebrada la Leona.	muy cerca de corrientes de agua permanente	
Pio XXII	Por inundación ocasionada por crecientes de la Quebrada Santa Elena y el río San Eugenio	-Viviendas localizadas junto o muy cercanas a las corrientes mencionadas. -La estructura construida no es acorde a la ubicación de la vivienda.	**HIDROLÓGICO**
San Bernardino	- Por movimientos en masa. -Ladera de alta pendiente afectada por movimientos en masa, además posee cicatrices de procesos erosivos. -Taludes verticales inestables.	-Viviendas ubicadas en la ladera de alta pendiente. -Viviendas en cuya parte posterior existen taludes verticales. -Estructura constructiva inadecuada. -Los materiales constructivos amenazan ruina en la mayoría de las casas.	**GEOTÉCNICO**
San Eugenio, La Estación y Villa Alegría	-Por inundación debido al aumento del caudal del río San Eugenio. -Por movimientos en masa, ocasionados por la dinámica del rio sobre las laderas y por excavación de taludes	-Viviendas ubicadas en la margen derecha del río San Eugenio. -Algunas de ellas ubicadas en sectores llanos muy cerca al río cuya vivienda tipo no es acorde a su ubicación. - Otras casas se	**HIDROLÓGICO HIDROTÉCNICO Y GEOTÉCNICO**

		encuentran sobre márgenes activas del río las cuales están afectadas por procesos de socavación lateral. - Otro grupo de viviendas se encuentran muy cerca de los taludes verticales que son excavados por ampliar las casas.	
Guayabito	Por movimientos de la ladera oriental del río San Eugenio	Viviendas localizadas en laderas de alta pendiente	**GEOTÉCNICO**
La Reina	Por movimientos en masa de los taludes verticales y sub-verticales y por desarrollo de procesos de erosión concentrada	-Casas ubicadas junto a taludes verticales y sub-verticales -Inadecuado manejo de aguas de escorrentía en la vía principal	**GEOTÉCNICO**
La Argelia	Por movimientos en masa de los taludes verticales en que se encuentra el asentamiento; ya que los materiales que la conforman son frágiles.	Viviendas asentadas en la corona de una vertiente de alta pendiente. Manejo inadecuado de aguas de escorrentía.	**GEOTÉCNICO**
San Francisco	Por movimientos de masa de la ladera occidental del río San Eugenio, ya que los materiales que la conforman son inestables	Asentamiento localizado en una vertiente de alta pendiente, en cuya base transcurre el río San Eugenio	**GEOTÉCNICO**
Trinidad y San Vicente	Procesos de erosión concentrada tipo cárcavas. Inundación por aumento de caudal del río San Eugenio	Viviendas localizadas cerca de los procesos erosivos. Casas ubicadas en sectores llanos junto al río San Eugenio.	**GEOTÉCNICO** **HIDROLÓGICO**
Obrero	Caída de bloques de	Asentamiento	**GEOTÉCNICO**

	más de un metro de diámetro. Aguas superficiales aflorando en la ladera.	localizado junto a una ladera de alta pendiente afectada por desprendimientos de bloques. -Inadecuado manejo de aguas de escorrentía.	
La Novena	Procesos erosivos tipo socavación de orillas desarrollada por la corriente principal de la quebrada el Truco. Inundación por el aumento del caudal de la quebrada mencionada.	Una parte del asentamiento se encuentra muy cerca a las riberas socavadas -Otra área del barrio se encuentra en una zona llana perteneciente a la llanura de inundación de la quebrada el Truco	**GEOTECNICO E HIDROLÓGICO**
Xiomara	Por movimientos en masa debido a la existencia de rellenos antrópicos localizados en la corona de las laderas de la quebrada Monserrate	Viviendas ubicadas en la corona de laderas sobre rellenos antrópicos	**GEOTECNICO**
La Trece, Paipa y Monserrate	-Procesos de remoción en masa como derrumbes, socavación de orillas entre otros. - Inundación por las quebradas La Lavandera y la Italia	-Viviendas ubicadas en la corona de vertientes de alta pendiente de la quebrada Monserrate. -Casas localizadas a media ladera en cuya parte posterior se encuentran taludes verticales. -Manejo inadecuado de aguas lluvias. -Otros sectores de los tres barrios se encuentran en áreas planas muy cerca de ambas corrientes y/o a su influencia.	**GEOTÉCNICO E HIDROLÓGICO**
La Quiebra	-Por movimientos en	Viviendas ubicadas	**GEOTÉCNICO**

“Pueblo Tapado”	masa ocurridos en taludes. -Afloramiento de aguas de escorrentía en algunos sectores de la ladera.	junto a taludes verticales.	
La Carrilera I	Por desarrollo de movimientos en masa en taludes sub-verticales potenciados por la saturación del suelo. Por procesos de erosión concentrada tipo de cárcavas	Viviendas localizadas junto a taludes sub-verticales	**GEOTÉCNICO**
Carrilera II	Debido al desarrollo de movimientos en masa en taludes verticales. Existen cicatrices de movimientos en masa, deslizamientos y Terraceo. Inadecuado manejo de aguas servidas potencia los movimientos	Asentamiento localizado junto a taludes verticales	**GEOTÉCNICO**
Araucarias, campestres, villa Diana y los Ángeles	Por procesos de socavación lateral de la quebrada San Roque		**HIDROTÉCNICO**

La ejecución de proyectos tendientes a la estabilización y/o control de zonas degradas por la ocurrencia de deslizamientos requieren un protocolo de actuación o procedimental que permita, en sus diferentes fases, garantizar la estabilidad de los terrenos, la vida útil de las obras y la optimización de los recursos, so pena de comprometer la seguridad y bienestar de comunidades e infraestructura, además del desaprovechamiento y despilfarro de recursos públicos.

En el contexto de esta investigación y a partir del diagnóstico, evaluación y caracterización técnica de las medidas de mitigación implementadas en la zona rural del territorio municipal, se podrá identificar el tipo de soluciones adelantadas, las técnicas utilizadas, el tipo de amenaza atenuada y la valoración de la vida útil de las mismas, con el propósito de poder formular herramientas procedimentales y/o normativas y/o de control y/o de monitoreo, que permitan identificar las fases

del proceso que ameriten ser fortalecidas o mejoradas, tendientes todas ellas a reducir el riesgo de desastres en el territorio municipal.

Con fundamento en lo anterior, la presente investigación es necesaria para todas aquellas entidades de prevención de riesgos y/o organismos de control que velan por el gasto público en la ciudad de Santa Rosa de Cabal y especialmente para la población que vive en los alrededores de estas obras, ya que son las más vulnerables al estar expuestas a infortunios causados por diferentes factores y así mismo, complementariamente es conveniente para empezar a educar a las personas que habitan esas zonas para que se involucren más directamente con el sistema de protección y prevención de estas obras.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Adelantar el inventario, caracterización, evaluación y estado de servicio de las medidas de mitigacion y/o estabilización de taludes ejecutados en la zona urbana del municipio de Santa Rosa de Cabal.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Adelantar el inventario de obras y medidas de mitigación y/o estabilización de taludes ejecutadas en el perímetro urbano del municipio de Santa Rosa de Cabal, durante la última década.

- Determinar la funcionalidad y estado de las medidas de mitigación y/o estabilización de taludes ejecutadas en el perímetro urbano del municipio de Santa Rosa de Cabal, según estándares ingenieriles y reglamentación vigente

- Geo-Referenciar las medidas de mitigación diagnosticadas, con sus correspondientes bases de datos asociadas y registro fotográfico.

- Formular de manera proximal un protocolo de estándares mínimos para la presentación de estudios y resultados de estabilidad de taludes y recomendaciones de mantenimiento de obras.

5. ANTECEDENTES

El territorio departamental, y particularmente el municipio de Santa Rosa de Cabal, es y ha sido escenario de la ocurrencia de diferentes eventos de origen natural tales como sismos, inundaciones, deslizamientos, erupciones volcánicas, entre otros. Estos fenómenos, de acuerdo al tipo, varían en su periodicidad de ocurrencia, abarcando desde los que son muy frecuentes hasta los que son de carácter esporádico. Así mismo, dichos eventos presentan igualmente diversos niveles de severidad tanto por la forma de ocurrencia como por los impactos directos o indirectos que producen sobre los elementos expuestos a nivel físico, social, cultural y ambiental, o de otro tipo.

Los sismos con poder destructivo en las poblaciones de Risaralda ocurren al menos entre una y dos veces cada 10 a 20 años. Las principales fuentes sísmicas son parte del contexto tectónico de la región, caracterizado por la convergencia de la Placa Nazca, desde el océano Pacífico, con la Placa Suramericana, de carácter continental, en la cual la primera se sumerge o subduce debajo del continente. Un primer tipo de fuente sísmica tiene su origen en el propio lugar de choque de ambas placas, en una franja paralela a la zona costera pacífica, donde se han presentado los sismos de mayor magnitud del oeste colombiano, como el del 31 de enero de 1906 o el del 12 de diciembre de 1979, que alcanzaron magnitudes momento (Mw) de 8.6 y 7.7, respectivamente, y profundidades cercanas a 25 Km. Aunque estos eventos ocurren a grandes distancias del territorio risaraldense (mayores de 250 Km.), por su magnitud son sentidos por la comunidad y, eventualmente, pueden ocasionar daños sobre edificaciones de mayor vulnerabilidad física.

Los deslizamientos ocurren frecuentemente, dadas las condiciones geológicas y el relieve de gran parte del territorio, que además son intensificados por los cambios en los usos del suelo, diversas intervenciones humanas con actividades productivas, así como acciones del desarrollo en obras de infraestructura, que junto con las lluvias y los sismos actúan como detonantes de este tipo de eventos. Los deslizamientos son sin duda los fenómenos que ocurren con mayor frecuencia en el departamento, aunque dispersos, lo que conduce a subvalorar sus efectos, pero que en definitiva ocasiona fuertes impactos sobre vías, cultivos y viviendas, tanto en áreas urbanas como rurales.

Los deslizamientos pueden tener origen en otros fenómenos naturales como terremotos, erupciones volcánicas y precipitaciones intensas e inundaciones. El impacto de los deslizamientos dependerá del tipo de movimiento, el volumen de masa en movimiento y la velocidad con que esta se desplace. Los tipos de movimientos más comunes son: caídas de rocas, deslizamientos de tierra y flujos de lodo o escombros. Los efectos de los deslizamientos se pueden extender

desde la afectación de grupos poblacionales altamente expuestos, hasta infraestructura de acueducto y saneamiento básico; vías; obstrucción de cauces; incremento de la sedimentación en cuerpos de agua y pérdida de áreas para ocupación y aprovechamiento humano.
El sismo de 25 de enero de 1999 detonó un elevado número de deslizamientos, la mayoría de los cuales fueron de poco volumen, sin embargo alcanzaron a interrumpir la movilidad urbano-rural del territorio municipal. Los deslizamientos de suelo provocaron gran daño en las construcciones de la ciudad, por haberse construido en lugares inadecuados sin tomar medidas de protección. Varias de estas edificaciones fueron sepultadas por deslizamientos debido a que fueron construidas cerca de taludes sin tomar ninguna precaución, o en algunos casos fallaron estructuras de contención (muros) que por la falta de control y especificidades técnicas no resistieron el empuje del suelo y el peso de la construcción.

La gran mayoría de obras de estabilización realizadas en de la ciudad fueron ejecutadas con posterioridad a 1984 y fueron realizadas de acuerdo al código de construcciones sismo resistentes vigente para esa fecha, que dicho sea de paso siguió y adaptó los lineamientos del ATC 06-78, a la realidad colombiana. Este código fue actualizado y ampliado con la normativa NSR-98 publicada en 1998.

ANTECEDENTES	
1. TITULO	Inventario, caracterización, evaluación, y propuesta de control de mantenimiento de medidas de mitigación y estabilización de taludes adelantados en el municipio de Pereira, durante la década 1999-2009
RESUMEN	Este documento es el trabajo de grado para obtener el título de ingeniero civil de la universidad libe seccional Pereira y ha dado origen a la investigación inventario, caracterización, evaluación y propuesta de control y mantenimiento de medidas de mitigación y estabilización de taludes adelantados en el municipio de Pereira, durante la década 1999-2009. El objetivo de esta investigación es el de adelantar el inventario, caracterización, evaluación, estado y vida útil de las medidas de mitigación y/o estabilización de taludes ejecutados en el municipio de Pereira, durante la década 1999-2009. El desarrollo de la investigación comprende tres etapas: 1). Elaboración del proyecto de investigación, 2). Indagación bibliográfica y analítica, 3). Trabajo de campo y resultados. Los resultados de esta investigación permiten deducir que existe un gran inconveniente a la hora de presentar proyectos de mitigación o estabilidad de taludes en el municipio de

	Pereira, esto sustentando en que primero no se conoce con claridad si existe ya una norma para la regulación de este tipo de proyectos de obras que están siendo afectadas por diferentes variables las cuales condiciona funcionalidad y vida útil de estas, sumándole la falta de mantenimiento que se observó en algunas obras agudizando más el problema. Con este trabajo, pretendemos generar un nuevo instrumento bien sea normativo, protocolario o procedimentales con el objetivo de ayudar en la reducción del riesgo de desastres enfocado a la presentación de proyectos de mitigación y estabilización de taludes o ladera naturales.
AUTORES	Cristian Camilo Quintero Figueroa José Albeiro Vallejo Bedoya
FECHA DE PUBLICACION	Noviembre de 2011
OBJETIVO GENERAL	Adelantar el inventario, caracterización, evaluación, estado y vida útil de las medidas de mitigacion y/o estabilización de taludes ejecutados en el municipio de Pereira, durante la década 1999-2009.

2. TITULO	Estrategias de gestión prospectiva del riesgo para el municipio de Pereira, Risaralda. Una propuesta a partir de la perspectiva histórica del desastre.
RESUMEN	La elaboración de este trabajo tiene su motivación y soporte en diferentes aspectos tanto en el campo personal como en términos académicos, que van a permitir hacer una lectura de los desastres desde una perspectiva histórica, teniendo en cuenta la Base Internacional EM-DAT1, el número de desastres a nivel mundial presenta un notorio incremento, siendo una situación de alerta constante que demuestra la errónea concepción de asociar dichos eventos como impactos exógenos de origen natural. La investigación es un aporte académico que pretende ampliar la perspectiva de acción frente a la Gestión del Riesgo, y por consiguiente, un enfoque particular a la problemática ambiental asociada a los desastres; entendiendo que en la noción de riesgo se evidencia una compleja interacción entre procesos históricos de desarrollo generados en un territorio particular. Así, la investigación propone estrategias de gestión que se

	podrían desarrollar para prevenir riesgos de desastre en el Municipio de Pereira, a partir de dos casos de estudio: Desastre asociado a fenómeno de remoción en masa en el Barrio Risaralda 1976 y sismo en el Sector Plaza de Bolívar 1999. Alcanzar este propósito requerirá abordar el desastre como el síntoma de una problemática ambiental compleja, a partir de procesos históricos de desarticulación entre sociedad-ecosistema. Dicha afirmación exige entender el desastre desde diferentes momentos en el tiempo, es decir, abordarlos desde las fallas del pasado, los aprendizajes u omisiones del presente y la posibilidad de conformar acciones más armónicas en el futuro. El proceso investigativo deberá articular la configuración de condiciones de riesgo, el desastre y el post-desastre por medio de un análisis comparativo y una evaluación, para identificar las enseñanzas aprendidas u omitidas haciendo una lectura del fortalecimiento de los procesos de Gestión del Riesgo adelantados por el Municipio de Pereira a partir de los dos desastres a estudiar. El diagnóstico identificará las posibles rutas de acción que deberán contemplar la fase propositiva para formular Estrategias de Gestión Prospectiva del Riesgo con el fin de no volver a repetir los errores del pasado e incorporar en los procesos de gestión, soluciones más armónicas desde el interior de la cultura y de los procesos sociales mediante los cuales el hombre se articula o desarticula con el ecosistema.
AUTORES	Natalia Andrea Bermúdez Rico
FECHA DE PUBLICACION	Septiembre de 2011
OBJETIVO GENERAL	Proponer estrategias para la Gestión Prospectiva del Riesgo en el Municipio de Pereira, Risaralda.

3. TITULO	Evaluación de la incorporación de la gestión del riesgo en los procesos de ordenamiento territorial del municipio de Pereira.
RESUMEN	El hombre, en su afán por dominar todo aquello que lo rodea, ha propiciado una desarticulación con el soporte natural, manifestada en una realidad compleja de problemas ambientales que, a su vez, muestran y ocultan una problemática ambiental, que debe concebirse como un hecho de carácter eminentemente social. La configuración de escenarios de riesgo y su materialización en desastres, hacen parte de esa realidad compleja que debe ser abordada desde la Gestión del Riesgo (GdR) prospectiva y ésta a su vez, debe ser incorporada en los procesos de ordenamiento territorial. El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Pereira, como instrumento básico de planificación, presenta falencias en la incorporación de la GdR, siendo ésta deficiente en todos sus procesos, por lo que es pertinente la generación de estrategias que permitan construir, desde el presente, un futuro deseado. La Gestión del Riesgo, como un proceso social, ya no es una opción, es una obligación.
AUTORES	Karen Mildred Torres Arana
FECHA DE PUBLICACION	Septiembre de 2012
OBJETIVO GENERAL	Evaluar el nivel de incorporación de la Gestión del Riesgo en los procesos de ordenamiento territorial de Pereira, con el fin de proponer ajustes y recomendaciones que apunten a la construcción de un municipio seguro y sostenible en la segunda generación del Plan de Ordenamiento Territorial.

4. TITULO	Manual inventario obras paso
RESUMEN	Este inventario que se presenta es complejo, ya que comprende, como no podía ser de otra manera, la variedad de tipologías existentes, modestamente tratadas y sin mayores pretensiones que las de servir de ayuda a la conservación de la Red de Carreteras existente, y no supone tampoco un punto de inflexión puesto que estas tareas vienen desarrollándose sistemáticamente desde hace ya muchos años por parte de la Dirección General de Carreteras, si bien pretende ser un impulso a esta labor a veces ingrata y un intento de difundir la metodología que ha de seguirse a fin de homogeneizar criterios, a la vez que se crea un punto de partida para su mejora y optimización técnica, solo posible mediante el rodaje del mismo.
AUTORES	• GEOCISA Ana Menéndez María Luz Ramírez • INES Ingenieros Gonzalo Arias. Emilio Criado • Subdirección de Conservación de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento Álvaro Navareño.
FECHA DE PUBLICACIÓN	Diciembre 10 de 2009
OBJETIVO BASICO	Poseer información fiable y homogénea de las obras de paso que componen la red, determinar el estado de conservación de éstas y poder evaluar su nivel de seguridad, así como estimar los costes de mejora o rehabilitación y optimizar las soluciones, priorizando las actuaciones a llevar a cabo.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO:

El deterioro, con el tiempo puede dar lugar a la necesidad de mantenimiento o construcción de obras de estabilización. Al deterioro sin embargo, se le da muy poca atención en el momento del diseño y el énfasis se dirige a evitar las fallas profundas, más que a evitar los fenómenos anteriores a la falla. La estabilización de deslizamientos activos o potencialmente inestables es un trabajo relativamente complejo, el cual requiere de metodologías de diseño y construcción.

El investigador de la Universidad Industrial de Santander Jaime Suarez en la publicación del libro Deslizamientos se refiere al procedimiento de diseño de prevención o estabilización, haciendo énfasis en los factores técnicos, sociales y económicos. *"Una vez estudiado el talud, definidos los niveles de amenaza y riesgo, el mecanismo de falla y analizados los factores de equilibrio, se puede pasar al objetivo final que es el diseño del sistema de prevención o estabilización. Existen varias formas de enfocar y resolver cada problema específico y la metodología que se requiere emplear depende de una serie de factores técnicos, sociales, económicos"* (Suárez, Deslizamientos. Análisis geotécnico Vol. 1, 2009)

El Autor menciona entre otras cosas los siguientes aspectos, los cuales fueron tomados como base fundamental para la presente investigación:

6.1.1. LA PREVENCIÓN:

La prevención del riesgo es función principal del gobierno para proteger a sus habitantes, para ello los administradores locales deben diseñar en concordancia con la comunidad planes de apoyo y vigilancia de los taludes y laderas, los cuales se deben realizar antes de las temporadas de lluvia, a manera de preparación y no de solución, el Gobierno del estado de Veracruz, México. Realiza brigadas con la comunidad de divulgación del riesgo, así como jornadas de reforestación con el fin de concientizar a la comunidad y a su vez evitar el riesgo, las cuales plantean básicamente lo siguiente:

“Campañas de Prevención con el objeto de Reducir el Riesgo de Desastre:

- *Promover y difundir los peligros a que se exponen la población asentada en la parte baja de cerros, laderas y taludes, así como seguir las recomendaciones para prevenir accidentes por deslaves y deslizamientos de suelo.*
- *Promover y difundir en la población la elaboración e implementación del Plan Familiar de Protección Civil.*
- *Promover Campañas de Forestación y Reforestación en las partes altas de los cerros, laderas y taludes.*
- *Promover la participación de los sectores público, social y privado, en Programas de Conservación y Estabilización de Laderas y Taludes.*
- *Promover y gestionar la Reubicación de Asentamientos Humanos ubicados en la parte baja de los cerros, laderas y taludes.”*

(Secretaria De Protección Civil Del Estado De Veracruz, 2013)

En concordancia con ello el Docente universitario Jaime Suárez manifiesta lo que sigue.

“La prevención incluye el manejo de la vulnerabilidad, evitando la posibilidad de que se presenten riesgos o amenazas. La prevención debe ser un programa del estado, en todos sus niveles mediante una legislación y un sistema de manejo de amenazas que permita disminuir los riesgos a deslizamiento en un área determinada” (Suárez, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, 1998)

Suarez presenta en su libro, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas tropicales la siguiente tabla de Métodos de Prevención De la Amenaza o el Riesgo.

MÉTODOS DE PREVENCIÓN DE LA AMENAZA O EL RIESGO

Tabla 2.Métodos de prevención de la amenaza o el riesgo

MÉTODOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Disuasión con medidas coercitivas.	Son muy efectivas cuando la comunidad está consciente del riesgo y colabora con el estado.	El manejo de los factores socioeconómicos y sociales es difícil.
Planeación del uso de la tierra.	Es una solución ideal para zonas urbanas y es fácil de implementar.	No se puede aplicar cuando ya existe el riesgo.
Códigos técnicos.	Presenta herramientas precisas para el control y prevención de amenazas.	Se requiere una entidad que los haga cumplir.
Avisos y alarmas.	Disminuye en forma considerable el riesgo cuando es inminente.	Generalmente se aplica después de ocurrido el desastre.

Fuente: *Deslizamientos Y Estabilidad De Taludes En Zonas Tropicales, (Jaime Suarez, 1998.)*

Los métodos de mitigación o prevención de una amenaza pueden reducir en forma importante la ocurrencia de deslizamientos. La mejor estrategia para la reducción de amenaza de deslizamiento, generalmente, envuelve una mezcla de varias técnicas o sistemas en donde se requiere la cooperación de geólogos, ingenieros, propietarios de tierra entre otros.

6.1.2. ELUSIÓN DE LA AMENAZA:

"*Eludir la amenaza consiste en evitar que los elementos en riesgo sean expuestos a la amenaza de deslizamiento"* (Suárez, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, 1998)

MÉTODOS DE ELUSIÓN DE AMENAZAS DE DESLIZAMIENTOS

Tabla 3. Métodos de elusión de amenazas de deslizamientos.

MÉTODOS	APLICACIONES	LIMITACIONES
Variantes o relocalización del proyecto.	Se recomienda cuando existe el riesgo de activar grandes deslizamientos difíciles de estabilizar o existen deslizamientos antiguos de gran magnitud.	Puede resultar costoso y el nuevo sitio o alineamiento puede estar amenazado por deslizamientos.
Remoción total de deslizamientos.	Es atractivo cuando se trata de volúmenes pequeños de excavación.	La remoción de los deslizamientos puede producir nuevos movimientos.
Remoción parcial de materiales inestables.	Se acostumbra el remover los suelos subsuperficiales inestables cuando sus espesores no son muy grandes.	Cuando el nivel freático se encuentra subsuperficial se dificulta el proceso de excavación.
Modificación del nivel del proyecto o subrasante de una vía	La disminución de la altura de los cortes en un alineamiento de gran longitud puede resolver la viabilidad técnica de un proyecto.	Generalmente, al disminuir la altura de los cortes se desmejoran las características del proyecto.

Fuente: *Deslizamientos Y Estabilidad De Taludes En Zonas Tropicales, (Jaime Suarez, 1998.)*

"*Previamente a la aplicación de un método de elusión debe estudiarse la posibilidad de aplicación de sistemas de estabilización en los aspectos técnicos y económicos. Debe tenerse en cuenta que en ocasiones estos deslizamientos son movimientos antiguos, los cuales han sido disfrazados por procesos nuevos de meteorización, erosión o por vegetación o actividades humanas. La no detección de estos grandes deslizamientos en la fase de planeación puede acarrear costos muy altos en el momento de la construcción*." (Suárez, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, 1998)

6.1.3. CONTROL DE MASAS EN MOVIMIENTO:

"Métodos tendientes a controlar la amenaza activa antes de que se produzca el riesgo a personas o propiedades. Generalmente, consiste en estructuras que

retienen la masa en movimiento. Este tipo de obras se construye debajo de deslizamientos para detenerlo después de que ha iniciado."

ESTRUCTURAS DE CONTROL DE MASAS EN MOVIMIENTO

Tabla 4. Estructuras de control de masas en movimiento

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Bermas	Generalmente son económicas rápidas de construir.	Se requiere un espacio grande a mitad de talud.
Trinchera	Sirven al mismo tiempo para controlar las aguas lluvias.	Los cantos fácilmente pasan por encima.
Estructuras de retención.	Retienen las masas en movimiento.	Se pueden requerir estructuras algo costosas.
Cubiertas de protección.	Son uno de los métodos más efectivos para disminuir el riesgo en carreteras.	Son muy costosos.

Fuente: *Deslizamientos Y Estabilidad De Taludes En Zonas Tropicales, (Jaime Suarez, 1998.)*

6.1.4. ESTABILIZACIÓN:

"La estabilización de un talud comprende los siguientes factores:

I. *Determinar el sistema o combinación de sistemas de estabilización más apropiados, teniendo en cuenta todas las circunstancias del talud estudiado.*
II. *Diseñar en detalle el sistema a emplear, incluyendo planos y especificaciones de diseño.*
III. *Instrumentación y control durante y después de la estabilización.*

Debe tenerse en cuenta que en taludes, nunca existen diseños detallados inmodificables y que las observaciones que se hacen durante el proceso de construcción tienden generalmente, a introducir modificaciones al diseño inicial y esto debe preverse en las cláusulas contractuales de construcción." (Suárez, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, 1998)

Generalmente la estabilización de taludes se emplea varios sistemas, los cuales se determinan de acuerdo a la magnitud del deslizamiento. Estos pueden incluir dos o más tipos de control, dado el caso serían, que mientras un muro contiene un talud, el manejo de aguas superficiales evita la socavación y la infiltración, en todos los casos deben hacerse un análisis de estabilidad del talud ya estabilizado y se debe llevar un seguimiento del proceso durante la construcción y algunos años después.

Suarez continúa su libro clasificando los sistemas de estabilización de taludes.

"Los sistemas de estabilización se pueden clasificar en cinco categorías principales:

1) *Conformación del talud o ladera.*

   Sistemas que tienden a lograr un equilibrio de masas, reduciendo las fuerzas que producen el movimiento.

Tabla 5. Sistemas que tienden a lograr un equilibrio de masas.

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Remoción de materiales de la cabeza del talud,	Muy efectivo en la estabilización de deslizamientos rotacionales.	En movimientos muy grandes las masas a remover tendrían una gran magnitud.
Abatimiento de la pendiente.	Efectivo especialmente en suelos friccionantes.	No es viable económicamente en talud de gran altura.
Terraceo de la superficie.	Además de la estabilidad al deslizamiento, permite construir obras para controlar la erosión.	Cada terraza debe ser estable independientemente.

Fuente: *Deslizamientos Y Estabilidad De Taludes En Zonas Tropicales, (Jaime Suarez, 1998.)*

2) *Recubrimiento de la superficie.*

Métodos que tratan de impedir la infiltración o la ocurrencia de fenómenos superficiales de erosión, o refuerzan el suelo más subsuperficial.

El recubrimiento puede consistir en elementos impermeabilizantes como el concreto o elementos que refuercen la estructura superficial del suelo como la cobertura vegetal.

Tabla 6. Métodos que tratan de impedir la infiltración o erosión.

MÉTODOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Recubrimiento de la superficie del talud.	El recubrimiento ayuda a controlar la erosión.	Se debe garantizar la estabilidad del recubrimiento.
Conformación de la superficie.	Puede mejorar las condiciones del drenaje superficial y facilitar el control de la erosión	Su efecto directo sobre la estabilidad es generalmente, limitado.
Sellado de grietas superficiales.	Disminuye la infiltración de agua.	Las grietas pueden abrirse nuevamente y se requiere mantenimiento por periodos importantes de tiempo.
Sellado de juntas y discontinuidades.	Disminuye la infiltración de agua y presiones de poro en las discontinuidades.	Puede existir una gran cantidad de discontinuidades que se requiere sellar.
Cobertura vegetal, arboles arbustos y pastos.	Representan una alternativa ambientalmente excelente.	Pueden requerir mantenimiento para su establecimiento.

Fuente: *Deslizamientos Y Estabilidad De Taludes En Zonas Tropicales, (Jaime Suarez, 1998.)*

3) *Control de agua superficial y subterránea*

Sistemas tendientes a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo fuerzas que producen movimientos y/o aumentando las fuerzas resistentes.

Tabla 7. Sistemas tendientes a controlar el agua y sus efectos.

MÉTODOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Canales superficiales para control de escorrentías.	Se recomienda construirlos con obras complementarias en la mayoría de los casos. Generalmente las zanjas se construyen arriba de la corona del talud.	Se debe construir estructuras para la entrega de las aguas y disipación de energía.
Subdrenes de zanja	Muy efectivos para estabilizar deslizamientos poco profundos en suelos saturados subsuperficialmente.	Poco efectivo para estabilizar deslizamientos profundos o deslizamientos con nivel freático profundo.
Subdrenes horizontales de penetración.	Muy efectivos para interceptar y controlar aguas subterráneas relativamente profundas.	Se requieren equipos especiales de perforación y su costo puede ser alto.
Galerías o túneles de subdrenajes.	Efectivos para estabilizar deslizamientos profundos en formaciones con permeabilidad significativa y aguas subterráneas.	Muy costosos.
Pozos profundos de subdrenaje.	Útiles en deslizamientos profundos en formaciones con aguas subterráneas.	Su uso es limitado debido a la necesidad de operación y mantenimiento permanente.

Fuente: *Deslizamientos Y Estabilidad De Taludes En Zonas Tropicales, (Jaime Suarez, 1998.)*

4) *Estructuras de contención.*

Métodos en los cuales se van a colocar fuerzas externas al movimiento aumentando las fuerzas resistentes, sin disminuir las actuantes.
Las estructuras de contención son obras generalmente masivas, en las cuales el peso de la estructura es un factor importante y es común colocar estructuras ancladas en las cuales la fuerza se transmite al deslizamiento por medio de un cable o varilla de acero.

Tabla 8. Estructuras de contención.

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Relleno o berma de roca o suelo en la base del deslizamiento	Efectivo en deslizamiento no muy grandes especialmente en los rotacionales actuando como contrapeso.	Se requiere una cimentación competente para colocar el relleno.
Muros de contención convencionales, de tierra armada.	Útiles para estabilizar masas relativamente pequeñas.	Se requiere una buena calidad de cimentación. Son poco efectivos en taludes de gran altura.
Pilotes	Son efectivos en movimientos poco profundos, en los cuales existe suelo debajo de la superficie de falla que sea competente para permitir el hincado y soporte de los pilotes.	No son efectivos en deslizamientos profundos o cuando aparece roca o suelo muy duro debajo de la superficie de falla.
Anclajes o pernos	Efectivos en roca, especialmente cuando es estratificada.	Se requiere equipos especiales y son usualmente costosos.
Pantallas ancladas	Útiles como estructuras de contención de masas de tamaño pequeño a mediano.	Existen algunas incertidumbres sobre su efectividad en algunos casos, especialmente cuando hay aguas subterráneas.

Fuente: *Deslizamientos Y Estabilidad De Taludes En Zonas Tropicales, (Jaime Suarez, 1998.)*

5) Mejoramiento del suelo.

La mejora del terreno como solución a la cimentación de todo tipo de estructuras es técnicamente conocida desde hace mucho tiempo. En ella se busca aumentar la consolidación y reducir en el tiempo la consecución de un asiento residual aceptable.

El ingeniero de caminos Julio García Mina director general de Kellerterra, S.L. manifiesta, el fin principal del mejoramiento del suelo en la publicación: Técnicas de mejora de Terrenos, *"Todas las mejoras del terreno se definen porque su dimensionamiento tiene como fin la limitación de asientos, frete a otras técnicas de cimentación que buscan la trasmisión de cargas hasta zonas competentes"* (García Mina, 2013).

El madrilista se refiere entonces a las bondades economicas que trae la no inclusion de simentaciones profundas en la construccion de estructuras, en contra parte a el mejoramiento del suelo que busca preprara el terreno para una planeada exposicion de presiones.

Paso seguido Jaime Suarez relaciona los metodos que aumentan la recistencia del suelo.

Métodos que aumentan la resistencia del suelo. Incluyen procesos físicos y químicos que aumentan la cohesión y/o la fricción de la mezcla suelo-producto estabilizante o del suelo modificado" (Suárez, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, 1998)

Tabla 9. Mejoramiento del suelo.

MÉTODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Inyección o uso de químicos	Endurecen el suelo y pueden cementar la superficie de falla.	La disminución de permeabilidad puede ser un efecto negativo.
Explosivos	Fragmenta la superficie de falla.	Su efecto es limitado y puede tener efectos negativos.

Fuente: *Deslizamientos Y Estabilidad De Taludes En Zonas Tropicales, (Jaime Suarez, 1998.)*

Una vez analizado los factores correspondientes a estabilizar los taludes, el autor mencionado describe la importancia de la durabilidad y el mantenimiento, menciona que el abandono de las mismas representaría costos muy altos, ya que la obra entraría en una franca carrera por alcanzar él está ultimo de servicio.

6.1.5. DURABILIDAD Y MANTENIMIENTO

"Una durabilidad inadecuada puede resultar en un costo muy alto de mantenimiento o puede causar que la estructura de contención alcance muy rápidamente su estado límite de servicio o su estado limite último.

La durabilidad del muro y la vía de diseño junto con los requisitos de mantenimiento deben ser consideradas en el diseño, seleccionando

adecuadamente las especificaciones de los materiales de construcción, teniendo en cuenta el clima local, y el ambiente del sitio donde se plantea colocar la estructura" (Suárez, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, 1998)

Paso seguido Suarez aborda el tema de la estética de la obra, sugiere entonces que la estructura se debe construir en armonía con el paisaje existente, sin caer en sobre costos significativos.

"Las estructuras de contención pueden ser un detalle dominante de un paisaje urbano o rural y debe realizarse un diseño adecuado para mejorar lo más posible su apariencia, sin que esto lleve a incrementos significantes en su costo Además de satisfacer los requerimientos de funcionalidad, la estructura de contención debe mezclarse adecuadamente con el ambiente a su alrededor para complacer las necesidades estéticas del paisaje". (Suárez, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, 1998)

De igual forma Suarez presenta una serie de criterios de comportamiento, los cuales sugieren que una estructura de contención y cada parte de ella requieren cumplir ciertas condiciones fundamentales de estabilidad, rigidez o flexibilidad, durabilidad. Durante la construcción y a lo largo de su vida útil, sugiere el término "estado límite" para cuando una estructura de contención no satisfaga cualquiera de los criterios de comportamiento.

Según Suarez las Clases principales de estado límite son:

- Estado limite último: es el estado en el cual se puede formar un mecanismo de falla, bien sea en el suelo o en la estructura (inclinación o fractura). Para simplicidad en el diseño debe estudiarse el estado inmediatamente anterior a la falla y no el colapso total del muro.

- Estado límite de servicio: es el estado en el cual no se cumple un criterio específico de servicio. Los estados límite de servicio deben incluir los movimientos o esfuerzos que hagan ver una estructura deformada o "fea", que sea difícil de mantener o que se disminuya su vida útil esperada.

  (Suárez, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, 1998)

Continuando con el marco teórico es pertinente indagar un poco acerca del control de aguas superficiales, por lo cual traemos a colación el capítulo 13 del libro

Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales del Ingeniero Jaime Suarez, el cual describe con precisión los avances en estabilización de taludes por este método.

"…*los métodos de estabilización de deslizamientos que contemplen el control del agua, tanto superficial como subterránea son muy efectivos y son generalmente, mas económicos que la construcción de grandes obras de contención, en cuanto tienden a desactivar la presión de poros, considerada como el principal elemento desestabilizante de los taludes*

El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia del talud al disminuir la presión de poros. La efectividad de los sistemas varía de acuerdo a las condiciones hidrogeológicas y climáticas.

En cualquier sistema de subdrenaje el monitoreo posterior a su construcción es muy importante, el volumen de agua recolectada no es necesariamente un indicativo de su efecto, debido a que en suelos poco permeables, se pueda obtener una reducción muy importante en las presiones de poros y por lo tanto un aumento en el factor de seguridad.

6.1.6. TIPOS DE DRENAJES

DRENAJE SUPERFICIAL:

El objetivo principal del drenaje superficial del drenaje superficial es mejorar la estabilidad del talud reduciendo la infiltración y evitando la erosión.

El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía tanto del talud como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos del deslizamiento. El agua de escorrentía debe en lo posible, desviarse antes de que penetre el área de deslizamiento.
Por otro lado el agua que cae por lluvias directamente sobre la superficie del talud, debe ser evacuada lo más rápidamente posible, evitando al mismo tiempo que su paso cause daños considerables al talud, por erosión, almacenamientos e infiltraciones; perjuicios que pueden ser evitados, tratando el talud con una serie de medidas que favorezcan el drenaje.

***DRENAJE SUBTERRÁNEO**:*

El drenaje subterráneo tiene por objeto disminuir las presiones de porso o impedir que estas aumenten.
La cantidad de agua recolectada por un sistema de subdrenaje depende de la permeabilidad de los suelos o rocas y de los gradientes hidráulicos." (Suárez, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, 1998)

Una vez referenciado los distintos tipos de medidas de mitigación, así como las diferentes opciones de corrección de fallas, continuamos analizado la vulnerabilidad de la comunidad; la CDMB – Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, menciona que es sumamente importante informar a la comunidad y/o ampliar su conocimiento acerca de la vulnerabilidad, las amenazas y la gestión del riesgo en cuanto a la construcción de medidas para la mitigación del mismo.

Describe que "*una amenaza es cualquier factor ajeno y fuera de control de los habitantes de una determinada zona, representado por un fenómeno físico que está latente, y que puede ocurrir y producir un desastre al manifestarse. Existen diferentes tipos de amenazas, las cuales se pueden clasificar en naturales, antrópicas y socioculturales."* (Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga.)

Finalmente la CDMB entra en el ámbito social de las obras de mitigación, siendo esta el alma de cualquier proyecto constructivo, el desarrollo ingenieril debe generar un apalancamiento de la sociedad de la mano con la educación de la sociedad y la cohesión social, menciona adicionalmente que "La vulnerabilidad es el resultado de muchos factores, algunos de los cuales se relacionan con políticas e instituciones y con la carencia de activos…

Un concepto muy relacionado con la vulnerabilidad es la resiliencia. En la medida en que una sociedad, pueda reducir la vulnerabilidad, estará incrementando su capacidad de sobreponerse, organizándose para evitar o mitigar desastres, es decir, que se estará desarrollando resiliencia. Esta relación es inversa, es decir que a mayor vulnerabilidad se tiene menor resiliencia.

Una forma de crear resiliencia es precisamente a través de la organización vecinal y la creación de capital social. Cuando se estudian los riesgos que acarrea un desastre, la percepción de la propia comunidad (o de los grupos dentro de la comunidad) sobre acontecimientos pasados y la periodicidad con que ocurren, puede ser una buena guía respecto a su frecuencia e intensidad… (Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga.)

La CDMB deja claro entonces que la relación obra de mitigación – comunidad, es vital para mantener una vida útil de la misma, ya que en la experiencia de la comunidad es la guía principal en cuanto a diseño se trata.

6.2. MARCO CONCEPTUAL

CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE MASA

Por movimiento de masa se entiende el desplazamiento del terreno que constituye una ladera o un talud, hacia el exterior del mismo y en sentido descendente. Las laderas o taludes pueden ser naturales o bien conformados de manera artificial al efectuar excavaciones en el terreno o incluso en terraplenes.

Los movimientos pueden ser agrupados, en cinco mecanismos principales: desprendimiento y colapso, vuelco, deslizamiento, expansiones laterales y flujos.

Movimiento con predomino de la trayectoria vertical.

- **Desprendimiento:**
  Se originan por el despegue de una masa de suelo o roca de una pared empinada o acantilado y posterior descenso mediante caída libre, a través del aire, y rebote o rodadura final.
  La rotura tiene lugar por mecanismos de deslizamiento o vuelco de pequeña envergadura que proporcionan a la masa despegada una velocidad inicial en el movimiento de caída libre.

- **Colapsos:** También son conocidos por desplomes, y consisten en la caída de masas de material, con una trayectoria básicamente vertical, debidos a la socavación efectuada por un rio o el oleaje en un acantilado o la meteorización y disgregación de las rocas del pie del mismo.

Movimientos de giro de bloques conformados por fracturación vertical.

- **Volcamientos:**
  Es la rotación hacia adelante y hacia el exterior de una ladera, de una masa de suelo o roca alrededor de un eje situado por debajo de su centro de gravedad. Las fuerzas desestabilizadoras son la gravedad y las fuerzas ejercidas por el terreno adyacente o por fluidos en las grietas.

Dentro del mecanismo de volcamiento se distinguen dos procesos.

- **Vuelco por flexión:**
  Tiene lugar cuando las discontinuidades del macizo forman columnas semicontinuas en voladizo que, cuando se doblan hacia adelante, rompen por flexión.

- **Desplome:** Se produce en bordes de acantilados rocosos o de materiales areno-arcillosos, donde la masa movida cae inicialmente con un movimiento de giro apoyado en la base inferior y posteriormente un movimiento vertical de colapso, al deshacerse el apoyo en dicha zona.

Movimiento de deslizamiento de grandes bloques

- **Deslizamientos:**
  Son movimientos ladera abajo de masas de suelo o roca sobre una o unas superficies de rotura, o zonas relativamente delgadas con intensa deformación de cizalla, en los que se preserva a grandes rasgos la forma de la masa desplazada.

Dentro de este mecanismo se distinguen los deslizamientos rotacionales y los traslacionales.

- **Deslizamientos rotacionales:** el terreno en movimiento experimenta un giro a lo largo de una superficie de rotura curvilínea y cóncava, y según un eje situado por encima del centro de gravedad de la masa deslizada.
  Este tipo de deslizamientos suele producirse en suelos cohesivos homogéneos y en macizos intensamente diaclasados. En materiales arcillosos y, sobre todo, si hay presencia de agua, la parte baja puede evolucionar hacia un deslizamiento de tierra.

- **Movimiento traslacional**: las masas se desplazan a lo largo de una superficie de rotura plana u ondulada, pudiendo deslizar posteriormente sobre la superficie del terreno original y proseguir si la inclinación es suficientemente fuerte.
  Cuando los bloques de suelo o roca se deslizan sobre una superficie única se suele hablar de deslizamientos planos y cuando la superficie de rotura está formada por dos planos que obligan a la masa de roca a desplazarse según la línea de interacción se habla de deslizamientos en cuna.

Movimiento con extrusión plástica lateral

- **Expansiones laterales:** Este mecanismo consiste en la fracturación y expansión del material compacto (tanto suelo como roca) debido a la licuefacción del material subyacente, también se producen cuando se encuentran litologías blandas y deformables por debajo de materiales resistentes y densos, extruyendo lateralmente estos últimos a los primeros por el peso que ejercen

Movimientos de masas desorganizadas o revueltas

- **Flujos:** Son movimientos especialmente continuos en los que las superficies de cizalla tienen vida corta, se encuentran muy próximas y generalmente no se conservan.
  Dependiendo del contenido en agua, movilidad y grado de cohesión del material, existe una gradación desde los deslizamientos a los flujos.

  Así sucede con los deslizamientos de derrubios que llegan a convertirse en corrientes de derrubios conforme el material incorpora agua, pierde cohesión y se mueve por laderas empinadas.

- **Reptación:** Es un movimiento extremadamente lento que es imperceptible, excepto para largos periodos de tiempo. No se identifican superficies de cizalla definidas.

- **Coladas de tierra:** Es la deformación plástica, lenta y no necesariamente muy húmeda, de tierra o rocas blandas en laderas de inclinación moderada. Suelen dar lugar a un deposito elongado, lobulado en pie, formando un volumen positivo sobre la superficie original del terreno.

- **Solifluxión:** Es una deformación de pequeñas dimensiones en suelos cohesivos y de poco espesor, que dan lugar a formas lobuladas. Suelen contener superficies de cizalla de poca extensión.

- **Corriente de derrubios:** Son movimientos rápidos de material detrítico en el que predomina la fracción gruesa, es decir, arenas, gravas y bloques.

- **Golpes de arena y limo:** Consiste en movilización brusca de esos materiales, a veces en estado seco, debida a un colapso estructural por efecto de una sacudida sísmica o al iniciarse la rotura del suelo por deslizamiento.

- **Avalanchas:** Es una movilización de grandes masas de tierra, fragmentos de roca o derrubios, que se desplazan a gran velocidad y que pueden llegar a licuefacer, al menos parcialmente, por el contenido de agua o por efecto de la pendiente, fluyendo y precipitándose a través de vaguadas, llegando más allá del pie de la ladera.

Otros movimientos

En este grupo se incluyen las deformaciones sin roturas y los movimientos complejos.

- **Deformaciones sin rotura o previas a la rotura:**
  A veces, las deformaciones de la ladera no degeneran en despegues de la masa movida ni en superficies de rotura continuas en todo el conjunto. Suelen ser de pequeña extensión, aunque en los grandes movimientos lleguen a ser de varios metros. Estas deformaciones pueden acelerarse hasta la rotura, reactivarse periódicamente o paralizarse.

- **Reptación por fluencia:**
  Estos desplazamientos, inicialmente muy lentos, se aceleran progresivamente hasta que se produce la rotura.

- **Cabeceo:**
  En formaciones rocosas intensamente fracturadas y con buzamiento hacia el interior del macizo, los metros más superficiales pueden estar descomprimidos y alterados tendiendo a girar hacia abajo, definiendo ese cambio de pendiente una superficie de deslizamiento potencial.

- **Deformaciones gravitacionales profundas :**
  Estas deformaciones profundas consisten en la formación en el terreno de escarpes auténticos con una alineación sensiblemente paralela a las curvas de nivel de la ladera y hundimiento de la zona de cresta.

- **Roturas confinadas:**
  Son mecanismo de rotura progresiva que dan lugar a la deformación y agrietamiento de la ladera, normalmente en la zona de cabecera, sin que la superficie de cizalla se desarrolle completamente y produzca la rotura general del terreno afectado.

Movimientos complejos

- **Flujos deslizantes:** Son colapsos bruscos y masivos, muy rápidos a extremadamente rápidos, de masas de material granular a derrubios, a partir de un efecto perturbador.

El propósito de una estructura de contención es el resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida, y transmitir esas fuerzas en forma segura a la fundación o a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento.

TIPOS DE ESTRUCTURAS:

Existen varios tipos generales de estructuras, y cada una de ellas tiene un sistema diferente de transmitir las cargas.

MUROS MASIVOS RÍGIDOS

Son estructuras rígidas, generalmente de concreto, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención.

MUROS MASIVOS FLEXIBLES

Son estructuras masivas, flexibles. Se adaptan a los movimientos, su efectividad depende de su peso y de la capacidad de soportar deformaciones importantes sin que se rompa su estructura.

MUROS EN GAVIONES:

Los gaviones son cajones de malla de alambre galvanizado que se rellenan de cantos de roca. Su estructura es flexible y puede tolerar asentamientos diferenciales mayores que otro tipo de muros y es fácil de demoler y reparar.
Se emplean tres tipos de mallas diferentes, hexagonales o de triple torsión, electro soldadas y elaborada simple.
Las canastas de gavión se colocan unas sobre otras tratando de traslapar lo mejor posible las unidades para darle cierta rigidez que requiere el muro.

MURO CRIBA:

El muro criba es básicamente una estructura parecida a una caja formada por prefabricados de concreto entrelazados. El espacio interior de las cajas se rellena consuelo granular permeable o roca para darle resistencia y peso, conformando un muro de gravedad. Generalmente existen dos tipos de prefabricados que se colocan en forma paralela a la superficie del talud o normal a este.

Los largueros son prefabricados largos que se apoyan sobre los travesaños y que tienen como objeto contener el material colocado dentro de las cajas o cribas. El ancho del muro criba depende de la longitud de travesaños disponibles. El ancho mínimo generalmente, es de 1,2 metros. Los muros de baja altura puede construirse verticales pero, para alturas superiores a 2 metros generalmente, se construyen inclinados para mejorar su estabilidad. El muro criba teóricamente se comporta como un muro de gravedad, pero presenta el problema de que no es masivo y se debe analizar la posibilidad de que ocurran superficies de falla por encima del muro.

MURO CON LLANTAS USADAS:

Los muros en llantas usadas conocidos como pneusol o tiresoil consisten en rellenos de suelo con llantas de caucho usadas embebidas. Las llantas son unidades entre sí por soga de refuerzo. Generalmente, se utilizan sogas de polipropileno y se conoce de la utilización de elementos metálicos. Los muros de llantas usadas son muy flexibles y se acomodan fácilmente a los asentamientos referenciales. Cada llanta se conecta a su vecina con soga de polipropileno o nylon.

MUROS EN PIEDRA (PEDRAPLENES):

Los muros en piedra son estructuras construidas con bloques o cantos grandes de roca, los cuales se colocan unos sobre otros en forma manual o al volteo. El tamaño de los bloques utilizados generalmente supera las 3 pulgadas y pueden utilizarse bloques hasta de 1 metro de diámetro si se tiene el adecuado equipo para su colocación.

TIERRA REFORZADA:

Las estructuras de tierra reforzada son terraplenes donde el suelo es su principal componente; y dentro de este, en el proceso de compactación, se colocan elementos de refuerzo para aumentar su resistencia a la tensión y al cortante. Internamente deben su resistencia principalmente, al refuerzo y externamente actúan como estructuras masivas por gravedad. Son fáciles de construir. Permite construirse sobre fundaciones débiles, tolera asentamientos diferenciales y pueden demolerse o repararse fácilmente.

ESTRUCTURAS ANCLADAS:

En las estructuras ancladas se colocan varillas o tendones generalmente, de acero en perforaciones realizadas con taladro, posteriormente se inyectan con cemento. Los anclajes pueden ser pretensados para colocar una carga sobre un bulbo cementado o pueden ser cementados simplemente sin colocar carga activa.

ANCLAJES:

El uso de anclajes de acero en la estabilización de taludes se ha vuelto muy popular en los últimos años. Las estructuras ancladas incluyen los pernos metálicos utilizados para sostener bloques de roca, las estructuras con tendones pre tensionados, anclados en el suelo y los tendones pasivos no pre tensionados.

PERNOS INDIVIDUALES NO TENSIONADOS:

Los pernos son elementos estructurales generalmente constituidos por varillas de acero, las cuales se colocan dentro de una perforación, la cual se inyecta posteriormente con cemento para unir la varilla al amacizo de roca.

Los pernos metálicos consisten en un sistema mecánico que presiona contra las presiones del hueco. La ventaja de los pernos metálicos es la instalación rápida y que el tensiona miento se puede llevar a cabo inmediatamente después de su colocación.

MUROS ANCLADOS:

- **Estructuras enterradas:**

Son estructuras esbeltas, las cuales generalmente trabajan empotradas en su punta inferior. Internamente están sometidas a esfuerzos de flexión y cortante.

TABLESTACAS:

Las tablestacas son estructuras de contención hincadas y esbeltas las cuales trabajan generalmente a flexión en potradas o ancladas. Pueden ser de acero, de concreto o de madera siendo las de acero las más utilizadas. El muro de tablestaca está conformado por una serie de pilotes unidos entre sí para formar una pared continua. La integridad del muro depende de las uniones entre pilotes individuales.

PILOTES:

Este método solo es apropiado para deslizamientos poco profundos y suelos que no fluyan entre pilotes.
Los deslizamientos profundos generalmente producen fuerzas laterales muy grandes que no pueden ser resistidas fácilmente por los pilotes.

Los pilotes deben enterrarse en suelo firme y competente para evitar su arrancamiento o inclinación. La resistencia o capacidad de un pilote y su efecto de

factor de seguridad depende de la profundidad a la cual se encuentra hincado el pilote por debajo de la superficie de falla.

SISTEMAS DE CONTROL DE AGUAS

Los sistemas más comunes para el control del agua son:

CANALES O ZANJAS DE CORONA:

Las zanjas en la corona o parte alta de un talud son utilizadas para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias, evitando su paso por el talud. La zanja de coronación no debe construirse muy cerca al borde superior del talud, para evitar que se conviertan en el comienzo y guía de un deslizamiento en corte recientes o de una superficie de falla en deslizamientos ya producidos.
Se recomienda que las zanjas de coronación sean totalmente impermeabilizadas, así como debe proveerse una superficie pendiente para garantizar un rápido drenaje del agua captada. Las dimensiones y ubicación de la zanja pueden variar de acuerdo a la topografía de la zona y al cálculo previo de caudales colectados. Generalmente, se recomienda una zanja rectangular de mínimo 40 cm, de ancho y 50 cm de profundidad.

CANALES COLECTORES EN ESPINA DE PESCADO:

Para disminuir la infiltración de agua en las áreas arriba del talud se acostumbra construir canales colectores en espina de pescado, las cuales conducen las aguas colectadas, por la vía más directa hacia afuera de las áreas vulnerables del talud, entregándolas generalmente a canales en gradería.

CANALES INTERCEPTORES A MITAD DE TALUD:

En suelos susceptibles a la erosión se recomienda construir canales de drenaje transversales a mita de talud. Se recomienda construir canales interceptores en todas y cada una de las bermas intermedias del talud. Estos canales deben revestirse apropiadamente conduciendo las aguas a graderías de disipación de energía. Los canales a mitad del talud deben tener una pendiente tal que impida la sedimentación de materiales. Las bermas deben ser lo suficientemente anchas para que exista un sobreancho de protección para los canales, en el caso de producirse derrumbes de las coronas de los taludes resultantes.

CANALES COLECTORES Y DISIPADORES:

Los canales deben conducirse a entregas en gradería u otro disipador de energía que conduzca el agua recolectada hasta un sitio seguro. Se presentan dos tipos diferentes de canales:

- **El canal rápido:** se construye a una pendiente igual a la del talud y en ocasiones se le colocan elementos sobresalientes en su fondo para disipar energía. Este sistema es muy utilizado por ser más económico, pero presenta el problema de la poca energía disipada.

- **El canal en gradería:** el sistema de graderías es más eficiente para disipar energía. El flujo en este tipo de canal es turbulento y debe construirse un muro lateral de borde libre suficiente para permitir la salpicadura del flujo.

- **CORTINAS SUBTERRÁNEAS IMPERMEABLES:**
  Puede impedirse que el agua subterránea alcance la zona de inestabilidad potencial mediante la construcción de pantallas impermeables profundas. Las pantallas subterráneas pueden consistir en zanjas profundas rellenas de asfalto o concreto.

MATERIAL DE FILTRO:

Es conveniente tener en cuenta que los drenes tratan de taponarse por transporte y depositacion de las partículas más finas del suelo. Para evitar este fenómeno se debe colocar un filtro que debe cumplir los siguientes objetivos:

- Impedir el paso de las partículas finas del suelo a proteger.
- Permitir la filtración rápida del agua.

FILTROS DE GEOTEXTIL:

Los geotextiles son telas permeables, filtrantes, construidas con fibras sintéticas, especialmente polipropileno, poliéster, nylon y polietileno. Los geotextiles generalmente, se clasifican en tejidos y no tejidos. Los tejidos a su vez se diferencian de acuerdo al sistema de tejido.

Los geotextiles más utilizados para filtro son los no tejidos, entre los cuales se deben diferenciar los perforados con alfileres, los pegados al calor y los pegados con resinas.
Los principales problemas de las telas filtrantes corresponden a su baja resistencia a la exposición a los rayos solares, los cuales las descomponen.

DRENES HORIZONTALES O DE PENETRACIÓN:

Un dren horizontal o subdren de penetración consiste en una tubería perforada colocada a través de una masa de suelo mediante una perforación profunda subhorizontal o ligeramente inclinada, con la cual se busca abatir el nivel freático hasta un nivel que incremente la estabilidad del talud. La principal ventaja de los

drenes horizontales es que son rápidos y simples de instalar y se puede obtener un aumento importante del factor de seguridad del talud en muy poco tiempo.
El diámetro de las perforaciones es de aproximadamente 3 a 4 pulgadas dentro de las cuales se colocan tuberías perforadas. Los tubos utilizados son metálicos, de polietileno o PVC.

6.3. MARCO LEGAL Y NORMATIVO

La presente investigación se mueve bajo los acuerdos, decretos y leyes relacionados en la siguiente tabla.

Tabla 10: Marco Legal

ACUERDO O DECRETO	OBSERVACIÓN
ACUERDO NÚMERO 012 DEL 10 DE MARZO DE 2000,	Mediante el cual se adoptó la micro zonificación sísmica para Santa Rosa de Cabal
ACUERDO NUMERO 028 OCTUBRE 20 DE 2000	Por el cual se adopta el plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Santa Rosa de Cabal, se aprueba el documento técnico soporte, planos generales, se dictan otras disposiciones… ARTICULO 13. 2. Estrategias para que el municipio conozca y maneje las detonantes físicas de su territorio y las oriente hacia la mitigación del riesgo de la vulnerabilidad de la población y la infraestructura física y social, ante los eventos naturales. ARTICULO 80. MICROZONIFICACION SISMICA PARA SANTA ROSA DE CABAL. Incorpórese como parte del POT, el acuerdo número 012 del 10 de marzo de 2000, mediante el cual se adoptó la micro zonificación sísmica para Santa Rosa de Cabal y se reglamentaron las secciones A.2.4 y A.2.6 del decreto 33 de 1998 – NSR-98 para las zonas determinadas en el mapa denominado “Zonificación Sísmica de Santa Rosa de Cabal”

DECRETO NUMERO 926 DE 2010	Por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científicos para construcciones sismo resistentes NSR-10. TITULO A. Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente. TITULO H. Estudios Geotécnicos. TITULO I. Supervisión técnica.
ZONIFICACION DE AMENAZAS GEOLOGICAS PARA LOS MUNICIPOS DEL EJE CAFETERO AFECTADOS POR EL SISMO DEL 25-01-1999, CABECERA MUNICIPAL SANTA ROSA DE CABAL. BOGOTA. DICIEMBRE, 2000	Elaborado por Ingeominas, subdirección de ingeniería geo ambiental, Santa fe de Bogotá, diciembre de 1999…7- Hidrología (determinación de las áreas susceptibles de inundación), 8-zonificación sismo geotécnica relativa, 9-evaluación de amenazas por fenómenos de remoción en masa…

6.4. MARCO METODOLÓGICO

6.4.1. DISEÑO METODOLÓGICO

ESTUDIOS DESCRIPTIVOS:

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos conceptos (variables), aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así describir lo que se investiga.

Los estudios descriptivos únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar como se relacionan las variables medidas.

Así como los estudios exploratorios sirven fundamentalmente para descubrir y prefigurar, los estudios descriptivos son útiles para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación.

Esta clase de estudios el investigador debe ser capaz de definir o al menos visualizar, que se medirá (que conceptos, variables, componentes, etc.) y sobre que o quienes se recolectaran los datos (personas, grupos, comunidades, objetos, animales, hechos, etc.).

La presente investigación es de carácter descriptivo ya que mediante la aplicación de fichas de recolección de datos pretende localizar y caracterizar los diferentes elementos y componentes de las obras de mitigación del municipio, basada en un conjunto de variables como tipología, dimensiones, funcionalidad o estado, localización, tipo de daño.

Estas variables permitieron al grupo investigador establecer características de las unidades investigadas (número de obras, distribución por tipología, tipo de daño, presencia de agua etc.)

De esta forma y cualitativamente mediante la minuciosa observación es posible evaluar si la obra cumple con parámetros mínimos de diseño; si el objeto por el cual fue concebida la medida de mitigación se cumple a cabalidad. A consecuencia de ello se pretende sugerir parámetros mínimos de mantenimiento según el estado de la obra y su tipo de daño.

6.4.2. MATRIZ DE DISEÑO METODOLÓGICO

Tabla 11. Cuadro de diseño metodológico

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	TÉCNICA	INSTRUMENTO	PRODUCTO/ RESULTADO.	INDICADOR
Adelantar el inventario de obras y/o medidas de mitigación y/o estabilización de taludes ejecutadas en el perímetro urbano del municipio de	Observación directa.	Ficha técnica para toma de datos de campo.	Inventario de obras de mitigación.	Número de obras a realizar el estudio.

Santa Rosa de Cabal, durante la última década.				
Determinar la funcionalidad y estado de las medidas de mitigación y/o estabilización de taludes ejecutadas en el perímetro urbano del municipio de Santa Rosa de Cabal, según estándares ingenieriles y reglamentación vigente	Observación directa en campo	Ficha técnica	Diagnóstico de cada medida de mitigación	Porcentaje de obras que estarían dentro de cierto grado de deterioro.
Georeferenciar las medidas de mitigación diagnosticadas, con sus correspondientes bases de datos asociadas y registro fotográfico Niveles de amenaza y riesgo.	Trabajo de campo y escritorio.	Base de datos como resultado del trabajo de campo.	Información almacenada base de datos.	Totalidad de las obras con su respectiva información.
Formular de manera proximal un protocolo de estándares mínimos para la presentación de estudios y resultados de estabilidad de taludes y recomendaciones de mantenimiento de obras.	Recopilación de de información.	Manual	Estándares mínimos para la estabilización y mitigación de laderas.	Documento técnico que sustente todas las apreciaciones para un buen desarrollo de esta actividad.

6.4.3. OBTENCIÓN Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

FUENTES Y TIPOS DE INFORMACIÓN:

FUENTES PRIMARIAS: los datos primarios que se obtuvieron en este proyecto fue mediante la información suministrada por parte del profesor asesor y otras personas y/o entidades, y otras obtenidas por parte de los estudiantes a cargo de este proyecto durante el desarrollo del ejercicio investigativo, tales como datos recolectados en campo por medio de ficha técnica.

FUENTES SECUNDARIAS: para el desarrollo de este proyecto investigativo se utilizaron, libros especializados, documentos, archivos especializados en el tema, utilizando diferentes medios como consultas a bibliotecas y consultas web.

Información primaria:

La información primaria está comprendida en:

1. Listado de taludes a intervenir en todo el municipio de Santa Rosa de cabal.
2. Ficha técnica con la cual se recoge información del sitio a estudiar.
3. Registro fotográfico durante el trabajo de campo de la investigación.

Información secundaria:

CLASIFICACION DE INFORMACION SECUNDARIA

Tabla 12. Clasificación de información secundaria

Niveles de Información Específicos	Tipos de Fuente	Fuente Especifica	Tipo de Información	Temas
Secundaria	Forec, Carder, alcaldía de Santa Rosa de Cabal.	Profesor asesor de la tesis.	Listado de obras de estabilización.	
Secundaria	Manual para la inspección visual de obras de estabilización.	Profesor asesor de la tesis.	Documento técnico.	1. estabilización de taludes. 2. obras de estabilización.

Secundaria	Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales Jaime Suarez	Biblioteca universidad libre	Libro de consulta	1. Caracterización de los movimientos. 2. Prevención, estabilización y diseño. 3. Control de aguas superficiales y subterráneas. 4. Estructuras de contención y anclaje.
	Manual de estabilización y revegetación de taludes Carlos López Jimeno	Biblioteca universidad libre.	Libro de consulta	1. Funciones de la vegetación en el tratamiento de taludes. 2. Técnicas de bioingeniería en el tratamiento de taludes
	Metodología de la investigación, cuarta edición, Roberto Hernández Sampieri, Carlos Hernández-collado, pilar baptista lucio, Mc Graw Hill, pag 99-109.	Biblioteca universidad libre	Libro de consulta	Diseño metodológico

7. RESULADOS

7.1. INVENTARIO DE OBRAS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y/O ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EJECUTADAS EN EL PERÍMETRO URBANO DEL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL

Para adelantar el inventario de medidas de mitigación se inició una recopilación de información proveniente de los entes gubernamentales del departamento y el municipio a quienes se les solicitó de manera formal acceso a la información y a los archivos de contratos; con el fin de estudiar si las obras encontradas en campo se hallaban en la documentación, o si por el contrario se encontraban más obras construidas con papel que con concreto.

A continuación se correlaciona la información tipo entregada por cada ente gubernamental, la cual se relaciona completa en los anexos.

- Obras reportadas por la CARDER:

Tabla 13. Obras Reportadas por la CARDER

CONTRATOS EJECUTADOS POR CIUDAD

MUNICIPIO: Santa Rosa de Cabal

No. Contrato	Fecha Cont.	Tipo de Obra	Dirección	Vereda/ Barrio	Vr. Inicial Contrato	Contratista
2010-972-1	10-dic-10	Andenes	Sector San Benito-Santa Rosa de Cabal		$13.445.964.00	Ercin Hawer Mayorga Álzate
2010-443-1	23-jun-10	Muro en varias especificaciones	Quebrada Caliches		$13.282.490.00	José Omar Mesa
2010-443-1	01-junio-10	Drenes y otros	Río San Eugenio barrio San Vicente, mpio Santa Rosa de Cabal		$14.047.167.00	Oscar Jairo Tabares Castaño
2010-371-1	07-abr-10	Tanques Sépticos	Vereda Volcanes, zona rural del mpio, microcuenca 03 San José cuenca Baja		$14.060.215.00	Juan Fernando Ospina y/o ABB Acquarama Hidrothermica

2019-368-1	06-abr-10	Tanques Sépticos	Vereda Cedralito zona rural del mpio microcuenca 03 San José cuenca Baja		$13.806.634.00	Jorge Antonio Pino
2010-354-1	25-mar-10	Tanques Sépticos	Vereda el Águila zona rural del mpio microcuenca 03		$13.763.789.00	Gonzalo Alberto Marín Aguirre
2010-346-1	24-mar-10	Tanques Sépticos	Vereda campoalegre La planta microcuenca 11. Río Campoalegre Zona rural del mpio de Santa Rosa de Cabal		$13.617.500.00	José Luis Restrepo García
2010-337-1	16-mar-10	Tanques Sépticos	Vereda Planadas-microcuenca 03 zona rural del mpio de Santa Rosa de Cabal	Planadas	$13.737.502.00	José Omar Mesa
2010-333-1	15-mar-2010	Tanques Sépticos	Sector el Zancudo corregimiento del Español-microcuenca 01 río San Francisco-zona rural dempio Santa Rosa de Cabal		$13.825.100.00	Jorge Enrique Mosquera

- Obras reportadas por la Alcaldía del Municipio de Santa Rosa de Cabal.

Tabla 14. Obras reportadas por la Alcaldía Municipal de Santa Rosa de Cabal

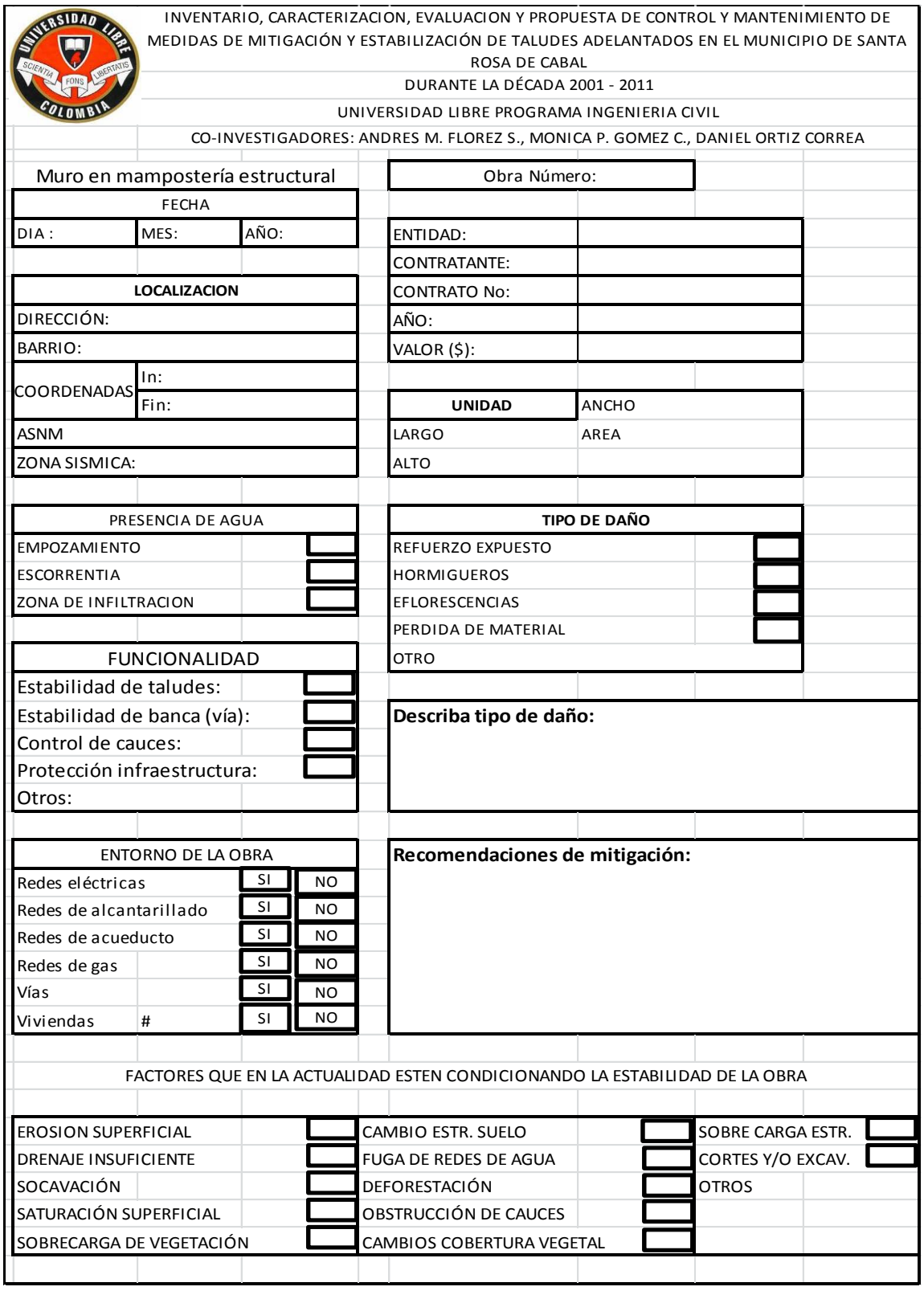
No.	No. Contrato	Fecha Cont.	Tipo de Obra principal	Dirección	Valor	Contratista
1	2008 - 212	02-oct-08	Manejo aguas lluvias	B. Unidos del Sur, La Hermosa	$ 100.000.000	Empocabal
2	2008 - 283	27-nov-08	Construcción gaviones	Vereda Santa Bárbara	$ 12.519.776	Luis Fernando Vidal V.
3	2008 - 323	12-dic-08	Construcción de gaviones recubiertos	Quebrada el silencio	$ 11.255.210	Oscar Mauricio Giraldo G.
4	2009 - 028	26-feb-09	Canalización de aguas salientes Estadio	Barrio Los Cristales	$ 13.903.750	Maria Yuliana Giraldo
5	2009 - 087	18-mar-09	Obras complementarias talud	Vía el manzanillo, La Gran Col.	$ 12.736.979	Juan Carlos Vergara
8	2009 - 147	12-may-09	Construcción de gaviones que permitan recuperación del cauce y quebrada el Silencio	Sector la Ladrillera	$ 12.255.210	Carlos Alberto Castro V.
9	2009 - 149	12-may-09	Mitigación en arte de procesos erosivos y manejo de taludes mediante obras bioingenieril	Pequeña cuenca de la vereda Yarumal	$ 13.455.000	Construimos Colombia
10	2009 - 168	01-jun-09	Construcción de gaviones recubiertos en concreto y manejo de aguas superficiales para recuperar banca colapsada		$ 51.000.000	Nelson Idárraga Sánchez
11	2009 - 189	26-jun-09	Adecuación de obra bioingenieril para la mitigación de proceso erosivo y manejo de taludes	Sector la balsora Vereda San	$ 8.500.000	Carlos Alberto Castro V.

- Obras reportadas por EmpoCabal.

Tabla 15. Obras reportadas por EmpoCabal.

No.	No. Contrato	Fecha Cont.	Tipo de Obra principal	Dirección	Valor	Contratista
1	2008 - 039	05-mar-08	Construcción gaviones talud	Vía Cedralito	$ 11.958.975	Jaime Alberto Rojas
2	2008 - 069	16-abr-08	Construcción cunetas revestidas		$ 12.918.277	Giovani Flabio Rivas
3	2009 - 007	23-feb-09	Realizar la construcción impermeabilización y recuperación de filtros	Planta de tratamiento	$ 42.522.264	Germán Echavarría Ríos
4	2009 - 010	09-mar-09	Construcción de obras de estabilización talud aguas lluvias	Sector La Argelia	$ 6.941.053	Luis Fernando Vidal V.
5	2009 - 016	24-abr-09	Construcción de obras para el manejo de aguas lluvias	Calle 8 con carrera 11	$ 5.944.209	Jaime Alberto Rojas M.
6	2009 - 023	01-jun-09	Realizar la construcción de gaviones para la estabilización del colector paralelo a la quebrada San Roque	Sector el Vaticano Calles 10 y 11	$ 11.084.212	Juan Pablo Cano Ortiz
7	2009 - 032	01-jul-09	Realizar obras de impermeabilización y recuperación de filtros	Planta de tratamiento	$ 49.580.388	Pablo Andrés Londoño O.
8	2009 - 040	21-ago-09	Realizar la construcción de obras de manejo de aguas lluvias	Barrio La Milagrosa	$ 4.731.786	Vicente Alonso Arias L.
9	2009 - 041	21-ago-09	Realizar la construcción de obras de manejo de aguas lluvias	Barrio Guayacanes	$ 2.562.294	Vicente Alonso Arias L.
10	2009 - 061	30-nov-09	Realizar obras de construcción de gaviones, estabilización, talud aguas lluvias	Sector Villa Diana, Quebrada San Roque	$ 6.559.051	Vicente Alonso Arias L.

Una vez lograda la información anterior se procedió a formular una ficha de captura de información de campo que diera cuenta como se han construido las obras según el tipo de obra, tipo de daño, entorno de la misma y funcionalidad; para ello se realizó un diseño de variables en la cual se define una a una las variables estudiadas, dando mayor claridad a las ficha que se presenta y explica a continuación.



INVENTARIO, CARACTERIZACION, EVALUACION Y PROPUESTA DE CONTROL Y MANTENIMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES ADELANTADOS EN EL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL
DURANTE LA DÉCADA 2001 - 2011
UNIVERSIDAD LIBRE PROGRAMA INGENIERIA CIVIL
CO-INVESTIGADORES: ANDRES M. FLOREZ S., MONICA P. GOMEZ C., DANIEL ORTIZ CORREA

Muro en mampostería estructural

Obra Número:

FECHA		
DIA :	MES:	AÑO:

ENTIDAD:	
CONTRATANTE:	
CONTRATO No:	
AÑO:	
VALOR ($):	

LOCALIZACION	
DIRECCIÓN:	
BARRIO:	
COORDENADAS	In:
	Fin:
ASNM	
ZONA SISMICA:	

UNIDAD	ANCHO
LARGO	AREA
ALTO	

PRESENCIA DE AGUA	
EMPOZAMIENTO	
ESCORRENTIA	
ZONA DE INFILTRACION	

TIPO DE DAÑO	
REFUERZO EXPUESTO	
HORMIGUEROS	
EFLORESCENCIAS	
PERDIDA DE MATERIAL	
OTRO	

FUNCIONALIDAD	
Estabilidad de taludes:	
Estabilidad de banca (vía):	
Control de cauces:	
Protección infraestructura:	
Otros:	

Describa tipo de daño:

ENTORNO DE LA OBRA			
Redes eléctricas		SI	NO
Redes de alcantarillado		SI	NO
Redes de acueducto		SI	NO
Redes de gas		SI	NO
Vías		SI	NO
Viviendas	#	SI	NO

Recomendaciones de mitigación:

FACTORES QUE EN LA ACTUALIDAD ESTEN CONDICIONANDO LA ESTABILIDAD DE LA OBRA

EROSION SUPERFICIAL		CAMBIO ESTR. SUELO		SOBRE CARGA ESTR.	
DRENAJE INSUFICIENTE		FUGA DE REDES DE AGUA		CORTES Y/O EXCAV.	
SOCAVACIÓN		DEFORESTACIÓN		OTROS	
SATURACIÓN SUPERFICIAL		OBSTRUCCIÓN DE CAUCES			
SOBRECARGA DE VEGETACIÓN		CAMBIOS COBERTURA VEGETAL			

Figura 3. Ficha de recolección de datos página 1.

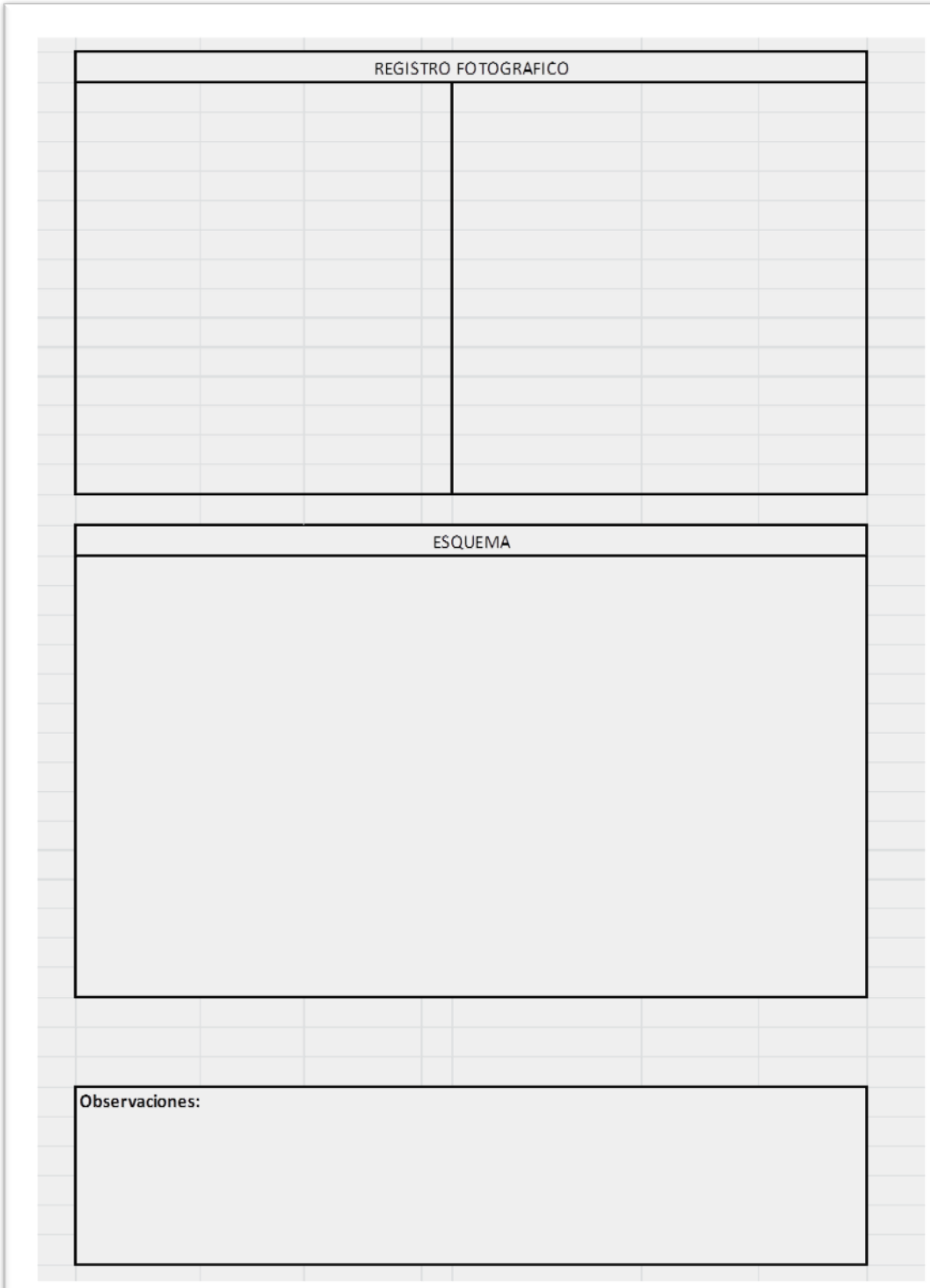


Figura 4. Ficha de recolección de datos página 2.

- TIPO DE OBRA: En este espacio se especifica el tipo de obra a la cual se le está levantando la ficha de recolección de datos, a ello esta enlazado el tipo de daño (ver ítem 10).

  Este ítem cobra mayor importancia debido a que de acuerdo al tipo de obra se logra una visión general del costo de las mismas de igual forma es importante diferenciar las mismas, ya que de acuerdo a la rigidez de la construcción se alcanza niveles de mitigación y resistencia mayores. Los tipos de obras que se manejaron para el proceso investigativo fueron: gavión, manejo de aguas superficiales, muro en mampostería estructural, muro en concreto reforzado, trincho, perfilado, muro en piedra, muro anclado y canalización.

- FECHA: Corresponde al día en que fue levantada la ficha de recolección de datos.

- LOCALIZACIÓN: En este espacio se debe referenciar la ubicación de la obra, tal como: Dirección, barrio o sector, coordenadas, altura sobre el nivel del mar (ASNM) y zona sísmica.

  Identificar el sitio de construcción de la obra es importante para la investigación, ya que permite conocer dónde se encuentran las grandes inversiones realizadas en el municipio, así como referenciar cartográficamente la ubicación de las mismas.

  *Dirección: En general se especifica la dirección de una vivienda cercana a la obra.

  *Zona Sísmica: de acuerdo a la microzonificación sísmica del municipio.

- PRESENCIA DE AGUA: se debe determinar la presencia de agua de acuerdo al diseño de variables, marcando con una “X” en el ítem o ítems si es el caso.

  En ocasiones las obras de mitigación son construidas de acuerdo a la presencia de agua, y es esta la mayor amenaza que sufren las obras, por lo tanto es importante identificar de qué manera o como hace presencia el agua en la obra, para ello se plantean las siguientes opciones: empozamiento, escorrentía y zona de infiltración.

- FUNCIONALIDAD: En estas casillas se ofrecen cuatro opciones: Estabilidad de taludes, Estabilidad de banca, Control de Cauces y protección de Infraestructura; las cuales son de mayor relevancia de acuerdo a el diseño de las fichas y a la experiencia del grupo investigador,

sin embargo se ofrece una quinta casilla denominada “Otros” que permite abarcar otras funcionalidades que pueda tener la obra estudiada.

Se debe marcar con una “X” las funciones principales de la obra.

La funcionalidad de la obra permite acercarse al objeto de la misma, generando un nivel de importancia.

- ENTORNO DE LA OBRA: En este espacio se encuentran cinco opciones que de acuerdo al grupo investigador es importante especificar si se encuentra o no contiguas a la obra, ellas son: redes eléctricas, redes de alcantarillado, redes de acueducto, redes de gas, vías y viviendas; este ítem al igual que el anterior cobran vital importancia de acuerdo a que permiten determinar el verdadero trabajo de mitigación que realiza la obra, así como los lugares que protege.

  *en la casilla Viviendas se pide especificar el número de viviendas, para tener una visión general del número de familias beneficiadas con la obra.

- FACTORES QUE EN LA ACTUALIDAD ESTÁN CONDICIONANDO LA ESTABILIDAD DE LA OBRA: en estas casillas es pertinente marcar con una “X” las condiciones que estén poniendo en peligro la estabilidad de la obra, sin importar su procedencia, ya sean de origen climático, humano, así como errores constructivos entre otros.

  Conocer los factores que ponen en peligro la estabilidad de la obra permitirá tomar acciones de primera mano sobre ellos y garantizar la perdurabilidad de la obra y ahorro de recursos por parte de los entes gubernamentales y de control.

- OBRA NÚMERO: en este espacio se debe escribir el número secuencial correspondiente a la visita de obra. Este consecutivo cobra importancia ya que de él dependerá el número total de obras analizadas.

- INFORMACIÓN DEL CONTRATO: Se pretende que en este espacio se especifique la información más relevante del contrato con que fue realizada la obra, tal como: entidad, contratante, numero de contrato, año y valor. Esta información se tendrá en cuenta de acuerdo a la información obtenida por los entes gubernamentales; lo cual permitirá una posterior comparación entre obras encontradas y obras consultadas.

- UNIDAD: en este espacio se debe referenciar las medidas reales de la obra, tales como: largo, ancho, alto, área y volumen.

  Ellas permitirán hacer cálculos de cantidades de obra comparativas.

- TIPO DE DAÑO: las opciones disponibles en este espacio de la ficha varían según el tipo de obra (Ítem 1), ya que dependiendo de la tipología las opciones de daño son distintas, de acuerdo generalmente a el material utilizado.

  Conocer el tipo de daño permitirá al equipo investigador hacer recomendaciones más precisas que permitan garantizar la perdurabilidad de las obras y por consiguiente continuar mitigando el riesgo.

- DESCRIBA TIPO DE DAÑO: En este espacio se debe detallar con la mayor precisión posible el daño que está afectado la obra, de manera que quien esté haciendo el análisis de la ficha se haga una idea clara de la afectación de la obra.

- RECOMENDACIONES DE MITIGACIÓN: El grupo investigador hace un análisis del tipo de obra, tipo de daño y hace unas recomendaciones pertinentes a solucionar los daños que están afectando la obra, garantizando la estabilidad del proyecto; dicha recomendación debe ser consignada en el espacio denominado recomendaciones de mitigación.

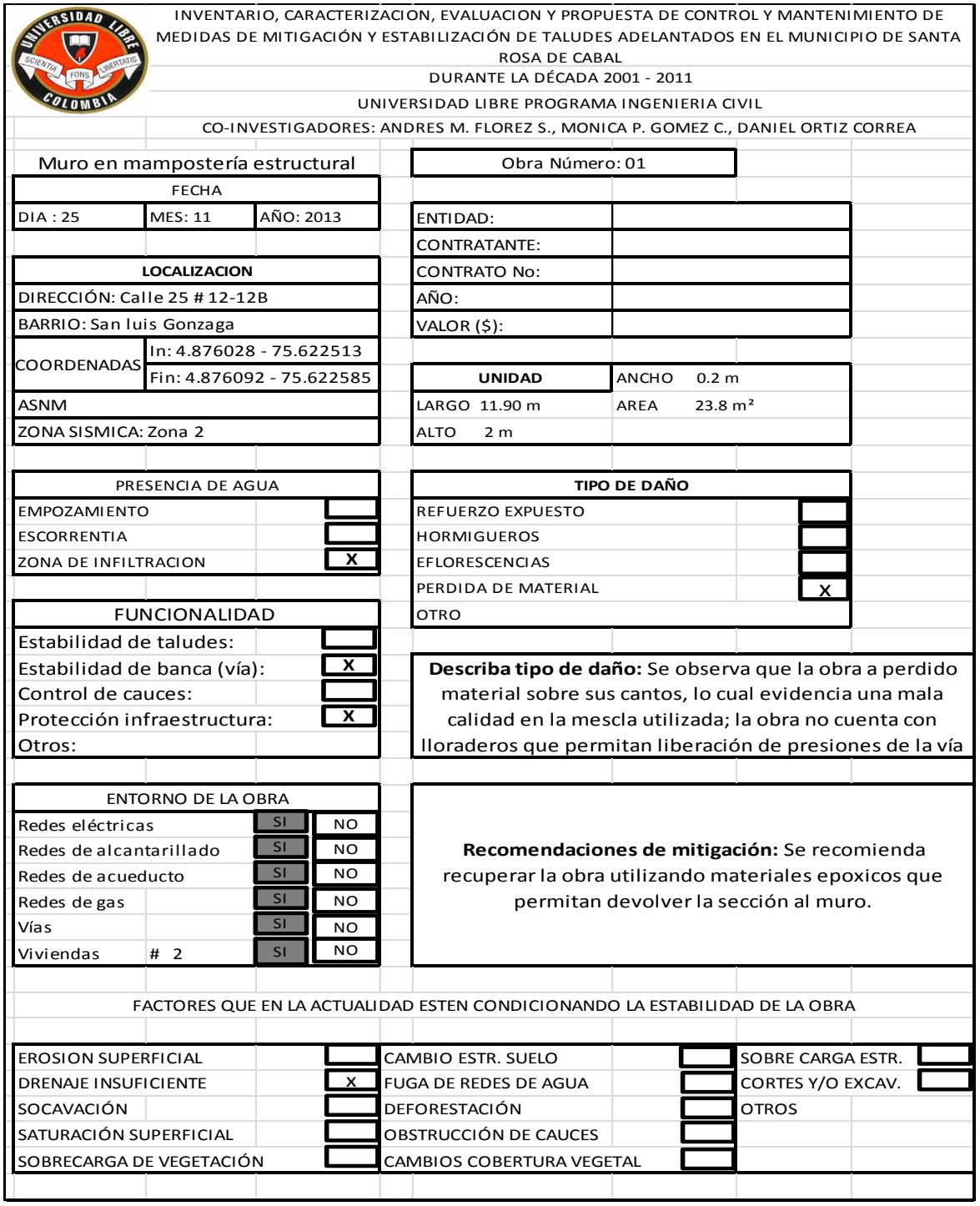
- REGISTRO FOTOGRÁFICO: espacio destinado con el fin de evidenciar en fotografías la ubicación de la obra, daños y entorno que presenta la obra.

- ESQUEMA: se pretende que en este espacio se plasme un boceto de la obra, así como daños y entorno, se recomienda agregar rótulos de aclaración los cuales expliquen nomenclatura de vías y nombres de ríos o quebradas.

- OBSERVACIONES: espacio destinado para agregar cualquier tipo de información que no se haya previsto en la ficha.

7.1.1. ESTUDIO DE CASO:

Para comprender un poco más afondo el proceso que se llevo a cabo en el inventario de medidas de mitigación se presenta el siguiente estudio de caso realizado el día 25 de noviembre de 2013, para ello se levantó la siguiente ficha de recolección de datos.



INVENTARIO, CARACTERIZACION, EVALUACION Y PROPUESTA DE CONTROL Y MANTENIMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES ADELANTADOS EN EL MUNICIPIO DE SANTA ROSA DE CABAL
DURANTE LA DÉCADA 2001 - 2011
UNIVERSIDAD LIBRE PROGRAMA INGENIERIA CIVIL
CO-INVESTIGADORES: ANDRES M. FLOREZ S., MONICA P. GOMEZ C., DANIEL ORTIZ CORREA

Muro en mampostería estructural

Obra Número: 01

FECHA		
DIA : 25	MES: 11	AÑO: 2013

ENTIDAD:	
CONTRATANTE:	
CONTRATO No:	
AÑO:	
VALOR ($):	

LOCALIZACION	
DIRECCIÓN: Calle 25 # 12-12B	
BARRIO: San luis Gonzaga	
COORDENADAS	In: 4.876028 - 75.622513
	Fin: 4.876092 - 75.622585
ASNM	
ZONA SISMICA: Zona 2	

UNIDAD		
LARGO	11.90 m	ANCHO 0.2 m
ALTO	2 m	AREA 23.8 m²

PRESENCIA DE AGUA	
EMPOZAMIENTO	
ESCORRENTIA	
ZONA DE INFILTRACION	X

TIPO DE DAÑO	
REFUERZO EXPUESTO	
HORMIGUEROS	
EFLORESCENCIAS	
PERDIDA DE MATERIAL	X
OTRO	

FUNCIONALIDAD	
Estabilidad de taludes:	
Estabilidad de banca (vía):	X
Control de cauces:	
Protección infraestructura:	X
Otros:	

Describa tipo de daño: Se observa que la obra a perdido material sobre sus cantos, lo cual evidencia una mala calidad en la mescla utilizada; la obra no cuenta con lloraderos que permitan liberación de presiones de la vía

ENTORNO DE LA OBRA			
Redes eléctricas		SI	NO
Redes de alcantarillado		SI	NO
Redes de acueducto		SI	NO
Redes de gas		SI	NO
Vías		SI	NO
Viviendas	# 2	SI	NO

Recomendaciones de mitigación: Se recomienda recuperar la obra utilizando materiales epoxicos que permitan devolver la sección al muro.

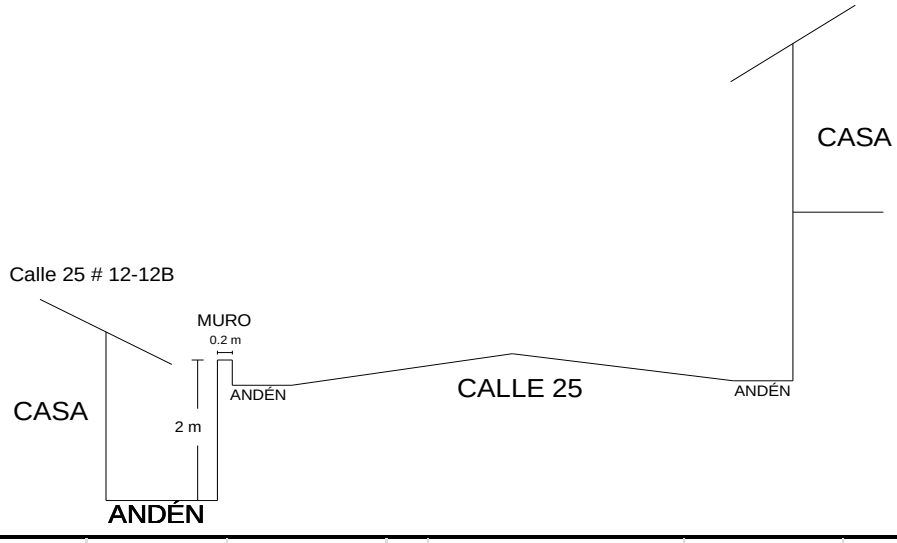
FACTORES QUE EN LA ACTUALIDAD ESTEN CONDICIONANDO LA ESTABILIDAD DE LA OBRA

EROSION SUPERFICIAL		CAMBIO ESTR. SUELO		SOBRE CARGA ESTR.	
DRENAJE INSUFICIENTE	X	FUGA DE REDES DE AGUA		CORTES Y/O EXCAV.	
SOCAVACIÓN		DEFORESTACIÓN		OTROS	
SATURACIÓN SUPERFICIAL		OBSTRUCCIÓN DE CAUCES			
SOBRECARGA DE VEGETACIÓN		CAMBIOS COBERTURA VEGETAL			

Figura 5. Estudio de caso, Ficha de recolección de datos página 1.

REGISTRO FOTOGRAFICO

ESQUEMA



Obra: 01

FOTO #

Observaciones: Mamposteria estructural con vigas de confinamiento separadas cada 280 cm, funciona como soporte a la banca de la calle 25, adicionalmente protege la vivienda ubicada en la calle 25 #12-12b

Figura 6. Estudio de caso, Ficha de recolección de datos página 2.

Para el caso de la visita a la obra 01 como lo indica el número de obra marcado en la parte superior de la ficha, se estudió un muro en mampostería estructural el cual está ubicado en el barrio San Luis Gonzaga específicamente en la calle 25 # 12-12B, el muro cuenta con una sección de 11.90 m de largo por 2 m de alto y 0.2 m de ancho, lo cual deriva en un área de 23.8 $m^{2.}$

La funcionalidad principal del muro es contener la banca de la calle 25 y proteger la vivienda contigua, tal como lo muestra el esquema; así como las redes de alcantarillado, acueducto, gas y eléctricas que pasan al frente de la vivienda tal como se especifica en la categoría entorno de la obra y se evidencia el registro fotográfico.

Se encuentra que el muro está perdiendo material sobre sus cantos, lo que lleva al grupo investigador a describir el tipo de daño encontrado en la casilla "describa tipo de daño", sin embargo agregan que la falta de lloraderos no permite la liberación de presiones, marcándola como factor que condiciona la estabilidad de la obra.

Los investigadores recomiendan realizar correcciones al muro con materiales epóxicos que devuelvan la sección y resistencia al mismo, para finalizar el estudio agregando datos importantes en las observaciones.

Por consiguiente la ficha de recolección de datos se convierte en parte fundamental del estudio, ya que permite una recolección completa de información, la cual será tratada y presentada a continuación.

7.1.2. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN:

Para efectuar el inventario de medidas de mitigación realizado en el municipio de Santa Rosa de Cabal, se realizó un recorrido por los diferentes barrios ubicados en la zona urbana del municipio, se encontraron un total de 74 obras distribuidas según su tipología de la siguiente manera.

Tabla 16. Tipo de obra

TIPO DE OBRA	
Gavión	28
Manejo de Aguas Superficiales	19
Muro en Concreto Reforzado	13
Muro en mampostería estructural	5
Trincho	4
Perfilado	2
Muro en Piedra	1
Muros Anclados	1
Canalización	1
TOTAL	74

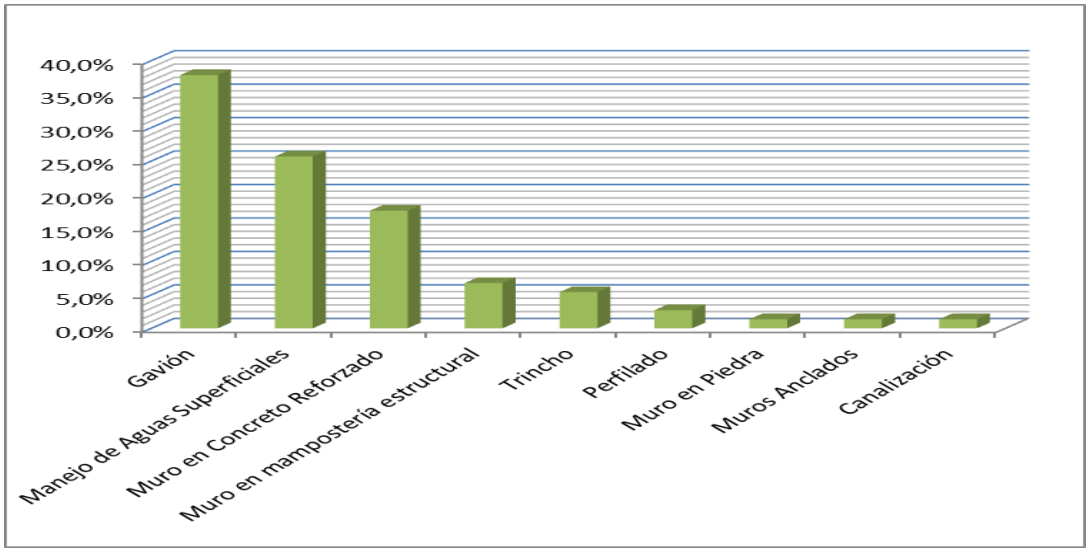


Figura 7. Tipo de Obra

Se evidencia en la gráfica, que en el municipio de Santa Rosa de Cabal el 37% de las obras de mitigación son gaviones. Se infiere que su relevancia recae en que su construcción no requiere de mano de obra calificada, lo cual disminuye el costo y alcanza niveles de mitigación considerables.

De igual forma la topografía del municipio y la alta presencia de humedad exigen que el manejo de aguas superficiales ocupe el segundo puesto en obras construidas con un 26.7% de ocurrencia. Los dos tipos de obras analizados anteriormente suman el 64% lo cual evidencia que cumplen con los parámetros de mitigación de riesgo requeridos para el desarrollo del municipio. Por el contrario en los tres últimos lugares con el 1% se encuentran Muro en Piedra, Muros Anclados y Canalización ya que obedece a casos aislados de mitigación, o en el caso de muros anclados obedece a una inversión de mayor magnitud.

Con la intención de identificar los lugares de mayor incidencia en la construcción de obras se procedió a graficar la variable ubicación de las obras según la división sociopolítica del municipio, de ella debemos concluir si la administración canalizaba los recursos de las mismas a lugares específicos; por lo tanto se construyó el siguiente diagrama de barras.

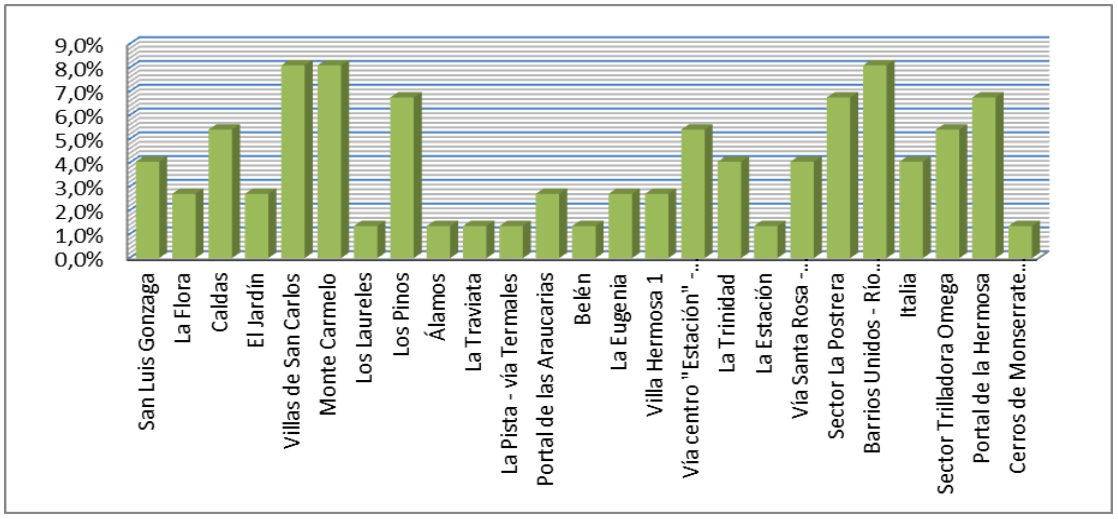


Figura 8. Ubicación de las obras según la división sociopolítica del municipio de Santa Rosa de Cabal.

Se evidencia en la gráfica que las obras se han construido en la mayoría del territorio santarrosano, ya que en ninguno de los barrios se han levantado más del 10% de ellas, sin embargo llama la atención los picos en los barrios Villas de San Carlos, Monte Carmelo y Barrios Unidos del Sur - Rio San Eugenio; en el primer de los casos se encuentra un barrio en proceso de construcción, en el cual se encuentra realizando labores de estabilización de taludes para iniciar edificaciones.

Caso seguido es el barrio Monte Carmelo, en donde se registraron obras tipo manejo de aguas superficiales las cuales protegían un lugar de recreación ubicado en la parte baja de la montaña.

En el último de los casos las obras construidas en Barrios Unidos del Sur - Rio San Eugenio cumplen con la función de proteger las viviendas e infraestructura construidas sobre la ribera del río San Eugenio, principal afluente del municipio el cual ha ocasionado repetidas emergencias como la registrada en octubre de 2012; sobre él se erige el acceso al municipio por la vía que conecta con Pereira.

Llegados a este punto y después de analizar el por qué se encuentran mayor cantidad de obras sobre el río San Eugenio, es de menester estudiar la presencia de agua en el entorno de la obra, conociendo que el vital líquido es principal detonante del deterioro prematuro de las construcciones.

Para ello se analizó la variable presencia de agua:

Tabla 17. Presencia de Agua

PRESENCIA DE AGUA	
Zona de Infiltración	39
Escorrentía	7
Empozamiento	3
TOTAL	49

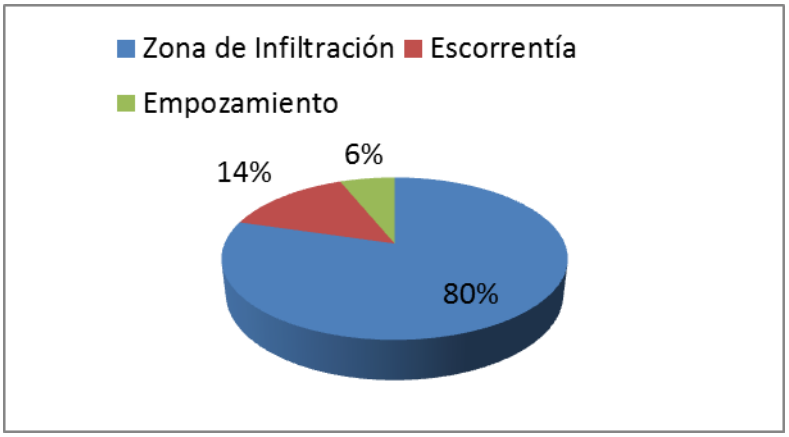


Figura 9. Presencia de agua.

Como era de esperarse se encuentra que en 39 obras (80%) hay presencia de agua a través de la zona de infiltración, es decir, lugares que debido a sus características geológicas, y a las fuerzas gravitatorias y capilares retiene el agua superficial, lo cual debido a la humedad del municipio y a las constantes precipitaciones no es sorpresa encontrar tan alto porcentaje.

No obstante la escorrentía se reporta con 7 obras, lo cual refiere una relación constante con las obras construidas en Barrios Unidos del Sur, contiguo al río San Eugenio.

Para terminar se realizó análisis para referenciar que tipo de suelo era predominante en las obras analizadas según la microzonificación sísmica del municipio.

Tabla 18. Zona Sísmica.

Zona Sísmica	
Zona 1	16
Zona 2	14
Zona 3A	14
Zona 3B	7
Zona 4C	14
Zona 5	7
TOTAL	72

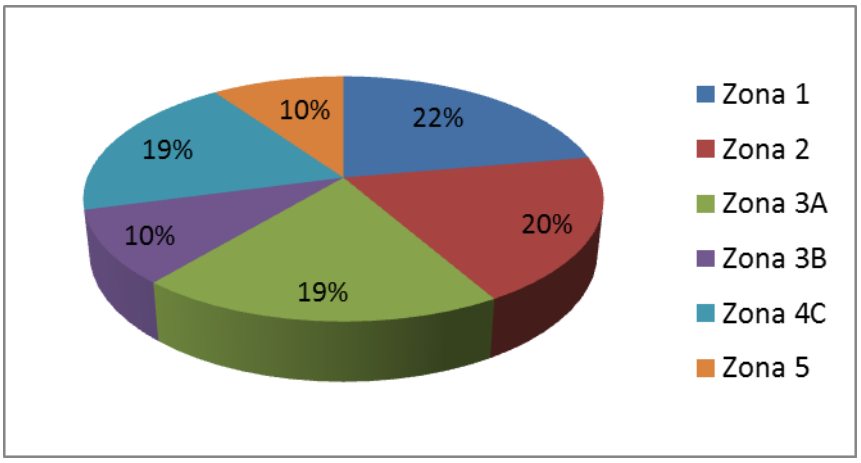


Figura 10. Gráfica, Ubicación según la microzonificación sísmica

Según el análisis realizado y como lo evidencia la figura 10 el 29% de las obras se han construido en la Zona 3 (A y B) de la microzonificación sísmica, la cual según el plan de ordenamiento territorial-2001 POT-01 corresponde cenizas volcánicas con profundidad de 10 a 20 m, la zona 3A se extiende por el costado oriental del municipio, y es sobre ella hacia donde se expande el municipio en materia urbana lo que conlleva encontrar presencia importante de obras, la zona 2 con un 20% de incidencia limita con la zona 3A en ella se ubica la mayor parte de la cabecera municipal; sin embargo para nuestra investigación es importante dedicar cuidado especial a las obras ubicadas en la zona 5, la cual describe llenos antrópicos, es decir, material variado depositado por el hombre para cubrir cañadas, cauces o depresiones del suelo en general. Lo cual genera malas condiciones de cimentación y estabilidad de la obra, aunque sobre esta zona solo se encuentra el 10% de las obras son de mayor importancia por su mayor riesgo.

Finalmente se encuentran al costado occidental del rio San Eugenio la Zona 1, la cual reporta cenizas volcánicas de 20 a 25 m, sobre ella está localizada la vereda la Hermosa y reporta 6 obras, 20%.

7.2. FUNCIONALIDAD Y ESTADO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Realizadas las visitas de campo se determinó la funcionalidad y estado limite de servicio de cada una de las obras de mitigación de riesgo, de acuerdo a su tipología. Los aspectos encontrados fueron:

7.2.1 Manejo de Aguas Superficiales: *debido a la topografía del municipio y a la alta presencia de humedad, el 26.7% de las obras de mitigación de riesgo corresponde al manejo de aguas superficiales.*

- Funcionalidad: Se encontró que la función principal de las obras cuya tipología corresponde al manejo de aguas Superficiales se distribuye de la siguiente manera:

Tabla 19. Funcionalidad, Manejo de Aguas Superficiales.

Funcionalidad	Porcentaje
Estabilidad de Taludes	42.8%
Estabilidad de Banca	28.6%
Protección de Infraestructura	28.6%

- Estado: se encontró durante el recorrido diagnostico que las obras de manejo de aguas superficiales cumplen con estándares ingenieriles, secciones adecuadas, los disipadores de energía se encuentran en buenas condiciones, sin embargo es la falta de mantenimiento la hace que se presenten las siguientes patologías:

Tabla 20. Patologías, Manejo de Aguas Superficiales.

Patología	Porcentaje
Canal Obstruido	42.10%
Sobre Carga de Vegetación	47.37%

La presencia de las patologías mencionadas en la tabla anterior impide un adecuado funcionamiento y una correcta mitigación del riesgo, contrario a ello se convierten en actores detonantes del riesgo, conduciendo la obra a su estado límite de servicio.

En la tabla 21 se encuentra relacionado el porcentaje de afectación de las patologías en cada obra tipo manejo de aguas superficiales.

Tabla 21. Porcentaje de Presencia de Patologías Por Número de Obra Tipo Manejo De Aguas Superficiales

MANEJO DE AGUAS SUPERFICIALES		
Obra	**Canal Obstruido**	**Sobrecarga de vegetación**
OB-02	5% = Entrega	-
OB-06	60%	60%
OB-11	3% = Entrega	1%
OB-18	8% = Entrega	-
OB-26	90%	70%
OB-29	100%	50%
OB-64	20% = Entrega	20%

Se percibió que la gran mayoría de las canales contaron con un diseño previo, y un adecuado proceso constructivo, esto se reflejó en la estabilidad de la obra, en sus secciones, y en el material utilizado. La mala funcionalidad de las canales se ve reflejada en la falta de mantenimiento tanto en la canal como en la entrega de las aguas.

Figura 11. Canales obstruidos

Figura 12. Canales con secciones adecuadas.

7.2.2 Muros Anclados: Durante el recorrido censal se encontró un muro anclado lo cual corresponde 1.35% de las obras de mitigación encontradas, la estructura se extiende por 17.90m.

- Funcionalidad: Se encontró que la obra estabiliza un terreno natural posterior a ella, sobre el talud se encuentran tanques de almacenamiento de agua.

- Estado: Se encuentra que el muro está construido bajo estándares de diseños correctos, los anclajes están protegidos de la corrosión, con pintura anticorrosiva en buenas condiciones, los drenajes funcionan correctamente, ya que permite la libre circulación del agua infiltrada, el terreno se aprecia estabilizado y con cobertura vegetal.

  La obra se presenta en buen estado garantizando su funcionalidad.

Figura 13. Muros anclados, sector la Traviata, ficha 31.

7.2.3 Muro en Concreto Reforzado: *Se registra en el recorrido censal realizado que el 17.3% de las obras de mitigación de riesgo del municipio corresponde a muros en concreto reforzado.*

- Funcionalidad*:* se encontró que los muros en concreto reforzado son empleados en los siguientes casos:

Tabla 22. Funcionalidad, Muro en Concreto Reforzado.

Funcionalidad	Porcentaje
Estabilidad de Taludes	28%
Estabilidad de Banca	32%
Protección de Infraestructura	28%
Control de Cauces	22%

- Estado: Los muros en concreto reforzado presentan las siguientes patologías.

Tabla 23. Patologías, Muro en Concreto Reforzado

Patología	Porcentaje
Hormigueros	15.4%
Refuerzo Expuesto	15.4%
Juntas Frías	7.7%
Perdida de Material	7.7%
Drenaje Insuficiente	15.4%
Fisuras	7.7%
Sobre Carga de Vegetación	15.4%
Socavación	7.7%

Se evidencia que la mayoría de patologías presentes en los muros en concreto reforzado son consecuencia de malos procesos constructivos, a excepción de la socavación la cual ocurre por la fuerza con que el agua golpea la estructura, es decir, el 84.7% de las patologías no se presentaría si se realizara un adecuado proceso de construcción.

En la tabla 24 se encuentra relacionado el porcentaje de afectación de las patologías en cada obra tipo muro en concreto reforzado.

Tabla 24. Porcentaje de Presencia de Patologías Por Número De Obra Tipo Muro En Concreto Reforzado.

MURO EN CONCRETO REFORZADO								
Obra	Horm.	Ref. Exp.	Juntas F.	Pérd. Mat.	Fisuras	Sob. veget.	Dren. Ins.	Socavación
OB-04	-	5%	50%	-	-	30%	-	-
OB-12	30%	No Refuer	-	-	-	-	100 %	-
OB-30	-	6%	-	-	-	-	-	-
OB-35	-	-	15%	-	-	70%	-	-
OB-43	-	-	-	10%	-	-	100 %	-
OB-45	-	-	-	-	-	20%	100 %	-
OB-57	-	50%	-	-	-	70%	-	20%
OB-60	-	-	100%	-	50%	-	-	-

Aunque se evidencia la estabilidad en las obras y un adecuado funcionamiento las patologías ponen en riesgo la funcionalidad de la misma, ya generan un acelerado deterioro en los componentes de la misma.

Se hace mención especial a un muro ubicado en calle 21 # 20B – 35 construido sin normas técnicas ingenieriles ya que no presenta una sección definida ni se evidencia refuerzo en el mismo, no cuenta con un sistema de drenaje que libere presiones en el suelo.

Figura 14. . Muro en concreto reforzado construido sin las técnicas ingenieriles adecuadas.

Figura 15. Muros en concreto reforzado, buen estado.

7.2.4 Muros en Gaviones: en el recorrido censal se evidenció que un 37.3% de las obras de mitigación de riesgo corresponde a los muros en gaviones, el cual fue el más utilizado para mitigar riesgo.

- Funcionalidad: esta obra fue construida principalmente para los siguientes casos:

Tabla 25. Funcionalidad, Muro en Gaviones

Funcionalidad	Porcentaje
Control de Cauces	30.19%
Protección de Infraestructura	28.30%
Estabilidad de taludes	22.64%
Estabilidad de Banca	18.87%

- Estado: los muros en gaviones presentan las siguientes patologías:

Tabla 26. Patologías, Muro en Gaviones

Patología	Porcentaje
Perdida de Recubrimiento	13.21%
Corrosión	13.21%
Perdida de Material	7.55%
Rotura de Malla	3.80%

En el recorrido se evidenció que 2 gaviones en el barrio Jardín 3ª etapa - La Hermosa se encuentran en malas condiciones, los cuales perdieron su integridad y funcionalidad en el control de cauces, debido a la socavación causada por la quebrada y a la erosión superficial del terreno. En el barrio Villas de San Carlos se encontró un gavión completamente fisurado, probablemente por un mal proceso constructivo.

En la tabla 27 se encuentra relacionado el porcentaje de afectación de las patologías en cada obra tipo muro en gavión.

Tabla 27. Porcentaje de Presencia de Patologías Por Número De Obra Tipo Muro En Gavión.

GAVIONES					
Obra	Revestimiento	Corrosión	Pérdida Material	Rotura Malla	Fisura revestimiento
OB-03	0%	20%	-	-	-
OB-04	0%	20%	5%	20%	-
OB-08	85%	-	-	-	100%
OB-37	95%	-	80%	20% Extre.	15%
OB-38	50%	-	-	-	-
OB-41	90%	30%	100%	100%	-
OB-42	99%	-	2%	2%	-
OB-48	0%	10%	-	-	-
OB-53	95%	-	3%	3%	-
OB-55	80%	-	5%	2%	-
OB-61	0%	-	-	-	-
OB-66	60%	-	40%	40%	-
OB-67	90%	25%	10%	10%	-
OB-68	80%	-	20%	10%	15%
OB-70	0%	15%	-	-	-

Aproximadamente el 70% de muros en gaviones se encuentran en buen estado, garantizando su estabilidad y funcionalidad, mitigando el riesgo para lo que fueron construidos.

Figura 16. Muro en gavión, Jardín 3ª etapa – La Hermosa.

Figura 17. Muro en gavión, barrio San Carlos.

7.2.5 Muro en Mampostería Estructural: *se encontró que el 6.7% de las obras desarrollada para la mitigación del riesgo corresponde a muro en mampostería estructural.*

- Funcionalidad: Se encontró que la función principal de las obras cuya tipología corresponde a muro en mampostería estructural se distribuye de la siguiente manera:

Tabla 28. Funcionalidad, Muro en Mampostería Estructural

Funcionalidad	Porcentaje
Estabilidad de Taludes	14.29%
Estabilidad de Banca	28.57%
Protección de Infraestructura	57.14%

- Estado: en la generalidad de los casos se encontró que los muros no fueron construidos bajo parámetros ingenieriles, evidencia de ello es la presencia de errores constructivos como falta de drenajes, desplomes, refuerzo expuesto y bloques de concreto desalineados.

  Se encontraron las siguientes patologías:

Tabla 29. Patologías, Muro en Mampostería Estructural

Patología	Porcentaje
Refuerzo Expuesto	20%
Drenaje Insuficiente	60%
Sobrecarga Estructural	20%
Perdida de Material	20%
Muro Desplomado	20%

En la tabla 30 se encuentra relacionado el porcentaje de afectación de las patologías en cada obra tipo muro en mampostería estructural.

Tabla 30. Porcentaje de Presencia De Patologías Por Número De Obra Tipo Muro En Mampostería Estructural.

MURO EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL			
Obra	Refuerzo Expuesto	Pérdida material	Muro desplomado
OB-01	-	1%	-
OB-04	2%	-	-
OB-13	-	-	100%

Figura 18. Muro mampostería estructural

Figura 19. Muro mampostería estructural, mala construcción.

7.2.6 Trinchos en guaduas: obra ejecutada con el fin de adaptar las condiciones de un terreno inestable, a causa de la deforestación e infiltración de aguas. Esta obra corresponde al 5.3% de las obras ejecutadas para la mitigación de riesgo.

- Funcionalidad: Su principal función es la estabilidad de taludes, que garantiza la adecuación del terreno y su estabilidad. Garantizando estas funciones se está protegiendo la infraestructura y la estabilidad de la banca en algunos casos.
- Estado: En el 50% de las obras, el talud presenta una buena estabilidad, con una vegetación abundante, los trinchos a pesar de que se encuentren en mal estado cumplieron con su función ya que la vegetación se estableció. El otro 50% de los trinchos son obras recientes, lo cual el talud está expuesto a la socavación y formación de cárcavas.

  En la tabla 31 se encuentra relacionado el porcentaje de afectación de las patologías en cada obra tipo Trinchos.

Tabla 31. Porcentaje de Presencia De Patologías Por Número De Obra Tipo Gavión.

	TRINCHO	
Obra	Guaduas flojas	Guaduas en mal estado
OB-27	70%	60%
OB-62	-	20%

Figura 20. Trinchos sin vegetación

Figura 21. Trinchos en buen funcionamiento.

7.2.7 Muro en Piedra: durante el recorrido censal se encontró un muro en piedra ubicado en la calle 6 # 6-46 el cual corresponde al 1.35% de las obras de mitigación de riesgo.

- Funcionalidad: obra construida principalmente para la estabilidad de una vivienda de dos pisos en mampostería; obra construida por los propietarios.
- Estado: se encontró que el muro presenta una sección aparentemente adecuada, sin lagrimales que ayuden a liberar presión; cubierto en gran parte por vegetación; muro en buen estado.

Figura 22. Muro en piedra

7.2.8 Perfilado: obra ejecutada con el fin adaptar las condiciones de un terreno inestable. Esta obra corresponde al 2.70% de las obras ejecutadas para la mitigación del riesgo.

- Funcionalidad: Se encontró que la función principal de las obras cuya tipología corresponde a perfilado se distribuye de la siguiente manera:

Tabla 32. Funcionalidad, Perfilado

Funcionalidad	Porcentaje
Estabilidad de talud	66.7%
Protección de Infraestructura	33.3%

Estado: el 50% de las obras se encuentran en buen estado, terreno condicionado adecuadamente, buen funcionamiento, no presenta malformaciones ni perdida de material. El otro 50% de las obras presenta volcamiento en gran parte del talud, drenajes taponados por vegetación, terraza parchada con asfalto y nuevamente fisurada, canales en buen funcionamiento.

Figura 22. Perfilado

En la tabla 33 se encuentra relacionado el porcentaje de afectación de las patologías en cada obra tipo Perfilado.

Tabla 33. Porcentaje de Presencia De Patologías Por Número De Obra Tipo Perfilado.

PERFILADO			
Obra	Volcamiento	Abultamiento	Drenaje
OB-63	25%	-	Taponado

7.3. GEO-REFERENCIACION DE MEDIDAS DE MITIGACION

El término de georreferenciación, ha venido teniendo en las dos últimas décadas un gran auge, debido a la oportunidad que tiene toda la población para georreferenciar el recorrido de un vehículo en un punto dado dentro del mapa o poder dibujar la ruta por donde ha estado el vehículo. Esto gracias a los equipos receptores mal llamados GPS (Global Positioning System), ya sean diseñados para tal fin o dentro de los mismos equipos de telefonía inteligente (Smartphone) donde se les activa la opción GPS y localiza el equipo móvil de telecomunicación dentro de un mapa. (IQEN Informe Quincenal Epidemiológico Nacional – 2013)

A la luz del presente ejercicio, en el proceso de recolección de datos de información de las medidas de mitigación y estabilización de taludes, se utilizó el

receptor de GPS Garmin Etrex Brochure, para la respectiva toma de coordenadas de inicio y finalización de cada medida de mitigación, esto permite graficar cada una de estas en un plano cartográfico de la estructura urbana del municipio de Santa Rosa de Cabal, en el software de Autodesk – AutoCAD.

Inicialmente las coordenadas obtenidas con el receptor GPS estaban configuradas con origen con el observatorio astronómico de Bogotá el cual tiene coordenadas: Latitud 04° 35’ 56.57’’ y longitud 75° 04’ 51.30’’. Con el software GAUSS, estas coordenadas son posibles de ser transformadas de geográficas (latitud y longitud) en coordenadas gaussianas planas (Norte, Este) de cualquiera de los orígenes de cartografía para Colombia, usando para Risaralda, el origen Oeste (W).

A manera de ejemplo, a continuación se mostrarán las coordenadas inicialmente obtenidas con el receptor GPS y las transformadas a gaussianas planas con origen Oeste (W) de la obra de mitigación No. 1, la cual obedece a un muro en mampostería estructural:

Se ha registrado mediante posicionamiento global las siguientes coordenadas geográficas del punto inicial de la obra No. 1:

Latitud: 04° 52’ 44.16’’

Longitud: 75° 37’ 31.61’’

Las coordenadas salientes del software Gauss, con origen Oeste (W):

Norte: 1’031.125,021

Este: 1’161.462,660

Con estas últimas, son georreferenciadas las medidas de mitigación en la respectiva cartografía del municipio en AutoCAD.

GEO-REFERENCIACION MEDIDAS DE MITIGACION

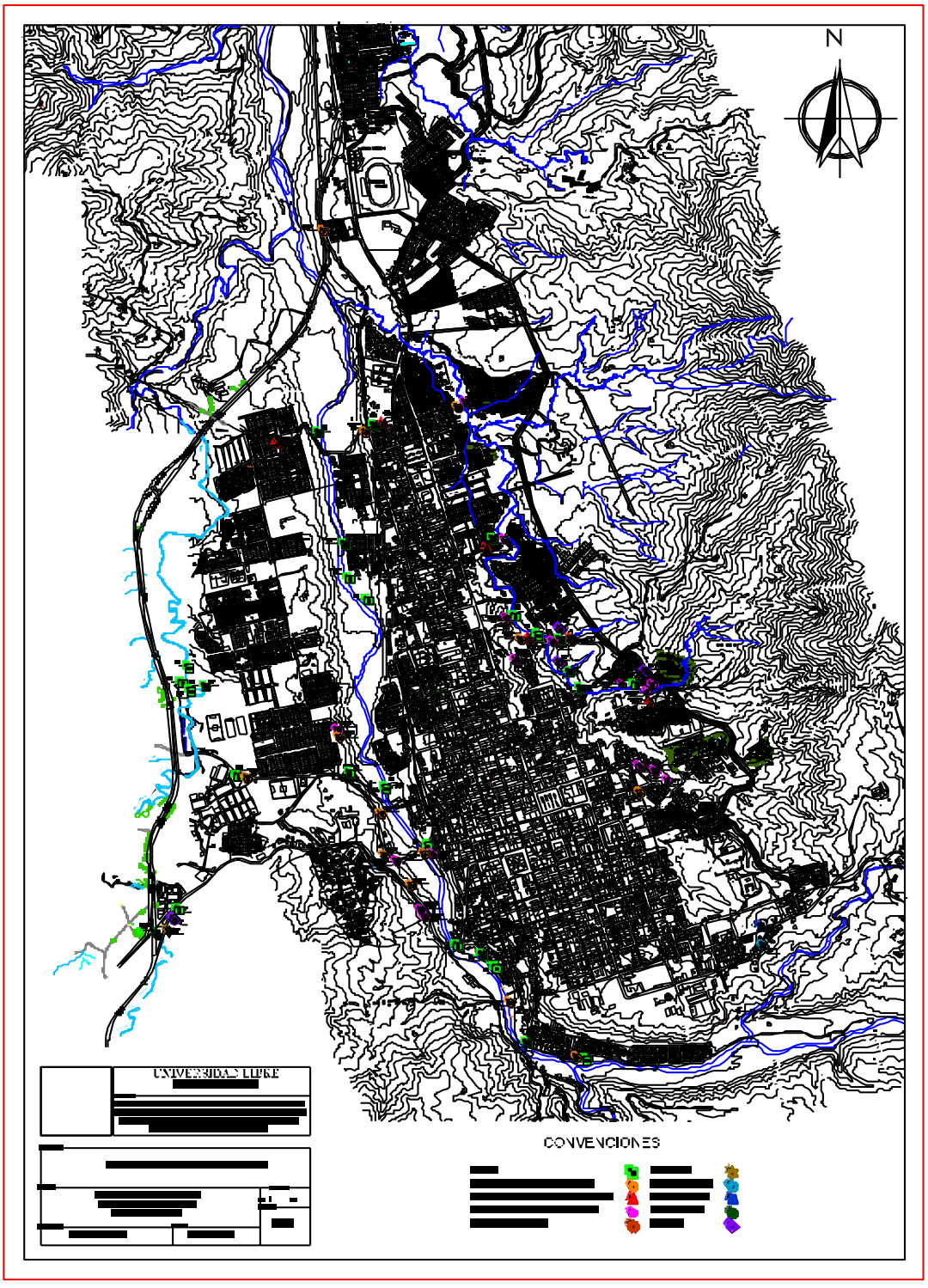


Figura 23. Geo - referenciación de medidas de mitigación

En el mapa temático de geo - referenciación se puede observar que una inversión importante se ha destinado a las obras de mitigación que tienen como objetivo principal controlar el cauce del río San Eugenio y la protección de los barrios ubicados en la llanura de inundación del mismo. Cabe señalar, más detalladamente que estas obras abarcan aproximadamente el 20% del total de las mismas, las cuales son obras comprendidas únicamente entre muros gaviones con un 85.7% y el 14.3% en muros en concreto reforzado.

Igualmente en el mapa se aprecia que en las riberas de la quebrada la Italia se han construido un alto número de obras, comprendidas entre manejo de aguas superficiales, muros gaviones y muros en concreto reforzado. Cabe resaltar, que aunque a lo largo de este afluente se ubica un porcentaje alto de las medidas de mitigación, alrededor del 18%, no sería justo hacer una comparación de inversión debido a las dimensiones de las mismas, las cuales pueden ser observadas en las fichas técnicas anexadas a este documento.

Para el caso de las obras ubicadas en el río San Eugenio la longitud de gaviones suman aproximadamente 642 m, y de muros en concreto reforzado 165 m. Una amplía diferencia a comparación con las obras ubicadas en la quebrada La Italia ya que en este caso son más las que se ocupan del manejo de aguas superficiales. Únicamente 86 m en total conforman la gavionería en la ribera de esta quebrada, y 8.50 m de un muro en concreto, además de 27 m de un trincho ubicado a la altura del barrio Villas de San Carlos.

A simple vista se puede deducir que el municipio está faltante de obras principalmente al noreste del mismo ya que la presencia de estas es nula y es justamente este lugar de Santa Rosa el que más está ofertando vivienda y se proyectan obras viales a futuro.

7.4. FORMULACIÓN DE PROTOCOLO DE ESTÁNDARES MÍNIMOS PARA LA PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS Y RESULTADOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y UN MANUAL DE MANTENIMIENTO DE OBRAS.

El grupo de investigación diseño un manual de control y mantenimiento de obras de estabilización y obras complementarias en taludes y laderas, cuyo objetivo principal es el de contribuir con el municipio de Santa Rosa de Cabal a realizar

una buena práctica en el diagnóstico y posterior mantenimiento de las obras de mitigación, con el fin de garantizar, funcionalidad y mitigación constante al riesgo.

El manual de mantenimiento está compuesto por los principios básicos que garantizan su aplicabilidad como son la planeación, organización, ejecución y control.

En él se encontrara una introducción a el tema con el *"Marco Teórico"*, seguido por el "*Registro Técnico Documental*" el cual pretende orientar a la administración a desarrollar un archivo de documentos mínimos para mantener una base de datos de obras que garantice la funcionalidad y perdurabilidad de las mismas.

7.4.1. REGISTRO TÉCNICO DOCUMENTAL

Con el fin de que la administración municipal cuente con una base de datos la cual pueda heredar gobierno tras gobierno buscando mantener un estado de utilidad óptimo en las obras se le sugiere generar un archivo que contenga aspecto técnicos de cada una de las obras, el Registro Técnico Documental debe tener los siguientes elementos.

- Gestión del Riesgo

  El proceso de mitigación de riesgo nace básicamente en la Gestión del Riesgo, allí la administración realiza un estudio con el fin de determinar la necesidad o no de construir una obra que mitigue el riesgo, para ello se deben levantar actas, las cuales establezcan los puntos álgidos a mejorar, para ello se debe contar con la participación activa de la comunidad, ya que son ellos los que poseen información de primera mano del comportamiento de los taludes, ríos y quebradas de su comunidad.

- Estudios Técnicos.

  La administración municipal debe proveer al registro Técnico Documental por lo menos un estudio de suelos sobre el cual se debió cimentar la decisión de construir determinada obra de mitigación adicional a este se deben agregar en el caso de que la obra lo allá requerido estudios hidráulicos, geológicos, sísmicos y topográficos.

- Diseño de Obra

  La inclusión de los planos garantizara que la obra construida es la contratada, en ellos se plasman los aspectos técnicos, así como los detalles y especificaciones que debe tener la obra para su correcto funcionamiento, adicional a él es pertinente agregar el presupuesto de construcción y el manual de mantenimiento diseñado por el profesional diseñador/constructor

- Fichas de Mantenimiento y Revisión.

  Una vez entregada a satisfacción la obra a la administración municipal esta debe entrar en una etapa de seguimiento e implementación del manual de mantenimiento, es pertinente seguir una periodicidad la cual garantice el buen estado de la misma, para ello durante cada visita de obra se recomienda levantar actas o fichas de mantenimiento, las cuales permitan llevar un registro del deterioro de las obras; el resultado de dichas visitas debe ser la acción oportuna de la secretaria de infraestructura en reparación de la obra.

- Contrato.

  La importancia de tener el contrato de adjudicación de la obra en el registro radica en la posibilidad de conocer a el nombre de los responsables directos de la correcta o incorrecta operación de la obra, así como la posibilidad de verificar si el dinero adjudicado corresponde al dinero invertido en la misma.

Paso seguido encontrara en el manual y a continuación la propuesta de *"Flujograma de actuación frente a un desastre"* el cual pretende orientar al lector frente a la toma de decisiones, mediante un sistema de preguntas y respuestas simples que lo guiaran desde la ocurrencia del desastre hasta la entrega del manual de mantenimiento una vez terminada la obra de mitigación; De igual forma se encuentra el *"Flujograma de protocolo de estándares mínimos para la presentación de estudios y resultados de estabilidad de taludes*" el cual pretende guiar al lector a través de los requerimientos de la norma NSR-10 (ver anexo).

7.4.2. FLUJOGRAMA DE ACTUACIÓN FRENTE A UN DESASTRE

OCURRE DESASTRE

Ocurrencia de un fenómeno natural de origen geológico, meteorológico e hidrológico.

EVALUACIÓN DEL RIESGO

Terrenos inestables, inundaciones, crecidas erupciones volcánicas, sismicidad, etc. Dependen de la magnitud, intensidad y extensión espacial.
Entidades encargadas de evaluar el riesgo:

- Bomberos
- Secretaria de Planeación Municipal.
- CARDER

INFORME TECNICO

Se informa sobre el estudio detallado de la patología del evento. Implica el conocimiento preciso de las amenazas, de los elementos en riesgo y de sus vulnerabilidades.

La decisión de dar inicio a una obra de prevención o mitigación de riesgo, se deriva del análisis previo de los factores que condicionan su construcción, **es decir, de la valoración del riesgo y sus detonantes. De tal forma que el conjunto de acciones estructurales y no estructurales planificadas, permita disminuir las condiciones vulnerables.**

¿La evaluación previa cumple con los parámetros mínimos requeridos para ejecutar medida de mitigación?

SI

NO

Se ejecuta la medida de Mitigación

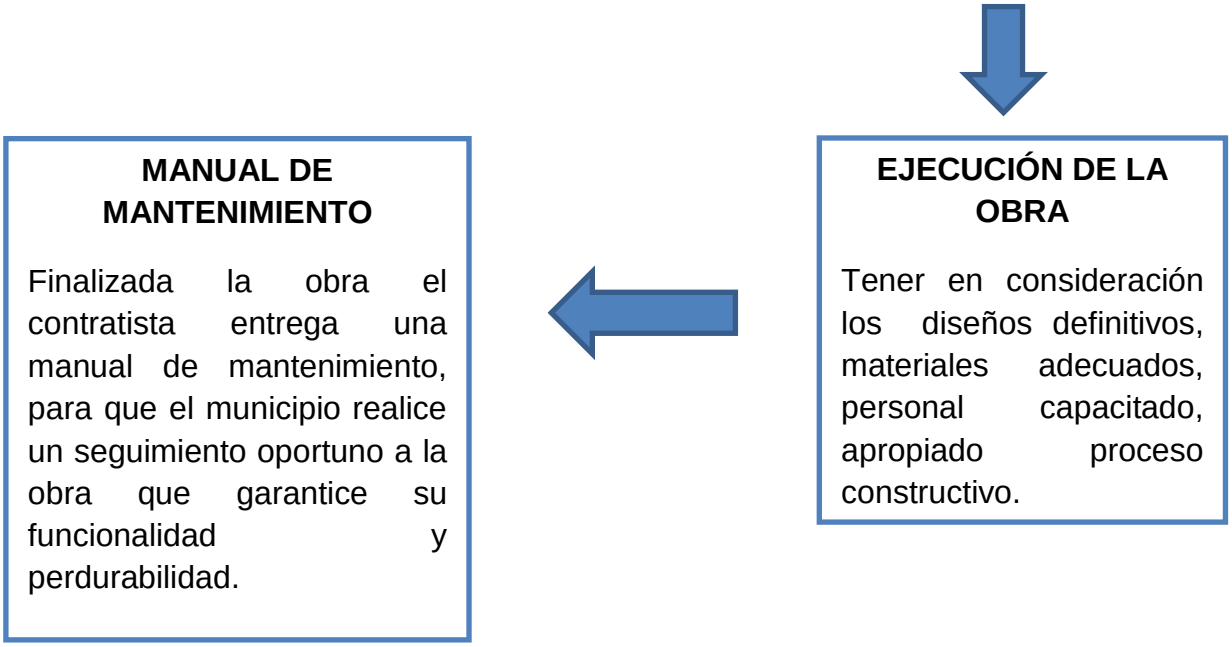
CONTRATAR LOS DISEÑOS PREVIOS
Bajo la luz del título H de la NSR - 10

ESTUDIOS PREVIOS

Realizar estudios y ensayos previos para la ejecución de la obra.

CONTRATAR DISEÑOS DEFINITIVOS

Contratar diseños que estén basados en la norma técnica ingenieril y que sea ejecutado por personal capacitado.



Para finalizar las recomendaciones de mantenimiento la *"Matriz de diagnóstico - actividades de mantenimiento"* especifica el mantenimiento y reparación que se debe hacer a cada tipo de afectación en la obra, describe un paso a paso de cómo llevar a cabo dicha corrección. Pretendiendo ser una especie de vademécum para el caso puntal de las obras analizadas en este proceso investigativo. La mencionada matriz se presenta a continuación.

7.4.3. MATRIZ DE DIAGNÓSTICO - ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Nota: La columna FICHA, corresponde a las fichas técnicas levantadas en campo para el presente proyecto.

ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN Y PROPÓSITO	MANTENIMIENTO	FICHA
MUROS DE HORMIGÓN	La reparación y mantenimiento de los muros de hormigón o mampostería sirve para mantener la integridad de los muros y reparar los daños. Esta actividad será utilizada además para: limpiar los agujeros de drenaje, rellenar las áreas erosionadas; borrar letreros.	**1.** Iniciar los procedimientos de seguridad para un control adecuado del tránsito en el sitio de trabajo. **2.** Contornear, taladrar y limpiar agujeros para drenaje. **3.** Reponer cualquier material que se ha lavado frente o detrás de los muros, y apisonar el material dentro de los orificios. **4.** Inspeccionar las capas del material impermeable detrás del muro y reparar o reemplazar cuando sea necesario para proporcionar drenaje de las aguas superficiales. **5.** Las juntas abiertas y las fisuras son limpiadas y rellenas con lechada de mortero hidráulico. Forzar la lechada dentro de las aberturas y puntos de la junta hasta que éstas se llenen, como se requiera. **6.** Soplar con arena o pintar para borrar las inscripciones. **7.** Limpiar el sitio de trabajo, remover todos los desechos y ripios.	**OB. 04** **OB. 12** **OB. 35** **OB. 43** **OB. 45** **OB. 46** **OB. 57** **OB. 60** **OB. 70**

ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN Y PROPOSITO	MANTENIMIENTO	FICHA
MUROS DE GAVIONES	Este trabajo consistirá en el desarmado de las mallas falladas, la remoción de la piedra del cuerpo del gavión, la preparación de la superficie de apoyo del nuevo gavión, el llenado de las mallas con piedra, el armado y amarrado de las mallas de los gaviones para que se incorporen al cuerpo del muro original.	**1.** Se debe inspeccionar detenidamente el muro, determinando todos los sitios que presenten problemas como desgarres de la malla, asentamiento del gavión, rotura del alambre de amarre, etc. **2.** Se procede a desarmar el gavión, colocando la piedra en un sitio adecuado para su posterior uso. En caso de que sea solo un desgarramiento menor, se retira la piedra del sector desgarrado. **3.** En caso de ser necesario el reemplazo del gavión, se arma el gavión y se inicia el llenado del mismo utilizando la piedra desalojada o piedra transportada al sitio. La dimensión menor de piedra será de 1.5 veces la distancia entre los lados del hexágono. Si no fuera necesario el cambio del gavión, se colocará la piedra en el sitio defectuoso y se procederá a amarrar el gavión con alambre de amarre. **4.** Se deberán colocar tirantes para asegurar los extremos opuestos de la malla. Estos tirantes se colocarán cada 30 cm en sentido vertical y con espaciamiento horizontal entre 60 y 90 cm. Se alternará la posición de los tirantes en cada hilada. **5.** Se cierra el gavión y se amarra adecuadamente.	**OB. 3** **OB. 4** **OB. 8** **OB. 16** **OB. 28** **OB. 37** **OB. 41** **OB. 42** **OB. 48** **OB. 50** **OB. 51** **OB. 52** **OB. 53** **OB. 54** **OB. 55** **OB. 62** **OB. 67** **OB. 68** **OB. 69** **OB. 71** **OB. 72**

ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN Y PROPOSITO	MANTENIMIENTO	FICHA
CANALES	Los trabajos se ejecutarán cuando los disipadores de energía presenten obstrucción o presencia de basura, sedimentos, vegetación, entre otros, y eviten el flujo libre del agua.	1. Poner a los obreros a lo largo del canal, espaciándolos de 25 a 50 metros para que no se interfieran entre ellos. 2. Quitar basura, vegetación, piedras, pequeños derrumbes, sedimento de los canales, y cargarlos en la volqueta cuando sea necesario, o en carretillas. 3. Verificar que la pendiente de fondo del canal permita el flujo libre del agua y no haya depresiones ni puntos altos que provoquen empozamientos y así permitir que tanto el canal como el aliviadero desagüen libremente en alcantarillas o salidas de agua. 4. Descargar el material de desecho en zonas predeterminadas, donde no sea arrastrado por las lluvias de nuevo al sistema de drenaje. 5. Demoler y retirar el material de las áreas deterioradas. 6. Reparar los disipadores de energía, con concreto hidráulico o mampostería de piedra, según el material con que se haya construido. 7. Curar el concreto hidráulico durante 7 días. 8. Retirar el encofrado a los 3 días. 9. Inspeccionar visualmente que los disipadores reparados permanezcan trabajando eficientemente.	**OB. 2** **OB. 6** **OB. 9** **OB. 11** **OB. 18** **OB. 19** **OB. 20** **OB. 21** **OB. 22** **OB. 23** **OB. 26** **OB. 29** **OB. 65**

ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN Y PROPOSITO	MANTENIMIENTO	FICHA
TRINCHOS	Consiste en el retiro de ciertos tipos de vegetación que por su naturaleza pueden contribuir a la inestabilidad del talud, el propósito es controlar el crecimiento o retirar de forma definitiva o permanente la vegetación para que no ocasione problemas al talud. Este tipo de mantenimiento se debe llevar a cabo cuando en el proceso de inspección se identifique este fenómeno.	Si la vegetación en cuestión corresponde a árboles o arbustos, se identificara el número de unidades de cada una de las especies que se van a tratar, si la vegetación es menor, se cuantificará en metros cuadrados el área afectada del talud y de acuerdo si es el caso se retirarán y relocalizarán los árboles y/o los arbustos teniendo en cuenta las recomendaciones particulares del ingeniero forestal o agrónomo, y cumpliendo las normativas de la autoridad ambiental competente. Para casos de vegetación menor, se utilizaran productos químicos o biológicos de control de malezas.	**OB. 17** **OB. 27** **OB. 63**

ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN Y PROPOSITO	MANTENIMIENTO	FICHA
MURO EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL	La reparación y mantenimiento de los muros de hormigón o mampostería sirve para mantener la integridad de los muros y reparar los daños. Esta actividad será utilizada además para: limpiar los agujeros de drenaje, rellenar las áreas erosionadas; borrar inscripciones.	**Cada año:** Inspección visual para detectar: 1. Posible aparición y desarrollo de grietas y fisuras, así como desplomes u otras deformaciones. 2. Erosión anormal o excesiva de paños, ladrillos o bloques aislados, desconchados o descamaciones. 3. Erosión anormal o pérdida del mortero de las juntas, aparición de humedades y manchas diversas. **Cada 3 años:** Inspección de las piezas que forman la fábrica, observando si se producen alteraciones por la acción de los agentes atmosféricos, fisuras debidas a asientos locales o a solicitaciones mecánicas imprevistas, erosión o pérdida del mortero de las juntas, aparición de humedades y manchas diversas. **Cada 5 años:** Limpieza según el tipo de ladrillo, mediante lavado con agua, limpieza química o proyección de abrasivos. **Cada 10 años:** Revisión de las fábricas con armaduras de tendel que incluyan tratamientos de autoprotección, sustituyéndose o renovándose aquellos acabados protectores que por su estado hayan perdido eficacia.	**OB. 1** **OB. 4** **OB. 13** **OB. 24** **OB. 36**

Las recomendaciones mencionadas se encuentran anexo en medio magnético.

8. CONCLUSIONES

- Se encontró que la distribución de frecuencias de tipología de obras tendientes a mitigar las condiciones de riesgo en el municipio de Santa Rosa de Cabal está dominada por: gaviones con un 37.8%; obras para el manejo de aguas superficiales con el 25.7%; los muros en concreto reforzado alcanzan el 17.6 %. En menor proporción se destacan los muros en mampostería estructural, los trinchos en guadua y los perfilados de taludes con un 6.8%, 5.4% y 2.7% respectivamente. Finalmente, los muros en piedra, los muros anclados y las canalizaciones representan el 1.4% de las medidas de mitigación construidas en la cabecera municipal.

- En el marco del ejercicio diagnostico se logró determinar que el 31.69 % de las obras de mitigación se construyó con el propósito de estabilizar taludes, seguido por la protección de infraestructura (viviendas, obras de saneamiento básico, equipamiento) con un 30.99%, estabilidad de la banca con un 23.94% y finalmente control de cauces con 13.38%.

- Las obras lineales tendientes a la mitigación del riesgo hidrológico a las que están sometidas las viviendas de los Barrios Unidos del Sur - Río San Eugenio son las obras lineales más largas de las diagnosticadas ya que en algunos casos la continuidad de los muros o gaviones alcanzan longitudes de 50, 60 y hasta 115 metros.

- El 31.9% de obras de mitigación diagnosticadas en el municipio de Santa Rosa de Cabal se localizan en el hacia el occidente de la cabecera municipal sector la Hermosa.

- En cuanto a la variable presencia de agua diagnosticada en las visitas de campo mediante la observación de las medidas de mitigación, se encontró que la zona de infiltración se presentaba en el 80% de ellas seguida por escorrentía y empozamiendo con 14% y 6% respectivamente.

- Ninguna de las obras diagnosticas a partir de la información secundaria aportada por CARDER, Alcaldía municipal de Santa Rosa de Cabal y Empocabal se encontró el manual de mantenimiento que garantizara el buen estado y funcionamiento de la obra.

- La distribución de las medidas de mitigación de acuerdo a la microzonificación sísmica de Santa Rosa de Cabal es la siguiente manera:

Tabla 34. Distribución de las medidas de mitigación de acuerdo a la microzonificación sísmica de Santa Rosa de Cabal

ZONA	CANTIDAD DE OBRAS	PORCENTAJE	TIPO DE MATERIAL	ESPESOR(M)
Zona 1	16	21,6%	Cenizas volcánicas con intercalaciones de lentes de conglomerado sobre Conglomerado	Hasta 25
Zona 2	16	21,6%	Cenizas volcánicas con intercalaciones de lentes de conglomerado sobre Conglomerado	Hasta 18
Zona 3A	14	18,9%	Cenizas volcánicas sobre conglomerados o suelo residual en las áreas montañosas oriental y occidental sobre Conglomerado	15-18 y <6 en las áreas montañosas de Oriente y Occidente
Zona 3B	7	9,5%		
Zona 4C	14	18,9%	Depósitos Aluviales sobre Conglomerados	10 - 15
Zona 5	7	9,5%	Relleno antrópico sobre cenizas volcánicas	Entre 6 y 8 localmente hasta 12
TOTAL	74	100,0%		

- Ninguna de las medidas de mitigación recopiladas partir de la información secundaria aportada por CARDER, Alcaldía municipal de Santa Rosa de Cabal y Empocabal concuerda con las obras diagnosticadas en campo, en virtud de que la generalidad de las mismas pertenece al sector rural del municipio de Santa Rosa de Cabal.

- Las patologías dominantes según la tipología de obras evaluadas fueron:

Tabla 35. Patologías dominantes según la tipología de obra.

TIPOLOGÍA	PATOLOGÍA	PORCENTAJE
MURO EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL	Refuerzo Expuesto	25,0%
	Eflorescencias	25,0%
MANEJO DE AGUAS SUPERFICIALES	CANAL OBSTRUIDO	42,1%
GAVIÓN	Perdida de recubrimiento	25,0%
TRINCHO	Guaduas en mal estado	50,0%
MURO EN CONCRETO REFORZADO	Refuerzo Expuesto	15,4%

9. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a la localización de las obras de mitigación en la microzonificación sísmica del municipio, es pertinente que la administración municipal en cabeza de la secretaria de planeación e infraestructura preste especial cuidado a las obras ubicadas sobre la zona 5 “llenos antrópicos” en virtud de las características de los materiales y su potencial comportamiento ante solicitaciones sísmicas.

- De acuerdo a las patologías encontradas en las obras, las cuales son de fácil prevención se le sugiere a la administración municipal en cabeza de la secretaria de planeación e infraestructura disponer de personal que haga un barrido constante sobre las obras, haciendo labores de supervisión, limpieza y adecuación de las mismas, tales como: retiro de vegetación, limpieza de canales, reposición de recubrimiento, recuperación de gaviones, instalación de lloraderos entre otros, lo cual se vería reflejado en el buen estado, funcionabilidad optima, y longevidad de las obras

- Se recomienda a la administración municipal en cabeza de la secretaria de planeación y/o infraestructura actuar con la debida pertinencia en el muro ubicado en la calle 21 # 20B– 35 construido sin las técnicas ingenieriles adecuadas, el cual representa un riesgo potencial para la comunidad.

- Se recomienda a la administración municipal en cabeza de la secretaria de planeación e infraestructura reconstruir los gaviones en el barrio Jardín 3ª etapa - La Hermosa, así como en el barrio Villas de San Carlos los cuales a causa de la socavación causada por el rio y la erosión superficial se encuentran en mala estado.

- Acorde con la conclusión referida a los gaviones, se recomienda convocar una brigada de mantenimiento, la cual preste especial cuidado en la protección de la malla eslabonada, mediante recuperación de recubrimientos y uso de anticorrosivos.

- Se recomienda a la administración municipal que realice campañas de educación con el objeto de generar sentido de pertenencia hacia las obras, haciendo énfasis en la disposición de residuos sobre las obras de manejo de aguas superficiales.

- Cabe recomendar, hacer uso del manual de mantenimiento y control y del plano georreferenciado en cada una de las medidas de mitigación, lo cual

les permitirá a las autoridades locales conocer la ubicación de las obras, así como una referencia del qué hacer al momento de chequear dichas obras.

- Se le recomienda a las entidades de control que cuando se desarrollen procesos investigativos como el presente, sean lo suficientemente prestos, oportunos y pertinentes con la facilitación de información, dado que ello facilita el diagnostico de campo y garantiza un buen resultado.

- Las autoridades competentes cada vez que vayan a ejecutar medidas de mitigación tendientes a mejorar la calidad de vida de la comunidad acogerse no solamente a el manual propuesto si no a los estándares constructivos de acuerdo a el titulo H de la norma de sismo resistencia NSR-10, adicionalmente conservar los registros de cada una de las obras en virtud de que cada vez que se necesite mejorar la investigación se cuente con un registro sistematizado de obras.

- Se recomienda a las entidades gubernamentales ejecutar evaluaciones de factores de seguridad a todas las obras de mitigación, tales como:

  - ✓ Revisión por volteo respecto a la punta del muro.
  - ✓ Revisión de la falla por deslizamiento a lo largo de su base.
  - ✓ Revisión de la falla por capacidad de carga de la base.
  - ✓ Revisión por asentamiento.

10.REFERENCIA BIBLIOGRAFÍCA

- Alvarado Rodríguez, Jassit Neftalí (2002). *Estabilidad de las masas de tierra*. 2ª. Edición; México.

- Bermúdez Rico Natalia Andrea (2011). *Estrategias de gestión prospectiva del riesgo para el municipio de Pereira, Risaralda. Una propuesta a partir de la perspectiva histórica del desastre*

- Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. . (s.f.). *Gestión del riesgo.*

- García Mina, J. (2013). *TECNICAS DE MEJORA DE TERRENOS*. Madrid: KELLER TERRA.

- Hernández, R. *Metodología de la investigación, cuarta edición:* Mc Graw Hill

- Highland Lynn M. (2008). *Manual de derrumbes: Una guía para entender todo sobre los derrumbes.* Servicio Geológico de los Estados Unidos

- Instituto Nacional de la Salud*, Informe Quincenal Epidemiológico Nacional volumen 18:* Bogotá, D.C. – 15 de mayo de 2013

- Jimeno, C. (1999) *Manual de estabilización y revegetación de taludes.*

- Juáres, E. (2005). *Mecanica de Suelos Tomo 1-2.* Mexico DF: Limusa

- Ministerio del medio ambiente de Colombia. *Guía ambiental para evitar, corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal*.

- OIT (Organización Internacional del Trabajo) – 2004, *Manual Andino para la construcción y mantenimiento de empedrados*

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR10 Títulos H
- Rivera, J. (1993). *Construcción de trinchos vivos para conducción de aguas de escorrentía en zonas tropicales de ladera*.
- *Secretaria De Protección Civil Del Estado De Veracruz. (2013). Recomendaciones para Prevenir Accidentes por Deslaves y Deslizamientos. Veracruz.*
- Semrau, Rodolfo. (2000) *Estabilidad de taludes de carreteras*. Guatemala
- Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales.* Bucaramanga: U. industrial de Sanatander.
- Suárez, J. (2009). *Deslizamientos. Análisis geotécnico Vol. 1.* Bucaramanga: U. Industrial de Santander.
- Suárez, J. (2009). *Deslizamientos. Tecnicas de Remediación.* Bucaramanga: U. Industrial de Santander.
- Torres Arana Karen Mildred, (2012). *Evaluación de la incorporación de la gestión del riesgo en los procesos de ordenamiento territorial del municipio de Pereira*

ANEXOS

- Fichas de recolección de datos (Medio Magnético).
- Flujograma de protocolo de estándares mínimos para la presentación de estudios y resultados de estabilidad de taludes (1 Folio).
- MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA LA ESTABILIDAD DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO (Medio Magnético).
- MAPA DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA, SANTA ROSA DE CABAL (Medio Magnético).
- Obras Reportadas por la Alcaldía Municipal de Santa Rosa de Cabal. (Medio Magnético).
- Obras Reportadas por la CARDER (Medio Magnético).
- Obras Reportadas por Empocabal (Medio Magnético).
- Plano de geo- referenciación de medidas de mitigación (1 Folio).