



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
COMISIÓN DE ESTUDIO DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO

**EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN
MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS**

**CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAIAS MEDINA
ANGARITA – PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO
MIRANDA.**

Trabajo de grado para optar al Título de Magister en Análisis Espacial y Gestión
del Territorio

Tutor: MSc. Ing. Carlos Padrón

Autora: Esp. Lic. Yelitza Angulo

Caracas, septiembre de 2021



Universidad Central de Venezuela
Facultad de Humanidades y Educación
Comisión de Estudios de Postgrado
Maestría en Análisis Espacial y Gestión del Territorio



VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de la Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el **Trabajo de Grado** presentado por: **YELITZA COROMOTO ANGULO SIMOZA** Cédula de identidad N° V-16.704.145, bajo el título "EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS. CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAIAS MEDINA ANGARITA – PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO MIRANDA.", a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de MAGÍSTER SCIENTIARUM EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO , dejan constancia de lo siguiente:

1.- Leído el mencionado trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 30 de Septiembre de 2021 a las 10:00 AM., para que la autora lo defendiera en forma pública, lo que ésta hizo bajo la modalidad online a través de la aplicación Google Meet; mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **aprobarlo**, por considerar, sin hacerse solidario con las ideas expuestas por la autora, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

Para dar este veredicto, el jurado estimó por unanimidad que el trabajo examinado cumplió con los criterios fundamentales de evaluación, presenta coherencia y pertinencia con las



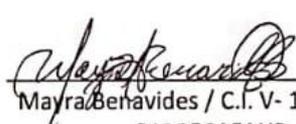
líneas de investigación de Análisis Espacial y Gestión del Territorio. El Trabajo de Grado se inscribe en la Temática de la Gestión del Riesgo y presenta precisión y consistencia teórico-metodológica.

3.- El jurado por unanimidad decidió otorgar la calificación de EXCELENTE al presente trabajo por considerarlo de excepcional calidad, los resultados de esta investigación constituye un aporte metodológico de gran valor que puede constituirse como la base para la gestión del riesgo de desastres en el área de estudio y otras investigaciones, lo que propenderá a prevenir y mitigar las consecuencias de un evento adverso sobre líneas vitales, además de incorporar mejoras en el ordenamiento territorial, disminuir daños y pérdidas, y desarrollar capacidades institucionales y comunitarias en el contexto actual de la adaptación y mitigación al cambio climático.

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los 30 días del mes de Septiembre del año 2021, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinadora del jurado la profesora Niurka Cabrera.


Niurka Cabrera / C.I. V- 5.971.879
IGDR-UCV




Mayra Behavides / C.I. V- 15.713.810
DICGECAFANB




Carlos Padrón / C.I. V 12.569.667
IMGRAD/UNES
Tutor(a)



NC/CP/MB/ 30/09/2021
Huella Dactilar en el recuadro a la derecha de la firma



CONSTANCIA DE ASIGNACIÓN DEL NÚMERO DE DEPÓSITO LEGAL

Yo, **RAMÓN EDUARDO CORTEZ MATEUS**, venezolana, mayor de edad, titular de la cédula de identidad N° 17.115.898, en mi carácter de Director de Programa de Servicios Técnicos Bibliotecarios, Según consta en Providencia Administrativa N° 064-2019 de fecha 17 de septiembre 2019, emanada de la Dirección del Instituto Autónomo Biblioteca Nacional y de Servicios de Bibliotecas en uso de la atribución legal contenida en el Artículo 14° de la Ley de Depósito Legal, en concordancia con los Artículos 31° y 41° del Reglamento de la citada Ley; por medio del presente documento doy constancia que se le ha asignado a el editor / productor: YELITZA ANGULO.

TÍTULO DE LA OBRA / PRODUCTO / PRODUCCIÓN	NÚMERO DE DEPÓSITO LEGAL
EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS. CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAIAS MEDINA ANGARITA - PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO MIRANDA	MI2022000167

Cabe destacar que el (los) número (s) indicado (s) deberá (n) ser impreso (s) conforme a lo establecido en los Artículos 16°, 17°, 18° y 19° del Reglamento de la Ley de Depósito Legal, y deberá consignar ante la División de Depósito Legal los ejemplares de la obra, producto o producción dentro de los treinta (30) días siguientes a su publicación y antes de su circulación, distribución y venta. En consecuencia dentro del lapso antes citado, deberá remitir un escrito indicando la cantidad de ejemplares que consigna con las especificaciones contenidas en los Artículos 15° y 21° del Reglamento de la Ley de Depósito Legal. El incumplimiento de las obligaciones que impone la Ley de Depósito Legal, acarreará la imposición de una multa conforme a lo previsto en el artículo 11° en concordancia con el Artículo 51° del Reglamento de la citada Ley. El número asignado de Depósito Legal es valido para el año en curso tal y como lo contempla el artículo 31 del Reglamento de la Ley de Depósito Legal. En caso de que el número otorgado no sea utilizado, el mismo deberá ser devuelto por medio de notificación a la División de Depósito Legal, tal y como lo contempla el Artículo 34° del citado Reglamento. Constancia que se expide en Caracas, el día Lunes, 2 de Mayo de 2022.

RAMÓN EDUARDO CORTEZ MATEUS



29302



MI2022000167

*A los seres cósmicos,
a los seres especiales que andan escondidos entre nosotros.*

A ti, que ahora estás con ellos,

Osita.

AGRADECIMIENTOS

A este Dios inmenso que vive dentro de mí y a la fuerza de todos mis ancestros. Gracias por permitirme transitar el camino que me ha traído hasta aquí, camino que me ha dejado tantos aprendizajes y lecciones por aprender, camino en el que he podido conocer a tantas personas a quienes hoy quiero agradecer en estas cortas líneas porque viven en cada aporte que realizaron a esta investigación.

Al profesor Carlos Padrón por haber aceptado esta propuesta y orientado esta investigación con tanta paciencia y dedicación. A los profesores Roberto Herrera, Juan Carlos Santander, Alfonzo Olivares, Víctor Hugo Aguilar y Lucía Barboza por brindarme sus orientaciones técnicas durante las fases de campo y gabinete de esta investigación.

Al Lic. Manuel Palacios de Protección Civil Sucre, al Ing. Christopher Castañeda y a la Lic. Cindy León del Instituto Municipal de Aguas de Sucre, al Lic. Carlos Mora de la Dirección de Catastro de la Alcaldía de Sucre, al Ing. Alfonzo Narváez de la Dirección de Obras de la Alcaldía de Sucre, al Ing. Javier Parra de FUNVISIS, al Lic. Jorge Contreras de los Bomberos de Distrito Capital, al Ing. Carlos Berroterán de INAMETH, al Ing. Blas Delascio de la Gerencia Técnica de HIDROCAPITAL, al Lic. Víctor Navarro de la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales y al Ing. Abraham Salcedo de la Estación Cántaros de la UCV. Gracias por todos sus aportes y orientaciones.

A la Universidad Central de Venezuela, la Facultad de Humanidades y Educación, la Comisión de Postgrado y la Coordinación de la Maestría Análisis Espacial y Gestión del Territorio, a todo su personal docente, administrativo y obrero, en particular a los profesores Vidal Sáez, Karenia Córdova y Jesús Lemus.

Y especialmente, a quienes enfrentan día a día las emergencias surgidas en la comunidad y con quienes tuve la oportunidad de compartir algunas de sus preocupaciones y experiencias: los habitantes de la Urbanización Paulo VI y del Urbanismo El Morro. Mi reconocimiento especial a Jesús Moreno del Comando de Actuación Inmediata de Protección Civil ubicado en El Morro y a los señores José Morillo y Douglas Guaina del Consejo Comunal Paulo VI.

Finalmente, a mi querida familia, a quienes siempre robo el tiempo que les pertenece de mi amor, y con especial cariño, a mi amado esposo y a mi adorada hija Cinthia por su colaboración directa en esta investigación.

A todos, muchísimas gracias.



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO**

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS. CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAIAS MEDINA ANGARITA – PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO MIRANDA.

Autora: Esp. Lic. Yelitza Angulo

Tutor: MSc. Ing. Carlos Padrón

Año: 2021

RESUMEN

Desde el año 2007, en el tramo vial Barrio Isaías Medina Angarita – Paulo VI, Petare, Municipio Sucre del estado Miranda, se registraron más de 15 deslizamientos que impidieron la movilidad, el acceso al agua potable y la atención del desastre. Considerando esta problemática, se desarrolló una evaluación del riesgo de desastres por movimientos en masa en las líneas vitales públicas del sector, empleando el método heurístico en la determinación de la susceptibilidad, la estimación de umbrales de lluvia para la identificación de la amenaza y la superposición de mapas temáticos en SIG para el análisis de la vulnerabilidad física de la vialidad y las redes de agua potable, y la evaluación del riesgo de desastres para distintos periodos de retorno. Como resultado destaca que la amenaza para el periodo de retorno de 10 años podría generar movimientos en masa considerables, pero el umbral mínimo necesario para la activación de un evento en el área de estudio corresponde al periodo de retorno de 2 años. En cuanto a la vulnerabilidad física, la vialidad presenta un nivel Medio y las redes de agua potable un nivel Medio y Bajo. Respecto al riesgo, el escenario más crítico corresponde al periodo de retorno de 25 años, ya que concentra el mayor porcentaje de tramos de las líneas vitales evaluadas. Finalmente, se formuló una propuesta enmarcada en la gestión prospectiva del riesgo, constituida por tres ámbitos estratégicos que involucran actores comunitarios e institucionales para la generación de capacidades que impacten en la gestión pública municipal.

Palabras clave: deslizamiento, amenaza, vulnerabilidad, riesgo, desastres.

ÍNDICE GENERAL

	Página
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
Objetivos de la Investigación.....	10
Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos.....	10
Justificación e Importancia de la investigación.....	11
Antecedentes.....	12
Localización del Área de Estudio.....	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	15
Bases Teóricas.....	15
Riesgo de Desastres.....	15
Gestión del Riesgo de Desastres.....	19
La Gestión del Riesgo de Desastres en el Ordenamiento Territorial.....	21
Los Movimientos en Masa.....	23
Caída (<i>Fall</i>).....	25
Deslizamiento (<i>Slide</i>).....	25
Flujo (<i>Flow</i>).....	26
Factores Condicionantes y Desencadenantes de los Movimientos en Masa.....	28
Los Factores Internos o Condicionantes.....	28
Geológicos.....	28
Geomorfológicos.....	29
Cobertura y Uso del Suelo.....	30
Los Factores Externos o Desencadenantes.....	30
Clima.....	30
Sismos.....	31
Factores Antrópicos.....	31
El Análisis Espacial y los SIG para la Estimación del Riesgo de Desastres.....	33
La Planificación Territorial: Una herramienta para la Gestión del Riesgo de Desastres.....	36
Bases Legales.....	38
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	47
Tipo y Diseño de Investigación.....	47
Delimitación del Área de Estudio.....	47
Técnicas e Instrumentos para Recolección de la Información.....	48

Información Cartográfica Base.....	49
Métodos para el Análisis de la Información.....	50
Procesamiento en el SIG.....	51
Variables e Indicadores.....	52
Procedimientos de la Investigación.....	53
1. Identificar la Amenaza por Movimientos en Masa	
Activados por Lluvias.....	53
Análisis de la susceptibilidad por movimientos en	
masa.....	53
Geología.....	54
Geomorfología.....	57
Cobertura y Uso del Suelo.....	61
Susceptibilidad a Movimientos en Masa....	64
Estimación del Umbral de Lluvias.....	71
Zonificación de la Amenaza.....	73
2. Analizar la Vulnerabilidad Física de las Líneas Vitales	
Expuestas a Movimientos en Masa.....	74
Identificación y Localización de los Elementos	
Expuestos.....	74
Caracterización de los Elementos Expuestos.....	75
Análisis de los Daños o Efectos Esperados como	
Resultado de la Exposición de las Líneas Vitales...	79
Zonificación de la Vulnerabilidad.....	82
3. Determinar el Riesgo de Desastres por Movimientos en	
Masa.....	83
4. Proponer Estrategias Enmarcadas en la Gestión Prospectiva	
del Riesgo de Desastres para Generar Capacidades	
Institucionales y Comunitarias.....	86
CAPÍTULO IV. AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	88
Análisis de la Susceptibilidad por movimientos en masa.....	88
Geología Regional.....	88
Esquisto Las Brisas.....	89
Mármol de Zenda.....	90
Geología local.....	91
Unidad de Esquistos Cuarzo Micáceo feldespático	91
Unidad de Esquistos Cuarzo Micáceo grafitoso....	92
Unidad de Mármoles.....	93
Unidad de los Depósitos Aluviales.....	95
Clasificación de Macizo Rocoso.....	96
Macizos con Calidad Muy Buena.....	97
Macizos con Calidad Buena.....	97

Macizos con Calidad Regular.....	97
Macizos con Calidad Mala.....	97
Macizos con Calidad Muy Mala.....	97
Geomorfología.....	100
Geoformas.....	100
Cumbres, Terrazas y Pie de Vertiente.....	104
Falda Cóncava.....	105
Hombro Convexo.....	106
Ladera Rectilínea.....	107
Pendiente.....	109
Sectores con Pendientes Entre 0 y 11 Grados.....	109
Sectores con Pendientes Entre 11 y 21 Grados.....	109
Sectores con Pendientes Entre 21 y 31 Grados.....	110
Sectores con Pendientes Entre 31 y 45 Grados.....	110
Sectores con Pendientes Superiores a los 45 Grados.....	110
Procesos morfodinámicos.....	111
Registro histórico de eventos.....	111
Inventario de procesos.....	113
Cobertura y Uso del Suelo.....	120
Sin Intervención Antrópica con Buena Cobertura Vegetal (Vegetación De Gran Altura, Bosques)....	120
Sin Intervención Antrópica con Cobertura Vegetal Moderada (Vegetación de Poca Altura y Matorrales).....	121
Intervención Ordenada Con Urbanismos Planificados y Vialidad.....	121
Intervención Desordenada con Urbanismos No Planificados (Zonas de Barrio, Construcciones Informales).....	122
Suelos Descubiertos y Explotación de Material Rocoso.....	122
Susceptibilidad por Movimientos en Masa.....	124
Susceptibilidad Baja.....	124
Susceptibilidad Media.....	125
Susceptibilidad Alta.....	125
Susceptibilidad Muy Alta.....	126

Estimación del Umbral de Lluvia.....	126
Información de Lluvias Máximas Históricas y Series Anuales de Precipitaciones Máximas para Diferentes Duraciones.....	126
Determinación del Umbral de Lluvia.....	130
Relación Lluvia – Movimientos en Masa Ocurridos en el Área de Estudio para Validar los Umbrales de Lluvia Obtenidos.....	133
Zonificación de la Amenaza por Movimientos en Masa.....	136
Mapa de Amenaza para el Periodo de Retorno de 2 Años	136
Mapa de Amenaza para el Periodo de Retorno de 5 Años	136
Mapa de Amenaza para el Periodo de Retorno de 10 Años.....	137
Mapa de Amenaza para el Periodo de Retorno de 25 Años.....	137
Validación del Mapa de Amenaza.....	138
CAPÍTULO V. VULNERABILIDAD FÍSICA DE LAS LÍNEAS VITALES PÚBLICAS.....	139
Exposición de la Población por la Ocurrencia de Movimientos en Masa.....	139
Red de Agua Potable.....	141
Características de los Componentes de la Infraestructura de la Red.....	142
Matriz de Vulnerabilidad Física de la Red de Agua Potable.....	147
Nivel de Exposición a las Amenazas Debido a su Ubicación.....	151
Matriz de Exposición de la Red de Agua Potable.....	153
Vialidad.....	157
Características de los Componentes de la Infraestructura Vial.....	158
Matriz de Vulnerabilidad Física de la Vialidad.....	165
Nivel de Exposición a las Amenazas Debido a su Ubicación.....	167
Matriz de Exposición para la Vialidad.....	168
CAPÍTULO VI. RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS.....	170
Riesgo por Movimientos en Masa en Redes de Agua Potable.....	170
Cálculo de Costos y Riesgo.....	175
Efectos Esperados como Resultado de Escenarios de Riesgo para las Redes de Agua Potable.....	178

Riesgo por Movimientos en Masa en Vialidad.....	181
Cálculo de Costos y Riesgo.....	184
Efectos Esperados Como Resultado de Escenarios de Riesgo para la Vialidad.....	186
CAPÍTULO VII. GESTIÓN PROSPECTIVA DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS.....	190
Ámbito Estratégico Normativo.....	195
Ámbito de Investigación, Evaluación e Información.....	202
Ámbito de Educación, Sensibilización y Capacitación.....	207
CONCLUSIONES.....	214
REFERENCIAS.....	220
APÉNDICES.....	232
Apéndice A. Ficha para el Registro Histórico de Eventos.....	232
Apéndice B. Ficha de Verificación en Campo.....	233
Apéndice C. Ficha para Inventario de Procesos.....	234
Apéndice D. Formato de Campo para la Identificación y Caracterización de la Red de Agua Potable y Vialidad.....	235
Apéndice E. Progresivas Establecidas para el Análisis de la Vialidad.....	236
Apéndice F. Progresivas Establecidas para el Análisis de las Redes de Agua Potable.....	237
Apéndice G. Observaciones Geológicas Realizadas en el Área de Estudio.....	238
Apéndice H. Observaciones Geológicas de Campo.....	249
Apéndice I. Observaciones Geológicas Estudio OTIVL (2013).....	250
Apéndice J. Registro Histórico de Eventos.....	252
Apéndice K. Inventario de Procesos en Campo.....	264
Apéndice L. Registro de Eventos Estudio OTIVL (2013).....	272
Apéndice M. Registro Fotográfico.....	274
Apéndice N. Cartografía Temática.....	278
Mapa 1. Ubicación geográfica.	
Mapa 2. Geología regional.	
Mapa 3. Unidades litológicas.	
Mapa 4. Geotecnia GSI (Geological Strength Index).	
Mapa 5. Mapa 5. Geoformas.	
Mapa 6. Pendientes.	
Mapa 7. Procesos morfodinámicos.	
Mapa 8. Cobertura y uso del suelo.	

Mapa 9. Susceptibilidad por movimientos en masa.

Mapa 10. Amenaza por movimientos en masa (periodo de retorno 2 años).

Mapa 11. Amenaza por movimientos en masa (periodo de retorno 5 años).

Mapa 12. Amenaza por movimientos en masa (periodo de retorno 10 años).

Mapa 13. Amenaza por movimientos en masa (periodo de retorno 25 años).

Mapa 14. Validación mapa de amenaza por movimientos en masa (periodo de retorno 2 años).

Mapa 15. Vulnerabilidad física de redes de agua potable.

Mapa 16. Exposición a movimientos en masa de redes de agua potable.

Mapa 17. Vulnerabilidad física de la vialidad.

Mapa 18. Exposición a movimientos en masa de la vialidad.

Mapa 19. Riesgo por movimientos en masa (red de agua potable para periodo de retorno 2 años).

Mapa 20. Riesgo por movimientos en masa (red de agua potable para periodo de retorno 5 años).

Mapa 21. Riesgo por movimientos en masa (red de agua potable para periodo de retorno 10 años).

Mapa 22. Riesgo por movimientos en masa (red de agua potable para periodo de retorno 25 años).

Mapa 23. Riesgo por movimientos en masa (en vialidad para periodo de retorno 2 años).

Mapa 24. Riesgo por movimientos en masa (en vialidad para periodo de retorno 5 años).

Mapa 25. Riesgo por movimientos en masa (en vialidad para periodo de retorno 10 años).

Mapa 26. Riesgo por movimientos en masa (en vialidad para periodo de retorno 25 años).

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Clasificación de los movimientos en masa.....	25
Tabla 2. Síntesis de los diversos tipos de mapas y su aplicación para la gestión de riesgo de desastres a escala local.....	35
Tabla 3. Variables e indicadores.....	52
Tabla 4. Variables de los factores condicionantes a movimientos en masa	54
Tabla 5. Unidades litológicas del área de estudio.....	55
Tabla 6. Clasificación del macizo rocoso GSI.....	57
Tabla 7. Clasificación de formas de terreno.....	58
Tabla 8. Relaciones entre la faceta de vertiente, el perfil topográfico y la morfodinámica dominante.....	59
Tabla 9. Rangos de pendiente.....	60
Tabla 10. Unidades de cobertura del factor cobertura y uso del suelo.....	64
Tabla 11. Variables de susceptibilidad y ponderaciones según estudios previos para la evaluación de movimientos en masa.....	66
Tabla 12. Matriz de susceptibilidad por movimientos en masa.....	68
Tabla 13. Niveles de susceptibilidad por movimientos en masa.....	70
Tabla 14. Estaciones pluviométricas cercanas al área de estudio.....	72
Tabla 15. Elemento, variable y categoría para la caracterización de líneas vitales expuestas.....	75
Tabla 16. Niveles de vulnerabilidad física de la vialidad.....	77
Tabla 17. Niveles de vulnerabilidad física de las redes de agua potable...	78
Tabla 18. Zonas o escenarios de exposición.....	80
Tabla 19. Variables y categorías para el análisis de exposición de las líneas vitales.....	81
Tabla 20. Niveles de exposición de las líneas vitales.....	82
Tabla 21. Niveles riesgo en líneas vitales.....	84
Tabla 22. Costo aproximado de daño en líneas vitales y medidas de intervención.....	85
Tabla 23. Intervenciones y categorías del riesgo.....	87
Tabla 24. Atributos y valor de peso para la variable unidades litológicas.	96
Tabla 25. Atributos y valor de peso para la variable Geotecnia: GSI.....	100
Tabla 26. Atributos y valor de peso para la variable Geformas.....	109
Tabla 27. Atributos y valor de peso para la variable pendiente.....	111
Tabla 28. Atributos y valor de peso para la variable cobertura y uso del suelo.....	124
Tabla 29. Datos mensuales de precipitación máxima en 24 hrs. (mm).....	127
Tabla 30. Intensidad de la lluvia según periodo de retorno.....	131
Tabla 31. Precipitaciones diarias máximas probables para 4 periodos de retorno.....	132
Tabla 32. Umbrales de lluvia mínimo para los distintos periodos de retornos.....	132
Tabla 33. Eventos de movimientos en masa ocurridos en el área de estudio seleccionados para la validación de los umbrales de precipitación obtenidos.....	134
Tabla 34. Resumen de la distribución porcentual en Ha de los niveles de	

amenaza por movimientos en masa activados por lluvias en función de los periodos de retorno.....	138
Tabla 35. Matriz de vulnerabilidad física de la red de agua potable Alimentador Este.....	148
Tabla 36. Matriz de vulnerabilidad física de la red de agua potable Alimentador Sur Filas de Mariches.....	149
Tabla 37. Zonas o niveles de exposición para el Alimentador Este.....	151
Tabla 38. Zonas o niveles de exposición para el Alimentador Sur Filas de Mariches.....	152
Tabla 39. Matriz de exposición de la red de agua potable: Alimentador Este.....	154
Tabla 40. Matriz de exposición de la red de agua potable: Alimentador Sur Filas de Mariches.....	155
Tabla 41. Procesos geomorfológicos presentes y daños asociados en la vialidad.....	163
Tabla 42. Matriz de vulnerabilidad física para la vialidad.....	166
Tabla 43. Zonas o niveles de exposición para la vialidad.....	167
Tabla 44. Matriz de exposición de la vialidad.....	169
Tabla 45. Niveles de riesgo por movimientos en masa para distintos periodos de retorno en tramos del Alimentador Este.....	171
Tabla 46. Distribución porcentual de los tramos del Alimentador Este bajo riesgo por movimientos en masa activados por lluvias para diferentes periodos de retorno.....	172
Tabla 47. Niveles de riesgo por movimientos en masa para distintos periodos de retorno en tramos del Alimentador Sur Filas de Mariches.....	173
Tabla 48. Distribución porcentual de los tramos del Alimentador Sur Filas de Mariches bajo riesgo por movimientos en masa activados por lluvias para diferentes periodos de retorno.....	175
Tabla 49. Evaluación de riesgo para el Alimentador Este.....	176
Tabla 50. Evaluación de riesgo para el Alimentador Sur Filas de Mariches.....	176
Tabla 51. Emergencias surgidas en el Alimentador Sur Filas de Mariches asociados a la inestabilidad de la ladera en el área de estudio.....	179
Tabla 52. Niveles de riesgo por movimientos en masa para distintos periodos de retorno en tramos la vialidad.....	182
Tabla 53. Distribución porcentual de los tramos de vialidad bajo riesgo por movimientos en masa activados por lluvias para diferentes periodos de retorno.....	183
Tabla 54. Evaluación de riesgo para la vialidad.....	185
Tabla 55. Plan de acción del ámbito estratégico normativo.....	198
Tabla 56. Plan de acción del ámbito estratégico de investigación, evaluación e información.....	204
Tabla 57. Plan de acción del ámbito estratégico educación, sensibilización y capacitación.....	209

ÍNDICE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización del área de estudio tramo vial Barrio Isaías Medina Angarita (BIMA) – Paulo VI, Petare, municipio Sucre del estado Miranda.....	14
Figura 2. Esquemas de los movimientos en masa: caída, deslizamientos y flujos.....	27
Figura 3. Clasificación GSI del macizo rocoso.....	56
Figura 4. Relación entre los atributos topográficos y los niveles categóricos del sistema de clasificación de las geoformas.....	58
Figura 5. Zonas de exposición de los elementos ante un deslizamiento....	79
Figura 6. Afloramiento de esquistos cuarzo micáceo feldespático.....	91
Figura 7. Esquisto cuarzo micáceo feldespático meteorizado.....	92
Figura 8. Esquisto cuarzo micáceo (muscovita y/o clorita) grafitoso color grisáceo.....	93
Figura 9. Afloramiento de Mármol de Zenda.....	94
Figura 10. Mármol gris con vetas de calcita.....	95
Figura 11. Afloramiento de esquisto cuarzo micáceo feldespático.....	98
Figura 12. Afloramiento de esquisto cuarzo micáceo feldespático de calidad mala.....	98
Figura 13. Afloramiento de mármol calidad regular y buena.....	99
Figura 14. Afloramiento de esquisto cuarzo micáceo feldespático con calidad buena y muy buena.....	99
Figura 15. Mapa de topografía original del Cerro El Morro (1957).....	102
Figura 16. Mapa de topografía modificada del Cerro El Morro (1984).....	102
Figura 17. Imagen del área de estudio para el año 2005.....	103
Figura 18. Movimientos de tierra para la construcción del Urbanismo El Morro, año 2007.....	103
Figura 19. El área de estudio ya urbanizada para el año 2010.....	104
Figura 20. Terrazas de origen antrópico para la construcción de edificios.....	105
Figura 21. Pie de vertiente que bordea el cauce del Rio Guaire.....	105
Figura 22. Falda cóncava.....	106
Figura 23. Hombro convexo.....	107
Figura 24. Forma de terreno rectilínea en antigua cantera.....	108
Figura 25. Evidencia de coronas de deslizamientos a lo largo de la vialidad.....	115
Figura 26. Evidencia de coronas de deslizamiento en zona de antiguas canteras.....	115
Figura 27. Bloque de mármol caído de grandes dimensiones en zona de antigua cantera.....	117
Figura 28. Bloque de mármol caído colocado a un costado de la vialidad.....	117
Figura 29. Material depositado producto de un flujo de detritos que alcanzó el Rio Guaire.....	119
Figura 30. Evidencia de corona y canal de drenaje de un flujo de detritos.....	119

Foto 31. Cobertura vegetal moderada y zonas de urbanismos planificados y no planificados.....	123
Figura 32. Zonas con buena cobertura vegetal y áreas de antiguas canteras.....	123
Figura 33. Distribución de la precipitación promedio para la ciudad de Caracas.....	129
Figura 34. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de la Estación Cántaros UCV.....	130
Figura 35. Comunidades presentes en el área de estudio.....	140
Figura 36. Tubería matriz de 12 pulgadas del Alimentador Este, progresiva 0 + 500.....	143
Figura 37. Tubería matriz de 30 pulgadas del Alimentador Sur Filas de Mariches, progresiva 2 + 100.....	143
Figura 38. Tramo de la tubería del Alimentador Sur Filas de Mariches afectado por un macro-deslizamiento en la progresiva 1 + 200.....	145
Figura 39. Tanquilla de distribución de agua potable del Alimentador Sur Filas de Mariches ubicado en el sector El Morro en la progresiva 3 + 500.....	146
Figura 40. Rotura de tubería del Alimentador Sur Filas de Mariches como consecuencia de un macro-deslizamiento en la progresiva 1 + 000.....	146
Figura 41. Grietas y fisuras en la capa asfáltica en la progresiva 2 +100...	159
Figura 42. Levantamiento de la capa asfáltica en la progresiva 1 + 000....	159
Figura 43. Asentamiento de la plataforma, falla de borde en la progresiva 1 + 000.....	160
Figura 44. Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación en la progresiva 1 + 700.....	160
Figura 45. Presencia de sedimentos sobre la vialidad que inhabilitan dos canales de la misma y obstrucción de las cunetas de drenaje en la progresiva 1 + 900.....	161
Figura 46. Afectación de la red de aguas servidas a nivel de la vialidad. Sustitución de la capa asfáltica por losas de concreto en la progresiva 2 + 000.....	161
Figura 47. Grietas y fisuras en la capa asfáltica, progresiva 0 + 200.....	162

INTRODUCCIÓN

Los movimientos en masa se caracterizan por su gran capacidad de generar pérdidas humanas y económicas, las cuales se presentan cada año en distintos países de mundo. Sin embargo, el nivel de impacto varía a escala local de acuerdo a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de intervención antrópica, así como las condiciones de vulnerabilidad física y socio-económica de la sociedad. Datos presentados por Aristizábal et al. (2010), señalan que el continente asiático es el más afectado por movimientos en masa con el mayor número de víctimas mortales por año, donde Nepal resalta con 186 víctimas, seguido por Japón y China con 170 y 140-150 víctimas respectivamente. En Latinoamérica, Brasil ocupa el primer lugar con un promedio de 88 personas muertas por año (p.210).

Según el mismo autor, Japón es la nación más afectada por movimientos en masa en términos económicos, con un estimado de pérdidas de 4 mil millones de dólares anuales, seguido por Italia, Estados Unidos e India con pérdidas que varían entre 1 y 2 millones de dólares al año (p.210). Aunque los movimientos en masa representan modificaciones naturales del terreno, en las últimas décadas, su ocurrencia y afectación, ha estado ligada al crecimiento de la población mundial y la expansión urbana sobre laderas susceptibles a este tipo de procesos.

En Venezuela, de acuerdo con los registros del Sistema de Inventario de Efectos de Desastres (DESINVENTAR), para el período comprendido entre 2005 y 2015, se registraron 710 movimientos en masa. El patrón de ocupación urbana del territorio que se expresa en la presencia de asentamientos humanos en áreas de alta vulnerabilidad física y riesgo, ha potenciado la ocurrencia de este tipo de eventos. Un ejemplo de este tipo de ocupación, lo constituye el tramo vial Barrio Isaías Medina Angarita (BIMA) – Paulo VI de Petare, Municipio Sucre del estado Miranda, el cual ha sido escenario de múltiples eventos de movimientos en masa que se han activado como consecuencia de las precipitaciones.

Estos eventos han generado numerosas afectaciones en la red de agua potable que surte los sectores de Petare Sur y en la única vía de acceso que comunica la Urbanización Paulo VI y el Urbanismo El Morro con el sector de

Petare. Según diversos informes de instituciones como FUNVISIS, Protección Civil Sucre y la Oficina Técnica de Ingeniería OTIVL, así como la información reportada por distintos medios de comunicación, en los últimos años, se han registrado más 15 deslizamientos en este tramo vial de 2 kilómetros de longitud, los cuales han interrumpido el acceso al agua potable a la población, así como la movilidad y atención de desastres durante la ocurrencia de los mismos.

En este contexto, el municipio y las instituciones con competencia en la materia han tenido que invertir cuantiosos recursos varias veces al año, en las actividades de rehabilitación y reubicación de las redes de agua potable, así como en maquinarias y personal para la remoción de toneladas de material depositado sobre la vialidad producto de los movimientos en masa.

Esta situación exige la incorporación de nuevas herramientas para la gestión del riesgo de desastres por movimientos en masa activados por lluvias, a fin de reducir la afectación producida por estos fenómenos en las líneas vitales públicas del sector dada la vital importancia de las vías de comunicación y las redes de agua potable en el adecuado funcionamiento de la población.

En tal sentido, el presente trabajo desarrolla una evaluación del riesgo de desastres por movimientos en masa en líneas vitales públicas del tramo vial Barrio Isaías Medina Angarita (BIMA) – Paulo VI de Petare, Municipio Sucre del estado Miranda, a partir de la identificación de la amenaza por movimientos en masa activados por lluvias, el análisis de la vulnerabilidad física de la vialidad y las redes de agua potable y la evaluación del riesgo de desastres para distintos períodos de retorno, a fin de proponer estrategias enmarcadas en la gestión prospectiva del riesgo de desastres.

Dentro de este contexto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: el Capítulo I desarrolla el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la justificación y localización del área de estudio. En el Capítulo II, se presenta el marco teórico de la investigación donde se desarrolla la revisión de la bibliografía y los aspectos legales que dan soporte a la misma. El Capítulo III, aborda el marco metodológico que desarrolla el tipo y diseño de la investigación,

las técnicas e instrumentos empleados, las variables e indicadores, los métodos para la recopilación y análisis de la información y las fases de la investigación.

Los siguientes capítulos desarrollan los resultados derivados de la investigación: en el Capítulo IV se presenta la identificación de la amenaza por movimientos en masa activados por lluvias; en el Capítulo V se realiza el análisis de la vulnerabilidad física de la vialidad y las redes de agua potable; en el Capítulo VI se presenta la evaluación del riesgo de desastres por movimientos en masa en la vialidad y las redes de agua potable; y por último, el Capítulo VII desarrolla la propuesta de estrategias enmarcadas en la gestión prospectiva del riesgo de desastres para la generación de capacidades institucionales y comunitarias.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El aumento de la población mundial y de los procesos de urbanización, sumado al nuevo escenario ambiental que se está gestando a raíz del cambio climático, han contribuido a complejizar aún más los eventos que pueden ser catalogados como desastres. Estos procesos frenan el desarrollo sostenible de las comunidades, destruyendo con frecuencia, décadas de inversiones en infraestructura y agudizando las desigualdades sociales y económicas.

Delgadillo et al. (2016) sostiene que la mayor parte de los desastres producidos por las fuerzas de la naturaleza son atmosféricos en su origen. Cerca del 90 % de las muertes debidas a estos desastres se producen en los países en vías de desarrollo, en gran parte, como producto de eventos relacionados con factores meteorológicos, climáticos e hidrológicos. Las consecuencias a escala global, en términos de pérdidas de vidas humanas y damnificados, son graves y los impactos económicos pueden alcanzar magnitudes considerables (p. 157).

Asimismo el Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014a), sostiene que en las zonas urbanas, las proyecciones indican que el cambio climático hará que aumenten los riesgos para las personas, los recursos, las economías y los ecosistemas, incluidos los riesgos derivados del estrés térmico, las tormentas y precipitaciones extremas, las inundaciones continentales y costeras, los deslizamientos de tierra, entre otras. Estos riesgos se agravan para las personas que carecen de infraestructuras y servicios esenciales o viven en zonas expuestas (p. 16).

Según Montero (2017) las fuertes y prolongadas precipitaciones que se desatan durante los periodos lluviosos, actúan como mecanismos desencadenantes

de movimientos en masa que afectan a muchas poblaciones, al igual que a la infraestructura vial y otros proyectos lineales o extensos (p. 17).

Los movimientos en masa son todos aquellos movimientos ladera abajo de masas de roca, detritos o tierras por efecto de la gravedad, en los que interactúan una serie de factores como la geología, geomorfología, cobertura de la tierra, el clima y la acción del ser humano (p. 13). De allí, que el IPCC (2014b) denomina este tipo de riesgos como “sistémicos”, es decir, aquellos derivados de episodios meteorológicos extremos que provocan el colapso de redes de infraestructuras y servicios esenciales como la electricidad, el suministro de agua y servicios de salud y emergencia (p.13).

En consecuencia, estas pérdidas se presentan a lo largo de líneas vitales públicas, especialmente en vías y sistemas de agua potable. Una interrupción prolongada de las líneas vitales para una ciudad o una región urbanizada, inevitablemente traería pérdidas económicas, afectación de la salud pública y eventualmente, la migración de población.

Al respecto, Sánchez y Urego (2011) advierten que la infraestructura vial, como medio de comunicación de personas, bienes y servicios entre las diferentes regiones de un país, está siendo cada vez más expuesta a procesos de remoción en masa ocasionados por lluvias (p. 12). Por su parte, Mendoza y Aristizábal (2017) destacan que el acceso al servicio de agua potable es una necesidad básica y fundamental para el ser humano que también se está viendo interrumpida por este tipo de eventos (p. 175).

De acuerdo con Arteaga y Ordoñez (2019), los desastres generados por la ocurrencia de movimientos en masa, han devastado cada vez más la efectividad en el desarrollo de los países de Latinoamérica y el Caribe. La pérdida económica directa debido a desastres en la región, se ha multiplicado por doce entre los periodos de 1970-1979 a 2000-2009. Se observa que el ritmo de los crecientes daños y pérdidas en la región, es mucho mayor que el promedio mundial y se debe principalmente a la vulnerabilidad física de la infraestructura (p. 8).

Entre los eventos históricos asociados a movimientos en masa ocurridos en el siglo XX, destacan los siguientes: 9 de octubre de 1963 en Belluno, Italia: 3700 muertos por flujo de tierras; el 18 de julio de 1964 en Nigata, Japón: 108 muertos y 50 mil damnificados; 19 de marzo de 1971 en Chugar, Perú: 600 muertos por deslizamiento de rocas, y en el presente siglo, el caso más impactante a nivel mundial fue el deslizamiento de laderas ocurrido en Afganistán el 2 de mayo de 2014, con más de 2500 personas muertas o desaparecidos y 1000 casas sepultadas bajo toneladas de lodo a 30 m de profundidad. (Beas et al., 2014, p. 9).

En Venezuela, según el Informe del Viceministerio para la Gestión de Riesgo y Protección Civil (VGRPC, 2014) los efectos generados por movimientos en masa han sido los más devastadores en términos de pérdidas humanas y en recuperación para la total normalidad de las actividades.

Entre los eventos de gran magnitud y pérdidas destacan: la tragedia de El Limón ocurrida el 6 de septiembre de 1987 en el estado Aragua con 300 afectados, 96 fallecidos y 800 dólares americanos en daños; la tragedia de Vargas el 15 de diciembre de 1999 en el estado Vargas (actual estado La Guaira) con 538.669 afectados, 758 fallecidos y daños por 3.160.000 millones de bolívares; y Santa Cruz de Mora en el estado Mérida el 7 de febrero de 2005 con 5000 afectados y 76 fallecidos (pp. 36–38).

El mismo informe sostiene que las zonas que presentan mayor frecuencia a la incidencia de movimientos en masa, son las Cordilleras de la Costa y Los Andes, específicamente en los estados Miranda, Distrito Capital, Vargas, Táchira y Mérida donde se han reportado 1.460 eventos. En Caracas, específicamente, el 81% de los deslizamientos está asociado a la época de lluvia (p. 39).

Para Martínez (2013) la lluvia es el principal detonante de estos procesos, de modo que la ocupación incontrolada de cauces naturales, suelos intervenidos y mal drenados, aunados a la inestabilidad geotécnica que puede potenciarse por las infiltraciones las redes de agua y cloacas existentes, se conjugan para incrementar la vulnerabilidad (p.10). En este contexto, el VGRPC (2014) evaluó la ubicación de líneas vitales a lo largo del territorio, como la red de carreteras troncales

nacionales de 7417 km de longitud, y determinó que se encuentran expuestas a amenazas por sismicidad, movimientos en masa e inundaciones (pp. 49–50).

De acuerdo a lo anterior, el estado Miranda presenta una incidencia importante a movimientos en masa. Este estado se constituye por un conjunto de centros poblados muy importantes por su cercanía a la ciudad de Caracas, lo que le ha proporcionado un acelerado desarrollo urbanístico planificado o no con sus servicios asociados.

En tal sentido, el municipio Sucre ha experimentado un proceso de crecimiento en las laderas circundantes al valle de Caracas desde mediados de los años 40, debido a la transformación de la dinámica urbana como consecuencia del incremento poblacional vinculado al nuevo modelo de la economía venezolana, el petróleo y las intensas migraciones asociadas (FUNVISIS, 2009, p. 86).

De modo que, el Plan de Ordenación del Territorio del Estado Bolivariano de Miranda (2014) destaca que en el municipio Sucre se conjugan condiciones de altas pendientes aunado a una litología inestable con poca cobertura vegetal, debido a la intervención antrópica y precipitaciones intensas en los meses de lluvia que hacen de esta zona una de las más propensas a movimientos en masa (p. 81).

En consecuencia, estos eventos se presentan en zonas muy específicas y por lo general, con una pequeña escala de influencia, ocasionan obstrucción, congestión en los servicios y pérdidas materiales en uno de los municipios con mayor densidad vial y el sistema de distribución de agua potable del Instituto Municipal de Aguas de Sucre (IMAS), el cual surte a una población de 147.254 personas según datos del año 2011. (Gobernación del Estado Bolivariano de Miranda, 2014, p. 146).

Bajo esta condición se ubica el tramo vial Barrio Isaías Medina Angarita (BIMA) – Paulo VI, en el cual destacan zonas sin intervención antrópica provistas de cobertura vegetal y con procesos de escorrentía natural, zonas de intervención ordenada constituidas por urbanismos planificados como la Urbanización Paulo VI, Urbanismo El Morro de la Gran Misión Vivienda Venezuela, antiguas

canteras pertenecientes a la Corporación Venezolana de Cemento “La Lechuza” y la “Planta Este” de El Llanito, y zonas de intervención desordenada como los Barrios Isaías Medina Angarita y Canteras, así como áreas de ocupación informal.

En estas zonas, las características físico-naturales y las formas de intervención antrópica, constituyen una importante predisposición de las laderas a originar movimientos en masa producto de la combinación de una serie de factores condicionantes y desencadenantes, donde las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno constituyen los factores condicionantes, mientras que los sismos, las lluvias y el factor antrópico, constituyen los factores desencadenantes.

En la actualidad, se hacen evidentes los cambios topográficos realizados en el área de estudio cuando se comparan con su relieve original. Cambios en la forma de las curvas de nivel, indican que el terreno ha sufrido modificaciones topográficas importantes para la construcción de infraestructura y servicios. Dada esta condición, las líneas vitales públicas, como las redes de agua potable y la principal vía de acceso a la Urbanización Paulo VI y el Urbanismo El Morro desde El Llanito de Petare, se han visto afectadas por movimientos en masa que han afectado su infraestructura y funcionamiento, e impactado la normal provisión de estos servicios, generalmente en épocas de lluvias.

En el año 2017, la vía de acceso a la Urbanización Paulo VI, quedó completamente obstruida producto de un deslizamiento activado por las lluvias (Notitotal, 2017). En el año 2018, sectores como la Urbanización Paulo VI, la Urbanización El Morro y Barrio El Morro, permanecieron sin el servicio de agua potable por más de 15 días, debido a un deslizamiento que ocasionó la ruptura de una tubería de 24 pulgadas, lo que afectó a 300 familias y dejó incomunicado al sector (Brito, 2018).

En este contexto, surge el problema de la vulnerabilidad física de las líneas vitales públicas expuestas a movimientos en masa en el tramo BIMA – Paulo VI en Petare. Dicho problema ha generado la afectación de la infraestructura de servicios como la vialidad y las redes de agua potable que abastecen a las zonas urbanizadas aledañas, afectando el normal desenvolvimiento de la población.

Desde entonces, los daños producidos en estas infraestructuras tienen un impacto transversal en la dinámica de las comunidades y en áreas críticas como la salud pública, la productividad y desarrollo, la calidad de vida y el ambiente tal como ha ocurrido en el tramo vial BIMA – Paulo VI.

La información existente indica que el grado de exposición de las personas y los bienes ha aumentado con más rapidez de lo que ha disminuido la vulnerabilidad, lo que ha generado nuevos riesgos y un incremento constante de las pérdidas relacionadas con los desastres. Un considerable impacto en los ámbitos económico, social, sanitario, cultural y ambiental a corto, medio y largo plazo, en especial a nivel local y comunitario, ha sido recurrente con una lenta evolución, lo que ha incidido particularmente en las comunidades, las familias y las pequeñas y medianas empresas, constituyendo un alto porcentaje de todas las pérdidas. (Naciones Unidas, 2015, p. 15).

Ante este escenario de daños y pérdidas, se hace necesario desarrollar estudios a escala local que permitan dar respuesta a situaciones que requieren la participación, no solo de las autoridades municipales, sino de las comunidades organizadas en la gestión del riesgo de desastres. Según el IPCC (2012):

No se dispone de datos sobre desastres ni sobre reducción de los riesgos de desastres a escala local, lo que puede limitar las mejoras en la reducción de la vulnerabilidad local. Existen pocos ejemplos de sistemas nacionales de gestión de riesgos de desastres y medidas conexas de gestión de riesgos que integren explícitamente los conocimientos y las incertidumbres en relación con los cambios proyectados en la exposición, la vulnerabilidad y los fenómenos climáticos extremos. (p. 9)

De allí, que la predicción espacial sobre la ocurrencia de movimientos en masa cobra especial importancia en la planificación territorial. En consecuencia, se plantea la siguiente pregunta de investigación: Si no se incorpora la variable riesgo de desastres en la planificación territorial a escala local, mediante su

estudio y evaluación, ¿continuará incrementándose la vulnerabilidad física en las líneas vitales públicas expuestas a movimientos en masa en el tramo vial BIMA – Paulo VI de Petare, así como las posibles afectaciones económicas y sociales?

En tal sentido, se considera que desarrollar estudios para conocer este tipo de amenaza y la vulnerabilidad física de las líneas vitales expuestas, introduciría un cambio positivo ante esta situación, al orientar el desarrollo de capacidades que permitan gestionar el riesgo de desastres en el área de estudio. La generación de mapas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, como un insumo para la toma de decisiones, podría contribuir a garantizar el normal funcionamiento del servicio de agua potable y la movilidad, la respuesta ante una emergencia y la rehabilitación.

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Evaluar el riesgo de desastres por movimientos en masa en líneas vitales públicas del tramo Barrio Isaías Medina Angarita (BIMA) – Paulo VI, Petare, municipio Sucre del estado Miranda para contribuir en políticas de gestión urbana municipal.

Objetivos Específicos

1. Identificar la amenaza por movimientos en masa activados por lluvias en el tramo BIMA – Paulo VI, Petare, municipio Sucre del estado Miranda.
2. Analizar la vulnerabilidad física de las líneas vitales (vialidad y redes de agua potable) expuestas a movimientos en masa en el tramo BIMA – Paulo VI, Petare, municipio Sucre del estado Miranda.
3. Determinar el riesgo de desastres por movimientos en masa activados por lluvias en el tramo BIMA – Paulo VI, Petare, municipio Sucre del estado Miranda.
4. Proponer estrategias enmarcadas en la gestión prospectiva del riesgo de desastres para generar capacidades institucionales y comunitarias que contribuyan a la gestión urbana municipal.

Justificación e Importancia de la Investigación

El área de estudio posee una serie de restricciones para su futuro desarrollo producto de la ocurrencia de movimientos en masa que pueden afectar las líneas vitales públicas expuestas ante estos eventos. Por ello se hace imprescindible desarrollar estudios que permitan evaluar la amenaza por movimientos en masa activados por lluvias, la vulnerabilidad física de las líneas vitales expuestas y el riesgo de desastres a fin de proponer estrategias prospectivas que impacten de manera positiva en la gestión municipal.

En este sentido, la presente investigación permite vincular la prioridad 1 del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015 – 2030, relativa a *Comprender el riesgo de desastres*. Esta prioridad destaca que “las políticas y prácticas para la gestión del riesgo de desastres deben basarse en una comprensión del riesgo de desastres en todas sus dimensiones de vulnerabilidad, capacidad, grado de exposición de personas y bienes, características de las amenazas y entorno”. En este caso, se trata de llevar esta prioridad a la acción mediante la generación de información sobre la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres ante movimientos en masa en el área de estudio.

Igualmente, permite cumplir con la Meta mundial D de este Marco relativa a “reducir considerablemente los daños causados por los desastres en las infraestructuras vitales y la interrupción de los servicios básicos”. De allí, que el conocimiento generado puede ser útil para los encargados de adoptar decisiones, el público en general y las comunidades con riesgo de exposición a los desastres.

Asimismo, esta investigación contribuye a garantizar lo establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (2009) referente a la protección de las personas por parte del Estado “frente a situaciones que constituyan amenaza, vulnerabilidad o riesgo para la integridad física de las personas, sus propiedades, el disfrute de sus derechos y el cumplimiento de sus deberes”.

De la misma manera, la Ley de Gestión Integral de Riesgo Socionaturales y Tecnológicos (2009), destaca en su artículo 25 que la generación de escenarios

de riesgos de índole siconatural o tecnológico permitirán emprender “de manera expedita acciones a través de planes especiales para caracterizar y disminuir los niveles de vulnerabilidad en los escenarios de riesgos construidos en los distintos ámbitos territoriales, detectados en los diagnósticos”.

Por lo tanto, la investigación puede constituir la base para la gestión del riesgo de desastres en el área de estudio, lo que propenderá a prevenir y mitigar las consecuencias de un evento adverso sobre líneas vitales, además de incorporar mejoras en el ordenamiento territorial, disminuir daños y pérdidas, y desarrollar capacidades institucionales y comunitarias en el contexto actual de la adaptación y mitigación al cambio climático.

Antecedentes

Rodríguez (2007) realizó un informe denominado “Inspección Ocular al Edificio Teresa y alrededores, Final Urbanización El Llanito, Vía El Encantado, Sector Guaire Abajo, Parroquia Petare, Municipio Sucre” como parte de las inspecciones técnicas que realiza FUNVISIS a solicitud de las comunidades organizadas. Allí se describen las observaciones hechas en las instalaciones del edificio Teresa, Urbanización Paulo VI, a fin de determinar las características físico-naturales del entorno para determinar la existencia de posibles fenómenos de remoción en masa y el probable compromiso de la estructura allí construida.

En esta misma línea, Páez y Tagliaferro (2011) realizaron el informe denominado “Evaluación preliminar geológica y de las estructuras de Paulo VI, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda”, a fin de evaluar los daños y deterioros que han sufrido las viviendas del sector y establecer las posibles causas de las afectaciones de las mismas. Adicionalmente se realizó una revisión cualitativa de las condiciones de los taludes de corte y las terrazas ubicadas en la parte interna de la urbanización para intentar identificar la vulnerabilidad potencial que puedan presentar las estructuras asociadas a los casos de inestabilidad presentes en algunos taludes.

Asimismo, Oropeza et al., (2012) realizó el informe “Inspección ocular a la Urbanización Paulo VI municipio Sucre, Petare, estado Miranda. Informe

técnico” cuyo objetivo fue identificar el origen de las grietas y asentamientos en la vialidad y en el Polideportivo de la urbanización, que evidencian inestabilidad en la ladera para establecer recomendaciones a corto y largo plazo que permitan la estabilización de la ladera. Igualmente, se realizó una observación cualitativa de las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno donde se asienta esta comunidad.

Posteriormente, la Oficina Técnica de Ingeniería Víctor León OTIVL (2013), realizó el estudio técnico “Microzonificación de Riesgos Geológicos asociados a patologías geotécnicas de suelos y laderas en el Desarrollo habitacional El Morro de Petare, Caracas, Estado Miranda. Parte I: Terrazas 10, 11 y 12”. Este informe contiene los resultados obtenidos de una evaluación geológica–geomorfológica realizada en las terrazas 10, 11 y 12 del Desarrollo Habitacional El Morro de Petare, a fin de identificar las zonas de inestabilidad de suelos y laderas relacionados a movimientos en masa, asentamiento y erosión en el área. Entre las evidencias geomorfológicas identificadas destacan: rupturas de superficie, desplazamientos de masa rocosas, flujos de escombros y de material de relleno, caídas de bloques, todas vinculadas a movimientos en masa.

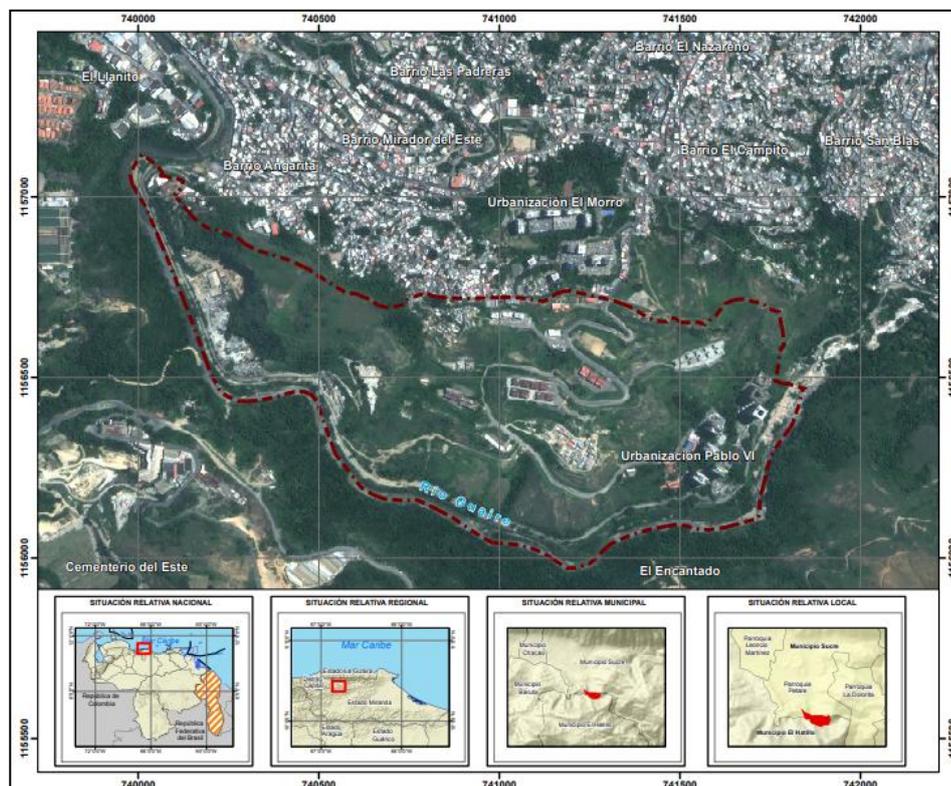
Por último, como parte de las inspecciones técnicas de FUNVISIS, Parra et al., (2017) realiza el informe “Inspección ocular y seguimiento técnico a los fenómenos de inestabilidad de los terrenos pertenecientes al Conjunto Residencial El Encantado Humboldt, Municipio El Hatillo, Estado Miranda”. Es de destacar que si bien este estudio no se realizó dentro del área de estudio, se realizó en la ladera colindante a la misma y según sus resultados, es una zona susceptible a deslizamientos por la litología presente. El objetivo del mismo consistió en evaluar las afectaciones provocadas por las lluvias de noviembre y diciembre del año 2016, que activaron deslaves superficiales de tierra en los taludes adyacentes a la urbanización, y sugerir medidas preventivas y correctivas para evitar daños potenciales que coloquen en riesgo los bienes y la integridad física de los vecinos.

Localización del Área de Estudio

Se ubica en el del tramo vial Barrio Isaías Medina Angarita (BIMA) – Paulo VI, Petare, municipio Sucre del estado Miranda. Limita al norte con el urbanismo El Morro, al oeste con el río Guiare y el barrio BIMA, al sur con el río Guiare y el municipio El Hatillo, al este con la Urbanización Paulo VI. Se extiende en un área aproximada de 95 hectáreas entre las coordenadas UTM: N 741800 m- 740000 m y E 1156000 m- 1157200 m. (Ver mapa 1 y figura 1).

Figura 1

Localización del área de estudio tramo vial Barrio Isaías Medina Angarita (BIMA) – Paulo VI, Petare, municipio Sucre del estado Miranda.



Nota. Escala 1:10000 Proyección Mercator Transversal UTM Huso: 19N. Fuente: Elaboración propia. Base cartográfica ArcGis Online, 2021.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se desarrollan las bases teóricas que dan soporte a la investigación, con base en tres grandes áreas temáticas: La gestión del riesgo de desastres, los movimientos en masa y el análisis espacial en la planificación territorial. Por último, se desarrollan las bases legales mediante una revisión de los instrumentos legales vinculados a la gestión del riesgo de desastres en Venezuela.

Bases Teóricas

Riesgos de Desastres

Los crecientes procesos de urbanización, demandan cada vez más la incorporación de servicios como vialidad y agua potable. Aunado a ello, el nuevo escenario de riesgo gestado a raíz del cambio climático, ha contribuido a complejizar todavía más los eventos que pueden ser catalogados como desastres. En este sentido, Renda (2017) define *Desastre* como:

La interacción entre una amenaza y una población vulnerable que, por su magnitud, crea una interrupción en el funcionamiento de una sociedad y/o sistema a partir de una desproporción entre los medios necesarios para superarla y aquellos medios a disposición de la comunidad afectada. (p. 13).

El fenómeno “detonante” para que el desastre se produzca, puede ser de origen natural, pero es la intervención del ser humano sobre el territorio que ocupa, la que genera y modifica las condiciones de riesgo, el cual, al no ser manejado o intervenido oportunamente, se materializa en un desastre. Por tanto en

la mayoría de los casos, los desastres son generados y contruidos socialmente. De este modo, la ciudad se presenta como creadora y amplificadora de la situación de riesgo de desastres, debido a la heterogeneidad en su morfología y al emplazarse en espacios poco propicios para la urbanización y sus servicios asociados.

Las Naciones Unidas (2016) destaca que el efecto de un desastre puede ser inmediato y localizado, aunque puede tener gran extensión y prolongarse durante mucho tiempo. Este efecto puede superar la capacidad de una comunidad para afrontar la situación por sus propios medios, por lo que podría necesitar asistencia de fuentes externas, sean las jurisdicciones vecinas o las de los niveles nacional o internacional (p. 13). Así, este autor define el *Riesgo de desastres* como:

Posibilidad de que se produzcan muertes, lesiones y daños en bienes en un sistema, una sociedad o una comunidad en un período de tiempo concreto, determinados de forma probabilística como una función de la amenaza, la exposición, la vulnerabilidad y la capacidad. (p. 15).

La *Amenaza* se concibe como el “proceso, fenómeno o actividad humana que puede ocasionar muertes, lesiones u otros efectos en la salud, daños a los bienes, disrupciones sociales y económicas o daños ambientales” (p. 19). De allí que las amenazas pueden tener origen natural, antropógeno o socionatural. Las naturales están asociadas predominantemente a procesos y fenómenos naturales, y las antropógenas son las inducidas de forma total o predominante por las actividades y las decisiones humanas. Varias amenazas son socionaturales, en el sentido de que se asocian a una combinación de factores naturales y antropógenos, como la degradación ambiental y el cambio climático (p. 20).

Las amenazas incluyen, como se indica en el Marco de Sendai 2015 – 2030, procesos y fenómenos de origen natural (geológico, hidrometeorológico y biológico) y de origen antrópico (degradación ambiental y amenazas tecnológicas) (p. 9). A los efectos de esta investigación, interesan las amenazas geológicas, las cuales se originan en procesos internos de la tierra. Algunos ejemplos de este tipo de amenaza, son los terremotos, la actividad y emisiones volcánicas, y los

procesos geofísicos. Entre ellos destacan los movimientos en masa: desprendimientos de tierra y rocas, derrumbes en superficie y corrientes de lodo o detritos. Cabe destacar que los factores hidrometeorológicos, contribuyen de manera importante a que se generen algunos de estos procesos geofísicos. (Naciones Unidas, 2016, p. 20).

Las amenazas pueden ser únicas, secuenciales o combinadas en su origen y sus efectos. En este particular, Renda (2017) destaca que aun cuando exista una clasificación de amenazas, en la práctica es difícil catalogarlas en uno u otro tipo debido a que muchas veces pueden convertirse rápidamente en otro tipo de amenazas o traer efectos colaterales o “amenazas secundarias” (p. 14). La presencia de actividad humana en un escenario de amenaza, es la condición necesaria para la generación del riesgo, y su magnitud dependerá de la vulnerabilidad de los elementos expuestos valiosos para la sociedad.

Así, la *Exposición* es definida por las Naciones Unidas (2016), como la “situación en que se encuentran las personas, las infraestructuras, las viviendas, las capacidades de producción y otros activos humanos tangibles situados en zonas expuestas a amenazas” (p. 19). Las medidas de la exposición pueden incluir el número de personas o los tipos de bienes que hay en una zona. Por su parte, la *Vulnerabilidad*, hace referencia a “condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes o los sistemas a los efectos de las amenazas” (p. 25).

En este particular, Renda (2017) sostiene que la vulnerabilidad de una comunidad ante un evento adverso, puede evaluarse considerando diversas dimensiones que pueden subdividirse en tres categorías:

a) Exposición y susceptibilidad física. Corresponde a un riesgo “duro”, relacionado con el daño potencial en la infraestructura física y en el ambiente. Incluye a la población, las propiedades, los sistemas u otros elementos presentes en las zonas donde existen amenazas y, por consiguiente, están expuestos a experimentar pérdidas potenciales.

b) Fragilidades socioeconómicas. Contribuyen a un riesgo “blando” relacionado con el impacto potencial sobre el contexto social.

c) La falta de resiliencia para enfrentar desastres y recuperarse. Contribuye también al riesgo “blando” o factor de impacto de segundo orden sobre las comunidades y organizaciones (p. 15).

Por otra parte, la *Capacidad* es definida por las Naciones Unidas (2016) como la “combinación de todas las fortalezas, los atributos y los recursos disponibles dentro de una organización, comunidad o sociedad que pueden utilizarse para gestionar y reducir los riesgos de desastres y reforzar la resiliencia” (p. 12). Puede abarcar infraestructuras, instituciones, conocimientos y habilidades humanos, así como atributos colectivos como las relaciones sociales, el liderazgo y la gestión. También requiere un esfuerzo sostenido para desarrollar las instituciones, la concienciación política, los recursos económicos, los sistemas tecnológicos y un entorno propicio en conjunto (p. 12).

En cuanto a los elementos expuestos al riesgo de desastres, se encuentran las infraestructuras vitales, definidas por el mismo autor como el “conjunto de estructuras físicas, instalaciones, redes y otros activos que proporcionan servicios indispensables para el funcionamiento social y económico de una comunidad o sociedad” (p. 13). A los efectos de esta investigación, es importante resaltar las redes o líneas vitales. Según la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (SNGR – PNUD, 2012), “son sistemas que difieren de las estructuras que generalmente se estudian en ingeniería sísmica y pueden incluir los servicios de agua, alcantarillado, energía eléctrica, comunicaciones, gas natural, combustibles líquidos y sistemas de transporte” (p. 44). Según el mismo autor, estos sistemas tienen las siguientes características:

- ✓ La sociedad depende del comportamiento de estos sistemas, tanto durante su operación normal, como durante situaciones de recuperación y respuesta frente a emergencias.
- ✓ El funcionamiento de los sistemas depende de la interacción de sus componentes.

- ✓ El sistema cubre un área extensa, por lo tanto, es importante contar con información sobre las amenazas de muchos lugares (p. 44).

La cobertura de la infraestructura y servicios básicos, constituyen el soporte físico del desarrollo territorial y se constituyen en instrumentos de fortalecimiento del desarrollo humano, la economía local y regional. El servicio continuo y confiable de las redes vitales, así como de una adecuada movilidad, constituyen actualmente los elementos básicos para garantizar la calidad de vida y las posibilidades de desarrollo. La ausencia de los servicios de agua y saneamiento tiene un impacto transversal en la dinámica de cualquier sociedad, región o país a través de su impacto en áreas críticas como la salud pública, la productividad y desarrollo, y la calidad de vida. (SNGR– PNUD, 2012, p. 44).

Gestión del Riesgo de Desastres

La gestión del riesgo de desastres es un proceso social, orientado al cumplimiento de los objetivos generales y específicos señalados en la Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2016, p. 4). Para las Naciones Unidas (2016), consiste en “la aplicación de políticas y estrategias para prevenir nuevos riesgos de desastres, reducir los riesgos de desastres existentes y gestionar el riesgo residual, contribuyendo con ello al fortalecimiento de la resiliencia y a la reducción de las pérdidas por desastres” (p. 16).

La gestión del riesgo de desastres se clasifica en prospectiva, correctiva y compensatoria. A los efectos de esta investigación, destaca la importancia de las actividades relacionadas a la gestión prospectiva, que según el autor antes citado, abordan y tratan de evitar la aparición de riesgos de desastres nuevos o mayores, ya que se centran en abordar los riesgos de desastres que podrían surgir en el futuro si no se establecieran políticas de reducción de los mismos (p. 16).

Según Lavell (2009) este tipo de gestión considera que existen riesgos que no están todavía en el terreno y que podrían desarrollarse en el futuro. Así, este tipo de gestión anticipa el riesgo futuro, el control de futuros factores de riesgo e incorpora aspectos de control de riesgos en la futura planificación de desarrollo y

de proyectos. Los mecanismos principales de este tipo de gestión, incluyen la organización territorial y la planificación del uso del suelo, los controles de gestión del ambiente, los ciclos de planificación de proyecto, las consideraciones de control de riesgo y los códigos y requisitos de construcción (p. 19).

Cabe destacar que las estrategias y políticas de reducción del riesgo de desastres derivadas del Marco de Sendai 2015 –2030, están dirigidas a prevenir la creación de nuevos riesgos. En consecuencia, la gestión prospectiva exige la incorporación de la variable riesgo en el proceso de planificación del desarrollo. Al respecto, Guasch (2013, como se citó en Angulo, 2019) plantea algunas características de esta gestión:

- ✓ Parte de la planificación de escenarios futuros a partir de los escenarios reales, la tipificación de la exposición, el análisis de las trayectorias probables y la necesidad de dar respuesta a eventos catastróficos.
- ✓ Exige la inserción de la prevención en la planificación del desarrollo.
- ✓ Requiere del análisis de los riesgos en los programas y proyectos.
- ✓ El riesgo se convierte en un atributo definitorio en los análisis de factibilidad económica y del proceso inversionista.
- ✓ Permite visualizar los modelos de transformación de un escenario real hacia un escenario seguro en el tiempo (p. 3).

Con base en lo anterior, la gestión prospectiva permite prevenir el riesgo, generar conocimiento sobre el riesgo de desastre en sus diferentes ámbitos y preparar para responder y manejar el desastre. Esto requiere necesariamente la movilización de actores locales (Estado, comunidades organizadas y el sistema educativo), los cuales forman parte fundamental y protagónica de los procesos de cambios del territorio, ya que no solo propician el cambio, sino que establecen las reglas para esa transformación mediante un proceso de reflexión, diagnóstico, toma de decisiones, y acción en torno a la reducción y control de los riesgos, lo que le da un carácter participativo a escala local (Angulo, 2019, p. 4).

En este particular, el Marco de Sendai 2015 – 2030 resalta que si bien los factores que pueden aumentar el riesgo de desastres pueden ser de alcance local,

nacional, regional o mundial, los riesgos de desastres tienen características locales y específicas que deben comprenderse para determinar las medidas de reducción del riesgo de desastres (p. 13). De allí que la gestión del riesgo de desastres basada en la comunidad, cobra especial importancia en esta investigación, ya que promueve la participación de las comunidades potencialmente afectadas en los procesos de generación de conocimiento sobre el riesgo de desastres y en la planificación, la aplicación, el seguimiento y la evaluación de las actuaciones locales encaminadas a la reducción del riesgo. (Naciones Unidas, 2015, p. 17).

El nivel local ha cobrado especial importancia en los últimos años, bajo la convicción que la provisión de ciertos servicios se debe gestionar donde se genera la demanda. Entonces, para llegar al desarrollo efectivo de los territorios se hace necesaria y exigible la visión y participación de la comunidad. Al respecto, Rugiero y Wyndham (2013) destacan que el fortalecimiento de las estructuras legales, institucionales y legislativas, así como los sistemas para la gestión de desastres, la alerta temprana y las capacidades locales de preparación y respuesta, han hecho una contribución importante en la gestión del riesgo de desastre (p. 58).

Estos autores afirman que los enfoques tradicionales de planificación y su implementación han fracasado, y que enfoques prospectivos y participativos otorgarían la oportunidad de ampliar iniciativas locales innovadoras al adaptar normativas a las necesidades locales en el proceso de planificación y elaboración de presupuestos. No obstante, señalan que este enfoque debe ir acompañado de una reforma de la gobernanza del riesgo, a través de un mayor compromiso político, coherencia regulatoria en su gestión y la incorporación de los actores que históricamente han sido excluidos (p. 59).

La Gestión del Riesgo de Desastres en el Ordenamiento Territorial

Lavell (2010) sostiene que existe una relación entre la degradación ambiental, el inadecuado ordenamiento territorial, la debilidad de los medios de vida, la falta de gobernanza urbana y el riesgo de desastres con los problemas que se presentan y se presentarán para lograr la adaptación al cambio climático. De allí que la introducción de mejoras en el manejo ambiental, el ordenamiento

territorial, la sostenibilidad de los medios de vida y la gobernanza, pueden apoyar simultáneamente en la reducción del riesgo y el fomento de la adaptación (y mitigación) al cambio climático (p. 3).

Entonces, se hace necesaria la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en el Ordenamiento Territorial (OT), para conseguir la reducción de los riesgos existentes y la no generación de nuevos riesgos. Según la Secretaria General de la Comunidad Andina (2009), el ordenamiento territorial “es un proceso político-técnico, a través del cual se organiza el uso y ocupación del territorio en función de sus características biofísicas, socioeconómicas, culturales, político-institucionales, y sus potencialidades y limitaciones, a los efectos de generar procesos de desarrollo sostenible” (p. 21), entendido éste como “la satisfacción de las necesidades actuales sin mermar las posibilidades de que las generaciones futuras satisfagan las suyas” (Cardona, 2013, p. 15).

El OT se convierte entonces en un instrumento idóneo que permite actuar sobre el territorio a fin de prevenir y reducir riesgos de desastres, y mejorar las condiciones de vida de las comunidades. Todas estas acciones, se materializan en los planes de ordenamiento territorial, instrumento creado para la orientación y toma de decisiones sobre la imagen territorial deseada, basada en criterios técnicos y conocimientos desde un proceso concertado y participativo entre los gobiernos locales y las comunidades organizadas.

Lavell (2009) considera que el rol del gobierno local en la gestión del riesgo de desastres es fundamental, pues es el ente mediador de los diferentes intereses y conflictos sociales en el desarrollo local, ambiental y territorial, así como en los procedimientos de planeamiento sectorial. La gestión del gobierno local también involucra a las comunidades de una importante manera, aunque el marco espacial de referencia sea de más alta escala de resolución, y la naturaleza y el número de los actores sociales involucrados y pertinentes sea proporcionalmente mayor, incluyendo autoridades del nivel municipal y distrital, intereses del sector privado local y de grupos de la sociedad civil (p. 22).

En este sentido Peralta et al. (2013) destaca:

La noción de gestión de los riesgos de desastres como gestión del desarrollo, tiene un alcance más amplio y sistémico que pretende ser un proceso y una estrategia transversal en la planificación del territorio. Ésta busca impulsar una visión que estimule el resurgimiento de una cultura de la anticipación, como práctica cotidiana en un territorio para así tener injerencia en las líneas de desarrollo desde una perspectiva que analiza los desastres, como producto de los efectos esperados de un modelo de desarrollo insostenible y excluyente. (p. 19).

Estos autores sostienen que es fundamental que la gestión de riesgos no se considere marginal o coyuntural, a modo de una referencia transversal (un corte en el tiempo) en el desarrollo histórico de un territorio. Lo deseable es que se trate de un tema longitudinal (un acompañamiento permanente identificado a lo largo de la historia del territorio) cuando se planifica el desarrollo y el ordenamiento territorial (p. 19). En síntesis, el OT constituye un instrumento de planificación y gestión del riesgo de desastres que permite actuar sobre el territorio evitando desastres y reduciendo el riesgo, para así, conducir al municipio hacia un desarrollo seguro y orientado a mejorar las condiciones de vida de la población.

Los Movimientos en Masa

La ocurrencia de desastres ha tenido un incremento considerable en las décadas recientes, puesto que ha existido un aumento considerable de la población mundial, mucha de ella viviendo en áreas no adecuadas para habitar, incluso sin importar su estatus socio-económico. La ocurrencia de movimientos en masa, provoca daños considerables anualmente en muchos países del mundo. Las referencias muestran un gran número de pérdidas ocasionadas por estos procesos que ocurren en vertientes donde la estabilidad se ha perdido, y que por el colapso, los materiales (incluyendo bloques rocosos, suelos, vegetación e infraestructuras) son desplazados desde las partes más altas hacia las más bajas.

Entre los peligros originados por el modelado del relieve terrestre a través de movimientos gravitatorios, se encuentran los movimientos en masa producidos por inestabilidades de las superficies inclinadas naturales (laderas) o artificiales (taludes). El Instituto Nacional de Defensa Civil (2011) los define como el movimiento de masas de rocas, detritos o tierra a favor de la pendiente, bajo la influencia directa de la gravedad. Destaca también, que existen laderas inestables donde no se ha producido movimiento aun existiendo la influencia directa de la gravedad, y que necesita de la acción de otro factor desencadenante para su deslizamiento (lluvias, sismos o la acción del ser humano) (p. 12).

Según Ramos et al. (2015) los procesos de remoción en masa detonados por factores tanto naturales como antrópicos, causan daños importantes en lugares de altas pendientes, como las zonas montañosas tropicales las cuales “son muy susceptibles a sufrir este tipo de problemas, debido a que generalmente se conjugan cuatro elementos fundamentales para la generación de fenómenos de remoción en masa: gradiente topográfico, sismicidad, meteorización de la roca parental y lluvias intensas” (p. 64).

Las clasificaciones de movimientos en masa han sido objeto de numerosos trabajos por distintos autores, escuelas, países o perfil profesional de quienes tratan el tema. La mayoría de los autores adoptan como criterios de clasificación, los mecanismos de falla de los movimientos, los tipos de materiales involucrados, la actividad de los movimientos y su velocidad. Destacan las clasificaciones de los autores más conocidos en el medio: Sharpe (1938), Varnes (1958 y 1978), Hutchinson (1988), Cruden & Varnes (1996) y Hungr et al. (2001).

Según el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA:GCA, 2007), las clasificaciones de movimientos en masa de Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968, 1988) son, hoy en día, los sistemas más ampliamente aceptados en el mundo de habla inglesa e hispana (p. 1). En este sentido, se presenta la clasificación propuesta por este proyecto, ya que relaciona los sistemas de clasificación más usados y divide los movimientos en masa en siete tipos: caídas, volcamientos, deslizamientos, propagaciones, flujos, reptaciones y deformaciones gravitacionales profundas. (Ver tabla 1).

Tabla 1

Clasificación de los movimientos en masa.

Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de rocas (detritos o suelos)
Volcamientos	Volcamiento de roca (bloque) Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos Crecida de detritos Flujo de lodo Flujo de tierra Flujo de turba Avalancha de detritos Avalancha de rocas Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos Soliflucción, geliflucción (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

Nota. Tomado de Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007).

A continuación, se procede a definir cada uno de los tipos de movimientos en masa identificados en el área de estudio.

Caída (*Fall*). Son movimientos bruscos de masas, como rocas y cantos rodados, que se desprenden de laderas empinadas o acantilados. Esta separación ocurre a lo largo discontinuidades como fracturas, diaclasas y planos de estratificación, y el movimiento ocurre por caída libre, desplazándose por el aire efectuando golpes, rebotes y rodamientos. Las caídas son fuertemente influenciadas por la gravedad, meteorización mecánica, y la presencia de agua intersticial. (Novotný, 2013).

Deslizamiento (*Slide*). Según Montero (2017), un deslizamiento es un “movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca, predominantemente a lo

largo de una superficie de ruptura o de zonas relativamente delgadas cometidas a intensos esfuerzos de corte” (p. 51). La superficie de ruptura no se desarrolla de manera simultánea a lo largo de la masa que va a ser desplazada, sino que se inicia por agrietamientos en el terreno en la parte superior de la ladera, donde más tarde se conforma la corona de deslizamiento. En la parte inferior de la masa desplazada se conforma la pata del deslizamiento, la cual puede ser rebasada por la masa movilizada. Se clasifican en dos tipos básicos rotacionales y traslacionales.

En el deslizamiento rotacional (*Rotational slide*), la superficie de rotura es curvada y cóncava y la falla no está controlada estructuralmente. Si la superficie de ruptura es circular o cicloide en sección, cinemáticamente en el movimiento se presenta poca deformación interna. El material dispuesto en la cabeza del deslizamiento se mueve casi verticalmente hacia abajo, mientras que la superficie del terreno se inclina hacia el escarpe de la corona. En cuanto a su velocidad, este movimiento es lento a moderadamente lento (pp. 51–52).

En los deslizamientos traslacionales (*translational slide*) la masa se desplaza a lo largo de una superficie de ruptura planar. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella. La velocidad de los movimientos traslacionales puede variar desde rápida a extremadamente rápida (PMA: GCA, 2007, p. 9).

Flujo (*Flow*). Es un tipo de movimiento que exhibe un comportamiento semejante al de un fluido. Se dividen en flujos de detritos, avalancha de detritos, flujos de tierra, flujos de lodo y flujos profundos (*creep*) (PMA: GCA, 2007, pp. 17–18). En esta investigación, interesan los flujos de detritos (*debris flow*) que se presentan en cortes viales, conocidos como deyecciones de detritos en atención a su forma de cono de deyección (Montero, 2017, 54). Constituyen una forma de movimiento masivo rápido en el que la combinación de tierra suelta, roca, materia orgánica, aire y agua se moviliza como una mezcla que fluye en pendientes pronunciadas. Los flujos de detritos son comúnmente causados por un intenso flujo de agua superficial, debido a fuertes precipitaciones. (Novotný, 2013, p. 14).

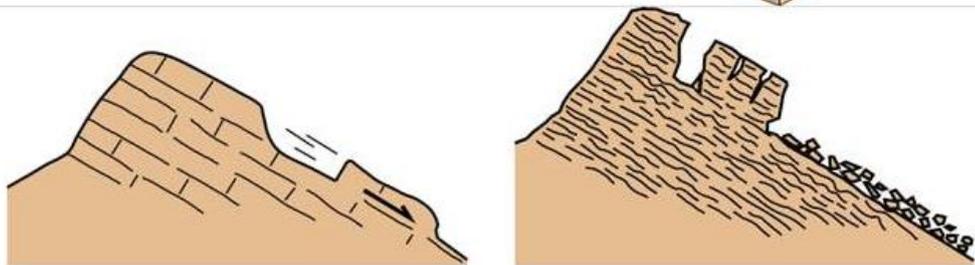
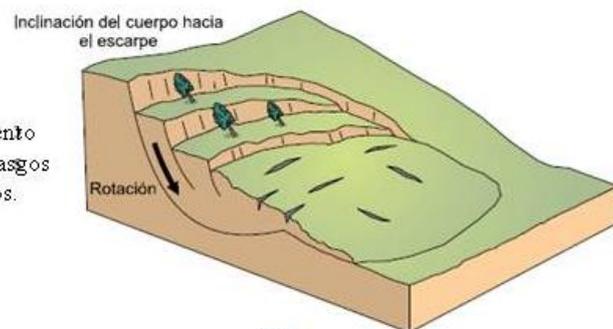
Figura 2

Esquemas de los movimientos en masa: caída, deslizamientos y flujos.

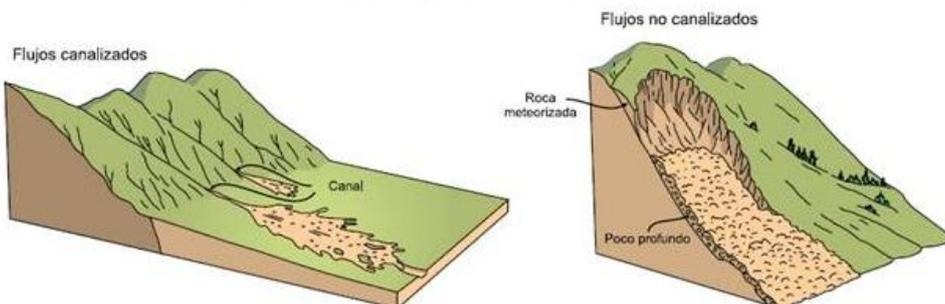


Esquema de la caída de rocas.

Esquema de un deslizamiento rotacional mostrando los rasgos morfológicos característicos.



Esquema de un deslizamiento traslacional.



Esquema de flujos canalizados y no canalizados.

Nota. Adaptado del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007).

Factores Condicionantes y Desencadenantes de los Movimientos en Masa

La inestabilidad de un terreno depende de factores condicionantes o internos y de factores desencadenantes o externos. Estos factores pueden afectar la estabilidad de una ladera o talud activando el movimiento de rocas, detritos o tierra en la superficie terrestre. Según el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y MINMINAS (2015), los factores condicionantes configuran la predisposición del terreno a la inestabilidad, lo que se conoce como susceptibilidad y están relacionados con las características inherentes al área de estudio, dado que prácticamente no varían en el espacio o tiempo; mientras que los factores desencadenantes, como la lluvia o los sismos, pueden modificar las condiciones de estabilidad de una ladera en períodos de tiempo más cortos (pp. 15–16).

Los Factores Internos o Condicionantes. Son propios del fenómeno o intrínsecos de acción estática o pasiva, que representa debilidades inherentes en rocas y suelos en las laderas (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2011, p. 22). Son factores que hacen a una ladera susceptible al colapso pero sin provocar el inicio del movimiento. Sánchez y Urego (2011) resumen los principales factores condicionantes en geológicos, geomorfológicos, geotécnicos e hidrogeológicos (p. 15–16). Por su parte, el SGC y MINMINAS (2015) sugieren utilizar para el análisis de susceptibilidad, información de los siguientes factores: geomorfología, geología, y cobertura y usos del suelo (p. 34). A continuación, se describen los factores internos o condicionantes seleccionados para esta investigación.

Geológicos. Dentro de este factor se incluye la litología, estructura y grado de meteorización. Igualmente importante, es la génesis de los diferentes depósitos o materiales, ya que algunos de estos se pudieron haber depositado en estado muy suelto, facilitando que se presente una susceptibilidad alta a deslizamientos de algunos tipos de depósitos. Se incluyen también, factores *Geotécnicos* asociados principalmente a las propiedades mecánicas, las cuales definen el estado de los esfuerzos y deformaciones del suelo (Sánchez y Urego, 2011, pp. 15–16).

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2012) considera este factor como la base más importante para poder establecer las

unidades a tener en cuenta en la distribución de los diferentes tipos de materiales en el territorio, pues reflejan las características de los diferentes tipos de rocas y depósitos que se agrupan teniendo en cuenta el tipo de roca, así como sus características texturales y sus propiedades geomecánicas. Cada uno de estos materiales, presenta propiedades intrínsecas y ofrece diferentes respuestas ante los agentes que actúan para su alteración, y esto determina la susceptibilidad de cada uno de ellos a que se produzca un movimiento en masa (p. 18).

Geomorfológicos. Según Sánchez y Urego (2011) en este factor se incluyen la morfogénesis, la morfometría (pendiente, forma de la ladera) y la morfodinámica (procesos de estabilidad y erosión) (p. 16). A continuación, se definen cada una de ellas con base en IDEAM (2012):

La *morfogénesis* explica el origen de la gran variedad de geoformas existentes en el territorio. Es el resultado de la unión de variables litológicas, topográficas, bioclimáticas, cobertura vegetal y uso, y cada unidad tiene una dinámica y evolución particulares. Para clasificar las geoformas como variable dentro del mapa de susceptibilidad a deslizamientos, se debe tener en cuenta la predominancia o la ocurrencia de procesos acumulativos o erosivos relacionándolos con la topografía (pp. 15–16).

La *morfometría* trata de la pendiente de la ladera, definida esta como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. Su valor se expresa en grados de 0° a 90° o en porcentaje. Está muy relacionada con la aparición de movimientos en masa, dado que es el principal factor geométrico que aparece en los análisis de estabilidad y es una de las principales condiciones para que ocurra un movimiento en masa. Esta variable se relaciona directamente con las tensiones de cortes tangenciales y normales en la formación superficial y en suelos, e influye también en la distribución de agua en la ladera (p. 8).

La *morfodinámica* hace referencia a la evolución del relieve terrestre en la dinámica del ciclo geográfico, mediante una serie de procesos constructivos y destructivos que se ven permanentemente afectados por la fuerza de gravedad que actúa como equilibradora de los desniveles; es decir, hace que las zonas elevadas

tiendan a caer y colmatar las zonas deprimidas. Estos procesos hacen que el relieve transite por diferentes etapas. La importancia de los procesos morfodinámicos, radica en que son los encargados del modelado del relieve y adicionalmente, se puede inferir que a mayor presencia de estos procesos, la zona tiene mayor susceptibilidad a presentar deslizamientos (p. 17).

Cobertura y Uso del Suelo. Incluye la vegetación y las construcciones humanas que cubren la superficie de la Tierra. Se define como un todo o una parte de algunos de los atributos de la tierra que, de cierta forma, ocupan una porción de su superficie ya que están localizados sobre esta. Este factor tiene una gran importancia para estimar la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa, en cuya expresión se manifieste el efecto del ser humano visto no solamente como la “vegetación” que se encuentra en determinado sitio, sino como todo lo que implica la cobertura, a saber: interacción de la dinámica natural geológica, geomorfológica, los suelos, el clima y los sistemas de comunidades bióticas, interrumpida por el ser humano para su supervivencia y desarrollo (p. 24).

Los Factores Externos o Desencadenantes. Hacen que las laderas o taludes pasen de una condición marginalmente estable a un estado de inestabilidad, lo cual crea una alta susceptibilidad del terreno al colapso inminente. Según el Instituto Nacional de Defensa Civil (2011) estos factores tienen una acción activa en los movimientos en masa, derivados principalmente de fenómenos de origen natural como la precipitación, filtración de aguas pluviales, variación de temperatura, acción erosiva de los vientos o la gravedad, sismos; o por fenómenos tecnológicos o inducidos por el ser humano como deforestación, corte de talud, socavaciones, explotaciones mineras, usos inadecuado de riegos, asentamientos humanos en terrenos ubicados en laderas inestables (p. 22).

Por su parte, Sánchez y Urego (2011) sostienen que los factores externos o desencadenantes, están asociados al clima, los sismos y los factores antrópicos de la siguiente manera:

Clima. Uno de los factores que más contribuye a la inestabilidad de los taludes o laderas es la lluvia, ya que esta tiene un efecto de saturación del terreno,

lo que contribuye a un aumento en el peso volumétrico y una reducción en la resistencia al corte del material debido a los cambios en las presiones de poros del mismo, igualmente los flujos superficiales pueden propiciar socavación de la pata del talud, deslaves y cambios en la geometría de las laderas (pp. 16–17).

Sismos. Los sismos ocupan un lugar muy importante dentro de las causas naturales o factores externos que activan o disparan la inestabilidad de laderas. El efecto que tienen las ondas sísmicas sobre un talud o una ladera, tiende a hacerse aún más crítico debido a los efectos de amplificación que se producen por la topografía y el tipo de material a través del cual viajan las ondas (p. 18).

Factores Antrópicos. Están asociados con los efectos de las acciones del ser humano sobre las condiciones naturales de una ladera, como son los cortes, las sobrecargas, la deforestación, la obstrucción de drenajes y el uso del suelo (p. 18).

Si bien los movimientos en masa son el producto del debilitamiento progresivo de las propiedades mecánicas de los materiales de las laderas por procesos naturales o antrópicos, que activan movimientos lentos, generalmente imperceptibles; un solo factor, la precipitación o un sismo, es considerado como el estímulo externo que puede generar una respuesta casi inmediata de movilizar los materiales que conforman la ladera (Aristizábal et al., 2010, p. 211).

En este sentido, a los fines de esta investigación, cabe resaltar la acción de las precipitaciones en los movimientos en masa. Ramos et al. (2015) sostiene que la lluvia es uno de los principales factores desencadenantes de los movimientos en masa. Sin embargo, resulta difícil definir la manera cómo influye en la estabilidad de laderas, debido a que el agua que entra en contacto con la ladera, interactúa con los materiales geológicos y puede disminuir sus propiedades mecánicas o aumentar las fuerzas de cuerpo que lo desestabilizan (p. 64).

Aristizábal et al. (2010), afirma que los movimientos en masa detonados por lluvias, son generados durante eventos intensos por el aumento rápido de la presión de poros o por la pérdida del componente de cohesión aparente. La lluvia puede actuar de dos formas diferentes en la estabilidad de las laderas: la primera, relacionada a eventos de lluvia muy intensos que causan una reducción de la

resistencia al cortante por reducción de la cohesión generando movimientos inicialmente superficiales; y la segunda, responde a eventos de lluvia de larga duración que causan el incremento en la presión de poros sobre una superficie de falla generando movimientos de masa mucho más profundos (p. 212).

Según Ramos et al. (2015) los movimientos superficiales son asociados a lluvias intensas de corta duración, mientras que los deslizamientos profundos se relacionan principalmente con lluvias acumuladas en largos periodos (p. 64). En consecuencia, la relación entre las precipitaciones y los movimientos en masa, considera el efecto acumulativo de la lluvia o precipitación de largo plazo y el efecto inmediato de la lluvia o precipitación de corto plazo, la cual se presenta justo antes de la ocurrencia del deslizamiento. (Graciano, 2015, p. 43).

Aristizábal et al. (2010), refiere que existe una gran cantidad de variables para pronosticar la ocurrencia de los movimientos en masa detonados por lluvias. El flujo de agua que entra al suelo, la lluvia (P) y la morfología de la ladera (ML); las características hidráulicas y la succión (ψ -) son propiedades dominantes del suelo; mientras la intensidad de la lluvia (I) y su duración (D) son condiciones externas que inciden en la saturación del suelo (p. 213).

Para evaluar la precipitación como factor detonante de los deslizamientos, esta investigación considera las variables intensidad y duración. Graciano (2015) define la intensidad como la cantidad de precipitación caída en un intervalo de tiempo dado, la cual se expresa como mm/día-mm/h; y la duración, como el tiempo transcurrido entre la iniciación y el término de la precipitación, expresada en minutos o días. La evaluación de estas variables, permite analizar la lluvia acumulada para cada evento con el propósito de pronosticar movimientos en masa una vez que se presentan ciertos límites de lluvias conocidos como umbrales (pp. 42–44).

Al respecto, Aristizábal et al. (2011) define el término umbral como el nivel mínimo o máximo de alguna cantidad a partir de la cual un proceso ocurre. En el caso de los umbrales de lluvia para el pronóstico de movimientos en masa, el umbral mínimo representa la cantidad de lluvia por encima de la cual la

probabilidad de ocurrencia de un movimiento en masa se incrementa drásticamente, en tanto que el umbral máximo, corresponde a la cantidad de lluvia en la cual ha ocurrido el mayor porcentaje de movimientos en masa (p. 99).

El Análisis Espacial y los SIG para la Estimación del Riesgo de Desastres

Según Buzai y Baxendale (2013) “el estudio de las manifestaciones espaciales y la conformación de una síntesis, son respectivamente objeto de estudio y objetivo central de la Geografía en su proceso de investigación científica”. Realizar un estudio geográfico implica considerar un abordaje focal espacial en un área de estudio, donde se integran diferentes variables a fin de lograr la composición de un todo en una visión sinóptica global (p. 125).

El contenido focal estaría dado por los denominados principios geográficos, considerados por los mismos autores como base fundamental para el Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estos son los principios de localización, distribución, asociación, interacción y evolución espacial; para finalmente se combinan en una síntesis. De allí que el análisis de una problemática socioespacial concreta, encontrará sustento en alguna combinación de estos principios en el proceso de investigación (p. 125).

Estos principios son centrales para el desarrollo de una Geografía Aplicada basada en el uso de los SIG. De allí que el Análisis Espacial constituye una serie de técnicas matemáticas y estadísticas aplicadas a los datos distribuidos sobre el espacio geográfico, y cuando se lo enfoca desde la tecnología de los SIG, se considera sinónimo de un subsistema de tratamiento que aparece como su núcleo de especificidad, por contener las herramientas que permitirá la aplicación de procedimientos para estudiar las relaciones espaciales de las entidades contenidas en la base de datos geográfica (p. 115).

En tal sentido, los SIG se han convertido en una herramienta fundamental para la toma de decisiones en materia de OT. En las acciones organizadas de carácter tecnológico–científico, correspondientes al diagnóstico del territorio, el proceso de OT encuentra sustento científico en la geografía ante el uso de procedimientos propios del análisis geográfico, tendientes a interpretar la

estructura del espacio geográfico actual y sus tendencias futuras (Baxendale y Buzai, 2011, p. 27).

Para el caso específico del análisis y determinación de áreas inestables, se requiere la evaluación de la relación entre distintas condiciones del terreno y la ocurrencia de movimientos en masa. Para realizar esta evaluación, Menjívar (2015) destaca que es necesario el análisis de información disponible para estimar la probabilidad de pérdida de elementos individuales, población, propiedades y ecosistemas, a determinadas amenazas. Por lo general, este análisis sigue los siguientes pasos: identificación y evaluación de la amenaza, evaluación de la vulnerabilidad y estimación del riesgo. Estos pasos poseen un componente espacial importante, por lo que la estimación del riesgo de desastres requiere el manejo de datos e información espacial haciendo uso de los SIG (p. 12).

Según el mismo autor, la interacción de los elementos en riesgo y las zonas de amenaza define la exposición y vulnerabilidad de los elementos en riesgo. Esta interacción espacial entre los elementos en riesgos y las zonas de amenaza, se realiza haciendo uso de los SIG mediante superposición de mapas (p. 13). Una de las características de los SIG, es que poseen la capacidad de poder almacenar y manipular grandes volúmenes de datos relacionados a los diferentes factores del terreno, considerándolos como capas de mapas temáticos.

Estos mapas temáticos presentan la información en forma de capas vinculados interactivamente a tablas, lo cual es necesario cuando se desea tomar decisiones. Peralta et al. (2013) destaca que el mapa constituye la representación gráfica de las condiciones de riesgo de desastres para un territorio. Estas condiciones se expresan en escenarios, en función de las características de la ocurrencia de los fenómenos (cobertura, duración, intensidad, probabilidad, magnitud, frecuencia) y de los niveles de exposición y vulnerabilidad de los elementos expuestos (p. 90). En consecuencia, dentro de la gestión de los riesgos para la planificación territorial a escala local, existen diversos mapas que pueden clasificarse por la utilidad que brindan para el análisis. (Ver tabla 2).

Tabla 2

Síntesis de los diversos tipos de mapas y su aplicación para la gestión de riesgo de desastres a escala local.

Tipos de mapas	Utilidad
Ocurrencia	Representan la localización de eventos ocurridos de una manera puntual, lineal o en forma de área. Estos mapas son de suma importancia, pues pueden ayudar a identificar zonas de mayor actividad de un fenómeno en particular, así como validar modelos de amenaza. Por lo general, en ellos se expresan sucesos multianuales, ya que se registran todos los eventos de diferentes épocas. En algunos casos estos mapas tienden a ser confundidos con mapas de amenaza o de riesgo.
Susceptibilidad	Identifica las áreas donde pueden ocurrir fenómenos potencialmente peligrosos, dadas unas condiciones y características físicas para que se pueda manifestar un fenómeno. No dan cuenta de la magnitud, duración, recurrencia de los fenómenos. Suelen representarse cualitativamente en clases de susceptibilidad nula, baja, moderada, alta, muy alta.
Amenaza	Estos mapas por lo general incorporan indicadores cuantitativos, que permiten conocer características más detalladas del fenómeno en términos de su magnitud, el área de influencia, el tiempo de recurrencia o la frecuencia del fenómeno, la probabilidad de que éste ocurra, así como su duración. Pueden incluir en su construcción, variables ambientales y ocurrencia de eventos. La definición de la escala en estos mapas es fundamental, pues ésta indica la resolución espacial del fenómeno representado.
Inventario de elementos	Representan indicadores cuantitativos y cualitativos de elementos expuestos. Pueden estar expresados en términos de cantidad de unidades, longitudes (para elementos lineales) y áreas (para los polígonos). Esta estimación de cantidades puede referirse a zonas de análisis de igual categoría (p.ej. país, departamento, municipio, comuna, etc.).
Exposición	La exposición de un elemento se determina en relación con una amenaza. En otras palabras, se determina de acuerdo con su localización, si éste puede ser afectado por la manifestación una amenaza.
Vulnerabilidad	La vulnerabilidad de un elemento o sistema se determina en relación con una amenaza. En otras

	palabras, se determina de acuerdo con el nivel de daño que un elemento o sistema puede sufrir con respecto al fenómeno físico. Aplica también para efectos en comunidades y sus procesos. Pueden generarse mapas tanto de vulnerabilidad física como funcional.
Riesgo	Los escenarios de riesgos representan la distribución y el valor de las pérdidas estimadas en relación con los escenarios de vulnerabilidad calculados.

Nota. Tomado de Peralta et al., (2013).

Bosque y Moreno (2011) afirman que los SIG, por su capacidad de manipular y superponer grandes volúmenes de datos georreferenciados, de combinar datos recogidos en unidades areales, lineales y puntuales, en uno o varios momentos temporales y de incorporar diversos métodos de análisis y visualización de esos datos; resultan en herramientas especialmente útiles en este tipo de análisis que involucra la exposición y localización de líneas vitales públicas, como la vialidad y las redes de agua potable. Una extensa literatura muestra la amplitud de posibles aplicaciones tanto en el ámbito público como privado de los servicios asistenciales, de seguridad, sanitarios, educativos, etc. (p. 44). Es aquí donde el aporte del análisis espacial a través de los SIG, encontrará su ámbito contextual de eficiente aplicación en la planificación territorial.

La Planificación Territorial: Una Herramienta para la Gestión del Riesgo de Desastres

Buzai y Baxendale (2013) sostienen que el OT, contempla acciones de carácter científico-técnico y ejecutivas contenidas en dos instancias específicas, a fin de obtener un desarrollo armónico y sostenible de un área. La primera de ellas, la *planificación territorial*, realiza el análisis del sistema territorial pasado, presente y sus posibilidades de evolución futura ante el mantenimiento de las condiciones vigentes del territorio mediante un diagnóstico, para luego, en una propuesta, establecer una proyección de configuraciones definiendo la mejor de ellas junto a las medidas que deben tomarse para lograrla. La segunda instancia, conocida como *gestión*, corresponde a la actuación administrativa que lleva al

cumplimiento de esas medidas en una fase de implementación y su seguimiento administrativo (p. 127).

En este contexto, una planificación territorial que incorpore la variable riesgo de desastres, encuentra en los SIG una herramienta fundamental para la toma de decisiones en materia de OT y de Gestión de riesgo de desastres. De hecho, el Marco de Sendai 2015 – 2030, destaca que para comprender el riesgo de desastres es necesario hacer uso de información espacial e in situ, incluidos los SIG, y utilizar las innovaciones en materia de tecnología de la información y las comunicaciones para mejorar los instrumentos de medición y la recopilación, el análisis y la difusión de datos (p. 15).

De allí que contar con una visión cartográfica integral de los fenómenos, sus historiales de afectación, las áreas de amenazas y la vulnerabilidad, en este caso, de las líneas vitales estratégicas expuestas; permite analizar los factores físicos asociados al riesgo de desastres y apoyar de manera importante el proceso de planificación territorial, a fin de proponer lineamientos de ocupación, medidas anticipadas para garantizar la seguridad de obras, inversiones y actividades futuras para prever los posibles impactos y consecuencias producidos por desastres.

Jiménez y Aristizábal (2018), afirman que una de las medidas más importantes para la prevención y reducción de pérdidas por movimientos en masa, es la zonificación de la susceptibilidad y amenazas del territorio. Estos mapas, para el caso de infraestructuras lineales, permiten no solo un diseño que considere las restricciones del territorio a intervenir, sino además, identificar los sectores de mayor criticidad que requieren atención especial durante la operación (p. 15).

Una larga tradición en la planificación territorial, confiere a los equipamientos colectivos, como las líneas vitales públicas, un papel relevante como instrumentos de desarrollo urbano y regional. Tanto las actividades económicas como la cohesión y el bienestar social, se benefician de un sistema de dotaciones para el consumo colectivo adecuadamente trabado (Bosque y Moreno, 2011, p. 41). En este sentido, la vulnerabilidad física de las líneas vitales, es entendida desde su exposición a las amenazas, por tanto requiere ser visualizada

desde distintas herramientas, como la cartografía temática de exposición a amenazas para los elementos físicos, la cartografía estadística y otras herramientas de análisis espacial y estadístico, que permitan evaluar vulnerabilidades en el proceso de gestión de riesgo de desastres. (SNGR – PNUD, 2012, p. 26).

De esta manera, identificar y zonificar de forma anticipada las áreas donde se puede generar riesgo de desastres, es fundamental para evitar desastres futuros. Así mismo, en relación con el riesgo ya existente, la incorporación de la variable riesgo en la planificación territorial, es necesaria para determinar los tratamientos urbanísticos que se deberán implementar a fin de reducir el potencial de pérdidas de vidas y daños económicos en las zonas determinadas como de alto riesgo.

En este contexto, Cardona (2013) afirma que un municipio que integre en forma correcta el riesgo de desastres dentro de su proceso de planificación territorial, podrá tener un apropiado conocimiento de su territorio en relación con las amenazas y las áreas de posible afectación (tanto las ya ocupadas como las no ocupadas, pero que podrían ser ocupadas), mediante la zonificación del riesgo de desastres. Igualmente, lograría implementar una reglamentación para evitar ocupaciones que generarían riesgo y por consiguiente, futuros desastres (suelo de protección o de uso con restricciones), así como podría priorizar las acciones que se deben hacer para reducir el riesgo (reasantamiento o la reubicación) (p. 12).

Bases Legales

El Marco Legal de la gestión del riesgo de desastres en Venezuela, tomó un giro luego del evento del año 1999, conocido como “la tragedia de Vargas”, el cual tuvo un alto registro de pérdidas de vidas y bienes materiales. Aquí quedó demostrada la influencia de la localización de poblaciones sobre zonas de alta amenaza y la materialización del riesgo socionatural, así como la necesidad de atender las causas del problema donde la normativa es de gran prioridad. El marco legal iniciado desde el año 2005 promueve el control sobre nuevos desarrollos, impidiendo la construcción de nuevos riesgos para así garantizar mejores condiciones de vida y la seguridad integral de la población (VGRPC, 2014, p. 27).

Venezuela cuenta con un basamento jurídico que considera la reducción de riesgo de desastres, partiendo de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (2009), que en su Artículo 55 establece:

Toda persona tiene derecho a la protección por parte del Estado, a través de los órganos de seguridad ciudadana regulados por ley, frente a situaciones que constituyan amenaza, vulnerabilidad o riesgo para la integridad física de las personas, sus propiedades, el disfrute de sus derechos y el cumplimiento de sus deberes.

Así mismo, el Artículo 127 destaca que “Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado”. Esta seguridad trastoca inevitablemente el hábitat, por lo que el Artículo 82 establece que “Toda persona tiene derecho a una vivienda adecuada, segura, cómoda, higiénica con servicios básicos esenciales que incluyan un hábitat que humanice las relaciones familiares, vecinales y comunitarias”.

Uno de los mecanismos que garantiza la protección de las personas, del ambiente y de los asentamientos humanos en general, e incorpora la participación ciudadana, lo constituye el ordenamiento territorial. En este sentido, el Artículo 128 destaca que “El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y participación ciudadana”.

En el ámbito local, el Artículo 178 establece que el Poder Público Municipal debe gestionar lo concerniente a la vida local, en especial la ordenación y promoción del desarrollo económico y social, la dotación y prestación de los servicios públicos domiciliarios, la promoción de la participación, y el mejoramiento, en general, de las condiciones de vida de la comunidad en las áreas de ordenación territorial y urbanística, protección del ambiente y protección civil y servicios de prevención y protección.

Por su parte, la promoción de la participación de las comunidades, se destaca en el Artículo 184 al establecer que “la ley creará mecanismos abiertos y flexibles para que los Estados y los Municipios descentralicen y transfieran a las comunidades y grupos vecinales organizados los servicios que éstos gestionen previa demostración de su capacidad para prestarlos”. Un ejemplo de ellos aparece en el Numeral 1 de dicho Artículo, relativo al “mantenimiento y conservación de áreas urbanas, así como la prevención y protección vecinal”.

De esta manera, el desarrollo económico y social de Nación considera como una de sus premisas la prevención y protección de la integridad física de las personas y del ambiente frente a situaciones que representen riesgo de desastres. En consecuencia, el Artículo 156 en su Numeral 9, establece que una de las competencias del Poder Público Nacional es el régimen de la administración de riesgos y emergencias. De allí que el Artículo 332, señala la creación de la Organización Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres. Esta organización viene a dar cumplimiento a lo establecido en el Artículo 326:

La seguridad de la Nación se fundamenta en la corresponsabilidad entre el Estado y la sociedad civil, para dar cumplimiento a los principios de independencia, democracia, igualdad, paz, libertad, justicia, solidaridad, promoción y conservación ambiental y afirmación de los derechos humanos, así como en la satisfacción progresiva de las necesidades individuales y colectivas de los venezolanos y venezolanas, sobre las bases de un desarrollo sustentable y productivo de plena cobertura para la comunidad nacional. El principio de la corresponsabilidad se ejerce sobre los ámbitos económico, social, político, cultural, geográfico, ambiental y militar.

De igual manera, esa política de protección se aborda en otros instrumentos como la Ley Orgánica sobre Estado de Excepción, Ley Orgánica de

Seguridad de la Nación, Ley Orgánica de la Fuerza Armada Nacional, Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio, Decreto con Fuerza de Ley de la Organización Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres, Ley Orgánica del Ambiente, Ley Orgánica del Turismo, la Ley de Bosques y Gestión Forestal, entre otras leyes orientadas a la reducción de riesgos de desastre.

Otro instrumento legal de vital importancia en el ámbito de la gestión de riesgo de desastres, es la Ley Orgánica del Ambiente (2006). Esta ley destaca el tema de la Planificación ambiental, esencial para la incorporación de la variable riesgo de desastres en el proceso de ordenamiento territorial. En este sentido, el Artículo 24 destaca que “la planificación del ambiente forma parte del proceso de desarrollo sustentable del país” y el Artículo 23 establece los lineamientos para la planificación del ambiente. Destaca entre ellos, la participación ciudadana y la divulgación de la información, como procesos incorporados en todos los niveles de la planificación del ambiente, y los sistemas de prevención de riesgos para garantizar su inserción en los planes nacionales.

Igualmente, los instrumentos para la planificación del ambiente se establecen en el Artículo 29 donde destacan: “la ordenación del territorio, las normas técnicas ambientales, las evaluaciones ambientales, la gestión integral de todas las áreas del alto valor ecológico, los sistemas de información geográfica y los criterios e indicadores de sustentabilidad”.

Por otra parte, esta ley considera como una de las actividades capaces de degradar el ambiente, aquellas que “aceleren los procesos erosivos y/o incentiven la generación de movimientos morfodinámicos, tales como derrumbes, movimientos de tierra, cárcavas, entre otros” (Numeral 2 del Artículo 80), lo que denota no solo la incorporación expresa de la variable riesgos de desastres, sino que considera de manera expresa el tema de los movimientos en masa.

Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (1983), constituye otro instrumento esencial en la gestión del riesgo de desastres. Si bien esta ley no menciona de manera expresa el concepto riesgo de desastres, desarrolla todo lo concerniente al proceso de ordenación del territorio, que implícitamente tiene

entre sus objetivos la reducción del riesgo de desastres. En este sentido, el Artículo 1 sostiene que esta ley “tiene por objeto establecer las disposiciones que regirán el proceso de ordenación del territorio en concordancia con la estrategia de Desarrollo Económico y Social a largo plazo de la Nación”. De allí que el Artículo 2, define la ordenación del territorio como:

La regulación y promoción de la localización de los asentamientos humanos, de las actividades económicas y sociales de la población, así como el desarrollo físico espacial, con el fin de lograr una armonía entre el mayor bienestar de la población, la optimización de la explotación y uso de los recursos naturales y la protección y valorización del medio ambiente, como objetivos fundamentales el desarrollo integral.

Según el Numeral 1 del Artículo 3, la ordenación del territorio comprende “la definición de los mejores usos de los espacios de acuerdo a sus capacidades, condiciones específicas y limitaciones ecológicas”. Por tanto, “la planificación de la ordenación del territorio forma parte del proceso de planificación del desarrollo integral del país” (Artículo 8). De allí que la definición de los mejores usos del espacio, pasa por la identificación de áreas que deban ser sometidas a un régimen de administración especial. El Artículo 15 define estas áreas como: “las áreas del territorio nacional que se encuentran sometidas a un régimen especial de manejo conforme a las leyes especiales”, por ejemplo, las establecidas en el Numeral 3:

Las Áreas de Protección y Recuperación Ambiental, compuestas por todas aquellas zonas donde los problemas ambientales provocados o inducidos, bien por la acción del hombre o por causas naturales, requieran de un plan de manejo que establezca un tratamiento de recuperación o uno que elimine los fenómenos de degradación.

A nivel urbano local, destaca la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística (1987), que en el Numeral 4 del Artículo 24, destaca que los planes de ordenación

urbanística contendrán: “la determinación de los aspectos ambientales, tales como la definición del sistema de zonas verdes y espacios libres de protección y conservación ambiental y la definición de los parámetros de calidad ambiental”. Estos espacios, desde la perspectiva del riesgo de desastres, pueden requerir planes especiales, como por ejemplo los establecidos en el Artículo 50:

La elaboración de planes que contemplen la erradicación total o parcial de asentamientos no controlados localizados en zonas de interferencia con la infraestructura y equipamiento de servicios públicos y aquellas que por razones geológicas o de otro tipo sean consideradas de alta peligrosidad se hará coordinadamente con las autoridades municipales respectivas.

Este artículo refiere dos aspectos importantes para esta investigación, y son los relacionados con la erradicación total o parcial de asentamientos humanos que pudieran interferir con el equipamiento de servicios públicos o que por razones geológicas, constituyan zonas de alta peligrosidad, considerando de manera implícita el riesgo de desastres para las personas y sus bienes.

Por otra parte, la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (2009), aborda de manera específica los aspectos concernientes a la gestión de riesgos de desastres y define lineamientos de la política nacional, como la creación del Consejo Nacional de Gestión Integral de Riesgos, la Secretaría Técnica Nacional, los Gabinetes Estadales de Gestión Integral de Riesgos y los Gabinetes Locales de Gestión Integral de Riesgos. El Artículo 1 define su objeto:

Conformar y regular la gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos, estableciendo los principios rectores y lineamientos que orientan la política nacional hacia la armónica ejecución de las competencias concurrentes del Poder Público Nacional, Estatal y Municipal en materia de gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos.

Por otra parte, define el concepto de la Gestión integral de riesgos sicionaturales y tecnológicos en su Artículo 2:

La gestión integral de riesgos sicionaturales y tecnológicos es un proceso orientado a formular planes y ejecutar acciones de manera consciente, concertada y planificada, entre los órganos y los entes del Estado y los particulares, para prevenir o evitar, mitigar o reducir el riesgo en una localidad o en una región, atendiendo a sus realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales y económicas.

Por una parte, en el Numeral 1 del Artículo 6, se establece como una obligación del Estado: “Garantizar que las acciones propias de la ordenación del territorio y de la planificación del desarrollo a todos los niveles de gestión, eviten potenciar o incrementar las condiciones de vulnerabilidad o de amenazas en el país”. Y por otra parte, el Artículo 41, destaca la Participación Popular en la gestión de riesgos de desastres mediante los procesos de planificación:

El Estado, a través de los entes y órganos competentes, establecerá mecanismos de participación popular para el diseño, promoción e implementación de los planes, programas, proyectos y actividades en materia de gestión local de riesgos sicionaturales y tecnológicos en el ámbito nacional, estatal, municipal, local, comunal y sectorial a los fines de profundizar la democracia participativa y protagónica.

Por último, otra ley que requiere especial atención en materia de gestión de riesgo de desastres, es la Ley de Tierras Urbanas (2009), debido a que desarrolla un apartado para zonas de alto riesgo en suelos urbanos destinados la construcción de viviendas. El Artículo 1 destaca el objeto de la citada ley:

Regular la tenencia de tierras urbanas sin uso, aptas para el desarrollo de programas sociales de vivienda y hábitat, a los fines de establecer las bases del desarrollo urbano y la satisfacción progresiva del derecho a las viviendas dignas en las zonas urbanas.

Las tierras urbanas sin uso que pudieran ser destinadas para el desarrollo de programas sociales de vivienda y hábitat, deben ser sometidas a un estudio de suelo. De allí que el Artículo 11 establece:

La regularización de las tierras urbanas, comprenderá el estudio del suelo con el que se determinará si el mismo es susceptible de construcciones habitacionales, en caso contrario se le dará prioridad a otros elementos complementarios de la vivienda, que integran las urbanizaciones, así como plazas, canchas y módulos, previstos en los planes básicos de la comunidad. En todo caso, si del estudio del suelo resultare que el mismo no soporta ningún tipo de construcción, se destinará para la ejecución de proyectos ornamentales o arbóreos que permitan recrear las áreas urbanas y contribuyan a mejorar el medio ambiente.

Respecto a las zonas de alto riesgo, el Artículo 12 las define como: “terrenos que por las características del suelo que lo componen sean potencialmente inundables, inestables, que tengan pendientes muy pronunciadas, propensos a derrumbes y aquéllos declarados por las autoridades con competencia en materia de protección civil y administración de desastres”. Estas zonas merecen un tratamiento especial de protección a través del establecimiento de medidas. En este sentido, el Artículo 13 establece que “en las tierras urbanas calificadas de alto riesgo, por las autoridades competentes, no se podrá construir edificación alguna”.

Entre las medidas de protección que puede adoptar el Ejecutivo Nacional, destacan las de Artículo 14:

Ante la presunción o inminencia de desastres en terrenos urbanos de alto riesgo, en uso o no, declarará la zona en emergencia y de ser el caso, ordenará mediante acto administrativo motivado, el desalojo del área afectada y la demolición de las construcciones para evitar el riesgo de pérdidas humanas. En los terrenos declarados sin uso o los que hayan sido desocupados por medidas de seguridad o declarada la emergencia, no se permitirán nuevas construcciones.

En el caso de que se proceda al desalojo del área afectada y la demolición de las construcciones para evitar el riesgo de pérdidas humanas, el Artículo 15 destaca que:

El Ejecutivo Nacional adoptará las medidas necesarias para asegurar la sustitución progresiva de las viviendas construidas en terrenos de alto riesgo, la erradicación total o parcial de los asentamientos no controlados y otras construcciones que interfieran con la infraestructura, equipamiento, mantenimiento y funcionamiento de los servicios públicos; así como aquéllos que no posean la permisología correspondiente, emanada de las autoridades competentes en la materia.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta el proceso metodológico empleado para desarrollar la investigación en cuanto a su tipo y diseño, técnicas e instrumentos para recopilar y analizar la información, las variables e indicadores seleccionados, así como las fases empleadas para obtener cada una de ellas.

Tipo y Diseño de Investigación

El presente trabajo se desarrolló bajo la modalidad de Investigación de campo, definida por la UPEL (2016) como “el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia” (p. 16). Así mismo, es de carácter descriptivo ya que busca especificar las propiedades y características de los eventos producidos por movimientos en masa en el área de estudio basado en el grado de asociación entre las variables de la investigación, en este caso asociadas a susceptibilidad, amenaza, vulnerabilidad y riesgo de desastres por movimientos en masa. Es además una investigación no experimental, ya que se trata de observar los fenómenos tal como se dan en el contexto natural para después analizarlos (UPEL, 2016).

Delimitación del Área de Estudio

Para la delimitación del área de estudio se utilizó como criterio geográfico la cuenca hidrográfica. Según Agüero y Garay (2018) “la delimitación de cuencas hidrográficas se hace imprescindible para los análisis territoriales, a tal punto que son consideradas como la unidad del territorio fundamental para la planificación, manejo y gestión de los recursos naturales” (p. 2).

En este sentido, para la delimitación del área de estudio, se demarcó la línea divisoria de aguas definida por las altitudes y se tomó su punto de cierre en la zona más baja de la microcuenca, donde las precipitaciones que caen sobre ésta tienden a ser drenadas hacia un mismo punto de salida, en este caso constituido por el Rio Guaire. De esta manera, se obtuvo como superficie del área de estudio 95 hectáreas.

Técnicas e Instrumentos para Recolección de la Información

Las técnicas e instrumentos utilizados en esta investigación se asociaron a una fase de gabinete y una fase de campo. La fase de gabinete incluyó la revisión documental de referencias bibliográficas sobre los temas de susceptibilidad, amenaza, vulnerabilidad, riesgo de desastres y gestión prospectiva. Igualmente, se consultaron fuentes primarias, secundarias y electrónicas para recopilar la información existente del área de estudio: registro de eventos históricos, actividades antrópicas y cambios en el uso del suelo, mapas topográficos y temáticos, imágenes satelitales, registros pluviométricos, informes y estudios técnicos previos y bases de datos disponible para obtener información de eventos pasados, pérdidas, daños o efectos ocasionados por desastres en el área de estudio los cuales fueron sistematizados en fichas (ver apéndice A).

En la fase de campo se emplearon la observación directa y las entrevistas a informantes clave, tanto de la comunidad como de instituciones públicas. Se realizaron recorridos en el área de estudio con el uso de herramientas como GPS y cámaras fotográficas para verificar y complementar información sobre la susceptibilidad a movimientos en masa, procesos pasados y activos y los elementos expuestos ante la amenaza, cuya información se registró en diferentes formatos en los cuales se sistematizó la siguiente información:

- ✓ Variables de susceptibilidad: unidades litológicas, geotecnia, formas de terreno, procesos morfodinámicos, cobertura y uso del suelo (ver apéndice B).
- ✓ Movimientos en masa pasados y activos (ver apéndice C).
- ✓ Vulnerabilidad de las redes de agua potable y la vialidad (ver apéndice D).

Las entrevistas a informantes clave permitieron recabar información referente a la ocurrencia de eventos pasados y activos y a la vulnerabilidad de las redes de agua potable y vialidad del área de estudio. En este sentido, se realizaron entrevistas no estructuradas a voceros de Consejo Comunal Paulo VI y Consejo Comunal Terrazas de El Morro. Igualmente, se realizaron entrevistas a funcionarios de la Gerencia Técnica de HIDROCAPITAL e Instituto Municipal de Aguas de Sucre (IMAS), Instituto Municipal Autónomo de Transporte (IMAT) y la Dirección de Obras de la Alcaldía de Sucre, Protección Civil Sucre, Bomberos de Caracas sede La Urbina y FUNVISIS.

Información Cartográfica Base

Los mapas fueron elaborados aplicando los Sistemas de Información Geográfica con el software Arcgis 10.5. Los archivos bases *shapefile*¹ de la División Político Territorial (DPT), curvas de nivel, hidrografía, vialidad, toponimia, nomenclatura urbana y la distribución de las redes de agua potable provienen de diversas fuentes de información como la Alcaldía del Municipio Sucre, el Instituto Geográfico Simón Bolívar (IGVSB) y del Instituto Municipal de Aguas de Sucre (IMAS) con diferentes escalas entre 1:2500 a 1:5000. Se realizó la corrección y ajuste de esta información con base en la utilidad y calidad de la misma, a fin de estructurar la base de datos para la elaboración de mapas con información completamente depurada. Esta información permitió la elaboración de la cartografía base, identificar los procesos de interés en la fase de campo y la elaboración de mapas temáticos.

Para identificar procesos morfodinámicos y delimitar las unidades geomorfológicas, se utilizaron imágenes satelitales del Satélite Antonio José de Sucre (VRSS-2), derivadas de una fusión y procesamiento de las imágenes MSS y PAN del mes de julio de 2019, las cuales permitieron identificar junto a un

¹ Un shapefile es un formato sencillo y no topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas. Las entidades geográficas de un shapefile se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas). El espacio de trabajo que contiene shapefiles también puede incluir tablas del dBASE, que pueden almacenar atributos adicionales que se pueden vincular a las entidades de un shapefile. Tomado de: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm>

análisis multitemporal con imágenes de Google Earth, los cambios de uso de la tierra y la dinámica del entorno urbano.

Para la elaboración del mapa de pendientes, se generó un Modelo Digital de Elevación (MDE) utilizando la herramienta de *Spatial Analysis* de Arcgis 10.5 con curvas de nivel a 1metro, fuente del Plan Básico De Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas (2005). El modelo permitió analizar las formas del terreno y como estas inciden en los procesos morfodinámicos, la susceptibilidad a movimientos en masa y la cobertura y uso del suelo, permitiendo zonificar la amenaza, vulnerabilidad, exposición y el riesgo de desastres de las líneas vitales públicas, específicamente las redes de agua potable y la vialidad.

El nivel de detalle de la información base y el trabajo en campo, permitieron identificar a escala local los factores que inciden en la inestabilidad del terreno, mediante la identificación y verificación de afloramientos rocosos y los procesos morfodinámicos que afectan a la vialidad y las redes de agua potable expuestas, esto permitió obtener un nivel detallado para la representación cartográfica de los mapas elaborados para este trabajo de grado a escala 1:10.000.

Métodos para el Análisis de la Información

Los métodos heurísticos están basados en el estudio conceptual de los procesos de ocurrencia de los deslizamientos y requiere el análisis por parte de profesionales con conocimiento y experiencia tanto de la región estudiada como de los procesos (Suarez, 2009, p. 548). Se soportan en el criterio y evaluación del experto para definir el grado de susceptibilidad y permiten incorporar una gran cantidad de variables que dependen del conocimiento sobre los factores que causan los movimientos en masa (Mendoza y Aristizábal, 2017, pp. 175-176).

A los fines de esta investigación, el análisis heurístico fue utilizado para asignar valores de peso a cada uno de los factores y variables del mapa de susceptibilidad de acuerdo a su propensión a generar movimientos en masa y obtener así, los niveles de susceptibilidad para generar el mapa correspondiente. Para ello se compararon diversas metodologías e investigaciones que resumen

algunas variables y factores utilizados por diferentes autores para la evaluación de la susceptibilidad a movimientos en masa.

Posteriormente, se realizó una superposición de mapas temáticos en SIG mediante una suma ponderada con la extensión Spatial Analysis de ArcGIS 10.5, lo que generó los mapas de susceptibilidad, amenaza y vulnerabilidad para obtener el mapa de riesgo de desastres por movimientos en masa del área de estudio. Según Suarez (2009) el SIG se utiliza como una herramienta rápida de dibujo y cuantificación, donde el profesional decide qué mapas y valores de peso empleará con base en su experiencia o la de expertos (p. 549).

Procesamiento en el SIG

Con base en la metodología propuesta por Sánchez y Urego (2011) y Padrón (2017), el procesamiento en el SIG se desarrolló de la siguiente manera:

Para obtener el mapa de susceptibilidad, se clasificó cada mapa de variables de acuerdo a categorías a las cuales se asignaron pesos de acuerdo a su proclividad a generar movimientos en masa (en escala de 1 a 4). Igualmente, se asignó un peso a la influencia de cada variable en porcentaje, de acuerdo a su propensión a generar procesos de movimientos en masa. Por consiguiente, se planteó la siguiente ecuación para la determinación de la susceptibilidad (1):

$$\text{Susceptibilidad} = \text{geología} * \text{geomorfología} * \text{cobertura y uso del suelo} \quad (1)$$

Para la obtención de la amenaza, se relacionaron los niveles de susceptibilidad obtenidos con el factor detonante, en este caso, las precipitaciones, de acuerdo a los intervalos de intensidad de lluvias establecidos para cada umbral en los diferentes periodos de retorno. Así, se planteó la siguiente ecuación (2):

$$\text{Amenaza} = \text{Susceptibilidad} * \text{Lluvias} \quad (2)$$

Para la obtención de la vulnerabilidad física de las líneas vitales, se realizó un análisis con base en un escenario de amenaza donde se involucraron los elementos expuestos y la vulnerabilidad intrínseca de elemento frente a la amenaza, como se observa en la siguiente ecuación (3):

Vulnerabilidad = Amenaza * Exposición (3)

Por último, se superpuso el mapa de vulnerabilidad a los mapas de amenaza para distintos periodos de retorno, obteniendo de esta forma, los escenarios probables de riesgo como se aprecia en siguiente ecuación (4):

Riesgo de desastres = Amenaza * Vulnerabilidad (4)

Variables e Indicadores

Las variables e indicadores empleados se mencionan en la tabla 3 y están directamente vinculados a los objetivos específicos de la investigación:

Tabla 3

Variables e indicadores.

Objetivos específicos	Variables	Indicador
1. Identificar la amenaza por movimientos en masa activados por lluvias en el tramo BIMA – Paulo VI, Petare, municipio Sucre del estado Miranda.	Factores de susceptibilidad (condicionantes)	
	Geología: Unidades litológicas	Áreas en Hectáreas
	Geología: Clasificación GSI	Hectáreas o %
	Geomorfología: Geoformas	Áreas en Hectáreas
	Geomorfología: Pendiente	Grados
	Geomorfología: Procesos morofodinámicos	Ubicación
	Cobertura y uso del suelo: Unidades de cobertura	Hectáreas o %
	Factores detonantes (extrínsecos)	
	Precipitación	Intensidad (mm/hora)
	Vialidad	Estado de la superficie, mantenimiento, estándares de diseño y construcción
2. Analizar la vulnerabilidad física de las líneas vitales expuestas a movimientos en masa en el tramo BIMA – Paulo VI, Petare, municipio Sucre del estado Miranda.	Redes de agua potable	Estado actual, antigüedad, mantenimiento, material de construcción, estándares de diseño y

3. Evaluar el riesgo de desastres por movimientos en masa en el tramo BIMA – Paulo VI, Petare, municipio Sucre del estado Miranda.	Amenaza por movimientos en masa Vulnerabilidad física	construcción Niveles de amenaza: Bajo, Medio, Alto y Muy alto. Niveles de vulnerabilidad: Baja, Media, Alta y Muy alta
4. Proponer estrategias enmarcadas en la gestión prospectiva del riesgo de desastres para generar capacidades institucionales y comunitarias que contribuyan a la gestión del territorio local.	Medidas no estructurales	N° de programas y medidas de regulación. N° de programas de investigación. N° de programas de concienciación.

Procedimientos de la Investigación

1. Identificar la Amenaza por Movimientos en Masa Activados por Lluvias

Para obtener la amenaza por movimientos en masa, se tomaron como referencia los insumos y procesos necesarios propuestos por Suarez (2009). Estos procesos fueron adaptados a los fines de esta investigación e iniciaron con la elaboración de un inventario detallado de los procesos de inestabilidad ocurridos en el área de estudio, así como una revisión de la información teórica e institucional existente referente a estos procesos y el estudio de distintas metodologías para el estudio de la susceptibilidad a movimientos en masa.

Análisis de la Susceptibilidad por Movimientos en Masa. En vista de que la susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica qué tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste para que puedan ocurrir movimientos en masa, la probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo, no se consideró en este análisis (Suarez, 2009, p. 533). En consecuencia, para determinar la susceptibilidad, se tomaron como referencia las variables propuestas en la metodología del SGC y MINMINAS (2015, p. 34) de las cuales, se seleccionaron algunas a los efectos de esta investigación (ver tabla 4).

Tabla 4

VARIABLES DE LOS FACTORES CONDICIONANTES A MOVIMIENTOS EN MASA.

Factor de susceptibilidad	Variables	Variables seleccionadas
Geología	Unidades de geología para ingeniería (geotecnia-cuantitativo) Unidades de rocas Unidades de suelo Hidrogeología	Unidades litológicas Unidades de geología para ingeniería (geotecnia mediante aplicación del Modelo GSI)
Geomorfología	Morfogénesis Morfología Morfometría Morfodinámica	Morfología: Geoformas Morfometría: Pendiente Morfodinámica: Procesos anteriores y activos
Cobertura y uso del suelo	Unidades de cobertura	Unidades de cobertura

Nota. Elaboración propia con base en SGC y MINMINAS (2015).

A continuación se desarrollan cada uno de los factores y variables seleccionadas para el análisis de susceptibilidad:

Geología. Este factor refleja las características de los diferentes tipos de rocas, así como sus características texturales y sus propiedades geomecánicas (IDEAM, 2012, p. 18). Dentro de este factor de susceptibilidad se determinaron dos (02) variables para la presente investigación: unidades litológicas y unidades de geología para ingeniería (geotecnia - GSI). Estas unidades están igualmente subdivididas en categorías.

Unidades litológicas: fueron clasificadas en términos de su influencia en la estabilidad de los terrenos, tomando como base las características geológicas regionales del área de estudio y la comparación con las unidades litológicas reconocidas en campo. En la tabla 5 se resumen estas unidades.

Tabla 5

Unidades litológicas del área de estudio.

Formación litológica	Unidades litológicas
Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo moscovítico feldespático Esquisto cuarzo micáceo grafitoso
Mármol de Zenda	Mármol Depósitos aluviales

Para el levantamiento de la geología local del área de estudio, se utilizó como referencia la información secundaria relacionada con el marco geológico regional del área de estudio y el levantamiento en campo con la ayuda de profesionales en la materia. En este aspecto, se ubicaron en campo catorce (14) afloramientos rocosos a lo largo de la vialidad y en las zonas de canteras del área de estudio, donde se observaron rocas, suelos y/o sedimentos. Cada uno de los afloramientos fueron espacializados mediante la toma de coordenadas con GPS, se tomó una foto a escala de los afloramientos y se procedió a la caracterización en fichas de campo con los siguientes aspectos:

- ✓ Litotipo: definición a simple vista del tipo de roca aflorante (origen, formación a la que pertenecen, composición mineralógica).
- ✓ Foliación y diaclasas: Dirección del buzamiento de la foliación, familias de diaclasas y frecuencia.
- ✓ Reacción al HCl: para determinar presencia de minerales calcáreos.
- ✓ Toma de muestra y ubicación en el mapa correspondiente.

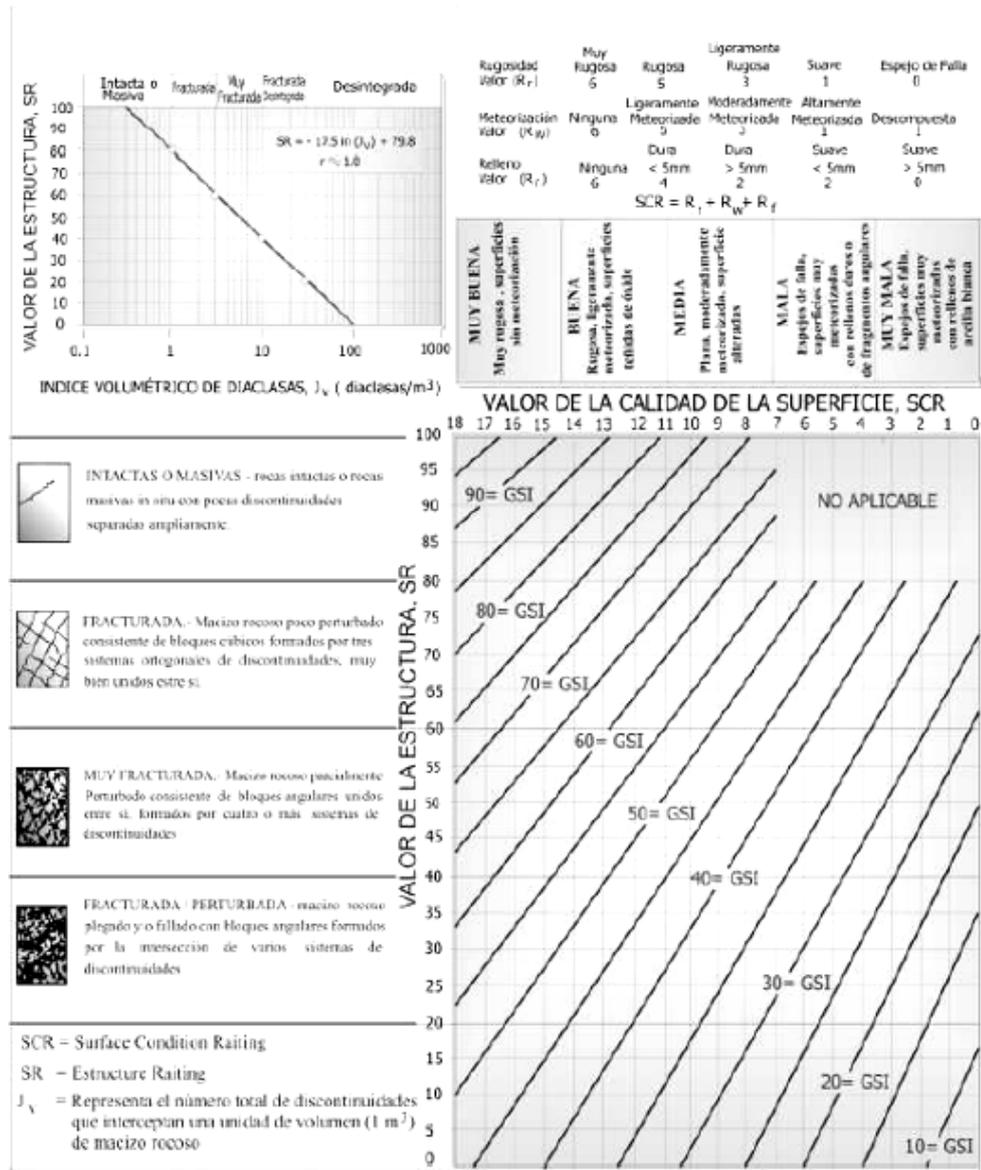
Posteriormente se delimitaron y caracterizaron las unidades litológicas identificadas en campo y se elaboró el mapa de geología local a partir de la cartografía básica y el levantamiento en campo, lo cual permitió separar diferentes unidades de acuerdo a sus características mineralógicas. En vista a las limitaciones de acceso a algunos lugares del área de estudio, fue necesario complementar la información para generar el mapa, por lo que se plotearon 19 puntos de la evaluación geológica levantados en el estudio OTIVL (2013).

Clasificación de Macizo Rocosó GSI: Para el estudio de los taludes se seleccionó la clasificación GSI (Geological Strength Index) de Hoek y Brown

(1995) debido principalmente a su sencillez para poder evaluar cada uno de los parámetros del macizo rocoso (ver figura 3).

Figura 3

Clasificación GSI del macizo rocoso.



Nota. Tomado de Belandria y Bongiorno (2012).

Para obtener la clasificación GSI, se establecieron 14 estaciones de trabajo en el tramo vial con el apoyo de la cartografía base y las imágenes satelitales, y se identificaron los afloramientos rocosos mediante la aplicación de fichas de campo sustentadas en la metodología, las cuales permitieron describir los parámetros de meteorización, rugosidad y relleno. De esta manera, se obtuvieron los rangos de

valores GSI que oscilan entre 0 y 100, siendo el valor 100 que caracteriza las mejores condiciones del macizo rocoso (ver tabla 6) para finalmente, elaborar el mapa de Geotecnia. De mismo modo, se plotearon los puntos de la evaluación geológica de OTIVL (2013) a fin de complementar la información levantada en campo, debido a las limitaciones de acceso planteadas en el apartado anterior.

Tabla 6

Clasificación del macizo rocoso GSI.

Calidad del Macizo	GSI
Muy mala	0 – 20
Mala	21 – 40
Regular	41 – 60
Buena	61 – 80
Muy buena	81 – 100

Nota. Elaboración propia con base en Belandria y Bongiorno (2012).

Geomorfología. Según el SGC y MINMINAS (2015) este factor se centra en identificar y caracterizar las geoformas desde los siguientes puntos de vista: morfología, morfometría y morfodinámica, a fin de familiarizarse con el ambiente geomorfológico presente en el área de estudio (p. 41). En esta investigación, el factor geomorfología se centró en identificar y caracterizar las formas de terreno en el área de estudio, la pendiente y procesos morfodinámicos.

Geoformas: El sistema de clasificación empleado para identificar las geoformas del área de estudio fue la clasificación de Zinck (2012), la cual las denomina “geoformas banales”, es decir, “aquellas que no presentan rasgos fisiográficos particularmente resaltantes y cuya expresión fisiográfica más común es la de vertientes convexo-cóncavas y que ocurren a nivel de relieve/modelado y de forma de terreno en paisajes de montaña, lomerío, peneplanicie y piedemonte” (p. 86). Las mismas representan las categorías empleadas para la determinación de la susceptibilidad a movimientos en masa en el área de estudio (ver tabla 7).

Tabla 7

Clasificación de formas de terreno.

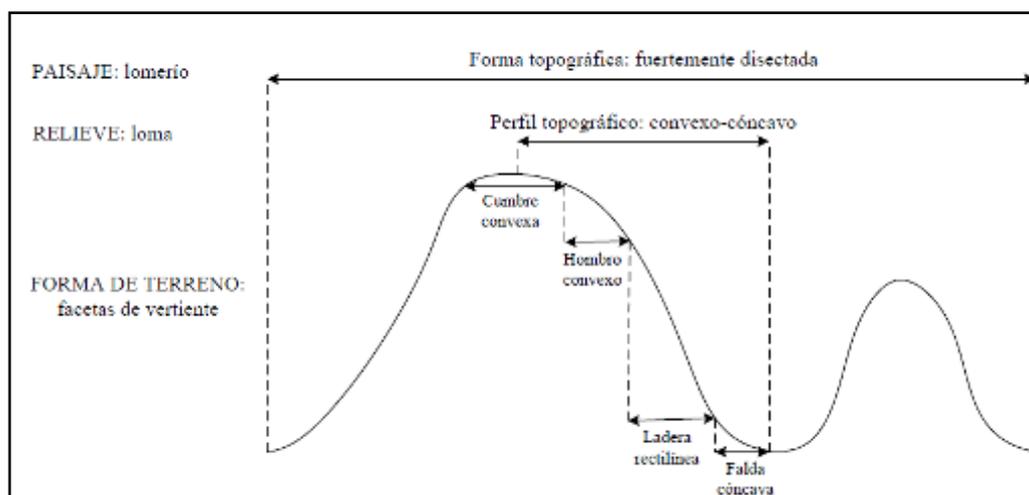
Clases de perfil topográfico	Formas de terreno
Plano	Mesa, terraza
Cóncavo	Cubeta, falda de vertiente
Convexo	Albardón, hombro de vertiente
Rectilíneo	Ladera

Nota. Elaboración propia con base en Zinck (2012).

En la figura 4 se aprecia la relación entre las clases de perfil topográfico, las formas del terreno y los niveles categóricos de este sistema de clasificación

Figura 4

Relación entre los atributos topográficos y los niveles categóricos del sistema de clasificación de las geoformas.



Nota. Tomado de Zinck (2012).

Así mismo, el perfil topográfico fue correlacionado con la variable pendiente y procesos morfodinámicos presentes en el área de estudio a los fines de realizar el análisis. En la tabla 8 se muestran las relaciones entre la faceta de vertiente, el perfil topográfico y la dinámica morfogenética dominante, según Zinck (2012) y Sánchez y Urego (2012), consideradas para el análisis.

Tabla 8

Relaciones entre la faceta de vertiente, el perfil topográfico y la morfodinámica dominante.

Faceta de vertiente (Ruhe, 1975)	Perfil topográfico (Zinck, 2012)	Morfodinámica dominante (Zinck, 2012)	Procesos asociados (Sánchez y Urego, 2012)
Cumbre	Plano/convexo	Ablación/erosión	Meteorización y erosión. Pequeños deslizamientos rotacionales
Hombro	Convexo	Erosión	
Ladera	Rectilíneo-inclinado	Material en tránsito	Movimiento traslacional
Falda	Cóncavo	Acumulación lateral	Movimientos traslacionales
Pie de vertiente	Cóncavo/plano	Acumulación longitudinal	

Nota. Elaboración propia con base en Zinck (2012) y Sánchez y Urego, 2012.

La identificación de las formas del terreno en el área de estudio se realizó con el apoyo de las imágenes satelitales del Satélite Antonio José de Sucre (VRSS-2), la superposición de las capas de curvas de nivel y el MDE permitiendo identificar el grado de concavidad/convexidad de las laderas. Posteriormente, con esta información y la verificación en campo, se realizó un análisis del área y se definieron las formas de terreno para la elaboración del mapa de Geoformas.

Pendiente: Esta variable está muy relacionada con la aparición de movimientos en masa, dado que es el principal factor geométrico que aparece en los análisis de estabilidad y es una de las principales condiciones para que ocurra un movimiento en masa. Para esta investigación se empleó la pendiente medida en grados.

En este sentido, el análisis de la pendiente se realizó a través del MDE e involucró la determinación de diferentes rangos y la distribución de los valores de pendientes de las laderas (naturales e intervenidas) que definen la topografía del

área de estudio. Los rangos de pendientes considerados se presentan en la tabla 9 y se ajustan a los rangos propuestos por FUNVISIS (2009, p. 549).

Tabla 9

Rangos de pendiente.

Pendiente	Topografía
0° - 11°	Plano / inclinación suave
11° - 21°	Moderadamente escarpado
21° - 31°	Escarpado
31° - 45°	Muy escarpado
>45	Extremadamente escarpado

Nota. Elaboración propia con base en FUNVISIS (2009).

Procesos morfodinámicos: Para esta variable se establecieron dos niveles de análisis de acuerdo a la metodología del SGC y MINMINAS (2015): el registro histórico y el inventario de movimientos en masa, los cuales permitieron establecer aquellos procesos que afectaron o afectan el área de estudio (p. 42). El registro histórico contiene fecha de reporte del evento, localización geográfica, clasificación del movimiento y daños. Por su parte, el inventario de movimientos en masa, contiene información técnica levantada en campo sobre los procesos morfodinámicos, en el cual se incluyen datos relacionados con el tipo, actividad del movimiento, morfometría, material involucrado, causas y daños.

El registro histórico de eventos proporciona información fundamental en la zonificación de amenazas por movimientos en masa, y aunque no es detallado en cuanto a la descripción técnica del evento, junto con el inventario de movimientos de masa, constituye la principal cobertura de información con fines de calibración y validación de los resultados (SGC y MINMINAS, 2015, p. 43).

Para recopilar esta información se acudió a distintas instituciones que atienden emergencias o realizan visitas técnicas asociadas a la inestabilidad de laderas como la Dirección de Obras de la Alcaldía de Sucre, Protección Civil Sucre, Bomberos de Caracas y FUNVISIS. Igualmente, se consultó la base de datos de DesInventar y FUNVISIS, así como reportes en medios de

comunicación, obteniéndose eventos reportados en un período comprendido entre octubre de 2007 y octubre de 2018. Para cada evento se consideró su localización geográfica, fecha de reporte y ocurrencia del evento, tipo de movimientos en masa, causa, descripción, daños generados y registro fotográfico. Esta información fue sistematizada en una matriz y fichas de registro para cada evento.

Por su parte, el inventario de procesos morfodinámicos se debe generar a partir del levantamiento en campo (SGC y MINMINAS, 2015, p. 43). En este sentido, a partir del trabajo de campo e interpretación visual de imágenes satelitales así como del archivo histórico de Google Earth, se identificaron movimientos en masa en el área de estudio, reportando la ubicación, unidad litodémica, material deslizado, tipo de movimiento en masa, evidencia, causa, cobertura y uso del suelo y daños para cada uno de los eventos identificados.

La verificación en campo consistió en identificar de manera directa los movimientos en masa a lo largo de la vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y el Urbanismo El Morro, así como en las áreas de canteras mediante la aplicación de fichas para el registro de estos procesos. Para los puntos de acceso más difícil, se plotearon ocho (08) procesos identificados en el estudio OTIVL (2013), los cuales fueron verificados desde la ladera colindante al área de estudio. Los movimientos en masa fueron identificados con GPS y registrados como puntos con coordenadas geográficas, a los fines de generar una base de datos en el SIG y crear el mapa de procesos morfodinámicos.

Cobertura y Uso del Suelo. Es el último factor de susceptibilidad definido en la variable unidades de cobertura. Al respecto, el SGC y MINMINAS (2015) destacan que se deben valorar los aspectos antrópicos relevantes en la zonificación de amenaza por movimientos en masa, como cambios en el uso, cortes de laderas y explanaciones asociada a zonas urbanas, periurbanas y de expansión (p. 44). De esta manera, se considera en esta variable, el grado de intervención antrópica que juega un papel importante en los niveles de estabilidad de las laderas, producto de las alteraciones que sufren las condiciones geológicas-geotécnicas iniciales del área de estudio.

Para determinar el tipo de intervención antrópica del área de estudio, se tomaron como referencia las categorías definidas por FUNVISIS (2009, p. 568):

Ninguna: representan aquellas laderas sin ningún tipo de intervención antrópica, provistas de cobertura vegetal, con procesos de escorrentía natural y donde la saturación del terreno depende únicamente del régimen pluviométrico.

Intervención ordenada: constituyen las zonas urbanizadas con previa planificación, donde las condiciones de humedad natural del terreno se pueden ver influenciadas principalmente por modificaciones en las condiciones naturales del agua superficial por medio de canales y zanjas y por la infiltración de ductos de agua, especialmente acueductos y alcantarillados.

Intervención desordenada: este tipo de intervención se observa principalmente en zonas de barrios, donde los procesos de urbanismo se realizan de manera desordenada y generalmente existe un mal manejo de las aguas superficiales y subterráneas. Entre los principales factores que determinan un mayor grado de saturación del terreno en esta zona destacan: ausencia de un sistema de alcantarillado, ausencia de sumideros para las aguas de lluvias o poca capacidad en los existentes, disposición inadecuada de la basura y los desechos sólidos, construcción de depósitos de agua y descarga directa sobre la ladera de las aguas de consumo y aguas servidas.

Igualmente, para determinar los tipos de cobertura según el uso del suelo, se tomaron como referencia las zonas propuestas por FUNVISIS (2009) que establecen cinco (05) zonas con diferentes niveles y tipos de intervención, estado de la vegetación y accidentes topográficos (pp. 581–582):

- ✓ Zonas donde no existe ningún tipo intervención y presenta una buena cobertura vegetal (vegetación de gran altura, bosques), estas zonas presentan una baja susceptibilidad a movimientos en masa, en donde en algunos casos se pueden evidenciar procesos geodinámicos incipientes.
- ✓ Zonas en donde no existe ningún tipo de intervención y presenta una cobertura vegetal moderada (vegetación de poca altura, matorrales) estas zonas presentan una baja susceptibilidad a movimientos en masa, pero no

habría que descartar la generación de procesos de poco tamaño como: flujos de barro, aludes torrenciales y deslizamientos de poca magnitud.

- ✓ Zonas donde se han realizado urbanismos de manera planificada y ordenada, esta zona presenta una susceptibilidad moderada a la generación de movimientos en masa, son sectores medianamente estables, pero no se descarta la ocurrencia de procesos de tamaño moderado.
- ✓ Zonas en donde se han realizado urbanismos de manera descontrolada y desordenada (como en la zonas de viviendas informales) en donde la intervención del medio de manera agresiva y donde se observan cortes inadecuados mal preservados en taludes, estos sectores presentan una altísima inestabilidad geotécnica con alta susceptibilidad a sufrir procesos de movimientos en masa como: deslizamientos superficiales y profundos, erosión concentrada que puede evolucionar a cárcavas.
- ✓ Zonas en donde se ha practicado la explotación de material rocoso mediante la utilización de explosivos, son zonas que presentan una alta susceptibilidad a la generación de movimientos en masa como desprendimientos de rocas.

Basado en estas descripciones se establecieron las categorías empleadas para el análisis de la cobertura y uso del suelo, identificando en el área de estudio cinco (05) tipos de cobertura y uso del suelo a partir de la interpretación de imágenes satelitales y la verificación en campo mediante el uso de fichas (ver tabla 10). Esta verificación permitió identificar zonas diferenciadas con base en el nivel de intervención antrópica y el estado de la cobertura vegetal, como indicativo del posible desarrollo de movimientos en masa. Con base a esta información, se definieron polígonos con unidades homogéneas de cobertura y uso del suelo y se elaboró el mapa de unidades de cobertura.

Tabla 10

Unidades de cobertura del factor cobertura y uso del suelo.

Unidades de cobertura	Descripción
Alta cobertura	Sin intervención antrópica. Buena cobertura vegetal (vegetación de gran altura, bosques)
Mediana cobertura	Sin intervención antrópica. Cobertura vegetal moderada (vegetación de poca altura y matorrales)
Moderada cobertura	Intervención ordenada. Urbanismos planificados
Baja cobertura	Intervención desordenada. Urbanismos no planificados (zonas de barrio, construcciones informales)
Sin cobertura	Suelos descubiertos y explotación de material rocoso

Nota. Elaboración propia con base en FUNVISIS (2009).

Susceptibilidad a Movimientos en Masa. Para definir los niveles de susceptibilidad a movimientos en masa en el área de estudio, se utilizó el análisis heurístico a fin de hacer una evaluación de las condiciones de estabilidad del área, considerando los factores seleccionados como característica fundamental para la asignación de una valoración (Mendoza y Aristizábal, 2017, p. 180).

En este sentido, para asignar una ponderación a cada factor y variable, se realizó una revisión de trabajos previos en el área de estudio, así como de diferentes metodologías para la determinación de la susceptibilidad a movimientos en masa. Para ello se elaboró una matriz donde se compararon nueve (09) metodologías aplicadas en diferentes estudios, las cuales orientaron el proceso de asignación de pesos ponderados (ver tabla 11).

Se puede destacar que un 78% de los estudios consultados, asignan la mayor ponderación al factor geomorfología, seguido del factor geología y un 68% asignan el menor peso al factor cobertura y uso del suelo. En cuanto a las variables, resalta que la morfometría, por lo general, tiene un peso mayor respecto a las variables morfología o morfodinámica. Por su parte, la variable litología en la mayoría del los estudios, tiene un peso importante dentro del factor geología y la variable cobertura y uso del suelo, tiene un peso menor respecto a todas las

variables, a excepción de tres (03) estudios que la colocan por encima de la variable litología.

Los estudios de FUNVISIS (2009), Sánchez y Urego (2012), Fajardo (2016) y Padrón (2017), facilitaron la realización de esta valoración en vista de que coinciden en la evaluación de variables como litología, morfología, morfometría, morfodinámica y cobertura y uso del suelo, y asignan ponderaciones muy similares a las mismas, lo que permitió realizar la asignación final de valores de peso para cada factor y variable asumida en esta investigación.

Con base en el análisis anterior, se construyó la matriz de susceptibilidad final (ver tabla 12), la cual involucra cada uno de los factores, variables y categorías seleccionadas con sus respectivas ponderaciones. Cabe destacar que la asignación de pesos ponderados para cada categoría, está basada en el conocimiento específico de cada variable y su propensión a generar procesos de movimientos en masa en el área de estudio.

Finalmente, esta matriz permitió construir los mapas temáticos para cada variable y el mapa de susceptibilidad final a movimientos en masa. Para ello se definieron cuatro (04) niveles de susceptibilidad a partir de la evaluación de cada una de las variables de la matriz, es decir, los valores más altos, representan una susceptibilidad Alta y Muy alta; los valores intermedios una susceptibilidad Media, y los valores más bajos, una susceptibilidad Baja. Estos niveles de susceptibilidad se describen en la tabla 13.

Tabla 11

VARIABLES DE SUSCEPTIBILIDAD Y PONDERACIONES SEGÚN ESTUDIOS PREVIOS PARA LA EVALUACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA.

PIPAD (s.f.)		Cartaya, S., Pacheco, H. y Méndez, W. (2008)		FUNVISIS. (2009)		Ramírez, N. y Midori, S. (2011)		Sánchez, C. y Urego, L. (2012)	
Unidad geomorfológica	13%	Geomorfología	30%			Geomorfología	13%	Morfología	24%
Procesos erosivos	15%			Geodinámica externa	40%			Morfodinámica	24%
Usos del suelo	14%	Conflicto de uso del suelo	10%			Uso tierra / Cob. Veg.	7%	Uso del suelo	5%
Isoyetas	16%								
Formaciones geológicas superficiales	20%	Geología	40%	Litología	15%	Litología	43%	Geología	36%
Pendientes	22%	Pendiente media del terreno	20%	Clinometría	15%	Pendiente	37%	Morfometría	11%
				Estabilidad geométrica	30%				

Tabla 11 (Continuación)

Variables de susceptibilidad y ponderaciones según estudios previos para la evaluación de movimientos en masa.

Zabala, B., Rosado, M. y Lu León, S. (2012)		Universidad Católica de Oriente. (2014)		Fajardo, O. (2016)		Padrón, C. (2017)	
Geomorfología	20%	Geomorfología	19%	Morfogénesis	15%	Morfología	15%
		Procesos erosivos	21%	Morfodinámica	15%	Morfodinámica	20%
Cobertura vegetal y uso del suelo	8%	Cobertura	15%	Cobertura	20%	Uso del suelo	5%
		Precipitación	10%				
Litología	40%	Material superficial	10%	Geología	15%	Litología	5%
Pendiente	20%	Pendiente	25%	Morfometría	20%	Morfometría	10%
						Mecánica de rocas	30%
Unidades hidrogeológicas	12%					Geotecnia	15%
				Suelos edáficos	15%		

Tabla 12

Matriz de susceptibilidad por movimientos en masa.

Factor de susceptibilidad	Ponderación	Variables	Ponderación	Categorías	Peso
Geología	30%	Unidades litológicas	20%	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático - Inestable	4
				Esquisto cuarzo micáceo grafitoso – Inestable	4
				Mármol – Estabilidad intermedia	3
				Depósitos aluviales	4
		Clasificación del macizo rocoso GSI	10%	81 – 100 Muy buena	1
				61 – 80 Buena	2
				41 - 60 Regular	3
				21 – 40 / 21 – 40 - Mala	4
				0 – 20 Muy mala	5
Geomorfología	50%	Morfología: Geoformas	15%	Convexo	4
				Cóncavo	3
				Rectilíneo	2
				Plano	1
		Morfometría: Pendiente	20%	0° - 11° Baja	1
				11°- 21° Moderada	2
				21°- 31° Media	3
				31°- 45° Alta	4
				>45° Muy alta	5

		Morfodinámica: Procesos anteriores y activos	15%	No existe Existe y se intervino Existe	1 3 5
Cobertura y uso del suelo	20%	Unidades de cobertura	20%	Sin intervención antrópica. Buena cobertura vegetal (vegetación de gran altura, bosques) – Alta cobertura Sin intervención antrópica. Cobertura vegetal moderada (vegetación de poca altura y matorrales) – Mediana cobertura Intervención ordenada. Urbanismos planificados – Moderada cobertura Intervención desordenada. Urbanismos no planificados (zonas de barrio, construcciones informales) – Baja cobertura Suelos sin vegetación y explotación de material rocoso – Sin cobertura	1 2 3 4 5

Tabla 13

Niveles de susceptibilidad por movimientos en masa.

Calificación	Niveles de susceptibilidad	Descripción
1	Bajo	Terrenos compuestos por roca fresca a poco meteorizada (GSI: Bueno – Muy bueno), ubicados en zonas planas o terrazas con pendientes menores de 7° donde predominan procesos acumulativos. Presentan buena cobertura vegetal (vegetación de gran altura o bosques), sin intervención antrópica y no se observan indicios de movimientos en masa antiguos o activos.
2	Medio	Taludes/laderas con pendientes promedios entre 7° y 15°, compuestos por roca moderadamente meteorizada y poco fracturada (GSI: Regular) donde predominan procesos erosivos y acumulativos. Presentan mediana cobertura con vegetación de poca altura y matorrales sin intervención antrópica. Ocurrencia de movimientos en masa incipientes, deslizamientos locales esporádicos.
3	Alto	Taludes/laderas con pendientes promedios entre 15° y 22°, compuestos por roca meteorizada y fracturada (GSI: Mala) donde predominan procesos erosivos. Terrenos con escasa vegetación o deforestados e intervención ordenada (urbanismos planificados). Evidencias de movimientos en masa antiguos y se evidencian movimientos en masa activos a nivel local.
4	Muy alto	Taludes/laderas con pendientes mayores a 22°, compuestos por roca muy meteorizada y fracturada (GSI: Muy mala) donde predominan procesos de meteorización y erosión. Presentan escasa o nula vegetación a causa de los procesos antrópicos (intervención desordenada, urbanismos no planificados) y explotación de material rocoso. Existen evidencias de ocurrencia de movimientos en masa activos en zonas relativamente amplias.

Nota. Modificado de Padrón (2017).

Estimación del Umbral de Lluvias. Luego del análisis de susceptibilidad, se realizó el estudio de las probabilidades reales de que se presenten las condiciones para la ocurrencia de movimientos en masa. En esta etapa se obtuvo el factor detonante, el cual, para la presente investigación, se centró en la influencia de la lluvia como desencadenante de estos procesos. Según Mayorga (2003a) el estudio de la relación de la lluvia con la ocurrencia de los movimientos en masa, es de gran importancia debido a que es el evento que dispara con mayor frecuencia los movimientos en masa. En consecuencia, para desarrollar un modelo de pronóstico, se determinaron los umbrales de lluvia, es decir, el estudio de este factor detonante y así establecer relaciones lluvia – movimientos en masa (p. 74).

Aristizabal et al. (2011) define el término umbral como el nivel mínimo o máximo de alguna cantidad a partir de la cual un proceso ocurre. En el caso de los umbrales de lluvia para el pronóstico de movimientos en masa, el umbral mínimo representa la cantidad de lluvia por encima de la cual la probabilidad de ocurrencia de un movimiento en masa se incrementa drásticamente, en tanto que el umbral máximo corresponde a la cantidad de lluvia en la cual ha ocurrido el mayor porcentaje de movimientos en masa. Los umbrales definidos por métodos empíricos o estadísticos están basados en datos históricos de lluvias y de movimientos en masa; en general, estos métodos relacionan la ocurrencia del evento con la intensidad de la lluvia, la duración o la lluvia acumulada (p. 99).

En este sentido, se realizó un análisis de la información pluviométrica disponible, emitida por INAMEH en las estaciones cercanas al área de estudio (ver tabla 14). En vista de que existían vacíos importantes en el registro de datos en dichas estaciones, no se logró obtener una serie de datos completa de 30 años mínimos consecutivos hasta el año 2019. En consecuencia, para el cálculo de los umbrales de lluvia, se tomaron los datos del registro pluviométrico de la estación Cántaros de la UCV, en un periodo comprendido desde el año 1988 hasta el año 2019, por ser esta la única información disponible con los registros completos.

Tabla 14

Estaciones pluviométricas cercanas al área de estudio.

Serial	Estación	Localización		Operatividad
		Latitud	Longitud	
MI05027AP1	Caurimare	10.5	-66.79	1949-1951
				1953-1961
				1967-1974
				1976-1995
				1997-1999
MI05033CP1	Los Chorros	105.075	-66.823.889	1967
MI00624CP1	Urb. Miranda	10.484.722	-66.783.333	1968-1983
MI05047CP1	Macaracuay	10.462.222	-66.808.611	1972-1974
				1976-1983
MI05027CC1	Caurimare	10.503.333	-66.79	2011
				2015-2017
MI07342AP1	El Llanito	1.047.354	-6.680.931	2017-2018

Nota. Elaboración propia con base en los datos de precipitación emitidos por INAMEH.

Con base en lo anterior, se evaluó la lluvia como factor detonante, estimando el umbral de lluvias máximas en 24 horas basado en la metodología propuesta por Padrón (2017). A partir de las series históricas de lluvias, se sistematizaron los datos diarios y se aplicó un análisis de probabilidades por medio de la distribución Gumbel Tipo I, con la finalidad de obtener las precipitaciones diarias máximas probables para distintas frecuencias.

La determinación de la intensidad y la duración se calculó mediante curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) con los registros de la estación pluviométrica Cántaros para duraciones de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12 y 24 horas donde se establecieron los umbrales de lluvia mínimo y máximo. Posteriormente, se establecieron los valores extremos para períodos de retorno de 2, 5, 10 y 25 años a través de la distribución de Gumbel tipo I y regresiones potenciales. A diferencia del modelo de Padrón (2017), donde se establecen los periodos de retornos para 5, 10, 50 y 100 años, se decidió tomar estos periodos de retorno más cortos, en vista

de que permiten obtener una mayor aproximación a la recurrencia de estos umbrales de lluvia en el área de estudio.

Finalmente, para establecer una relación con los eventos ocurridos en el área de estudio y hacer una validación de los umbrales de lluvias obtenidos para la activación de movimientos en masa, se realizó el análisis de la lluvia evento con base en la metodología de Mayorga (2003b). Este análisis considera “el efecto inmediato que la precipitación que se presenta el día de ocurrencia del deslizamiento tiene sobre éste” (p. 164).

Para ello se realizó una selección de tres eventos de movimientos en masa ocurridos en el área de estudio, considerando su ubicación espacio-temporal, es decir, que tuviera la fecha (día/mes/año) así como la localización exacta del fenómeno (coordenadas geográficas), el tipo de movimiento y que efectivamente, contara con datos de registro de precipitación de las estaciones cercanas al área. Luego, se procedió a analizar estos registros para el día del evento y dos días previos al mismo, teniendo en cuenta sólo los días con lluvia, es decir, aquellos en los cuales su precipitación es diferente de cero, con el fin de analizar y comparar su proximidad al umbral de lluvia obtenido para el periodo de retorno de 2 años.

Zonificación de la Amenaza. Finalmente se obtuvo el mapa de amenaza por movimientos en masa para distintos periodos de retorno (2, 5, 10 y 25 años) con la aplicación de un modelo en el que se involucran la susceptibilidad a movimientos en masa y los umbrales de lluvia obtenidos. En este sentido se aplicó la metodología de Sánchez y Urego (2011) para la construcción de mapas de amenaza, donde se establecen rangos para los detonantes de lluvia. En este caso, se dividieron los umbrales de lluvia obtenidos para cada periodo de retorno por cuartiles y fueron combinados posteriormente con los valores de susceptibilidad obtenidos en la fase anterior (por ejemplo, una susceptibilidad Muy alta combinada con un detonante Muy alto produce un valor de amenaza Muy alto). Los niveles de amenaza obtenidos se establecieron de acuerdo a los niveles de susceptibilidad en cuatro (04) niveles de amenaza.

Los mapas de amenaza obtenidos para los distintos periodos de retornos, fueron validados mediante la superposición del mapa de procesos morfodinámicos, verificando su coincidencia con las áreas de Alta y Muy alta amenaza. El mismo representó un elemento clave para la validación del modelo propuesto y constituyó un insumo imprescindible para la determinación de la vulnerabilidad y el riesgo de desastres que se presenta en las fases siguientes.

2. Analizar la Vulnerabilidad Física de las Líneas Vitales Expuestas a Movimientos en Masa

Los procedimientos empleados para analizar la vulnerabilidad física de las líneas vitales públicas del área de estudio, se basaron en la metodología propuesta por el SGC y MINMINAS (2015, p. 85), la cual fue adaptada a los fines de esta investigación para otorgarle una orientación cualitativa.

Identificación y Localización de los Elementos Expuestos. Se evaluaron las líneas vitales públicas, específicamente la vialidad y la red de agua potable, los cuales por su localización, pueden resultar afectadas por la materialización de una amenaza. Esta etapa se realizó mediante el análisis de la cartografía disponible suministrada por la Alcaldía de Sucre y el IMAS, imágenes satelitales y la información institucional y comunitaria obtenida a través de entrevistas.

Después de analizar la información básica, se procedió a realizar un reconocimiento de campo a lo largo de la vialidad y en los sectores donde se encontraban expuestas las redes de agua potable. Con el apoyo de GPS se tomaron datos de las coordenadas en los puntos de la vialidad, estableciendo progresivas con un intervalo de 100 metros debido a la escala de trabajo. Se realizó lo propio para la red de agua potable, pero a través de un análisis en SIG debido a las limitaciones de acceso a las tuberías. De esta manera, se definieron 22 puntos de trabajo para la vialidad (ver apéndice E), y para las redes de agua potable, se establecieron 22 puntos de trabajo en el Alimentador Este y 36 puntos de trabajo en el Alimentador Sur Filas de Mariches (ver apéndice F), esto con la finalidad de aplicar los formatos de campo en la siguiente fase.

Caracterización de los Elementos Expuestos. Cada elemento identificado y localizado, fue descrito y categorizado en función de las variables presentadas en la tabla 15, las cuales definieron la vulnerabilidad física de las líneas vitales analizadas. Para la vialidad se realizaron recorridos de campo, con la finalidad de aplicar el formato para la identificación y caracterización de la vialidad en las áreas con condición de amenaza identificadas en la fase anterior. Para el caso de las redes de agua potable, solo se aplicó el formato de campo para la identificación y caracterización de la red de agua potable en las áreas donde se encontraban expuestas las tuberías. Para complementar esta caracterización, se utilizó la información suministrada por los funcionarios de HIDROCAPITAL y el IMAS, así como la información suministrada por voceros comunitarios.

Tabla 15

Elemento, variable y categoría para la caracterización de líneas vitales expuestas.

Elemento	Variable	Categoría	Peso	Descripción	
Vialidad	Estado revestimiento	Bueno	1	Determina las condiciones actuales de funcionamiento que pueden ampliar las condiciones de vulnerabilidad.	
		Regular	5		
		Malo	10		
	Mantenimiento	Planificado	1		El mantenimiento de las estructuras, garantiza el buen funcionamiento y la detección de fallas en el sistema.
		Esporádico	5		
		Ninguno	10		
	Estándares de diseño y construcción	Aplica la norma vigente	1		Al contar con la normatividad, en cuanto a parámetros de diseño, se garantiza obras seguras, durables, de funcionamiento adecuado, sostenibles.
		Aplica la norma anterior	5		
		No aplica la norma	10		
Redes de agua potable	Estado actual	Bueno	1	El estado permite determinar el funcionamiento real. Este podría disminuir o ampliar su vulnerabilidad.	
		Regular	5		
		Malo	10		
	Antigüedad	0-25 años	1		Determina las condiciones

	25-50 años	5	intrínsecas de las redes que podrían fallar (muchas veces se asocian al material de construcción).
	Mayor de 50 años	10	
Mantenimiento	Planificado	1	El mantenimiento de las estructura garantiza el buen funcionamiento y la detección de fallas en el sistema.
	Esporádico	5	
	Ninguno	10	
Material de construcción	Acero	1	Permite conocer vulnerabilidades intrínsecas asociadas a los materiales (calidad y/o proceso constructivo).
	PVC	5	
	cemento/tierra	10	
Estándares de diseño y construcción	Aplica la norma nacional	1	Al contar con normatividad, en cuanto a parámetros de diseño, se garantiza obras seguras, durables, de funcionamiento adecuado, sostenible en el tiempo y con costos que garanticen los mayores beneficios a la inversión prevista.
	Aplica la norma nacional y local	5	
	Luego de la norma local	10	

Nota. Elaboración propia con base en SNGR y PNUD (2012).

Esta caracterización fue sistematizada en matrices, donde se asignó a cada criterio un valor de vulnerabilidad con base en la metodología propuesta por SNGR y PNUD (2012) para obtener posteriormente, una sumatoria global que ubica a las líneas vitales en cuatro (04) niveles de vulnerabilidad física. Estos niveles fueron previamente establecidos, a los fines de realizar una mejor lectura de la vulnerabilidad física en las líneas vitales y ajustarlos a los niveles de susceptibilidad y amenaza propuestos en la fase anterior. Los mismos se describen en la tabla 16 para la vialidad y en la tabla 17 para las redes de agua potable.

Tabla 16

Niveles de vulnerabilidad física de la vialidad.

Clasificación	Nivel de vulnerabilidad	Descripción
1	Bajo	El revestimiento se encuentra en buen estado lo que garantiza un funcionamiento adecuado. El mantenimiento de la infraestructura se realiza de manera planificada. Al aplicar la normativa vigente para su diseño y construcción constituye una obra segura, durable y con funcionamiento adecuado.
2	Medio	El revestimiento se encuentra en un estado regular lo cual restringe un funcionamiento adecuado. El mantenimiento de la infraestructura se realiza de manera esporádica. Al aplicar la normativa vigente para su diseño y construcción constituye una obra segura, durable y con funcionamiento adecuado.
3	Alto	El revestimiento se encuentra en un estado regular lo cual restringe un funcionamiento adecuado. El mantenimiento de la infraestructura se realiza de manera esporádica. Al no aplicar la normativa vigente para su diseño y construcción, no se garantiza una obra segura, durable y con funcionamiento adecuado.
4	Muy alto	El revestimiento se encuentra en mal estado. No se realiza mantenimiento alguno. No cuenta con ningún tipo de normativa para su diseño y construcción.

Nota. Elaboración propia con base en SNGR y PNUD (2012).

Tabla 17

Niveles de vulnerabilidad física de las redes de agua potable.

Clasificación	Nivel de vulnerabilidad	Descripción
1	Bajo	La red se encuentra en buen estado lo que garantiza un buen funcionamiento. La antigüedad oscila entre 0 y 25 años. El mantenimiento de las estructuras se realiza de manera planificada lo que garantiza el buen funcionamiento y la detección de fallas en el sistema. Su material de construcción es acero. Al aplicar la norma nacional para su diseño y construcción constituye una obra segura, durable, de funcionamiento adecuado y sostenible en el tiempo.
2	Medio	La red se encuentra en un estado regular lo que implica un funcionamiento limitado. La antigüedad oscila entre 25 y 50 años. El mantenimiento de las estructuras se realiza de manera esporádica lo que limita su funcionamiento y la detección de fallas en el sistema. Su material de construcción es acero o PVC. Al aplicar la norma nacional para su diseño y construcción constituye una obra segura, durable, de funcionamiento adecuado y sostenible en el tiempo.
3	Alto	La red se encuentra en un estado regular lo que implica un funcionamiento limitado. La antigüedad oscila entre 25 y 50 años. El mantenimiento de las estructuras se realiza de manera esporádica lo que limita su funcionamiento y la detección de fallas en el sistema. Su material de construcción es PVC o cemento/tierra. Al aplicar una norma local para su diseño y construcción lo que no garantiza una obra segura, durable, de funcionamiento adecuado y sostenible en el tiempo.
4	Muy alto	La red se encuentra en mal estado lo que implica un funcionamiento ineficiente. La antigüedad es mayor de 50 años. No se realiza mantenimiento alguno de las estructuras lo que anula la detección de fallas en el sistema. Su material de construcción cemento/tierra. Aplica una norma diferente a la nacional o local para

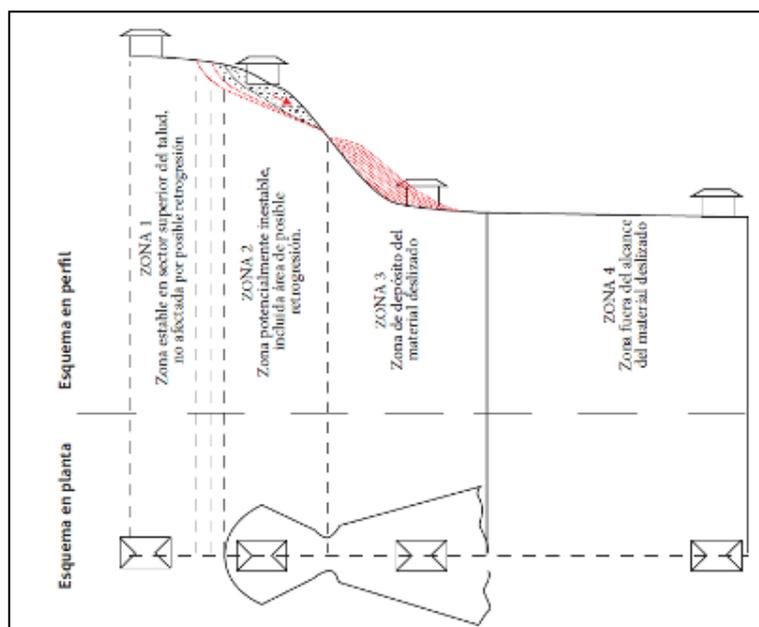
su diseño y construcción lo que no garantiza una obra segura, durable, de funcionamiento adecuado y sostenible en el tiempo.

Nota. Elaboración propia con base en SNGR y PNUD (2012).

Análisis de los Daños o Efectos Esperados como Resultado de la Exposición de las Líneas Vitales. A los fines de esta investigación la exposición de las líneas vitales depende de dos aspectos: las características del elemento y su posición relativa respecto al área afectada por el evento (SGC y MINMINAS, 2015, p. 93). En este sentido, para evaluar la exposición se tomó como referencia las zonas o escenarios de exposición propuestos por el SGC y MINMINAS (2015, pp. 92–93). (Ver figura 5).

Figura 5

Zonas de exposición de los elementos ante un deslizamiento.



Nota. Tomado de SGC y MINMINAS (2015).

Posteriormente, con base en las características de los elementos y su posición relativa respecto al área afectada por un posible movimiento en masa, se realizó un análisis cualitativo de la exposición, considerando el escenario de amenaza para un periodo de retorno de dos años. Para el análisis de posibles

daños, se consideró el escenario de deslizamiento de baja a alta magnitud, ya que un evento de muy alta magnitud generaría daños mayores o pérdida total en las líneas vitales (SNGR y PNUD, 2012, p. 50). De esta manera, se analizó la exposición de cada una de las líneas vitales del área de estudio, en función de la zona de exposición, los daños esperados y su vulnerabilidad física. En la tabla 18, se presenta una relación entre las zonas de exposición y los tipos de daños o efectos esperados como producto de la materialización de la amenaza.

Tabla 18

Zonas o escenarios de exposición.

Zona	Descripción	Daños esperados
1	Elementos ubicados sobre la zona estable en la parte superior del talud, sin posibilidad de afectación por retrogresión.	No se esperan daños a causa de los movimientos en masa.
2	Elementos ubicados sobre una ladera potencialmente inestable o potencialmente afectados por efectos de retrogresión.	Colapso o daños instantáneos debido a pérdida de soporte en la zona de retrogresión. Asentamientos diferenciales, inclinaciones y agrietamientos asociados con movimientos lentos; colapso de la estructura asociado con movimientos rápidos.
3	Elementos ubicados en la trayectoria del movimiento en masa o en la zona de depósito del material deslizado.	Daños localizados por impacto, colapso total, obstrucción, enterramiento, entre otros.
4	Elementos fuera del alcance del movimiento en masa y su área de depósito.	No se esperan daños a causa de los movimientos en masa.

Nota. Tomado de SGC y MINMINAS (2015).

El análisis de exposición obtenido fue sistematizado en matrices construidas con base en la metodología propuesta por la Cooperación Suiza en América Central (2013), donde se integran por una parte, las “variables extrínsecas” relacionadas con la zona de exposición en la que se encuentra la red y los daños esperados producto la materialización de un evento de movimiento en masa; y por otra parte, el nivel de vulnerabilidad física de la red obtenido a partir

de la valoración de las “variables intrínsecas” de la misma (estado actual o del revestimiento, material de construcción, antigüedad, mantenimiento preventivo y estándares de diseño y construcción). En la tabla 19 se presentan las variables, categorías y pesos propuestos en esta metodología.

Tabla 19

Variables y categorías para el análisis de exposición de las líneas vitales.

Variable	Categoría	Peso
Zona de exposición	Zona 1	2
	Zona 2	3
	Zona 3	4
	Zona 4	1
Daño probable	Sin daños	1
	Daños menores	2
	Colapso parcial	3
	Colapso	4
Vulnerabilidad física	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
	Muy alta	4

Nota. Modificado de Cooperación Suiza en América Central (2013).

Por último, se obtuvo una sumatoria global a fin de definir un nivel de exposición de la infraestructura para cada uno de los tramos analizados. Esto permitió ubicar a las líneas vitales en cuatro (04) niveles de exposición, cuyos rangos son definidos en la metodología de la Cooperación Suiza en América Central (2013) y se describen en la tabla 20.

Tabla 20

Niveles de exposición de las líneas vitales.

Clasificación	Niveles de exposición	Descripción
1	Baja	Elementos fuera del alcance del movimiento en masa y su área de depósito. No se esperan daños a causa de los movimientos en masa. Posee un nivel de vulnerabilidad física baja.
2	Media	Elementos ubicados sobre la zona estable en la parte superior del talud, sin posibilidad de afectación por retrogresión. No se esperan daños a causa de los movimientos en masa. Elementos fuera del alcance del movimiento en masa y su área de depósito. Posee un nivel de vulnerabilidad física media.
3	Alta	Elementos ubicados sobre una ladera potencialmente inestable o potencialmente afectados por efectos de retrogresión. Colapso o daños instantáneos debido a pérdida de soporte en la zona de retrogresión. Asentamientos diferenciales, inclinaciones y agrietamientos asociados con movimientos lentos; colapso de la estructura asociado con movimientos rápidos. Posee un nivel de vulnerabilidad física alta.
4	Muy alta	Elementos ubicados en la trayectoria del movimiento en masa o en la zona de depósito del material deslizado. Daños localizados por impacto, colapso total, obstrucción, enterramiento, entre otros. Posee un nivel de vulnerabilidad física muy alta.

Nota. Elaboración propia con base en SGC y MINMINAS (2015) y Cooperación Suiza en América Central (2013).

Zonificación de la Vulnerabilidad. En este aspecto se generaron dos tipos de mapas para la vulnerabilidad de las líneas vitales: el primero, relacionado con la vulnerabilidad física de infraestructura sin considerar la localización del elemento, el segundo, asociado a las zonas de exposición en la que se ubica la infraestructura del elemento, su vulnerabilidad física y los daños esperados en el caso de materializarse una amenaza. Para ambos mapas se espacializaron en el

SIG, los niveles de vulnerabilidad física y exposición obtenidos para cada tramo de la vialidad y las redes de agua potable.

3. Determinar el Riesgo de Desastres por Movimientos en Masa

Según Sánchez y Urego (2011) el riesgo está definido como “el producto de la amenaza por la vulnerabilidad por los costos. El riesgo puede ser calificado de forma cualitativa como riesgo Bajo, Medio o Alto o desde el punto de vista económico como riesgo tolerable, marginalmente aceptable o inaceptable” (p. 89). Bajo esta condición, el riesgo se obtuvo a partir de la siguiente ecuación (5):

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad} * \text{Costo elemento expuesto} \quad (5)$$

Desde el punto de vista cualitativo, la valoración del riesgo se realizó con base en la metodología planteada por Sánchez y Urego (2012) que consiste en cruzar los valores de amenaza y vulnerabilidad para conocer los rangos en los que se mueve el riesgo y de esta manera obtener sus niveles (p. 90).

Para ello se realizó la superposición de los mapas de amenaza para cada periodo de retorno (2, 5, 10 y 25 años) y el mapa vulnerabilidad física a fin de obtener el mapa de riesgo de desastres para cada periodo de retorno. Las categorías de riesgo fueron agrupadas en cuatro (04) niveles de manera que fueran consistentes con los niveles obtenidos en las fases anteriores para la amenaza y vulnerabilidad del área de estudio. En la tabla 21 se presentan los niveles de riesgos propuestos y su descripción con base en la metodología del SGC y MINMINAS (2015).

Tabla 21

Niveles de riesgo en líneas vitales.

Clasificación	Categoría	Descripción
1	Bajo	Riesgo aceptable. Usualmente aceptable para los tomadores de decisiones y requiere tan solo medidas de prevención. Se requiere mantenimiento normal de taludes y laderas.
2	Medio	Riesgo tolerable. Puede tolerarse en ciertas circunstancias (de acuerdo con la normativa nacional), pero requiere investigación y planeación detallada para evitar que aumente. Las medidas para reducir el riesgo son viables técnica y económicamente.
3	Alto	Riesgo mitigable. Se debe hacer una evaluación detallada con el propósito de definir su viabilidad técnica, financiera y urbanística de medidas de intervención o estrategias de gestión, para establecer la posibilidad de mitigación y disminución del nivel de riesgo.
4	Muy alto	Riesgo inaceptable. Es necesaria la ejecución de investigaciones detalladas, planeación implementación de medidas para reducir el riesgo. Las medidas de intervención estructural pueden ser dispendiosas y poco prácticas; además, pueden ser más costosas que el valor mismo de la propiedad.

Nota. Modificado de SGC y MINMINAS (2015).

Desde el punto de vista económico, se realizó el cálculo del riesgo desde la estimación de pérdidas económicas referida a bienes físicos ante la ocurrencia de movimientos en masa, en este caso, las líneas vitales públicas seleccionadas; según la metodología propuesta por el SGC y MINMINAS (2015). Esta aplica únicamente a los impactos directos referidos al daño en infraestructura, instalaciones y equipos, y considera solo los efectos durante la ocurrencia del evento y únicamente sobre los límites físicos de los movimientos en masa.

Para ello se seleccionó el escenario de riesgo más crítico, que en este caso corresponde al mapa de riesgo por movimientos en masa activados por lluvia para un periodo de retorno de 25 años, y apoyado en el análisis en SIG, se realizó un

análisis de los tramos de líneas vitales expuestos en áreas de alta y muy alta amenaza con la finalidad de numerarlos, tomar su longitud y registrarlos en una tabla y realizar el cálculo de las pérdidas y daños probables ante este escenario.

Para realizar el análisis de riesgo, se adaptaron los rangos de costos propuestos por el SGC y MINMINAS (2015) donde “las pérdidas en bienes se pueden calcular como el costo aproximado de daños, definido este como el porcentaje de daño del valor comercial del elemento” (p. 119). Esta cuantificación fue útil debido a que permitió integrar el análisis de costo aproximado de daño en las líneas vitales y proporcionó la base para la priorización de acciones para la gestión prospectiva del riesgo de desastres (ver tabla 22).

Tabla 22

Costo aproximado de daño en líneas vitales y medidas de intervención.

Costo aproximado de daño	Categoría	Descripción	Intervención prospectiva
0 – 20%	Riesgo aceptable	Daños limitados o menores en parte de la estructura que requieren algún trabajo para restablecer su funcionalidad.	Controlar el aumento de la amenaza y prevenir el aumento del riesgo
20 – 60%	Riesgo tolerable	Daños moderados en alguna parte de la estructura o parte significativa que requiere grandes trabajos de recuperación. Se puede causar por lo menos consecuencias menores a propiedades adyacentes.	Controlar el aumento del riesgo + sistemas de alerta
60 – 80%	Riesgo mitigable	Daños extensivos en la mayoría de la estructura o se extiende más allá de los límites del sitio que requieren obras significativas de recuperación. Se pueden causar por lo menos consecuencias considerables a estructuras adyacentes.	Controlar el aumento del riesgo + sistemas de alerta (previo análisis de la viabilidad de mitigación del riesgo en estas zonas)

<p>80 – 100%</p> <p>Riesgo inaceptable (no mitigable)</p>	<p>Estructura completamente destruida o con daños a gran escala que requieren trabajos de ingeniería para recuperación. Pueden causarse daños importantes en propiedades adyacentes.</p>	<p>Prohibición de asentamientos e infraestructura</p>
---	--	---

Nota. Modificado de SGC y MINMINAS (2015).

4. Proponer Estrategias Enmarcadas en la Gestión Prospectiva del Riesgo de Desastres para Generar Capacidades Institucionales y Comunitarias

Una vez realizada la evaluación del riesgo de desastres, se proponen lineamientos estratégicos de carácter general que buscan guiar y canalizar decisiones e intervenciones locales, en función de prevenir y reducir las condiciones de riesgo de desastres existentes en el área de estudio. Según el Instituto de Estudios Regionales y Urbanos (2009), la gestión de las condiciones de riesgo “está asociada al proceso de planificación urbana e implica un conjunto de actividades humanas que deben buscar el ordenamiento y el manejo de la ciudad y de sus componentes, a partir de directrices y orientaciones técnicas precisas y fundamentadas jurídicamente” (p. 11).

En este sentido, la Unidad Nacional de Gestión de Riesgo de Desastre y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2012) sostienen que la integración de la gestión del riesgo en la planificación territorial y del desarrollo, demanda la realización de un trabajo de documentación, recolección de información y seguimiento que permite integrar y articular los programas y proyectos regionales (p. 50). A los efectos de esta investigación, se realizó una revisión de los planes de desarrollo del país y planes de ordenamiento territorial del área de estudio, así como del marco de acción internacional y nacional relativo a la gestión del riesgo de desastres, a fin de definir los lineamientos y condicionamientos establecidos para la ocupación del territorio teniendo en cuenta la amenaza por movimientos en masa.

De esta manera, se consideró la propuesta metodológica de SGC y MINMINAS (2015) (ver tabla 23) relativa al planteamiento de medidas de intervención prospectiva (cuyo objetivo es que no surjan nuevas situaciones de riesgo por medio de acciones de prevención), correctiva (proceso cuyo objetivo es reducir el nivel de riesgo existente en la sociedad a través de acciones de mitigación) y prescriptiva para cada categoría de riesgo (pp. 122 –123). En este sentido, se seleccionó el tipo de intervención prospectiva a los fines de formular propuestas de gestión de riesgo de desastres.

Tabla 23

Intervenciones y categorías del riesgo.

Categoría de riesgo	Intervención prospectiva (Área no ocupada) A	Intervención correctiva (Área ocupada) B	Intervención compensatoria (Exigencias)
Alto	Prohibición de asentamientos e infraestructura	Reubicación de asentamientos e infraestructura, evaluación económica de la reducción del riesgo + sistemas de alerta	Reducir la amenaza y evaluar económicamente las intervenciones
Medio	Controlar el aumento del riesgo + sistemas de alerta	Protección de área + sistemas de alerta	Controlar el aumento de la amenaza (A) y proteger el área (B)
Bajo	Controlar el aumento de la amenaza y prevenir el aumento del riesgo	Sin condicionantes	Controlar el aumento de la amenaza (A)

Nota. Modificado de SGC y MINMINAS (2015).

Finalmente, se desarrollaron estrategias prospectivas en el ámbito normativo; de investigación, evaluación e información; y de concienciación pública, capacitación y educación; con propuestas concretas para prevenir riesgos en las áreas donde se emplazan las líneas vitales seleccionadas, en función de los escenarios de riesgo obtenidos.

CAPÍTULO IV

AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

En este capítulo se presentan los resultados relativos al primer objetivo específico de la investigación “*Identificar la amenaza por movimientos en masa activados por lluvias en el tramo BIMA – Paulo VI, Petare, municipio Sucre del estado Miranda*”. Estos resultados se dividen en dos partes: la primera, relacionada con el análisis de la susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa considerando los factores condicionantes del terreno como la geología, geomorfología y la cobertura y uso del suelo, y la segunda parte, relacionada con el análisis del factor detonante de movimientos en masa, el cual se centró en la influencia de la lluvia como desencadenante de estos procesos.

Análisis de la Susceptibilidad por Movimientos en Masa

A continuación, se presenta el análisis las variables condicionantes del terreno que determinan la susceptibilidad en el área de estudio.

Geología Regional

Con el fin de dar a conocer el marco geológico del área de estudio, se describe la Geología Regional de la zona con base al trabajo elaborado por Barboza y Rodríguez (2001), quienes hacen una integración de la información y cartografía geológica existente para el estado Vargas, Distrito Capital y estado Miranda. En el área de estudio afloran rocas metamórficas pertenecientes a la Asociación Meta sedimentaria Caracas, zona de contacto litológico entre las unidades litológicas Esquistos Las Brisas y Mármol de Zenda. En el mapa de geología regional del área de estudio (ver mapa 2) se observa el Esquisto Las

Brisas y el Mármol de Zenda. Este último, se presenta en un bloque alargado, semi-paralelo al río Guaire.

Esquisto Las Brisas. Barboza y Rodríguez (2001), afirman que la primera referencia a esta unidad se debe a Aguerrevere y Zuloaga (1937), quienes la denominan “Conglomerado de Las Brisas” y en 1938 la redefinen como Formación Las Brisas. Agregan también, que Urbani y Ostos (1989) la separan como una unidad diferente al esquisto cuarzo - feldespático - micáceo (con biotita y/o granate) del Macizo de El Ávila, como su Esquisto de San Julián del Complejo Ávila (Precámbrico - Paleozoico), restringiendo la Formación Las Brisas al esquisto cuarzo - muscovítico - feldespático (sin biotita, ni granate), así como otros tipos de rocas, que afloran como una franja, casi en su totalidad en el flanco sur de la Fila Maestra de la Cordillera de la Costa, o al sur del sistema de fallas de El Ávila (p. 62).

Su localidad tipo se encuentra en el sitio de Las Brisas, situado unos 4 km al sur de El Valle, en la carretera que va desde Coche hacia el embalse de La Mariposa, Distrito Capital (p. 62). En la compilación de la información que realizan estos autores, presentan las descripciones realizadas Aguerrevere y Zuloaga (1937), Dengo (1951), Smith (1952), Wehrmann (1972), Urbani (1997) y Navarro (1998).

Aguerrevere y Zuloaga (1937), mencionan que es un conglomerado basal arkósico, con cantos rodados derivados de la roca basal de Sebastopol. Dengo (1951) observa que la mayor parte de la formación, está constituida por esquisto cuarzo-micáceo, en el que se incluye gneis microclínico, esquistos granatíferos, cuarcitas y calizas. Smith (1952), divide la formación en dos intervalos: uno inferior, constituido por gneises y esquistos microclínicos conglomeráticos y uno superior, formado casi enteramente por esquistos sericíticos (muscovítico). Wehrmann (1972) estima que esta unidad está constituida en un 90 % de esquisto cuarzo - feldespático - muscovítico; el 10% restante lo constituyen, en orden de

abundancia, esquistos cuarzo - feldespático, epidótico o clorítico, mármol, cuarcita y metaconglomerado (p. 63).

Urbani (1997) al estudiar la mineralogía de los mármoles del Mármol de Zenda, encuentran que son predominantemente dolomíticos, si bien se revela una variación desde mármoles exclusivamente dolomíticos en la zona de Baruta y La Trinidad al sur de Caracas, hasta una mezcla de mármoles dolomíticos y calcíticos hacia el sureste y este de Caracas en la zona de las canteras de El Encantado y Peñón de Lira. A raíz de los diversos modelos de evolución de la Cordillera de la Costa por diversos autores, se considera como de edad Jurásico - Cretácico (Navarro, 1988) (p. 63).

Mármol de Zenda. Según Barboza y Rodríguez (2001) la fase Zenda es descrita por Aguerrevere y Zuloaga (1937, 1938) como un horizonte de caliza (mármol) masiva, algo conglomerática y feldespática, que forma la parte superior de la Formación Las Brisas. Posteriormente, en 1937, incluyen el mármol de las localidades El Encantado, La Mariposa y Lira como pertenecientes a esta unidad, pero en 1938 indican que las localidades de El Encantado y Lira en la Formación Las Mercedes (p. 64).

Su localidad tipo se encuentra en el sitio de Zenda, en la antigua carretera Caracas-Los Teques, estado Miranda (p. 64). En la compilación de la información que realizan Barboza y Rodríguez (2001), presentan las descripciones realizadas Aguerrevere y Zuloaga (1937), Dengo (1951) y Wehrmann (1972).

Esta localidad si bien era la adecuada para la definición original de conglomerado y mármol de Aguerrevere y Zuloaga (1937), no lo es para la acepción actual (iniciada por Dengo, 1951) que se refiere a cuerpos de mármol masivo. Se pueden observar buenos afloramientos de fácil acceso en el Morro de la Guairita, Parque Cueva del Indio y El Cafetal en Caracas, así como en la cantera abandonada de la Hacienda El Encantado, al sureste de la Urbanización Macaracuay, Caracas. Es un mármol macizo en forma de masas lenticulares de espesores variables, intercaladas con esquistos microclínico-muscovítico, cuarzo-

micáceo o grafitoso. Por su lenticularidad y contenido fosilífero se cree que pueden ser de origen biohémico. Wehrmann (1972) señala como mineralogía típica calcita o dolomita, cuarzo, muscovita, feldespato, malaquita-azurita-pirita y grafito, además de señalar que al romper algunas rocas desprenden H_2S (mármol fétido) (pp. 64 –65).

Geología Local

A continuación, se describe la geología del área de estudio. En el mapa 3 se muestran las cuatro (04) unidades litológicas identificadas en campo, a saber:

Unidad de Esquistos Cuarzo Micáceo Feldespático. Perteneciente a la formación litológica Esquisto Las Brisas, está constituido en la localidad por cuarzo, muscovita, feldespato y sericita, así como grafito en algunas zonas en cantidades menos abundantes; presenta un color meteorizado marrón claro y un color fresco verde claro, fracturadas principalmente por diaclasas. La orientación preferencial de las diaclasas es N75E30N presentando por lo menos 1 familia de diaclasas con una frecuencia mínima de 2 diaclasas/metro y un valor máximo de 7 diaclasas/metro. La orientación preferencial de los planos de foliación es N80E14N. Existen zonas en donde no solamente se observa un aumento de la frecuencia de diaclasas, sino también un aumento en el número de familias, indicando una deformación frágil del macizo rocoso.

Figura 6

Afloramiento de esquistos cuarzo micáceo feldespático.



El color marrón madera en afloramientos meteorizados produce un suelo residual rojizo. Presenta una condición geotécnica variable y a veces muy problemática, especialmente cuando se encuentran sectores con apreciables niveles de meteorización. Las bandas micáceas plegadas y paralelas, representan zonas de debilidad actuando como lubricantes a los esfuerzos deformantes. Los frecuentes deslizamientos son principalmente de tipo rotacional asociados especialmente a la foliación. Ésta unidad litológica se ubica en la parte central del área de estudio y ocupa una superficie de 50,80 Ha.

Figura 7

Esquisto cuarzo micáceo feldespático meteorizado.



Nota. Se observa la presencia de óxidos de hierro, mica muscovita cuarzo feldespato grafitoso (menos abundante) meteoriza a limo/arcilla.

Unidad de Esquistos Cuarzo Micáceo Grafitoso. Constituido por vetas milimétricas de cuarzo, cantidades no significantes de hematita y presencia de pequeñas cantidades de pirita donde predomina un color grisáceo, fracturadas principalmente por diaclasas. La orientación preferencial de las diaclasas es N30E40E presentando por lo menos una (01) familia de diaclasas con una frecuencia mínima de 3 diaclasas/metro y un valor máximo de 6 diaclasas/metro.

La orientación preferencial de los planos de foliación es N55E12S. Ésta unidad litológica se ubica en dos zonas reducidas hacia el extremo sur área de estudio y ocupa una superficie de 1,85 Ha, por lo que podrían representar posibles zonas de transición hacia el Esquisto Las Mercedes.

Figura 8

Esquisto cuarzo micáceo (muscovita y/o clorita) grafitoso color grisáceo.



Nota. El afloramiento posee vetas milimétricas de cuarzo, de brillo sedoso, parcialmente meteorizada, muy foliada, con manchas de óxido de hierro.

Las bandas micáceas plegadas y paralelas representan zonas de debilidad, actuando como lubricantes a los esfuerzos deformantes. Cuando la componente micácea se torna predominante, se crea una situación de marcada inestabilidad, volviéndose extremadamente peligrosos especialmente cuando tienen intervalos carbonosos. En los sectores donde predominan estos fenómenos, entre los factores que contribuyen a tan pobre estabilidad, existe también una foliación muy bien desarrollada. Los movimientos en masa característicos son controlados por la foliación y/o deslizamientos rotacionales por alto fracturamiento del material, especialmente en laderas intervenidas.

Unidad de Mármoles. Pertenecientes a la formación litológica Mármol de Zenda. A lo largo del área de estudio existen sectores donde afloran cuerpos de

mármoles con un alto contenido de carbonato de calcio, que han sufrido un notable grado de intervención debido a explotación (existencia de las antiguas canteras de Miranda). Constituyen rocas de composición calcárea en el cual se observan bloques de mármoles embebidos dentro de esquistos o puede presentar intercalaciones de esquistos calcáreos – micáceos, como también pueden ser capas menores dentro de los esquistos anteriormente señalados.

Figura 9

Afloramiento de Mármol de Zenda.



Nota. El afloramiento se encuentra fracturado principalmente por diaclasas de poca frecuencia, pero de gran abertura.

Está compuesta por calcita con porcentajes menores de cuarzo (presencia de vetas de cuarzo con disolución de calcita), muscovita y feldespato de color gris claro a gris oscuro, fracturadas principalmente por diaclasas de poca frecuencia (mínima de 2 diaclasas/metro y un valor máximo de 4 diaclasas/metro), pero con gran abertura a veces rellenas de cuarzo. Los movimientos en masa asociados se presentan en las paredes verticales, especialmente en las antiguas canteras y

pueden ocurrir caídas de bloques por el fracturamiento de las rocas. Ésta unidad litológica se ubica en el extremo oeste y en la periferia noreste del área de estudio y ocupa una superficie de 29,73 Ha.

Figura 10

Mármol gris con vetas de calcita.



Nota. Se observa presencia de brecha de falla.

Unidad de los Depósitos Aluviales. Representado por los depósitos aluviales Holocenos de la vega aluvial del Río Guaire. Son depósitos detríticos compuestos por materiales heterométricos y heterogéneos, los cuales se localizan en las partes bajas del fondo del valle y están distribuidos al margen izquierdo del área de estudio. Su ubicación se encuentra en correspondencia al río Guaire y ocupa un superficie de 9,77 Ha.

En el apéndice G se presentan las observaciones realizadas en campo sobre las unidades litológicas presente en área de estudio. También se pueden observar imágenes del esquisto cuarzo-muscovítico feldespático o grafitoso de Las Brisas y los mármoles asociados al Mármol de Zenda descritos en el trabajo de campo.

Las unidades litológicas tienen un valor de peso de 20% en la matriz de susceptibilidad, pues considera el origen geológico y la composición mineralógica de las mismas, como características que influyen en el grado de estabilidad e inestabilidad de las laderas y taludes. De allí que la descripción de las unidades litológicas identificadas en área de estudio (ver mapa 3), permitió realizar una clasificación y calificación de las mismas en términos de su influencia en la susceptibilidad.

Para ello, se realizó una valoración tomando como base el índice de influencia de las unidades litológicas en la estabilidad propuesto por FUNVISIS (2009, p. 578), las características litológicas y mineralógicas de las rocas identificadas en campo y la experiencia de profesionales en el área. De este modo, la influencia estas unidades en la susceptibilidad a movimientos en masa, se cuantificó en una escala del 1 al 5, donde 1 representa las litologías más estables y 5 la más inestable. (Ver tabla 24).

Tabla 24

Atributos y valor de peso para la variable unidades litológicas.

Formación litológica	Unidades litológicas	Valor de susceptibilidad
Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo moscovítico feldespático	4
	Esquisto cuarzo micáceo grafitoso	4
Mármol de Zenda	Mármol	3
	Depósitos Aluviales	4

Nota. Elaboración propia con base en FUNVISIS (2009).

Clasificación de Macizo Rocosó

A continuación se presentan los resultados de la aplicación del Índice de Resistencia Geológica (GSI) en 14 afloramientos rocosos a lo largo del tramo vial (ver apéndice H), y considerando 19 puntos relativos a la evaluación geológica levantada en el estudio OTIVL (2013) (ver apéndice I). Los mismos fueron espacializados en el mapa de Clasificación del Macizo Rocosó (ver mapa 4).

Macizos con Calidad Muy Buena. Se identificaron 7 macizos rocosos en campo donde el GSI varía entre 81 y 100, los cuales se caracterizan por tener superficies rugosas, ligeramente meteorizadas, con aberturas menores a 1 mm de rellenos duros o sin relleno. Estos macizos ocupan una superficie de 14,6 Ha.

Macizos con Calidad Buena. Se identificaron 7 macizos rocosos en campo con valores de GSI que oscilan entre 61 y 80. Se trata de macizos donde las superficies se encuentran moderadamente meteorizadas, ligeramente rugosas, con aberturas inferiores a los 5 mm (entre 1 a 3 mm) y pueden poseer rellenos duros. Estos macizos ocupan una superficie de 25,84 Ha en el área de estudio.

Macizos con Calidad Regular. Se identificaron 5 macizos rocosos correspondientes al estudio OTIVL que poseen valores de GSI ubicados entre 41 y 60. Generalmente se trata de macizos foliados y muy diaclasados que ocupan una superficie de 27,48 Ha en el área de estudio.

Macizos con Calidad Mala. Se identificaron 12 macizos rocosos correspondientes al estudio OTIVL que poseen valores de GSI ubicados entre 21 y 40. Se trata de macizos muy meteorizados y diaclasados que ocupan una superficie de 13,16 Ha en el área de estudio.

Macizos con Calidad Muy Mala. Se identificaron dos macizos rocosos correspondientes al estudio OTIVL que poseen valores de GSI ubicados entre 0 y 20. Se trata de macizos muy foliados y fuertemente diaclasados que ocupan una superficie de 11,10 Ha en el área.

En síntesis, en el área de estudio predominan los macizos de calidad buena y regular, tratándose de esquistos cuarzo micáceo feldespáticos pertenecientes al litodema Las Brisas. Los macizos con GSI regular son muy susceptibles a las condiciones de intemperismo y debido a las modificaciones topográficas realizadas en el lugar y del alto grado de alteración geoquímica de las rocas, se meteorizan con facilidad. Los macizos con GSI malo y muy malo se ubican en laderas o taludes muy inestables con deslizamientos rotacionales y traslacionales.

De igual modo, los esquistos se encuentran muy diaclasados y muestran evidencias de un alto grado de meteorización y alteración geoquímica.

Figura 11

Afloramiento de esquisto cuarzo micáceo feldespático.



Nota. El afloramiento se encuentra muy meteorizado, sometido a condiciones de intemperismo.

Figura 12

Afloramiento de esquisto cuarzo micáceo feldespático de calidad mala.



Los macizos relacionados al Mármol de Zenda presentan calidad buena. Estos se encuentran en las áreas de antiguas canteras ubicadas a 60 metros de distancia aproximadamente del tramo vial, y en afloramientos muy puntuales del área de estudio. Las laderas y taludes con macizos de esta calidad, se consideran parcialmente estables con algunos deslizamientos rotacionales y caídas de rocas. Los afloramientos de roca fresca y calidad buena y muy buena, se presentan en algunos esquistos cuarzo micáceos feldespáticos que afloran en el tramo vial, los cuales se consideran estables.

Figura 13

Afloramiento de mármol calidad regular y buena.



Figura 14

Afloramiento de esquisto cuarzo micáceo feldespático con calidad buena y muy buena.



Las características geotécnicas del macizo rocoso son de suma importancia en la evaluación de la susceptibilidad a movimientos en masa, debido a que constituyen factores condicionantes para la inestabilidad de laderas y taludes. De acuerdo al grado de influencia a movimientos en masa de esta variable en la matriz de susceptibilidad (15%), se presenta el índice y clasificación GSI de las condiciones del macizo rocoso y su valor de susceptibilidad en la tabla 25.

Tabla 25

Atributos y valor de peso para la variable Geotecnia: GSI.

Índice GSI	Clasificación GSI	Valor de susceptibilidad
81 – 100	Muy buena	1
61 – 80	Buena	2
41 – 60	Regular	3
21 – 40	Mala	4
0 – 20	Muy mala	5

La inclusión de la geología como factor condicionante para la determinación de la susceptibilidad ante movimientos en masa es fundamental, debido a que este factor tiene incidencia directa en la ocurrencia de estos procesos. La geología determina tanto el carácter litológico como geotécnico, que define el tipo de material. Por otra parte, las unidades litológicas superficiales, aportan el estado físico de los materiales a nivel de superficie lo que define sus características geomecánicas, así como propiedades que permiten inferir la resistencia que ofrecen a ser afectados por procesos de erosión y meteorización.

Geomorfología

Geoformas. Desde el punto de vista regional, el área de estudio se encuentra ubicada dentro de la Cordillera de La Costa, estando conformada por un valle asimétrico, de topografía moderada a abrupta, en donde las laderas norte tienden a ser más abruptas o de mayor pendiente que las laderas sur de las colinas y/o montañas. Específicamente, el área de estudio se emplaza al sur-este del valle de Caracas, ocupando un relieve colinoso donde se encuentran la Urbanización

Paulo VI y el Urbanismo El Morro y un valle intramontano representado por el trazado del cauce del Río Guaire y la Quebrada La Guairita.

Estas colinas se caracterizan por ser formaciones intermedias de forma redondeada o aplanada en sus cimas; con laderas muy cortas a cortas, de formas rectas, cóncavas y convexas. Los procesos erosivos son frecuentes y con frecuencia, se presentan deslizamientos de tipo rotacional. En los puntos más bajos la superficie contiene una geomorfología tipo valle, que se caracteriza por presentar pequeñas pendientes planas a suaves. Sin embargo, presentan pendientes elevadas, en algunos casos superiores a 20°.

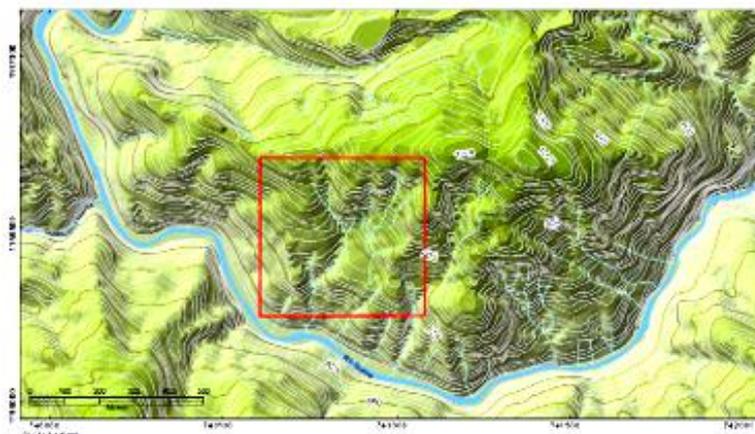
Entre los principales factores modeladores resaltan la meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y la actividad antrópica, en función de la pendiente y de la fragilidad del material litológico. Esta fragilidad, representada en su mayoría por esquistos cuarzo micáceo feldespáticos muy fracturados y meteorizados, ha generado que las colinas sean poco resistentes a estos factores, siendo susceptibles a movimientos en masa como deslizamientos, flujos y caídas de rocas, los cuales han afectado a las comunidades allí asentadas.

Actualmente se observa una topografía moderadamente escarpada a abrupta, fuertemente modificada por acción antrópica para generar terrazas con el fin de poder construir urbanismos y desarrollar la actividad minera, específicamente la explotación de calizas en antiguas canteras.

Desde el año 1957, es evidente un cambio en la forma de las curvas de nivel del área de estudio, indicando que el terreno ha sufrido modificaciones topográficas importantes y a su vez, es notable una menor densidad de drenaje. En este sentido, la antigua red de drenajes del área de estudio no se observa en el paisaje actual del sector debido a las modificaciones topográficas realizadas, en su mayoría por el uso de rellenos. Lo anterior se evidencia en el análisis de mapas topográficos en el área de estudio realizado por OTIVL (2013), en dos periodos de tiempo distinto, una previa a las modificaciones, con la topografía original, y otra posterior a las modificaciones topográficas, con la topografía alterada.

Figura 15

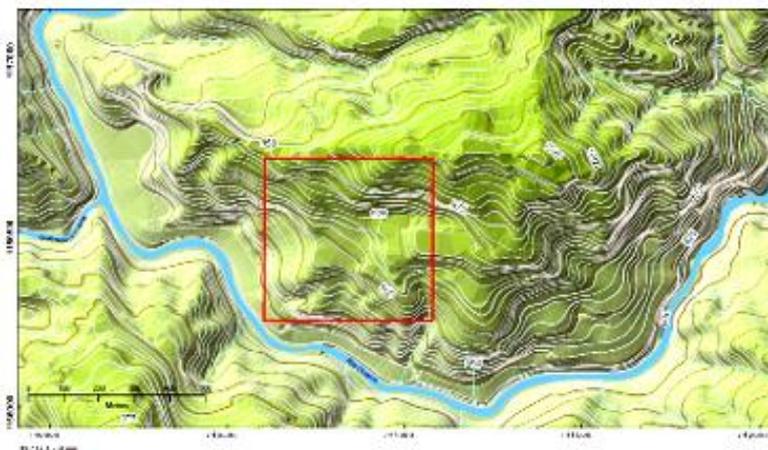
Mapa de topografía original del Cerro El Morro (1957).



Nota. Tomado de OTIVL (2013).

Figura 16

Mapa de topografía modificada del Cerro El Morro (1984).



Nota. Tomado de OTIVL (2013).

Así mismo, a partir del año 2005 se inició un proceso de “terracedo”, con el objetivo de generar espacios planos que pudiesen ser aprovechados por el ser humano para la construcción de urbanismos (ver figura 17). En este proceso se llevó a cabo una serie de cortes y rellenos para elaborar las terrazas, en donde algunas de las quebradas intermitentes fueron rellenadas completamente.

Figura 17

Imagen del área de estudio para el año 2005.



Nota. Tomado de Google Earth (2019).

Para el año 2007 se realizan grandes movimientos de tierra, con el fin de utilizar estos espacios para la construcción del Urbanismo El Morro.

Figura 18

Movimientos de tierra para la construcción del Urbanismo El Morro, año 2007.



Nota. Tomado de Google Earth (2019).

En el año 2010 se culmina la construcción del urbanismo El Morro y se realiza la ocupación por parte de las familias en diciembre de ese año.

Figura 19

El área de estudio ya urbanizada para el año 2010.



Nota. Tomado de Google Earth (2019).

Bajo esta condición, la topografía actual del área de estudio permitió identificar las siguientes formas de terreno: cumbres, terrazas y pie de vertiente, falda cóncava, hombro convexo y ladera rectilínea. (Ver mapa 5).

Cumbres, Terrazas y Pie de Vertiente. Ocupan la mayor proporción del área de estudio con 43,23 Ha y se ubican sobre esquistos cuarzo micáceo feldespáticos y mármoles. Está representado por cimas de superficie reducida con un perfil topográfico convexo a plano, dispuesta en franjas alargadas que bordean algunas divisorias de agua. Presentan pendientes planas a inclinaciones suaves, limitadas por laderas cuya inclinación puede ser moderada a escarpada. Su origen se establece a partir de procesos meteorización, erosión intensa y actividad antrópica. También se ubican terrazas de origen antrópico utilizadas para la construcción de urbanismos, así como terracedos hechos en laderas para la extracción de materiales de construcción, específicamente explotación de calizas.

Igualmente, se encuentra el pie de vertiente sobre depósitos aluviales, representado por una franja de terreno de morfología cóncavo a plana, muy angosta, eventualmente inundable en forma de “U”, limitada por laderas que bordean los cauces fluviales y cuya inclinación puede ser moderada a escarpada.

Se observa el estrechamiento del mismo originando procesos de socavación fluvial lateral. Este tipo de forma de terreno no genera una susceptibilidad a movimientos en masa y por ende tienen el valor más bajo en su calificación.

Figura 20

Terrazas de origen antrópico para la construcción de edificios.



Figura 21

Pie de vertiente que bordea el cauce del Rio Guaire.



Falda Cóncava. Ocupa 17,34 Ha en el área de estudio y se ubica sobre esquistos cuarzo micáceo feldespáticos y esquistos cuarzo micáceo grafitosos.

Esta forma de terreno se presenta en laderas con topografía abrupta de longitud corta a larga, con pendiente medias superiores a 20° originando procesos de erosión y deslizamientos tipo traslacional o flujos a lo largo de un drenaje. Se asocia a la remoción de material y su sedimentación en la base, es decir, a la formación de depósitos coluviales. En ella se ubican las ocupaciones no controladas en el área de estudio y se extienden en la mayor parte del tramo vial. Este tipo de forma de terreno representa una susceptibilidad alta a movimientos en masa.

Figura 22

Falda cóncava.



Hombro Convexo. Se encuentra sobre las rocas de las unidades esquistos cuarzo micáceo feldespáticos y mármol, ocupa la menor extensión en el área de estudio con 3,94 Ha. Presenta una morfología colinada a alomada de crestas agudas o redondeadas, laderas cortas a muy cortas, de perfil topográfico convexo y pendientes abruptas a muy escarpadas, su origen es asociado a intensos procesos de meteorización y erosión. El tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarrollado la roca dominante y de los procesos erosivos que lo han modelado. Los procesos morfodinámicos asociados corresponden a meteorización y erosión,

así como pequeños deslizamientos rotacionales. Este tipo de forma de terreno representa una susceptibilidad muy alta a movimientos en masa.

Figura 23

Hombro convexo.



Ladera Rectilínea. Corresponde en su mayoría a los mármoles y ocupa una extensión de 26,97 Ha. Presenta una superficie en declive, vertical a subvertical o irregular escalonada de extensión corta a larga, en pendientes escarpadas a extremadamente escarpadas, con perfil topográfico recto limitadas por laderas de forma convexa o cóncavas. Están representadas por las zonas de canteras, las cuales fueron sometidas a excavación escarpada con altura de formas irregulares para la extracción de materiales de construcción, específicamente calizas, o por cortes verticales en el talud para el emplazamiento de la vialidad. Los procesos morfodinámicos asociados son deslizamientos de tipo traslacional y caídas de rocas. Este tipo de forma de terreno constituye zonas de materiales en tránsito y representa una susceptibilidad media a movimientos en masa.

Figura 24

Forma de terreno rectilínea en antigua cantera.



En síntesis, el área de estudio presenta formas de terreno asociadas a colinas con pendientes mayores a 20° , conformando relieves moderadamente escarpados a escarpados y movimientos en masa tipo deslizamiento, flujo y caída de bloques. Aquí la curvatura del terreno tiene una influencia importante en la generación de movimientos en masa. Estos pueden acelerarse si se tiene un grado de convexidad o concavidad alto, ya que el plano sobre el que se desplazan está facilitando su desplazamiento por efecto de la gravedad.

En este sentido, la variable geoformas tiene un valor de peso de 15% en la matriz de susceptibilidad a movimientos en masa, y considera las formas del terreno asociadas a su perfil topográfico plano, recto, cóncavo o convexo y a los procesos morfodinámicos dominantes, para asignar una calificación de acuerdo a su influencia en la estabilidad o inestabilidad de las laderas. (Ver tabla 26).

Tabla 26

Atributos y valor de peso para la variable Geoformas.

Formas de terreno	Perfil topográfico	Valor de susceptibilidad
Cumbres, terrazas y pie de vertiente	Plano	1
Ladera	Rectilíneo	2
Falda	Cóncavo	3
Hombro	Convexo	4

Pendiente. Esta variable representa la distribución de los valores de pendientes de las laderas (naturales e intervenidas) que definen la topografía del área de estudio. Del análisis del mapa de pendientes, donde se establecen los rangos considerados (ver mapa 6), se obtienen los siguientes resultados:

Sectores con Pendientes Entre 0 – 11 Grados. Son zonas de relieve plano o con inclinación suave, que comprenden una extensión de 22,07 Ha en el área de estudio. Se extienden a lo largo de los márgenes de los ríos y quebradas (Río Guaire, Quebrada La Guairita) y corresponden a las zonas de depósitos aluviales. Representa generalmente las posiciones geomorfológicas de menor gradiente y no presentan procesos asociados a movimientos en masa por lo que se considera de relativa baja susceptibilidad.

Sectores con Pendientes Entre 11 – 21 Grados. Corresponden a zonas de relieve moderadamente escarpado, caracterizados por vertientes de baja inclinación y en cuya condición topográfica le confiere una susceptibilidad baja. Son las zonas más extendidas y predominantes en el área de estudio con una extensión de 28,7 Ha. Representa una zona de topografía modificada, donde se alternan laderas de altas pendientes con zonas de relieves planos, correspondientes a los cortes y rellenos para el emplazamiento de urbanizaciones (Urbanismo El Morro, Urbanización El Morro y ocupaciones no controladas). En este rango de pendiente predominan procesos erosivos y algunos procesos acumulativos.

Sectores con Pendientes Entre 21 – 31 Grados. Son zonas de relieve escarpado o zonas de topografía abrupta, donde se encuentran laderas moderadamente inclinadas. Representan las segundas zonas más extendidas y predominantes en el área de estudio, pues comprenden una extensión de 28,36 Ha. En este rango la intervención antrópica se caracteriza por moderar el entorno a través de mecanismos de nivelación del terreno con cortes y rellenos para aprovechar espacios. En el área corresponde a la terraza 4 del Urbanismo El Morro y ocupaciones no controladas. En este rango de pendiente es mayor la probabilidad que ocurra un movimiento en masa tipo deslizamiento o flujo.

Sectores con Pendientes Entre 31 – 45 Grados. Corresponden a un tipo de relieve muy escarpado con inclinaciones considerables dentro de los rangos establecidos. Comprenden una extensión de 14,18 Ha en el área de estudio. En estos sectores se acelera el escurrimiento superficial. Son palpables las condiciones favorables para la generación o activación de importantes movimientos en masa tipo deslizamientos, flujos o caídas de rocas, debido a la elevada inclinación significativa de las laderas, por esta razón se le confiere el nivel de alta susceptibilidad.

Sectores con Pendientes Superiores a los 45 Grados. Corresponden a zonas de relieve extremadamente escarpado y ocupan una menor superficie en el área de estudio (1,83 Ha). Son zonas de laderas y taludes de máxima inclinación con mayores restricciones para el uso, ocupación de la tierra y ubicación de desarrollo de cualquier índole (áreas de las antiguas Canteras de Miranda). Resalta la condición dinámica que caracteriza a estas zonas como áreas muy activas ante eventos asociados a movimientos en masa tipo caída de rocas. Por su condición de muy fuerte pendiente se le confiere un nivel de susceptibilidad muy alto.

La variable pendiente está muy relacionada con la aparición de movimientos en masa, dado que es el principal factor geométrico que aparece en los análisis de estabilidad y es una de las principales condiciones para que ocurra un movimiento en masa. En consecuencia, esta variable tiene un valor de peso de

20% en la matriz de susceptibilidad a movimientos en masa, y los rangos de pendientes considerados fueron clasificados y calificados en términos de su influencia en la estabilidad de las laderas y taludes en la tabla 27.

Tabla 27

Atributos y valor de peso para la variable pendiente.

Rangos de pendiente	Clasificación	Valor de susceptibilidad
0° - 11°	Baja	1
11° - 21°	Moderada	2
21° - 31°	Media	3
31° - 45°	Alta	4
>45°	Muy alta	5

Procesos morfodinámicos. El área de estudio presenta una morfología variada en las que zonas marcadas por un relieve alomado, alternan con zonas de topografía abrupta donde los cauces naturales han sido modificados y los movimientos en masa son abundantes. La geomorfología del área está fuertemente condicionada por factores como la meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y la actividad antrópica que, como se expuso anteriormente, han modificado la topografía actual.

Las evidencias geomorfológicas asociadas a procesos morfodinámicos en el área de estudio, ponen de manifiesto la influencia de los factores mencionados en la susceptibilidad a movimientos en masa, de allí que esta variable posea un valor de peso de 15 % en la matriz de susceptibilidad. En consecuencia, para establecer aquellos movimientos en masa que afectaron o afectan el área de estudio y que influyen en la inestabilidad de las laderas y taludes, se presenta el registro de eventos históricos y el inventario de movimientos en masa.

Registro Histórico de Eventos. Esta sección describe la información documentada de los 16 eventos que componen el registro. Esta información proviene de 6 informes técnicos de instituciones como FUNVISIS, Protección Civil Sucre y la Oficina Técnica de Ingeniería OTIVL, así como la información derivada de seis (06) medios de comunicación nacional. (Ver apéndice J).

Los eventos registrados datan desde el año 2007 hasta el año 2018. La mayoría de reportes se hicieron durante el año 2018 (3), seguido de los años 2010, 2012, 2013 y 2016 con dos (02) reportes cada uno y un reporte anual para los años 2007, 2011, 2014 y 2017. Cabe resaltar que el evento del año 1936, es incluido en un reporte del año 2011. En cuanto a la localización de los eventos, se consideraron tres (03) sectores con base en la información contenida en estos reportes: siete (07) reportes en la vialidad hacia la Urbanización Paulo VI, El Encantado y El Morro; cinco (05) reportes en la Urbanización Paulo VI y cuatro (04) reportes en el Urbanismo El Morro Terrazas 10, 11 y 12.

Los eventos se agrupan dependiendo de la clasificación del movimiento en masa registrado: quince (15) registros reportan deslizamientos (71%), cuatro (04) caídas de rocas (19%) y dos (02) reportan flujos de detritos (10%). Cabe resaltar que un registro puede reportar hasta tres movimientos en masa de diferente clasificación. Igualmente, no existe una diferenciación en los deslizamientos, respecto si son rotacionales o traslacionales. Sin embargo, resalta que los movimientos tipo deslizamiento son los más frecuentes en el área de estudio.

Tomando en consideración que los movimientos en masa reportados en los registros, pueden tener múltiples causas en función de la evaluación y criterio del personal que levantó la información, a los efectos de este análisis, se plasman de manera individual las posibles causas que reportan estos registros. Para el 31% de los eventos documentados la causa fue la lluvia. Para el 26% la causa fue la intervención antrópica para la construcción de urbanismos. Para el 17% la inestabilidad geológica del área. Otro 17% lo asocia con la ruptura de tuberías y un 9% asoció como posible causa la inadecuada canalización de la escorrentía superficial. Esta estadística permitió afirmar que la lluvia es el factor detonante más importante de los movimientos en masa en el área de estudio.

Respecto a los daños que han ocasionado los movimientos en masa documentados en los registros, destaca en primer lugar la afectación de la vialidad con un 38%, en segundo lugar, daños en la infraestructura residencial con un 33%

y en tercer lugar la ruptura de tuberías de agua potables con un 10%. En proporciones menores resaltan la afectación del sistema de aguas servidas con 8%, la afectación de los canales de aguas superficiales con 5%, la afectación de la red de cableados y postes con 3%, y la afectación de vehículos particulares con 3%.

En síntesis, este registro se enfoca en la fecha, localización, clasificación de los movimientos en masa, posibles causas y daños que están documentados para el área de estudio. De manera general, se evidencia que únicamente aquellos eventos que producen daños, son documentados por distintas instituciones gubernamentales relacionadas a la gestión de riesgo de desastres y medios de comunicación, recopilando fecha, ubicación y daños, más no información asociada al movimiento en masa como tal. Sin embargo, estos registros constituyen un insumo importante para establecer relación lluvias – movimientos en masa, en orden de realizar estimaciones del impacto de las lluvias en el área. En este sentido, para complementar la información aquí presentada, se presenta a continuación el inventario de movimientos en masa levantado en campo.

Inventario de Procesos. Tras los recorridos de campo en el área de estudio se inventariaron 29 procesos y se identificaron tres tipos de movimientos en masa (ver apéndice K). Igualmente, fueron incluidos 8 procesos identificados en el estudio OTIVL (2013) a fin de complementar el análisis para las zonas de difícil acceso, pero que fueron verificados en campo desde la ladera colindante (ver apéndice L). A los efectos del análisis se toman en consideración los 29 procesos inventariados en campo y los 8 procesos provistos por el estudio, para un total de 37 procesos que fueron espacializados en el mapa 7. De esta manera, los procesos identificados son: deslizamientos, caída de rocas y flujos de detritos.

Los deslizamientos constituyen la tipología de movimientos en masa más recurrente en área de estudio. Se inventariaron un total de 28 deslizamientos, que representan el 76% del número total de movimientos en masa identificados en el área. Este tipo de movimiento se suele producir principalmente en la unidad de esquistos cuarzo micáceo feldespáticos, con un 88% de los deslizamientos

inventariados, el cual constituye el tipo de material geológico predominante en el área, seguidos de la unidad de mármoles con un 12%.

Para el 46% de los deslizamientos se determinó que la posible causa fue intervención antrópica en la búsqueda de espacios para la construcción, la segunda causa responde a las modificaciones topográficas por corte realizadas para la construcción de la vialidad con un 43% y en proporciones inferiores la actividad minera para la extracción de rocas 7% y precipitaciones y rotura de tuberías 4%. Esta estadística permite afirmar que la intervención antrópica tanto para la construcción de urbanismos como de vialidad, ha sido la causa más importante en los eventos de deslizamiento en el área de estudio.

En cuanto al tipo de cobertura y uso del suelo que fue registrada en el lugar de ocurrencia de los deslizamientos, es importante contrastar dos estadísticas obtenidas: la primera, relacionada al uso del suelo, donde los porcentajes se distribuyen de la siguiente manera: el 42% de los deslizamientos se presentan en la vialidad, 31% en áreas residenciales de intervención ordenada, 15% en áreas sin un uso definido cercanos a la vialidad, y en porcentajes menores zonas de antiguas canteras 8% y áreas residenciales de intervención desordenada 4%. La segunda, asociada al tipo de cobertura vegetal, destaca que la cobertura que más se registra en los deslizamientos es la vegetación baja secundaria, herbácea que representa el 92% de los registros, seguido de la vegetación de altura, arbustiva con un 8%.

Respecto a la afectación registrada que han ocasionado los deslizamientos en el área de estudio, destaca en primer lugar la afectación en la infraestructura de la vialidad, así como obstrucción o colapso de la misma con un 33%, en segundo lugar, daños en la infraestructura residencial con un 26%, en tercer lugar, la afectación de los canales de drenaje con 15% y en cuarto lugar afectación en la red de agua potable correspondiente a un evento que representa 4%. Es importante mencionar que un 22% de los registros no reportan daños, bien sea porque se dan en zonas sin uso definido o se encuentran en un estado incipiente de actividad.

Entre las principales evidencias de deslizamientos identificadas destacan coronas de deslizamiento, grietas de tracción y material depositado, presencia de sedimentos y vegetación sobre la vialidad, y pavimento fracturado y/o levantado. Por otra parte, el material deslizado corresponde a intercalaciones caóticas de bloques esquistosos (saproilito del esquisto), caliza calcárea y bloques de concreto de dimensiones heterométricas y formas angulosas, embebidos en una matriz limo arenosa fina. Estos deslizamientos pueden generar el transporte de volúmenes considerables de material, por lo que se consideran tipologías altamente peligrosas a lo largo de la vialidad, provocando recurrentes bloqueos en la misma.

Figura 25

Evidencia de coronas de deslizamientos a lo largo de la vialidad.



Figura 26

Evidencia de coronas de deslizamiento en zona de antiguas canteras.



El segundo tipo de movimiento en masa registrado en el área de estudio, corresponde a caídas de rocas. Se inventariaron un total de seis (06) movimientos de este tipo que representan el 16% del total de procesos identificados. Estas caídas de rocas se producen en su totalidad en la unidad de mármoles, sobre todo, en los materiales más resistentes a la meteorización. La única causa de caída de rocas registrada en el área de estudio, se concentra en los cortes verticales y subverticales de la roca fracturada y zonas de pendientes abruptas.

En cuanto al tipo de cobertura y uso del suelo que fue registrada en el lugar de ocurrencia de las caídas de rocas destacan: 33% de los eventos en áreas residenciales de intervención ordenada, 33% se presentan en áreas sin uso definido cercanas a la vialidad y en porcentajes menores, en zonas de antiguas canteras 17% y áreas residenciales de intervención desordenada 17%. Respecto al tipo de cobertura vegetal, resalta que la cobertura que más se registra en las caídas de rocas es la vegetación baja secundaria, herbácea que representa el 67% de los registros, seguido de la vegetación de altura, arbustiva con un 33%.

Estas caídas de rocas han causado daños principalmente en algunos tramos de la vialidad y estacionamientos de las urbanizaciones. Así mismo se identificaron caídas de rocas en sitios de antiguas canteras, donde se desarrolló la extracción de material y se removió la capa vegetal, lo que facilita la erosión y meteorización directa de la roca causando un peligro de inestabilidad de los taludes. Entre las principales evidencias encontradas resaltan la presencia de bloques muy fragmentados de mármol. El depósito de los bloques desplazados resulta en acumulaciones de fragmentos irregulares y angulares no consolidados de dimensiones variables y se encuentran generalmente cercanas a la fuente.

Estos movimientos se caracterizan por desprendimientos de fragmentos de dimensiones variables desde pendientes abruptas. La fuente de este tipo de movimientos se encuentra en mármoles altamente fracturados. La situación de peligro para caídas de rocas es relativa al tamaño de los bloques desplazados. El desprendimiento de bloques de varios metros de longitud presenta serias

complicaciones cuando la trayectoria de desplazamiento abarca la vialidad, provocando serias afectaciones e incluso cierres totales al tránsito.

Figura 27

Bloque de mármol caído de grandes dimensiones en zona de antigua cantera.



Nota. La flecha roja superior señala el bloque de mármol caído y las flechas inferiores indican la altura de los investigadores.

Figura 28

Bloque de mármol caído colocado a un costado de la vialidad.



Se inventariaron tres (03) flujos de detritos que representan el 8% del número total de movimientos identificados. Estos movimientos tienen lugar en zonas en donde se concentran los flujos de aguas superficiales y pendientes pronunciadas, y se suelen producir principalmente en la unidad de esquistos cuarzo micáceo grafitosos con un 67% seguido de la unidad de esquistos cuarzo micáceo feldespáticos con 33%. Para la totalidad de flujos de detritos registrados en el área de estudio, la causa de su activación lo constituyen las precipitaciones.

En cuanto al tipo de cobertura y uso del suelo que fue registrada en el lugar de ocurrencia de los flujos de detritos, destacan: 67% se presentan en áreas sin uso definido cercanas a la vialidad y 33 % en zonas de antiguas canteras. Respecto al tipo de cobertura vegetal, resalta que la cobertura que más se registra en los flujos de detritos es la vegetación de altura, arbustiva que representa el 67% de los registros, seguido de la vegetación baja secundaria, herbácea con un 33%.

Entre las evidencias de flujos de detritos en la zona, resaltan la corona, el canal de drenaje y la presencia de sedimentos. Los depósitos de estos flujos se encuentran constituidos en su mayoría por intercalaciones de sedimentos aluvio coluviales, de dimensiones heterométricas con disposición desordenada en una matriz arenosa a limosa. No existe límite respecto al tamaño de los materiales transportados en estas condiciones, puesto que se hallaron evidencias de que el material depositado, sobrepasó la vialidad y alcanzó el cauce del Rio Guiare.

Estos mecanismos pueden alcanzar velocidades y distancias considerables respecto a la fuente dependiendo de la morfología de la pendiente, lo que ha ocasionado obstrucción parcial y total de la vialidad en áreas sin uso definido. Solo un evento fue registrado en el sitio de antiguas canteras y no se reportan daños debido a que se trata de un antiguo flujo. Sin embargo, se aprecia el corte totalmente vertical para la construcción de la carretera sobre un relleno producido por el movimiento, cuyos sedimentos recubren el macizo rocoso.

Figura 29

Material depositado producto de un flujo de detritos que alcanzó el Rio Guaire.



Nota. Se resalta dentro del óvalo rojo, parte del material depositado cerca del río.

Figura 30

Evidencia de corona y canal de drenaje de un flujo de detritos.



Nota. La línea roja continua señala parte de la corona, la línea punteada, el canal de drenaje del flujo de detritos y el óvalo, parte del material depositado.

Los flujos de detritos generalmente son iniciados como deslizamientos. Se caracterizan por movimientos caóticos de materiales terrestres en medios sobresaturados de agua sin presentar superficies de rotura bien definidas. Debido a la precaria inestabilidad de los depósitos después del desplazamiento, los depósitos de flujos presentan zonas potenciales de reactivación durante épocas de lluvias. Estas características dan a los flujos una categoría de alto peligro cuando ocurren cerca de la vialidad. La principal ocurrencia de estos eventos se presenta a lo largo del sistema de drenaje.

Cobertura y Uso del Suelo

Desde el punto de vista de las coberturas y usos del suelo generales del área de estudio, se reconocieron un total de cinco categorías. Estas categorías se derivan de dos tipos de intervención: sin intervención antrópica y con intervención antrópica. Como se puede ver en el mapa resultante para esta variable (ver mapa 8) destacan las superficies sin intervención antrópica con buena cobertura vegetal (vegetación de gran altura, bosques), que constituyen un total de 13 Ha, seguidas de las superficies sin intervención antrópica con cobertura vegetal moderada (vegetación de poca altura y matorrales) con 47,2 Ha.

Por otra parte, las superficies con intervención antrópica se dividen en tres: intervención ordenada con urbanismos planificados y vialidad con una superficie de 18,29 Ha, intervención desordenada con urbanismos no planificados (zonas de barrio, construcciones informales) con 3,17 Ha y áreas con suelos descubiertos y explotación de material rocoso con 9,23 Ha. Es evidente la división de dos realidades territoriales: las áreas sin intervención antrópica que representan 60,67 Ha y constituyen el tipo cobertura predominante en el área de estudio, y las áreas con intervención antrópica que ocupan una superficie de 30,69 Ha. A continuación se describen las categorías definidas para esta variable:

Sin Intervención Antrópica con Buena Cobertura Vegetal (Vegetación De Gran Altura, Bosques). Estas zonas no tienen un uso definido y representan aquellas laderas sin ningún tipo de intervención antrópica. Están provistas de

cobertura vegetal de altura o pequeños bosques, los cuales se encuentran distribuidos en proporciones pequeñas en toda el área de estudio. Consta de procesos de escorrentía natural y la saturación del terreno depende únicamente del régimen pluviométrico. Estas zonas presentan una baja susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa y una alta cobertura, sin embargo, en algunos casos se pueden evidenciar procesos morfodinámicos incipientes. Solo un 3% de los movimientos en masa inventariados se ubican en esta zona.

Sin Intervención Antrópica con Cobertura Vegetal Moderada (Vegetación de Poca Altura y Matorrales). Estas zonas no tienen un uso definido y representan la cobertura dominante en el área de estudio. Están cubiertas por vegetación secundaria de poca altura tipo herbácea y se distribuyen de forma uniforme en toda el área. Estas zonas presentan una baja susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa y una mediana cobertura, pero no habría que descartar la generación de procesos de poco tamaño como: flujos de tierra y deslizamientos de poca magnitud. Se encuentran el 3% de los movimientos en masa inventariados.

Intervención Ordenada Con Urbanismos Planificados y Vialidad. Constituyen las zonas de uso urbano y carreteras previamente planificadas, donde las condiciones de humedad natural del terreno se pueden ver influenciadas principalmente por modificaciones en las condiciones naturales del agua superficial por medio de canales y zanjas. Sin embargo, estas zonas representan medios con problemas como drenajes obstruidos y concentración de las infiltraciones de ductos de agua, especialmente acueductos y alcantarillados que pueden alterar químicamente el material. Son evidentes los movimientos en masa lentos que afectan la infraestructura de viviendas y la vialidad.

Los urbanismos ubicados en esta zona están representados por la Urbanización Paulo VI y el Urbanismo El Morro y la vialidad hacia esta urbanización y el sector de El Encantado. Esta zona presenta una susceptibilidad moderada a la generación de movimientos en masa y una moderada cobertura, son

sectores medianamente estables, pero no se descarta la posibilidad de ocurrencia de procesos de tamaño moderado. Sin embargo, la mayoría de los movimientos en masa inventariados en campo se ubican en esta zona. Un 43% de los procesos se ubican en los urbanismos planificados y un 40% en la vialidad.

Intervención Desordenada con Urbanismos No Planificados (Zonas de Barrio, Construcciones Informales). Constituyen medios intervenidos arbitrariamente, con cortes y rellenos mal preservados. En el área de estudio destacan dos sectores de crecimiento urbano desordenado, con poca o ninguna vegetación. Algunos de los problemas asociados en este tipo de intervención son: erosión, inadecuado manejo de las aguas superficiales, ausencia de un sistema de alcantarillado, ausencia de canalización para las aguas de lluvias, disposición inadecuada de los desechos sólidos, descarga directa sobre la ladera de las aguas de consumos y aguas servidas. Si bien estos sectores presentan una alta susceptibilidad a sufrir procesos de movimientos en masa, como deslizamientos superficiales y profundos y presentan una baja cobertura, solo un 3% de los movimientos en masa inventariados en campo se ubican en esta zona.

Suelos Descubiertos y Explotación de Material Rocoso. Constituyen zonas de suelos descubiertos y zonas de canteras en donde se ha practicado a explotación de material rocoso mediante la utilización de explosivos. En el área de estudio están representadas por dos antiguas canteras que realizaban la explotación de calizas y que actualmente pertenecen a la Corporación Venezolana de Cemento denominadas “La Lechuza” y “Planta Este de El Llanito”. Estas son zonas que presentan una alta susceptibilidad a la generación de movimientos en masa, como grandes desprendimientos de rocas y se consideran sin cobertura. Un 8% de los movimientos en masa inventariados en campo se ubican en esta zona.

Foto 31

Cobertura vegetal moderada y zonas de urbanismos planificados y no planificados.

**Figura 32**

Zonas con buena cobertura vegetal y áreas de antiguas canteras.



El grado de intervención (modificación topográfica) juega un papel importante en los niveles de estabilidad de laderas, producto de las alteraciones que sufren las condiciones geológicas geotécnicas iniciales. De allí que el tipo de intervención presente en área de estudio, determina el tipo de cobertura presente,

la cual es orientativa del grado de influencia que representa esta variable en los movimientos en masa.

Bajo esta condición, la variable cobertura y uso del suelo, tiene un valor de peso de 20% en la matriz de susceptibilidad a movimientos en masa, y las unidades de cobertura son clasificadas y calificadas de acuerdo a su grado de influencia en la estabilidad de las laderas y taludes. (Ver tabla 28).

Tabla 28

Atributos y valor de peso para la variable cobertura y uso del suelo.

Unidades de cobertura	Clasificación	Valor de susceptibilidad
Sin intervención antrópica. Buena cobertura vegetal (vegetación de gran altura, bosques)	Alta cobertura	1
Sin intervención antrópica. Cobertura vegetal moderada (vegetación de poca altura y matorrales)	Mediana cobertura	2
Intervención ordenada. Urbanismos planificados	Moderada cobertura	3
Intervención desordenada. Urbanismos no planificados (zonas de barrio, construcciones informales).	Baja cobertura	4
Suelos descubiertos y explotación de material rocoso.	Sin cobertura	5

Susceptibilidad por Movimientos en Masa

A continuación, se describen los niveles de susceptibilidad obtenidos a partir de la generación del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa del área de estudio (ver mapa 9), como resultado del modelo donde se involucran los factores condicionantes del terreno analizados en el apartado anterior.

Susceptibilidad Baja. Estas zonas corresponden a 11,53 Ha del área de estudio. Está representada por terrenos compuestos de roca fresca a poco meteorizada, con una clasificación del macizo rocoso bueno y muy bueno,

ubicados en zonas planas, terrazas o pie de vertiente con pendientes entre 0° y 11° donde predominan procesos acumulativos. No presentan intervención antrópica, poseen una buena cobertura vegetal (vegetación de altura o pequeños bosques) y no se observan indicios de movimientos en masa. En esta zona se ubica la terraza donde está emplazada la Urbanización Paulo VI, la vega aluvial del Rio Guaire y cimas de superficie reducida que bordean algunas divisorias de agua. Estas zonas son identificadas como de Baja susceptibilidad, correspondientes al 13 % del área de estudio, por lo que no constituyen áreas propensas a la ocurrencia de deslizamientos, principalmente por sus características topográficas.

Susceptibilidad Media. Estas zonas corresponden a 21,71 Ha del área de estudio, lo que representa un 24% de la superficie total. Está representada por taludes o laderas con pendientes entre 11°- 21°, compuestos por roca moderadamente meteorizada y poco fracturada con una clasificación del macizo rocoso regular, donde predominan formas de terreno cóncavas que dan origen a procesos erosivos y acumulativos. Presentan mediana cobertura con vegetación secundaria de poca altura tipo herbácea. Pueden tener o no intervención antrópica ordenada. Algunas de las áreas están representadas por sectores cubiertos de vegetación, en otras se encuentran emplazados la Urbanización Paulo VI y El Urbanismo El Morro. La ocurrencia de movimientos en masa es incipiente y esporádica, sin embargo, un 10% de los movimientos en masa inventariados en campo se ubican en estas zonas.

Susceptibilidad Alta. Estas zonas corresponden a 33,59 Ha del área de estudio representando un 37% de la superficie total. Está representada por taludes o laderas con pendientes entre 21°- 31°, compuestos por roca meteorizada y fracturada con una clasificación del macizo rocoso mala. Predominan formas de terreno convexas y procesos erosivos. Los terrenos poseen escasa vegetación, generalmente de poca altura tipo herbácea o se encuentran deforestados y el tipo de intervención antrópica es desordenada (urbanismos no planificados). En el área de estudio se ubica un asentamiento no controlado en esta zona. Existen evidencias de movimientos en masa antiguos y se evidencian movimientos en

masa activos. El 24% de los movimientos en masa inventariados en campo se ubican en estas zonas.

Susceptibilidad Muy Alta. Estas zonas corresponden a 23,89 Ha en el área de estudio, lo que representa un 24% del total. Está representada por taludes o laderas con pendientes mayores a 31°, compuestos por roca muy meteorizada y fracturada con una clasificación del macizo rocoso muy mala. Predominan formas de terreno rectilíneas y procesos de meteorización y erosión. Presentan escasa o nula vegetación a causa de los procesos antrópicos (intervención desordenada, urbanismos no planificados) y explotación de material rocoso. En el área de estudio se encuentran representadas por suelos descubiertos y zonas de canteras, igualmente, se ubica un asentamiento no controlado en esta zona. Existen evidencias de ocurrencia de movimientos en masa activos y el 66% de los movimientos en masa inventariados en campo se ubican en estas zonas.

Estimación del Umbral de Lluvia

El estudio de la relación de la lluvia con la ocurrencia de los movimientos en masa, es de gran importancia debido a que es el evento que dispara con mayor frecuencia los movimientos en masa. En este sentido, se presentan los umbrales de lluvia obtenidos para el área de estudio, asumido este como el factor detonante a los fines de esta investigación, para así establecer relaciones lluvia – movimientos en masa y la zonificación de la amenaza.

Información de Lluvias Máximas Históricas y Series Anuales de Precipitaciones Máximas para Diferentes Duraciones

Con el fin de realizar el análisis de la lluvia acumulada, se tomó la serie histórica de la estación Cántaros de la UCV en el periodo comprendido entre 1988 y 2019, y se obtuvieron las siguientes precipitaciones mensuales máximas probables para distintas frecuencias. (Ver tabla 29).

Tabla 29

Datos mensuales de precipitación máxima en 24 hrs. (mm).

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1988	2,20	2,70	1,10	9,30	4,60	13,00	4,40	8,90	10,70	15,10	8,30	6,20	15,10
1989	1,10	0,80	1,80	15,00	16,00	6,80	7,90	8,90	10,50	1,30	8,20	1,10	16,00
1990	1,00	2,10	0,00	8,00	10,30	9,00	6,60	9,50	17,30	10,30	4,80	4,00	17,30
1991	2,30	0,00	11,80	6,80	1,50	6,00	6,00	10,40	9,20	2,80	14,60	2,20	14,60
1992	1,60	1,00	0,00	16,50	6,80	6,20	5,30	4,90	4,80	10,90	7,50	5,10	16,50
1993	4,90	2,50	2,60	9,80	9,70	6,50	9,70	7,60	9,60	6,80	11,70	5,70	11,70
1994	0,00	4,00	0,00	3,50	5,80	4,60	5,40	3,90	3,80	19,20	7,50	4,60	19,20
1995	2,50	0,00	25,80	14,50	4,90	6,80	5,80	6,70	5,50	10,90	6,30	0,60	25,80
1996	12,30	0,00	0,20	0,00	4,50	10,20	16,10	10,00	19,50	12,50	12,80	8,20	19,50
1997	4,10	2,50	0,20	9,30	3,10	7,30	6,50	3,70	11,40	9,90	3,80	4,10	11,40
1998	0,40	0,00	19,50	6,30	10,80	9,30	6,90	13,50	6,60	6,70	9,10	4,50	19,50
1999	2,00	4,20	9,50	10,20	6,60	5,80	6,90	8,00	6,80	10,60	3,70	9,00	10,60
2000	3,90	4,00	5,00	2,00	5,80	5,60	6,60	7,10	10,30	7,80	6,60	2,10	10,30
2001	0,50	2,10	5,10	0,00	13,00	5,00	7,70	5,90	8,50	12,70	14,60	9,60	14,60
2002	1,60	0,70	1,60	15,10	5,30	6,10	5,00	4,50	7,30	7,70	1,80	4,50	15,10
2003	3,00	0,30	4,70	20,30	5,80	11,50	5,50	8,30	16,20	9,40	5,70	4,30	20,30
2004	3,30	0,80	0,30	8,70	8,30	5,30	6,50	4,40	4,40	9,90	8,00	2,00	9,90
2005	6,60	14,50	0,00	16,00	9,80	15,00	8,40	10,20	10,70	5,10	16,80	6,60	16,80
2006	11,40	4,60	2,90	2,60	8,40	6,10	5,70	5,90	6,10	10,80	8,30	0,00	11,40
2007	1,30	2,50	9,10	6,10	7,30	8,30	7,00	13,60	8,20	12,10	7,50	6,00	13,60
2008	6,90	0,50	5,50	4,50	18,30	9,30	9,60	8,50	7,40	9,40	26,10	6,50	26,10
2009	2,20	5,90	5,00	4,60	6,00	7,80	5,80	11,00	18,30	6,70	9,40	0,30	18,30
2010	0,00	0,40	0,60	4,60	4,10	6,80	5,20	3,20	8,20	5,30	14,00	7,80	14,00

2011	10,00	6,70	2,80	4,80	12,30	8,20	6,70	8,40	11,90	6,80	12,90	10,40	12,90
2012	5,40	0,60	9,40	13,80	2,70	2,90	1,40	6,40	1,50	7,70	1,30	1,10	13,80
2013	0,20	0,10	0,00	1,40	4,80	1,40	0,90	3,80	4,70	1,90	2,10	1,70	4,80
2014	0,20	0,40	0,00	0,00	1,80	1,70	1,50	4,80	5,80	3,60	2,80	1,70	5,80
2015	1,00	1,70	0,20	0,60	1,90	1,60	1,70	1,40	3,00	3,20	1,00	0,00	3,20
2016	0,10	0,00	0,70	4,30	2,30	5,20	2,20	2,60	3,80	6,20	4,90	2,70	6,20
2017	1,50	0,20	2,50	3,00	3,70	3,40	2,70	3,60	3,40	3,80	0,60	0,60	3,80
2018	0,50	0,00	0,40	0,10	0,10	1,60	2,80	2,50	5,30	8,00	1,90	0,10	8,00
2019	0,40	0,10	0,00	0,20	1,80	2,40	3,30	2,40	1,70	5,40	2,50	0,20	5,40
MAX	12,30	14,50	25,80	20,30	18,30	15,00	16,10	13,60	19,50	19,20	26,10	10,40	26,10

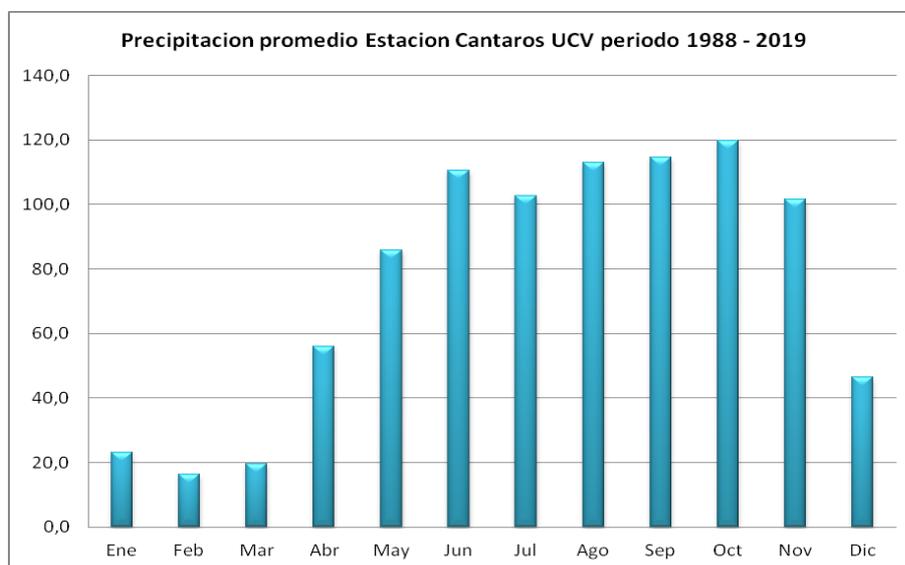
Nota. Elaboración propia con base en los datos promedios mensuales de precipitación en la Estación Cántaro UCV periodo 1988 – 2019.

Respecto a las precipitaciones mensuales máximas probables para distintas frecuencias presentadas en la tabla anterior, se aprecia que en el periodo lluvioso, el mes menos lluvioso corresponde a agosto con 13,60 mm y la lluvia máxima se presenta en el mes de noviembre con 26,10 mm, la cual se presentó en el año 2008.

En la figura 33 se aprecia la distribución de las lluvias mensuales promedio de la ciudad de Caracas, la cual se caracteriza por la presencia del periodo lluviosos durante los meses de Abril y Noviembre con dos picos de precipitación cercanos a 1220 mm en los meses de Junio y Octubre, así como un periodo seco entre los meses de Enero y Diciembre, destacándose un sequía importante durante el mes de febrero.

Figura 33

Distribución de la precipitación promedio para la ciudad de Caracas.



Nota. Elaboración propia con base en los datos promedios mensuales de precipitación de la Estación Cántaro UCV periodo 1988 – 2019.

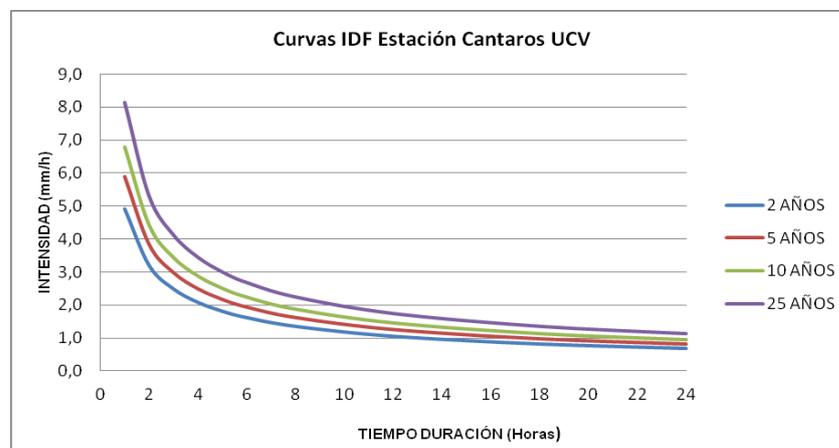
Determinación del Umbral de Lluvia

Con los umbrales de lluvia se determinan los períodos de retorno de cada uno de ellos, a partir de distribuciones de densidad de probabilidad para valores extremos y se establece la posibilidad de ocurrencia de movimientos en masa en el área de estudio, lo que permite establecer una relación lluvia - deslizamiento para cada fenómeno de remoción en masa.

En este sentido, el umbral de lluvia se obtuvo a partir de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) generadas a partir de los registros de la estación Cántaro de la UCV para duraciones de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12 y 24 horas. A continuación se presenta la figura 34, donde se establecen las curvas de intensidad y duración de las lluvias para períodos de retorno de 2, 5, 10 y 25 años.

Figura 34

Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia de la Estación Cántaros UCV.



Nota. Elaboración propia con base en los datos promedios mensuales de precipitación en la Estación Cántaro UCV periodo 1988 – 2019.

De esta manera, se observa que para un periodo de retorno de 2 años la intensidad de lluvia durante un periodo de 24 horas será de 4,24 mm/hr. Para un periodo de retorno de 5 años la intensidad de lluvia durante un periodo de 24 horas será de 5,99 mm/hr. Para un periodo de retorno de 10 años la intensidad de

lluvia durante un periodo de 24 horas será de 7,15 mm/hr. Para un periodo de retorno de 25 años la intensidad de lluvia durante un periodo de 24 horas será de 8,62 mm/hr. Se evidencia que la intensidad de la lluvia se incrementa, una vez que se considera un mayor tiempo de retorno como se aprecia en la tabla 30.

Tabla 30

Intensidad de la lluvia según periodo de retorno.

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno			
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años
24 hr	1440	0,58	0,83	0,99	1,19
18 hr	1080	0,71	1,01	1,20	1,27
12 hr	720	0,94	1,33	1,59	1,91
8 hr	480	1,20	1,69	2,02	2,44
6 hr	3.60	1,43	2,03	2,42	2,92
5 hr	300	1,61	2,27	2,72	3,27
4 hr	240	1,83	2,59	3,10	3,73
3 hr	180	2,16	3,06	3,65	4,40
2 hr	120	2,75	3,89	4,65	5,60
1 hr	60	4,24	5,99	7,15	8,62

Nota. Elaboración propia con base en los datos promedios mensuales de precipitación en la Estación Cántaro UCV periodo 1988 – 2019.

En cuanto a las precipitaciones diarias máximas probables para los distintos periodos de retorno, establecidos y generados a partir de los registros de la estación Cántaro, se obtuvieron los resultados presentados en la tabla 31. Se estima que las precipitaciones máximas diarias aumenten con cada periodo de retorno, al igual que aumenta la probabilidad de que estas precipitaciones ocurran.

Tabla 31

Precipitaciones diarias máximas probables para 4 períodos de retorno.

Periodo Retorno Años	Prob. de ocurrencia F(xT)	Precip. (mm) XT (mm)
2	0,5000	14,1516
5	0,8000	19,9927
10	0,9000	23,8600
25	0,9600	28,7464

Nota. Elaboración propia con base en los datos promedios mensuales de precipitación en la Estación Cántaro UCV periodo 1988 – 2019.

Finalmente, a través de la distribución de Gumbel tipo I y regresiones potenciales, se establecieron los valores extremos para períodos de retorno de 2, 5, 10 y 25 años, lo que determina los umbrales de lluvia mínima para que se active un movimiento en masa en el área de estudio. (Ver tabla 32).

Tabla 32

Umbrales de lluvia mínimo para los distintos periodos de retornos.

Periodo de Retorno (años)	Umbral de lluvia mínima
2	53,50034594412
5	75,58290613126
10	90,20348244211
25	118,59888925452

Nota. Elaboración propia con base en los datos promedios mensuales de precipitación en la Estación Cántaro UCV periodo 1988 – 2019.

Se aprecia que para un periodo de retorno de 2 años, la lluvia mínima necesaria para que se active un movimiento en masa en el área de estudio es de 53,50 mm/hr. Para los periodos posteriores este umbral se incrementa. Para el periodo de 5 años el umbral mínimo es de 75,58 mm/hr, para el periodo de 10

años el umbral mínimo es de 90,20 mm/hr y para el periodo de 25 años el umbral mínimo es de 118, 59 mm/hr. A partir de estos umbrales mínimos, se generaría el escenario más crítico posible, ya que entre más intensas las lluvias, mayor la posibilidad de ocurrencia de deslizamientos y a mayor periodo de retorno de un evento extremo, los deslizamientos son de mayor magnitud.

Relación Lluvia – Movimientos en Masa Ocurridos en el Área de Estudio para Validar los Umbrales de Lluvia Obtenidos

A fin de calibrar el modelo obtenido, se seleccionaron tres eventos de movimientos en masa del registro de eventos históricos del área de estudio. Estos eventos ocurrieron entre los años 2016 y 2017 en la vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado y cuentan con un registro de precipitación proveniente de la Estación Caurimare, ubicada en el municipio Sucre del estado Miranda (ver tabla 33).

Tabla 33

Eventos de movimientos en masa seleccionados para la validación de los umbrales de precipitación obtenidos.

Nro.	Fecha	Tipo	Causa	Descripción	Precipitación día evento (mm)	Fuente
1	20/04/2016	Deslizamiento	Precipitaciones registradas entre los días martes y miércoles 19 y 20 de abril de 2016	Debido al impacto de las lluvias en los sectores aledaños al río Guaire, se hundió parte de la vía hacia la Urb. Paulo VI y tres derrumbes en la zona, obstruyeron un canal de circulación.	43,4 mm	Pineros, L. (2016, abril 20). 2001.com.ve. (2016, Abril 20).
2	01/12/2016	Deslizamiento	Precipitaciones del 29 y 30 de noviembre y 01 de diciembre de 2016. Más de 72 horas con lluvias.	Después de 72 horas de lluvias dispersas en varias zonas de la capital y el municipio Sucre, se han presentado deslizamientos de tierra que han afectado viviendas y obstruido la vialidad hacia la Urb. Paulo VI y El Encantado.	42,8 mm	Barrera, C. (2016, diciembre 01). Prensa Alcaldía de Sucre. (2016, Diciembre 02).
3	14/04/2017	Deslizamiento	Precipitaciones de las últimas 48 horas (13 y 14 de abril de 2017) en la ciudad de Caracas.	Se presentó un deslizamiento de gran magnitud en el talud del sector El Morro. Todo el talud se encuentra debilitado por lo que hay micro deslizamientos que aportaron 700 toneladas de sedimentos que obstaculizaron la vía, afectaron las tuberías de aguas, generaron el colapso de dos viviendas y tapiaron un vehículo.	57,8 mm	Rodríguez, H. (2017, abril 14). Notitotal. (2017, abril 16). Hernández, M. (2017, abril 17).

Nota. Elaboración propia con base en el registro de eventos históricos del área de estudio y los datos de precipitación diarios de la Estación

Caurimare del municipio Sucre, estado Miranda.

Evento 1. Generación de un deslizamiento producto de las precipitaciones registradas entre los días martes y miércoles 19 y 20 de abril de 2016. El día de la ocurrencia de este evento, que ocurrió exactamente el 20 de abril de 2016, se registró una precipitación de 43,4 mm. Los dos días precedentes al evento, 18 y 19 de abril, se registró una precipitación de 15,6 mm y 53 mm respectivamente.

Evento 2. Generación de un deslizamiento producto de las precipitaciones registradas desde el 29 y 30 de noviembre y 01 de diciembre de 2016. El día de la ocurrencia de este evento, que ocurrió exactamente el 01 de diciembre de 2016, se registró una precipitación de 42,8 mm. Los dos días precedentes al evento, 29 y 30 de noviembre, se registró una precipitación de 9,2 mm y 38,8 mm respectivamente, lo que representa una lluvia acumulada de 90,8 mm.

Evento 3. Generación de un deslizamiento producto de las precipitaciones registradas el 13 y 14 de abril de 2017. El día de la ocurrencia de este evento, que ocurrió exactamente el 14 de abril de 2017, se registró una precipitación de 57,8 mm. El día precedente al evento, 13 de abril se registró una precipitación de 10,4 mm, lo que representa una lluvia acumulada de 68,2 mm.

De acuerdo a estos resultados, se puede ver que se registraron valores que igualan o superan el umbral mínimo obtenido en el apartado anterior para un periodo de retorno de 2 años, el cual corresponde a 53,50 mm/hr. Los valores registrados para el evento 1 y 2, se ubican por debajo del umbral con 43 mm y el valor del evento 3 supera este umbral con 58 mm, lo cual demuestra que la lluvia registrada el día del evento se acerca al umbral mínimo establecido para un periodo de retorno de 2 años. De allí que el umbral obtenido, resulta útil para tomar previsiones a partir del primer día que se registren las precipitaciones, ya que representa la cantidad mínima necesaria para que se active un movimiento en masa en el área de estudio.

De lo anterior, se deduce que la lluvia del día del evento es significativa como factor detonante de los deslizamientos, ya que esta lluvia es de mayor intensidad respecto a las lluvias máximas que se presentan en el mes de noviembre (26,10 mm) analizadas en la tabla 29. Además, estos eventos

ocurrieron en los meses de abril y noviembre, lo cual coincide con periodo lluvioso para el área de estudio, corroborando la influencia de la precipitación para el desarrollo de estos eventos de movimientos en masa.

Zonificación de la Amenaza por Movimientos en Masa

Finalmente, se obtuvo el mapa de amenaza para distintos periodos de retorno (2, 5, 10 y 25 años) mediante la aplicación de un modelo en el que se involucraron la susceptibilidad a movimientos en masa y el análisis del factor lluvia, con base en la metodología propuesta por Sánchez y Urego (2011). A continuación se presenta el análisis de cada mapa.

Mapa de Amenaza para el Periodo de Retorno de 2 Años. Al observar el mapa generado (ver mapa 10), se puede apreciar que existe un determinante predominio del nivel de amenaza Alta, con una superficie de 34,96 Ha del área de estudio; seguida por el nivel de amenaza Media con una superficie de 25,79 Ha. En proporciones significativamente menores, se encuentran el nivel de amenaza Muy alta con 18,28 Ha y el nivel de amenaza Baja con 11,7 Ha del área de estudio. Por otra parte, el 49% de los movimientos en masa inventariados en campo se ubican la zona de amenaza Alta y el 40% de los movimientos en masa inventariados en campo se ubican en la zona de amenaza Muy alta.

Mapa de Amenaza para el Periodo de Retorno de 5 Años. En el mapa generado para este periodo de retorno (ver mapa 11), destaca un incremento significativo de la zona de amenaza Muy alta respecto al mapa anterior, con una superficie de 34,32 Ha del área de estudio. Sin embargo, la zona de amenaza Alta continua teniendo una superficie mayor para este periodo de retorno con 35,29 Ha, y tiene un incremento menor respecto al mapa anterior. Caso contrario ocurre con la zona de amenaza Media que disminuye en su extensión respecto al mapa anterior, con 16,97 Ha al igual que la zona de amenaza Baja con 4,14 Ha del área de estudio. Por otra parte, el 27% de los movimientos en masa inventariados en campo se ubican la zona de Muy alta amenaza y el 65% de los movimientos en masa inventariados en campo se ubican en la zona de amenaza Alta. De lo

anterior, resalta el incremento de eventos inventariados en campo que se ubican en la zona de amenaza Alta para este periodo de retorno.

Mapa de Amenaza para el Periodo de Retorno de 10 Años. De este mapa se puede observar el incremento de la zona de amenaza Alta respecto al mapa anterior (ver mapa 12). Se puede apreciar que existe un determinante predominio de amenaza Alta con una superficie de 44,71 Ha, seguida por la categoría de amenaza Muy alta con una superficie de 34,32 Ha, la cual se mantiene constante respecto al mapa anterior. Las zonas de menor superficie de área de estudio, corresponden a las de amenaza Baja y Media, con 0,55 Ha y 11,15 Ha respectivamente. El porcentaje de movimientos en masa inventariados en campo se mantiene constante, el 27% de los movimientos en masa se ubican la zona de amenaza Alta y el 65% se ubican en la zona de Muy alta amenaza.

Mapa de Amenaza para el Periodo de Retorno de 25 Años. El mapa generado para este periodo de retorno (ver mapa 13), muestra un incremento de la superficie de las zonas de amenaza Baja y Media y una disminución de la zona de amenaza Alta respecto al mapa anterior. Las zonas de amenaza Alta y Muy alta conservan una superficie similar con 33,34 Ha y 34,32 Ha respectivamente. En proporciones significativamente menores, se encuentran la zona de amenaza Media con 18,92 Ha del área de estudio y la zona de amenaza Baja con 4,14 Ha. Por otra parte, el 41% de los movimientos en masa inventariados en campo se ubican la zona de amenaza Alta y el 56% de los movimientos en masa inventariados en campo se ubican en la zona de Muy alta amenaza.

En la tabla 34, se presenta un resumen de la distribución porcentual en Ha de los niveles de amenaza por movimientos en masa activados por lluvias en función de los periodos de retorno obtenidos para el área de estudio, a fin de realizar una mejor lectura de la variación de los porcentajes de superficie en la medida en que se incrementan los periodos de retornos y poder realizar analogías entre estos. Si se comparan los periodos de retorno de 2 y 5 años, se observa que se incrementa notablemente el nivel de amenaza Muy alto en un 18%, lo que representa un incremento negativo. Por otra parte, el nivel de amenaza Bajo disminuye en 9% para el periodo de 25 años, lo que representa una pérdida de

superficie negativa. Sin embargo, los niveles de amenaza Medio y Alto, tienden a mantenerse en el mismo porcentaje, solo con pequeñas variaciones: una disminución negativa de 7% para el nivel Medio y una disminución positiva de 2% para el nivel Alto.

Tabla 34

Resumen de la distribución porcentual en Ha de los niveles de amenaza por movimientos en masa activados por lluvias en función de los periodos de retorno.

Nivel de amenaza por movimientos en masa	Periodo de retorno de 2 años	Periodo de retorno de 5 años	Periodo de retorno de 10 años	Periodo de retorno de 25 años
Bajo	13%	4%	1%	4%
Medio	28%	19%	12%	21%
Alto	39%	39%	49%	37%
Muy alto	20%	38%	38%	38%

En síntesis, la distribución de los niveles de amenaza Alta y Muy alta es similar en el área de estudio, pero es el mapa de amenaza para el periodo de retorno de 10 años el que concentra la mayor superficie en Ha de los niveles de amenaza Alta y Muy alta. Las zonas donde se ubican estas áreas corresponden al Urbanismo El Morro, las áreas de ocupación informal, la mayor parte de la vialidad y la red de agua potable. En las zonas que tienen una amenaza Baja y Media, se ubican la Urbanización Paulo VI y parte de la vialidad.

Validación del Mapa de Amenaza

Los mapas de amenaza obtenidos se validaron mediante la superposición del mapa de procesos. Al calibrar el modelo, se pudo verificar la coincidencia de estos procesos con las zonas de amenaza para los distintos periodos de retorno. Por ejemplo, para el periodo de retorno de dos años (ver mapa 14) un promedio de 43,2% de los movimientos en masa se encuentran en la zona de amenaza Muy alta, seguida por la zona de amenaza Alta con 37,8%, amenaza Media con 16,2% y amenaza Baja con 3,7%. Se puede verificar que el 81% de los procesos verificados en campo se ubican en las zonas de amenaza Alta y Muy alta.

CAPÍTULO V

VULNERABILIDAD FÍSICA DE LAS LÍNEAS VITALES PÚBLICAS

El presente capítulo da respuesta al segundo objetivo específico de esta investigación: *Analizar la vulnerabilidad física de las líneas vitales (vialidad y redes de agua potable) expuestas a movimientos en masa en el tramo BIMA – Paulo VI, Petare, municipio Sucre del estado Miranda*. En este sentido, se evaluaron específicamente la vialidad y la red de agua potable. A continuación se presentan los resultados del análisis de la vulnerabilidad física de las líneas vitales públicas seleccionadas para el área de estudio con base en dos criterios:

- a) Características de los componentes de la infraestructura de la red
- b) Nivel de exposición a las amenazas debido a su ubicación

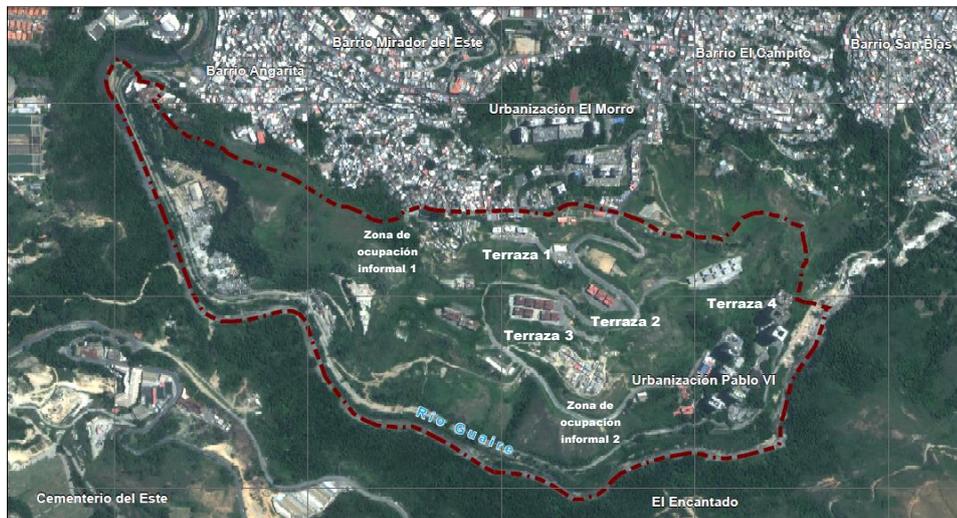
Exposición de la Población por la Ocurrencia de Movimientos en Masa

La exposición de la población se analiza de forma cualitativa a partir de su ubicación frente a la amenaza por movimientos en masa activados por lluvias. Dentro del área de estudio se ubican la Urbanización Paulo VI, el Urbanismo Terrazas del Morro y dos zonas de ocupación informal. Según datos suministrados por el Consejo Comunal de Paulo VI, esta urbanización consta de 1080 familias distribuidas en cinco (05) torres, para un total aproximado de 4212 personas.

El urbanismo El Morro de la Gran Misión Vivienda Venezuela está integrado por un número aproximado de 284 familias (1108 personas aproximadamente) distribuidas en cuatro (04) terrazas cuyo número de edificios es variable: la terraza 1 y 2 constan de tres (03) edificios, la terraza 3 de ocho (08) edificios y la terraza 4 de cinco (05) edificios. Por su parte, las dos zonas de ocupación informal carecen de datos respecto al número de personas que la habitan debido a que no poseen una estructura organizativa.

Figura 35

Comunidades presentes en el área de estudio.



Con base en estos datos se establece la situación en la que se encuentran las familias que habitan en el área de estudio respecto a las zonas expuestas a amenazas. Para ello se utilizó el mapa de amenaza para el período de retorno de dos años, donde se identificaron las zonas o niveles de exposición en los que se encuentran ubicadas las comunidades de la zona.

Las 1080 familias de la Urbanización Paulo VI se ubican en la zona de Baja amenaza por movimientos en masa para el período de retorno de 2 años. Las familias del Urbanismo El Morro, se distribuyen de la manera siguiente: 45 familias de la terraza 1 se ubican en la zona de amenaza Media, 45 familias de las terrazas 2 se ubican en la zona de Baja amenaza, 120 familias de la terraza 3 se ubican en la zona de amenaza Media y 74 familias de la terraza 4 se ubican en la zona de amenaza Media. En cuanto al análisis de las dos zonas de ocupación informal presentes en el área de estudio, se tiene que la primera zona se ubica en las áreas de amenaza Muy Alta y la segunda, en el área de amenaza Media.

En síntesis, el 82% de la población se ubica en la zona de amenaza Baja y un 18 % en la zona de amenaza Media, por lo que poseen una vulnerabilidad Baja y Media respectivamente, y con menor exposición en caso de producirse un movimiento en masa. Sin embargo, existe una parte de la población ubicada en las

zonas de amenaza Muy Alta de las cuales no se poseen datos exactos del número de familias que la habitan. Esta situación las convierte en una población altamente vulnerable y con mayor grado de exposición en caso de que ocurra un movimiento en masa.

Desde el punto de vista de una posible afectación a las líneas vitales públicas como producto de la ocurrencia de un movimiento en masa activado por lluvias, 1080 familias de la Urbanización Paulo VI son vulnerables al no tener acceso a la única vía de comunicación hacia El Llanito, Petare o por la imposibilidad del acceso de los organismos de rescate y atención del desastre. Por otra parte, 284 familias del Urbanismo El Morro podrían verse afectadas al no contar con el suministro de agua potable en caso de ocurrir una afectación en el Alimentador Sur Filas de Mariches, así como podrían verse afectados de manera indirecta algunos sectores de Petare como El Morro, San Blas, La Dolorita, Mariches y Caucaguita.

Red de Agua Potable

La infraestructura de la red de agua potable presente el área de estudio, consta de dos líneas de aducción. La primera, denominada Alimentador Este, abastece a la Urbanización Paulo VI y la parte baja de San Blas, se encuentra a 825 msnm y corresponde a un trayecto de 2200 metros lineales en el área de estudio, al final del tramo (extremo este) y posee un tanquilla de distribución interna a la Urbanización Paulo VI. La segunda, denominada Alimentador Sur Filas de Mariches, presenta en el área de estudio, el tramo inicial de su tubería principal y abastece algunos sectores de Petare Sur como Campito, San Blas, Nazareno, El Morro, Mirador del Este, Las Marías, Mariches y La Dolorita. Se ubica entre los 825 y 1025 msnm y corresponde a un trayecto de 3517 metros lineales en el área de estudio al final del tramo (extremo norte) y posee una tanquilla de distribución para las sectores antes mencionados.

Este sistema es parte del Acueducto Metropolitano de Caracas y pertenece al Sistema Tuy II. Tiene un caudal de 4000 litros/seg en la condición normal y sus fuentes son los embalses Lagartijo, Rio Tuy y Taguacita. Es un alimentador de 74

y 85 pulgadas de diámetro que atraviesa las estaciones de bombeo 21, 22, 23 a la 25, donde se ubica la Planta de tratamiento La Guairita, a una cota 946-923 msnm. De allí va a tres grandes alimentadores: alimentador sur, norte y este. La administración de estos alimentadores, está a cargo del Instituto Municipal de Aguas de Sucre (IMAS) con el apoyo de HIDROCAPITAL.

Características de los Componentes de la Infraestructura de la Red

A continuación se presenta la caracterización de los componentes de la infraestructura de la red de agua potable del área de estudio, donde se identifican y describen los elementos de cada componente del sistema en función del: estado actual, material de construcción, antigüedad, mantenimiento preventivo y estándares de diseño que definen la calidad de su construcción. Esta información se obtuvo en entrevistas personales a Torres de la Planoteca de HIDROCAPITAL (21 de enero de 2020), E. Delascio de la Gerencia Técnica del Acueducto Metropolitano HIDROCAPITAL (28 de enero de 2020) y C. Castañeda del Instituto Municipal de Aguas de Sucre IMAS (01 de febrero de 2020).

Se trata de dos sistemas aducción. El Alimentador Este consta de una tubería matriz de 12 pulgadas y el Alimentador Sur Filas de Mariches, de una tubería matriz de 30 pulgadas de diámetro y 12mm de espesor, aunque en las últimas mediciones realizadas se registran 9,52 mm. El material de construcción en ambas, es acero al carbono y poseen un caudal de 1500 l/seg en condiciones normales, actualmente, el caudal que se maneja es de 450 l/seg. No existe una fecha exacta de construcción del sistema, para el Alimentador Este data entre 1977 y 1982 y para el Alimentador Sur Filas de Mariches (ramal anexado al Alimentador Este), data entre 1982 y 1986. La red de agua potable está diseñada con base en las Normas INOS para el diseño de los abastecimientos de agua de 1965 y las Normas de la OPS para la calidad del agua potable de 2005.

El Alimentador Sur Filas de Mariches tiene una capacidad de presión de 100 libras, pero hoy día, solo se utilizan de 60 o 70 libras debido al estado de las tuberías, las cuales presentan fugas y roturas distribuidas en algunas partes de su extensión. Actualmente, el sistema funciona bajo racionamiento en el suministro

de agua potable, con un bajo caudal y surte a las comunidades en diferentes días. Dadas las condiciones actuales del suministro, se han generado problemas en la red al llenar y vaciar por completo las tuberías una y otra vez. Igualmente, se presentan otros problemas asociados a las instalaciones de bombeo, que aunque se encuentran externas al área de estudio debido a las fallas continuas en el servicio de electricidad, afectan las tuberías al crear ondas dentro de las mismas.

Figura 36

Tubería matriz de 12 pulgadas del Alimentador Este, progresiva 0 + 500.



Figura 37

Tubería matriz de 30 pulgadas del Alimentador Sur Filas de Mariches, progresiva 2 + 100.



El mantenimiento en este tipo de tuberías, depende de distintos factores que pueden afectar la vida útil de las mismas. Estos factores pueden ser las protecciones catódicas para la corrosión, tipo de calidad del agua, revestimiento externo, calidad del suelo y condiciones de estabilidad de laderas.

Actualmente, no se realiza mantenimiento externo a la red, únicamente cuando se han tenido que sustituir algunos tramos de la tubería como consecuencia de averías, o en otros casos, cuando se colocan parchos o fajas a las mismas. Por otra parte, el mantenimiento interno lo realiza la gerencia de calidad de agua de HIDROCAPITAL con base en las pruebas que realizan periódicamente, una a tres veces al año, mediante la Planta de tratamiento La Guairita la cual, cada cierto tiempo, envía una cantidad de agua sobre-clorada y con aditivos para que limpien la tubería. Durante esas maniobras, se cierra el suministro a los sectores y se apertura la válvula de descarga al Río Guaire, asegurando de esta manera que la comunidad reciba el vital líquido potable.

El agua que circula por las tuberías proviene tratada desde la Planta de tratamiento La Guairita, razón por la cual los períodos de limpieza interna no son continuos, ya que se considera de buena calidad el agua que circula por la misma. Respecto a la corrosión, ninguna de las instituciones que gestionan la red, han realizado las evaluaciones necesarias para corroborar daños por oxidación creada por fluidos corrosivos.

La red de tuberías está diseñada para tener una vida útil entre 30 o 40 años, su material es de acero y aún conservan un espesor cercano a 10mm. Sin embargo, las tuberías del Alimentador Sur Filas de Mariches, han sufrido múltiples fracturas con la consecuente fuga de agua, entre las progresivas 1 + 100 y 1 + 600 y las progresivas 2 + 100 a 2 + 200, por lo que han sido reparadas en varias oportunidades. Algunos de sus componentes o piezas afectadas, han sido sustituidas mediante la incorporación de nuevos tramos que se dejan a nivel de la superficie, es decir, de manera externa para evitar que ocurra otra ruptura. Estos tramos se apoyan por la elasticidad de la tubería y si esta queda muy elongada, se colocan soportes tipo H. En otras ocasiones, se han soldado parchos en las fugas o se ha cambiado la trayectoria de la tubería para evitar más fracturas.

Según la Gerencia Técnica del IMAS (C. Castañeda, comunicación personal, 01 de febrero de 2020), los movimientos en masa han afectado las tuberías durante el año 2018 hasta principios del año 2019, cuando se cambió la trayectoria de la tubería y se incorporaron 55 metros aproximadamente de una nueva tubería, para evitar de esta manera, más fracturas en un codo cercano a la Terraza 12 del Urbanismo El Morro.

Del mismo modo, la Gerencia Técnica de HIDROCAPITAL (E. Delascio, comunicación personal, 28 de enero de 2020) y el Consejo Comunal Paulo VI (D. Guaina, comunicación personal, 22 de enero de 2020), reportan fracturas de la tubería en varias partes de su extensión, aproximadamente en siete partes donde han ocurrido averías importantes producto de la inestabilidad de la ladera, durante los años 2018 y 2019, a la altura de la cancha de softball del Urbanismo El Morro y la terraza 7, incluso reportan la ruptura de una tanquilla que distribuye el agua a varios sectores ubicada a la altura del sector El Morro.

Figura 38

Tramo de la tubería del Alimentador Sur Filas de Mariches afectado por un macro-deslizamiento en la progresiva 1 + 200.



Figura 39

Tanquilla de distribución de agua potable del Alimentador Sur Filas de Mariches ubicado en el sector El Morro en la progresiva 3 + 500.

**Figura 40**

Rotura de tubería del Alimentador Sur Filas de Mariches como consecuencia de un macro-deslizamiento en la progresiva 1 + 000.



Nota. Tomado de Consejo Comunal Paulo VI (2019).

Matriz de Vulnerabilidad Física de la Red de Agua Potable

En las siguientes matrices se caracterizan los dos sistemas de aducción de agua potable presentes en el área de estudio, a partir de la información obtenida en campo y las entrevistas realizadas a funcionarios del IMAS e HIDROCAPITAL. Ambos sistemas de aducción se evaluaron de manera individual y posteriormente, se obtuvo una sumatoria global que las ubicó en el nivel de vulnerabilidad física establecido. En consecuencia, se estableció un nivel de vulnerabilidad física para el Alimentador Este (ver tabla 35) y un nivel de vulnerabilidad física para el Alimentador Sur Filas de Mariches (ver tabla 36). En el mapa 15 se espacializaron los niveles de vulnerabilidad física obtenidos para ambos sistemas.

Tabla 35

Matriz de vulnerabilidad física de la red de agua potable Alimentador Este.

Tramo	Progresiva	Variable 1			Variable 2			Variable 3			Variable 4			Variable 5			Total	Vulnerabilidad por tramo			
		Estado actual			Antigüedad			Mantenimiento			Material de construcción			Estándares de diseño y construcción				Baja	Media	Alta	Muy alta
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O		1 -13	14 - 26	27 - 39	> 40
		1	5	10	1	5	10	1	5	10	1	5	10	1	5	10					
1	0 + 000	1				5				5				1			13	13			
2	0 + 100	1				5				5				1			13	13			
3	0 + 200	1				5				5				1			13	13			
4	0 + 300	1				5				5				1			13	13			
5	0 + 400	1				5				5				1			13	13			
6	0 + 500	1				5				5				1			13	13			
7	0 + 600	1				5				5				1			13	13			
8	0 + 700	1				5				5				1			13	13			
9	0 + 800	1				5				5				1			13	13			
10	0 + 900	1				5				5				1			13	13			
11	1 + 000	1				5				5				1			13	13			
12	1 + 100	1				5				5				1			13	13			
13	1 + 200	1				5				5				1			13	13			
14	1 + 300	1				5				5				1			13	13			
15	1 + 400	1				5				5				1			13	13			
16	1 + 500	1				5				5				1			13	13			
17	1 + 600	1				5				5				1			13	13			
18	1 + 700	1				5				5				1			13	13			
19	1 + 800	1				5				5				1			13	13			
20	1 + 900	1				5				5				1			13	13			
21	2 + 000	1				5				5				1			13	13			
22	2 + 100	1				5				5				1			13	13			

Nota. Elaboración propia con base en SNGR y PNUD (2012). A: Bueno B: Regular C: Malo D: 0 a 25 años E: 25 a 50 años F: Mayor de 50 años G: Planificado H: Esporádico I: Ninguno J: Acero K: PVC L: Tierra/Cemento M: Aplica la norma nacional N: Aplica la norma nacional y local O: Luego de la norma local

Tabla 36

Matriz de vulnerabilidad física de la red de agua potable Alimentador Sur Filas de Mariches.

Tramo	Progresiva	Variable 1		Variable 2			Variable 3			Variable 4			Variable 5			Total	Vulnerabilidad por tramo				
		Estado actual			Antigüedad			Mantenimiento			Material de construcción			Estándares de diseño y construcción			Baja 1 -13	Media 14 - 26	Alta 27 - 39	Muy alta > 40	
		A 1	B 5	C 10	D 1	E 5	F 10	G 1	H 5	I 10	J 1	K 5	L 10	M 1	N 5						O 10
1	0 + 000	1			5			5		1			1			13	13				
2	0 + 100	1			5			5		1			1			13	13				
3	0 + 200	1			5			5		1			1			13	13				
4	0 + 300	1			5			5		1			1			13	13				
5	0 + 400	1			5			5		1			1			13	13				
6	0 + 500	1			5			5		1			1			13	13				
7	0 + 600	1			5			5		1			1			13	13				
8	0 + 700	1			5			5		1			1			13	13				
9	0 + 800	1			5			5		1			1			13	13				
10	0 + 900	1			5			5		1			1			13	13				
11	1 + 000		5		5			5		1			1			17			17		
12	1 + 100		5		5			5		1			1			17			17		
13	1 + 200		5		5			5		1			1			17			17		
14	1 + 300		5		5			5		1			1			17			17		
15	1 + 400		5		5			5		1			1			17			17		
16	1 + 500		5		5			5		1			1			17			17		
17	1 + 600		5		5			5		1			1			17			17		
18	1 + 700	1			5			5		1			1			13	13				

19	1 + 800	1		5	5	1	1	13	13	
20	1 + 900	1		5	5	1	1	13	13	
21	2 + 000	1		5	5	1	1	13	13	
22	2 + 100		5	5	5	1	1	17		17
23	2 + 200	1		5	5	1	1	13	13	
24	2 + 300	1		5	5	1	1	13	13	
25	2 + 400	1		5	5	1	1	13	13	
26	2 + 500	1		5	5	1	1	13	13	
27	2 + 600	1		5	5	1	1	13	13	
28	2 + 700	1		5	5	1	1	13	13	
29	2 + 800	1		5	5	1	1	13	13	
30	2 + 900	1		5	5	1	1	13	13	
31	3 + 000	1		5	5	1	1	13	13	
32	3 + 100	1		5	5	1	1	13	13	
33	3 + 200	1		5	5	1	1	13	13	
34	3 + 300	1		5	5	1	1	13	13	
35	3 + 400	1		5	5	1	1	13	13	
36	3 + 500		5	5	5	1	1	17		17

Nota. Elaboración propia con base en SNGR y PNUD (2012). A: Bueno B: Regular C: Malo D: 0 a 25 años E: 25 a 50 años F: Mayor de 50 años G: Planificado H: Esporádico I: Ninguno J: Acero K: PVC L: Tierra/Cemento M: Aplica la norma nacional N: Aplica la norma nacional y local O: Luego de la norma local

Como principal análisis destaca que el Alimentador Este posee una vulnerabilidad física Baja en toda su extensión, por el contrario, el Alimentador Sur Filas de Mariches presenta tramos con un nivel de vulnerabilidad Media, específicamente en los tramos comprendidos entre las progresivas 1 + 100 y 1 + 600 y las progresivas 2 + 100 a 2 + 200, los cuales coinciden con los lugares donde se han presentado afectaciones importantes en las tuberías, sin embargo, el resto de los tramos mantiene una vulnerabilidad física Baja.

Nivel de Exposición a las Amenazas Debido a su Ubicación

En este apartado, se establece la situación en la que se encuentra la infraestructura física de las redes de agua potable del área de estudio respecto a las zonas expuestas a amenazas. Este criterio se determinó en campo, apoyado en el mapa de amenaza para el periodo de retorno de dos años, el cual permitió identificar las zonas o niveles de exposición donde se encuentran ubicadas las tuberías del Alimentador Este (ver tabla 37) y del Alimentador Sur Filas de Mariches (ver tabla 38), y que además, permitió asociar posibles daños en función de las zonas o niveles de exposición.

Tabla 37

Zonas o niveles de exposición para el Alimentador Este.

Tramo	Progresiva	Zona de exposición	Daños esperados
1	0 + 000	4	Sin daños
2	0 + 100	3	Colapso
3	0 + 200	3	Colapso
4	0 + 300	4	Sin daños
5	0 + 400	4	Sin daños
6	0 + 500	4	Sin daños
7	0 + 600	4	Sin daños
8	0 + 700	3	Colapso
9	0 + 800	4	Sin daños
10	0 + 900	3	Colapso
11	1 + 000	3	Colapso
12	1 + 100	3	Colapso
13	1 + 200	4	Sin daños
14	1 + 300	4	Sin daños
15	1 + 400	4	Sin daños
16	1 + 500	4	Sin daños

17	1 + 600	4	Sin daños
18	1 + 700	4	Sin daños
19	1 + 800	4	Sin daños
20	1 + 900	4	Sin daños
21	2 + 000	4	Sin daños
22	2 + 100	4	Sin daños

Nota. Elaboración propia con base en las zonas o niveles de exposición propuestos por SGC y MINMINAS (2015).

Tabla 38

Zonas o niveles de exposición para el Alimentador Sur Filas de Mariches.

Tramo	Progresiva	Zona de exposición	Daños esperados
1	0 + 000	4	Sin daños
2	0 + 100	3	Colapso
3	0 + 200	3	Colapso
4	0 + 300	4	Sin daños
5	0 + 400	4	Sin daños
6	0 + 500	4	Sin daños
7	0 + 600	4	Sin daños
8	0 + 700	3	Colapso
9	0 + 800	4	Sin daños
10	0 + 900	3	Colapso
11	1 + 000	3	Colapso
12	1 + 100	3	Colapso
13	1 + 200	2	Colapso parcial
14	1 + 300	2	Colapso parcial
15	1 + 400	2	Colapso parcial
16	1 + 500	2	Colapso parcial
17	1 + 600	3	Colapso
18	1 + 700	3	Colapso
19	1 + 800	3	Colapso
20	1 + 900	3	Colapso
21	2 + 000	1	Sin daños
22	2 + 100	1	Sin daños
23	2 + 200	3	Colapso
24	2 + 300	3	Colapso
25	2 + 400	1	Sin daños
26	2 + 500	1	Sin daños
27	2 + 600	1	Sin daños
28	2 + 700	2	Colapso parcial
29	2 + 800	2	Colapso parcial
30	2 + 900	2	Colapso parcial
31	3 + 000	3	Colapso
32	3 + 100	3	Colapso

33	3 + 200	3	Colapso
34	3 + 300	3	Colapso
35	3 + 400	3	Colapso
36	3 + 500	1	Sin daños

Nota. Elaboración propia con base en las zonas o niveles de exposición propuestos por SGC y MINMINAS (2015).

De acuerdo a estas zonas de exposición, la infraestructura del Alimentador Sur Filas de Mariches se distribuye en todas las zonas de exposición, pero con una predominancia de los tramos ubicados en la zona 2, con 19% y 3 con 47% las cuales representan las zonas de exposición donde se podrían presentar daños importantes en la infraestructura de la red bajo un escenario de riesgo. Por otra parte, el 73% de los tramos del Alimentador Este, se ubican en la zona 4 donde no se esperarían daños en la infraestructura de la red bajo un escenario de riesgo, lo que hace al Alimentador Sur más vulnerable.

Matriz de Exposición de la Red de Agua Potable

La red de agua potable presente en el área de estudio, no solamente es vulnerable en su infraestructura física, sino también a la exposición a la amenaza por movimientos en masa. En este sentido, la vulnerabilidad física hace referencia a la respuesta de los elementos expuestos frente a la ocurrencia de un evento, lo cual dependerá de las variables intrínsecas de la infraestructura y las variables relacionadas con la zona de exposición en la que se encuentra la red y los daños esperados producto la materialización de un evento de movimiento en masa.

Bajo esta condición, se elaboró la matriz de exposición de la infraestructura física de la red de agua potable del área de estudio, a partir del análisis de cada uno de los tramos del Alimentador Este (ver tabla 39) y del Alimentador Sur Filas de Mariches (ver tabla 40). En el mapa 16 se espacializaron los niveles de exposición obtenidos para ambos sistemas.

Tabla 39

Matriz de exposición de la red de agua potable: Alimentador Este.

Punto	Progresiva	Variable 1 Zona de exposición				Variable 2 Daño probable*				Variable 3 Vulnerabilidad física				Exposición por tramo**			
		1	2	3	4	C	CP	DM	SD	Baja	Media	Alta	Muy alta	Baja	Media	Alta	Muy alta
		2	3	4	1	4	3	2	1	1	2	3	4	1	2	3	> 4
1	0 + 000				1				1	1				1			
2	0 + 100			4		4				1						3	
3	0 + 200			4		4				1						3	
4	0 + 300				1				1	1				1			
5	0 + 400				1				1	1				1			
6	0 + 500				1				1	1				1			
7	0 + 600				1				1	1				1			
8	0 + 700			4		4			1	1						3	
9	0 + 800				1				1	1				1			
10	0 + 900			4		4			1	1						3	
11	1 + 000			4		4			1	1						3	
12	1 + 100			4		4			1	1						3	
13	1 + 200				1				1	1				1			
14	1 + 300				1				1	1				1			
15	1 + 400				1				1	1				1			
16	1 + 500				1				1	1				1			
17	1 + 600				1				1	1				1			
18	1 + 700				1				1	1				1			
19	1 + 800				1				1	1				1			
20	1 + 900				1				1	1				1			
21	2 + 000				1				1	1				1			
22	2 + 100				1				1	1				1			

Nota. Elaboración propia con base en la Cooperación Suiza en América Central (2013). *Daño probable: C: Colapso, CP: Colapso parcial,

DM: Daños menores, SD: Sin daños. ** Exposición por tramo (horizontal): Promedio de variable 1 + variable 2 + variable 3

Tabla 40

Matriz de exposición de la red de agua potable: Alimentador Sur Filas de Mariches.

Punto	Progresiva	Variable 1				Variable 2				Variable 3				Exposición por tramo**			
		Zona de exposición				Daño probable*				Vulnerabilidad física				B	M	A	MA
		1	2	3	4	C	CP	DM	SD	B	M	A	MA				
2	3	4	1	4	3	2	1	1	2	3	4	1	2	3	> 4		
1	0 + 000				1				1	1				1			
2	0 + 100			4		4				1					2		
3	0 + 200			4		4				1				2			
4	0 + 300				1				1	1				1			
5	0 + 400				1				1	1				1			
6	0 + 500				1				1	1				1			
7	0 + 600				1				1	1				1			
8	0 + 700			4		4				1				2			
9	0 + 800				1				1	1				1			
10	0 + 900			4		4				1				2			
11	1 + 000			4		4						2				3	
12	1 + 100			4		4						2				3	
13	1 + 200		3									2		2			
14	1 + 300		3									2		2			
15	1 + 400		3									2		2			
16	1 + 500		3									2		2			
17	1 + 600			4		4						2				3	
18	1 + 700			4		4				1				2			
19	1 + 800			4		4				1				2			
20	1 + 900			4		4				1				2			

21	2 + 000	2			1	1		1
22	2 + 100	2			1		2	1
23	2 + 200		4	4		1		2
24	2 + 300		4	4		1		2
25	2 + 400	2			1	1		1
26	2 + 500	2			1	1		1
27	2 + 600	2			1	1		1
28	2 + 700		3			3	1	2
29	2 + 800		3			3	1	2
30	2 + 900		3			3	1	2
31	3 + 000		4	4			1	2
32	3 + 100		4	4			1	2
33	3 + 200		4	4			1	2
34	3 + 300		4	4			1	2
35	3 + 400		4	4			1	2
36	3 + 500	2			1		2	1

Nota. Elaboración propia con base en la Cooperación Suiza en América Central (2013). *Daño probable: C: Colapso, CP: Colapso parcial,

DM: Daños menores, SD: Sin daños. ** Exposición por tramo (horizontal): Promedio de variable 1 + variable 2 + variable 3

Del análisis de estas matrices, destaca que el 73% de los tramos pertenecientes al Alimentador Este presentan una exposición Baja, donde no se esperarían daños como producto de la ocurrencia de un evento de movimiento en masa, y el 27% de los tramos presentan una exposición Alta, donde se esperaría el colapso de la infraestructura o daños localizados por impacto, obstrucción o enterramiento en la zona de depósito del material deslizado.

Por su parte, el Alimentador Sur Filas de Mariches presenta un 58% de los tramos con una exposición media, donde se esperaría un colapso parcial de la infraestructura o daños instantáneos debido a pérdida de soporte en la zona de retrogresión, asentamientos diferenciales, inclinaciones y agrietamientos asociados con movimientos lentos, o colapso de la estructura asociado con movimientos rápidos. El 34% de los tramos presenta una exposición Baja, donde no se esperarían daños como producto de la ocurrencia de un evento de movimiento en masa. Por último, solo un 8% de los tramos presenta una exposición Alta, donde se esperaría el colapso de la infraestructura o daños localizados por impacto, obstrucción o enterramiento en la zona de depósito del material deslizado.

Vialidad

En el área de estudio se ubica la principal vía de acceso a la Urbanización Paulo VI, Urbanismo El Morro y el Barrio El Encantado desde el sector El Llanito de Petare. A los fines de este análisis, se dividió el tramo vial por progresivas. De este modo, se inició en el kilómetro 2 + 100 donde se encuentra la Urbanización Paulo VI, y se finalizó en el kilómetro 0 + 000 donde se ubica el Barrio Isaías Medina Angarita, únicos centros poblados en el recorrido de la vía. A partir de allí, la carretera conduce hacia el Barrio La Línea de Petare. Es de resaltar que no se tomó en consideración la carretera que comunica la Urbanización Paulo VI con el Urbanismo El Morro, ubicado dentro del área de estudio, en vista de que la misma colapsó como consecuencia de los movimientos en masa en la zona, por lo tanto, se encuentra inhabilitada.

Características de los Componentes de la Infraestructura Vial

Se trata de una carretera local que tiene una longitud en el área de estudio 2100 metros. Consta de dos canales en el extremo oeste del área de estudio, a partir de la progresiva 0 + 800 cambia a cuatro canales, para finalmente, a partir de la progresiva 1 + 900, culminar con dos canales en la Urbanización Paulo VI. En este sentido, posee anchos que fluctúan entre 4 metros y 8 metros. Tiene una superficie de rodadura de asfalto y el ancho de calzada es de 8 metros. Se construyó de acuerdo al diseño geométrico para carreteras de segunda categoría.

El sistema de drenaje actual, presenta cunetas longitudinales triangulares de concreto simple para facilitar la salida de las aguas superficiales y evitar la erosión, así como filtraciones que deterioren la plataforma. En cuanto al mantenimiento, no se realiza de manera planificada. Solo cuando ocurre un movimiento en masa y son movilizadas las maquinarias necesarias para remover el material depositado y habilitar el tránsito vehicular. También, cuando ocurren hundimientos de la carretera, los cuales son atendidos por la Dirección de Obras de la Alcaldía de Sucre y la Gobernación del Estado Miranda (A. Narvaez, comunicación personal, 21 de enero de 2020).

En esta carretera son frecuentes durante todo el año, los movimientos en masa en los taludes de corte, por tanto, la carretera presenta una serie de aspectos externos que inciden en la infraestructura física de la misma. Los constantes deslizamientos, flujos de detritos y caídas de rocas, han generado una problemática asociada con la aparición de fallas estructurales en el pavimento, como el asentamiento de la plataforma con grietas en forma de media luna, levantamiento de la capa asfáltica por deslizamientos mayores y colapso de muros de gavión por erosión regresiva. Esta formación de fallas en la vía, ha producido la restricción del tránsito a dos canales en sectores que poseían cuatro canales. En consecuencia, este tipo de fallas restringen o interrumpen la transitabilidad en la vía y ponen en riesgo la inversión realizada en la infraestructura vial.

Figura 41

Grietas y fisuras en la capa asfáltica en la progresiva 2 +100.



Figura 42

Levantamiento de la capa asfáltica en la progresiva 1 + 000.



Figura 43

Asentamiento de la plataforma, falla de borde en la progresiva 1 + 000.



El recorrido de la vía atraviesa por varias zonas de deslizamientos y flujos de detritos, cuyos materiales remanentes han quedado acumulados en la parte inferior del talud, sobre la plataforma y las cunetas de drenaje de la carretera, sumado a la acción detonante de las lluvias que en muchas ocasiones reactivan estos procesos. Igualmente, existen zonas de antiguas canteras y afloramientos de mármol de gran altura y cortes verticales de talud, que presentan fracturamientos cercanos al eje de la vía con un alto riesgo de que se produzcan caídas de rocas.

Figura 44

Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación en la progresiva 1 + 700.



Figura 45

Presencia de sedimentos sobre la vialidad que inhabilitan dos canales de la misma y obstrucción de las cunetas de drenaje en la progresiva 1 + 900.



Aunado a lo anterior, la presencia de un flujo de aguas servidas ubicada entre la progresiva 2+000 y 1+900, generó un daño importante en la vía y hubo que sustituir parte la capa asfáltica por losas de concreto.

Figura 46

Afectación de la red de aguas servidas a nivel de la vialidad. Sustitución de la capa asfáltica por losas de concreto en la progresiva 2 + 000.



Igualmente, entre las progresivas 1+300 hasta 1+100 y 0+200 hasta 0+000, se observan puntos críticos por presencia de aguas subterráneas y superficiales que vienen desestabilizando los taludes, trayendo como consecuencia el deslizamiento de los mismos y el asentamiento de la plataforma de la vía; lo que produce fisuras, agrietamientos y asentamientos en la calzada.

Figura 47

Grietas y fisuras en la capa asfáltica, progresiva 0 + 200.



Los recorridos de campo en las 22 progresivas en las cuales fue dividida la vialidad, permitieron identificar el estado de la misma y asociar algunas de las fallas identificadas a procesos morfodinámicos, específicamente a tres tipos de movimientos en masa: deslizamientos, flujos de detritos y caídas de rocas. A continuación se presenta en la tabla 41, los procesos morfodinámicos presentes y los daños asociados para cada progresiva de la vialidad del área de estudio.

Tabla 41

Procesos morfodinámicos presentes y daños asociados en la vialidad.

Tramo	Progresiva	Proceso morfodinámicos	Estado de la infraestructura
1	2 + 100	Deslizamiento	Afectación de muro de gavión de 3.5 metros de altura.
2	2 + 000	Deslizamiento y falla de borde	Afectación de la red de aguas servidas a nivel de la vialidad. Sustitución de la capa asfáltica por losas de concreto. Grietas y fisuras en la capa asfáltica.
3	1 + 900	Flujo de detritos	Presencia de sedimentos sobre la vialidad que inhabilitan dos canales de la misma y obstrucción de las cunetas de drenaje.
4	1 + 800	Sin procesos	Presencia de sedimentos sobre la vialidad que inhabilitan dos canales de la misma y obstrucción de las cunetas de drenaje.
5	1 + 700	Deslizamiento	Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación. Grietas y fisuras en la capa asfáltica.
6	1 + 600	Dos deslizamientos	Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación.
7	1 + 500	Deslizamiento	Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación. Grietas y fisuras en la capa asfáltica.
8	1 + 400	Deslizamiento	Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación.
9	1 + 300	Macro deslizamiento (inicio)	Obstrucción de una torrentera y cunetas de drenaje por sedimentos. Presencia de sedimentos sobre la vialidad que inhabilitan dos canales de la misma. Bote de agua potable.
10	1 + 200	Macro deslizamiento (continuación)	Presencia de sedimentos sobre la vialidad que inhabilitan dos canales de la misma y

			obstrucción de las cunetas de drenaje. Bote de agua potable.
11	1 + 100	Macro deslizamiento (fin)	Presencia de sedimentos sobre la vialidad que inhabilitan dos canales de la misma y obstrucción de las cunetas de drenaje. Bote de agua potable.
12	1 + 000	Falla de borde de 13 metros de largo, 2 metros de ancho y 5 metros de profundidad	Asentamiento de la plataforma con grieta en forma de media luna y levantamiento de la capa asfáltica.
13	0 + 900	Flujo de detritos	Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación. Grietas y fisuras en la capa asfáltica.
14	0 + 800	Sin procesos cercanos a la vialidad (Zona de antigua cantera)	Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación. Grietas y fisuras en la capa asfáltica.
15	0 + 700	Sin procesos cercanos a la vialidad (Zona de antigua cantera)	Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación. Grietas y fisuras en la capa asfáltica.
16	0 + 600	Sin procesos cercanos a la vialidad (Zona de antigua cantera)	Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación. Grietas y fisuras en la capa asfáltica.
17	0 + 500	Sin procesos cercanos a la vialidad (Zona de antigua cantera)	Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación. Grietas y fisuras en la capa asfáltica.
18	0 + 400	Sin procesos cercanos a la vialidad (Zona de antigua cantera)	Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación. Grietas y fisuras en la capa asfáltica.
19	0 + 300	Caídas de rocas y Flujos de detritos antiguo	Presencia de bloque grande de mármol a un costado de la vía. Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación.

20	0 + 200	Sin procesos	Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación. Grietas y fisuras en la capa asfáltica presencia de aguas subterránea.
21	0 + 100	Dos fallas de borde	Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación. Grietas y fisuras en la capa asfáltica presencia de aguas subterránea.
22	0 + 000	Caída de rocas	Obstrucción de cunetas de drenaje por presencia de sedimentos y vegetación. Grietas y fisuras en la capa asfáltica presencia de aguas subterránea.

Nota. Información sistematizada de los recorridos en campo.

Matriz de Vulnerabilidad Física de la Vialidad

En la siguiente matriz se caracteriza la vialidad con base en la información obtenida en campo y las entrevistas realizadas a funcionarios de la Dirección de Obras de la Alcaldía de Sucre. Se adjudicó a cada variable un valor de vulnerabilidad física y posteriormente, se obtuvo una sumatoria global que ubicó a la vialidad en un nivel de vulnerabilidad física previamente establecido.

En la tabla 42, se define el nivel de vulnerabilidad física obtenida para la vialidad y en el mapa 17 se espacializaron estos niveles. Como principal análisis, destaca que la vialidad del área de estudio, posee una vulnerabilidad física Media en toda su extensión, producto de las numerosas fallas que se presentan a lo largo de su recorrido, lo cual impacta de manera negativa en el estado del revestimiento y la falta de mantenimiento preventivo que presenta la misma.

Tabla 42

Matriz de vulnerabilidad física para la vialidad.

Tramo	Progresiva	Variable 1 Estado del revestimiento			Variable 2 Mantenimiento			Variable 3 Estándares de diseño y construcción			Total	Vulnerabilidad por tramo			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I		B	M	A	MA
		1	5	10	1	5	10	1	5	10		1 - 8	9 - 16	17 - 24	> 25
1	2 + 100		5				10	1			16		16		
2	2 + 000		5				10	1			16		16		
3	1 + 900		5				10	1			16		16		
4	1 + 800		5				10	1			16		16		
5	1 + 700		5				10	1			16		16		
6	1 + 600		5				10	1			16		16		
7	1 + 500		5				10	1			16		16		
8	1 + 400		5				10	1			16		16		
9	1 + 300		5				10	1			16		16		
10	1 + 200		5				10	1			16		16		
11	1 + 100		5				10	1			16		16		
12	1 + 000		5				10	1			16		16		
13	0 + 900		5				10	1			16		16		
14	0 + 800		5				10	1			16		16		
15	0 + 700		5				10	1			16		16		
16	0 + 600		5				10	1			16		16		
17	0 + 500		5				10	1			16		16		
18	0 + 400		5				10	1			16		16		
19	0 + 300		5				10	1			16		16		
20	0 + 200		5				10	1			16		16		
21	0 + 100		5				10	1			16		16		
22	0 + 000		5				10	1			16		16		

Nota. Elaboración propia con base en SNGR y PNUD (2012). A: Bueno B: Regular C: Malo D: Planificado E: Esporádico F: Ninguno G:

Aplica la norma nacional H: Aplica la norma nacional y local I: Luego de la norma local

Nivel de Exposición a las Amenazas Debido a su Ubicación

En este apartado se establece la situación en la que se encuentra la infraestructura física de la vialidad del área de estudio respecto a las zonas expuestas a amenazas. Este criterio se determinó en campo, apoyado en el mapa de amenaza para el periodo de retorno de dos años, el cual permitió identificar las zonas o niveles de exposición donde se encuentra ubicada la principal vía de acceso a las comunidades de la zona (ver tabla 43), y asociar posibles daños en función de estas zonas o niveles de exposición.

Tabla 43

Zonas o niveles de exposición para la vialidad.

Tramo	Progresiva	Zona de exposición	Daños esperados
1	2 + 100	4	Sin daños
2	2 + 000	3	Colapso
3	1 + 900	3	Colapso
4	1 + 800	3	Colapso
5	1 + 700	3	Colapso
6	1 + 600	3	Colapso
7	1 + 500	3	Colapso
8	1 + 400	3	Colapso
9	1 + 300	3	Colapso
10	1 + 200	3	Colapso
11	1 + 100	3	Colapso
12	1 + 000	3	Colapso
13	0 + 900	3	Colapso
14	0 + 800	4	Sin daños
15	0 + 700	4	Sin daños
16	0 + 600	4	Sin daños
17	0 + 500	4	Sin daños
18	0 + 400	4	Sin daños
19	0 + 300	3	Colapso
20	0 + 200	3	Colapso
21	0 + 100	3	Colapso
22	0 + 000	3	Colapso

Según estas zonas de exposición, el 73% de los tramos de la vialidad se ubican en la zona 3 donde se podrían presentar daños importantes en la infraestructura de la vía bajo un escenario de riesgo, lo que la hace más vulnerable desde el punto de vista de la exposición a la amenaza a movimientos en masa. Por

otra parte, el 27% de los tramos se ubican en la zona 4, donde no se esperarían daños en la infraestructura de la vialidad bajo un escenario de riesgo.

Matriz de Exposición para la Vialidad

La vialidad al igual que la red de agua potable presente en el área de estudio, no solamente es vulnerable en su infraestructura física, sino también a la exposición a la amenaza por movimientos en masa. En este caso, la vulnerabilidad física dependerá de las variables intrínsecas de la infraestructura y las variables relacionadas con la zona de exposición en la que se encuentra la vía y los daños esperados producto la materialización de un evento de movimiento en masa.

Bajo esta condición, a partir del análisis de cada una de las progresivas de la vialidad, se elaboró la matriz de exposición de su infraestructura física (ver tabla 44) y en el mapa 18, se espacializaron los niveles de exposición obtenidos. Del análisis destaca que el 73% de los tramos de la vialidad presentan una exposición Alta, donde se esperaría el colapso de la infraestructura o daños localizados por impacto, obstrucción o enterramiento en la zona de depósito del material deslizado, y el 27% de los tramos presentan una exposición Baja, en los cuales no se esperarían daños como producto de la ocurrencia de un movimiento en masa por encontrarse fuera del alcance del mismo y de su área de depósito.

Tabla 44

Matriz de exposición de la vialidad.

Punto	Progresiva	Variable 1				Variable 2				Variable 3				Exposición por tramo**			
		Zona de exposición				Daño probable*				Vulnerabilidad física							
		1	2	3	4	C	CP	DM	SD	Baja	Media	Alta	Muy alta	Baja	Media	Alta	Muy alta
		2	3	4	1	4	3	2	1	1	2	3	4	1	2	3	>4
1	2 + 100				1				1		2			1			
2	2 + 000			4		4					2					3	
3	1 + 900			4		4					2					3	
4	1 + 800			4		4					2					3	
5	1 + 700			4		4					2					3	
6	1 + 600			4		4					2					3	
7	1 + 500			4		4					2					3	
8	1 + 400			4		4					2					3	
9	1 + 300			4		4					2					3	
10	1 + 200			4		4					2					3	
11	1 + 100			4		4					2					3	
12	1 + 000			4		4					2					3	
13	0 + 900			4		4					2					3	
14	0 + 800				1				1		2			1			
15	0 + 700				1				1		2			1			
16	0 + 600				1				1		2			1			
17	0 + 500				1				1		2			1			
18	0 + 400				1				1		2			1			
19	0 + 300			4		4					2					3	
20	0 + 200			4		4					2					3	
21	0 + 100			4		4					2					3	
22	0 + 000			4		4					2					3	

Nota. Elaboración propia con base en la Cooperación Suiza en América Central (2013). *Daño probable: C: Colapso, CP: Colapso parcial,

DM: Daños menores, SD: Sin daños. ** Exposición por tramo (horizontal): Promedio de variable 1 + variable 2 + variable 3

CAPÍTULO VI

RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS

A continuación se presentan los resultados del tercer objetivo específico de esta investigación: *Determinar el riesgo de desastres por movimientos en masa en el tramo BIMA – Paulo VI, Petare, municipio Sucre del estado Miranda*. Se inicia con el análisis cualitativo del riesgo de desastres, para posteriormente, realizar el análisis desde el punto de vista económico, considerando los costos y efectos esperados como resultado de un escenario de riesgo en las líneas vitales públicas.

Riesgo por Movimientos en Masa en Redes de Agua Potable

Una vez obtenido el mapa de riesgo por movimientos en masa para las redes de agua potable (ver mapas 19, 20, 21 y 22), se procede a analizar los tramos de los dos alimentadores presentes en el área de estudio y registrarlos en tablas, con el fin de identificar el nivel de riesgo en el que se encuentra cada uno en correspondencia a cada periodo de retorno de la amenaza.

Como principal análisis de los niveles de riesgo por movimientos en masa para distintos periodos de retorno en tramos del Alimentador Este (ver tabla 45), resalta que para el periodo de retorno de 2 años el 50% de los tramos se ubican en el nivel de riesgo Bajo, un 36 % se ubican en el nivel de riesgo Medio y un 14% en un nivel de riesgo Alto. Para el periodo de retorno de 5 años, no se presenta el nivel de riesgo Bajo, y se incrementa el número de tramos ubicados en los niveles Medio y Alto con 68% y 32% respectivamente. Algo similar ocurre con el periodo de retorno de 10 años, donde se mantienen estos dos niveles de riesgo y en proporciones similares: nivel de riesgo Medio con 68% y nivel de riesgo Alto con 32%. Sin embargo, para el periodo de retorno de 25 años ocurre un incremento

importante en el nivel de riesgo Alto, el cual concentra ahora la mayoría de los tramos en un 55%, seguido del nivel de riesgo Medio con 41% y se presenta nuevamente el nivel de riesgo Bajo con un 4% de los tramos.

Tabla 45

Niveles de riesgo por movimientos en masa para distintos periodos de retorno en tramos del Alimentador Este.

Tramo	Progresiva	2 años	5 años	10 años	25 años
1	0 + 000	Alta	Alta	Alta	Alta
2	0 + 100	Alta	Alta	Alta	Alta
3	0 + 200	Media	Alta	Media	Alta
4	0 + 300	Media	Media	Alta	Alta
5	0 + 400	Media	Media	Media	Alta
6	0 + 500	Media	Media	Media	Alta
7	0 + 600	Baja	Media	Media	Media
8	0 + 700	Baja	Media	Media	Media
9	0 + 800	Baja	Alta	Alta	Media
10	0 + 900	Alta	Alta	Alta	Alta
11	1 + 000	Media	Alta	Media	Alta
12	1 + 100	Media	Alta	Media	Alta
13	1 + 200	Baja	Media	Media	Media
14	1 + 300	Baja	Media	Media	Media
15	1 + 400	Baja	Media	Media	Media
16	1 + 500	Baja	Media	Media	Media
17	1 + 600	Baja	Media	Media	Alta
18	1 + 700	Baja	Media	Media	Media
19	1 + 800	Baja	Media	Media	Media
20	1 + 900	Media	Media	Media	Alta
21	2 + 000	Media	Media	Media	Alta
22	2 + 100	Baja	Media	Media	Baja

A fin de poder hacer una mejor lectura de las variaciones de los niveles de riesgo para Alimentador Este, se muestra un resumen de la distribución porcentual de sus tramos en función a los periodos de retorno de amenaza por movimientos en masa (ver tabla 46).

Tabla 46

Distribución porcentual de los tramos del Alimentador Este bajo riesgo por movimientos en masa activados por lluvias para diferentes periodos de retorno.

Nivel de riesgo por movimientos en masa	Periodo de retorno de 2 años	Periodo de retorno de 5 años	Periodo de retorno de 10 años	Periodo de retorno de 25 años
Bajo	50%			4%
Medio	36%	68%	77%	41%
Alto	14%	32%	23%	55%
Muy alto				

Con base en el resumen anterior, se evidencia que a medida que se incrementan los periodos de retorno, el nivel de riesgo para el Alimentador Este aumenta y se dan variaciones importantes en el porcentaje de tramos que pudieran resultar afectados por la materialización de un evento de movimiento en masa. Comparando los periodos de retorno de 2 y 25 años, se observa la disminución del nivel de riesgo Bajo de 50% para el periodo de retorno de 2 años a 4% en el periodo de retorno de 25 años. Esta disminución es negativa, ya que se reduce el 46% de los tramos que se encontraban en un nivel de riesgo Bajo, para distribuirse entre los niveles Medio y Alto.

Caso contrario ocurre con los niveles Medio y Alto para el periodo de retorno de 25 años, en los cuales se observa un incremento. El nivel de riesgo Medio para el periodo de retorno de 2 años se ubicaba en 36% y para el periodo de retorno de 25 años, se ubica en 41%. Igualmente, se observa un incremento importante en el nivel de riesgo Alto con 14% para el periodo de retorno de 2 años a 55% para el periodo de retorno de 25 años. Ambos incrementos son negativos desde el punto de vista del riesgo que se presenta en este alimentador bajo un escenario de lluvias críticas.

Por otra parte, el Alimentador Sur Filas de Mariches presenta otra situación de riesgo distinta en comparación al Alimentador Este. A diferencia del Alimentador Este, el Alimentador Sur sí presenta el nivel de riesgo Muy alto, dada su particularidad de tener un porcentaje importante de sus tramos ubicados

en la ladera (ver tabla 47). Para el periodo de retorno de 2 años el 33% de los tramos se ubican en el nivel de riesgo Medio, 31% en el nivel Alto, 28% en un nivel Muy alto, y en menor porcentaje, el nivel Bajo con 8% de los tramos. En el periodo de retorno de 5 años, no se presenta el nivel de riesgo Bajo, rasgo que se mantiene en el resto de los periodos de retorno. Ahora la mayoría de los tramos se agrupan en el nivel de riesgo Alto con un 53%, seguido del nivel Muy alto con 28% y el nivel Medio con 19%. En el periodo de 10 años de retorno, se observa que la mayoría de los tramos continúan ubicados en el nivel de riesgo Alto con 39%, pero ocurre una disminución significativa respecto al periodo de retorno anterior, pues los tramos que estaban ubicados en el nivel de riesgo Alto, pasan a un nivel Medio con un 33% lo que representa una disminución positiva en vista de que la posible afectación de estos tramos podría ser menor. El nivel de riesgo Muy alto se mantiene para este periodo de retorno con un 28%.

Tabla 47

Niveles de riesgo por movimientos en masa para distintos periodos de retorno en tramos del Alimentador Sur Filas de Mariches.

Tramo	Progresiva	2 años	5 años	10 años	25 años
1	0 + 000	Alta	Alta	Alta	Alta
2	0 + 100	Alta	Alta	Alta	Alta
3	0 + 200	Media	Alta	Media	Alta
4	0 + 300	Media	Media	Alta	Alta
5	0 + 400	Media	Media	Media	Alta
6	0 + 500	Media	Media	Media	Alta
7	0 + 600	Baja	Media	Media	Media
8	0 + 700	Baja	Media	Media	Media
9	0 + 800	Baja	Alta	Alta	Media
10	0 + 900	Alta	Alta	Alta	Alta
11	1 + 000	Media	Alta	Media	Alta
12	1 + 100	Media	Alta	Media	Alta
13	1 + 200	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
14	1 + 300	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
15	1 + 400	Alta	Alta	Alta	Alta
16	1 + 500	Alta	Alta	Alta	Alta
17	1 + 600	Media	Media	Media	Alta
18	1 + 700	Media	Media	Media	Alta
19	1 + 800	Alta	Alta	Alta	Alta
20	1 + 900	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

21	2 + 000	Alta	Alta	Alta	Alta
22	2 + 100	Media	Alta	Media	Alta
23	2 + 200	Alta	Alta	Alta	Alta
24	2 + 300	Media	Alta	Media	Alta
25	2 + 400	Media	Alta	Media	Alta
26	2 + 500	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
27	2 + 600	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
28	2 + 700	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
29	2 + 800	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
30	2 + 900	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
31	3 + 000	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
32	3 + 100	Alta	Alta	Alta	Muy alta
33	3 + 200	Alta	Alta	Alta	Alta
34	3 + 300	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
35	3 + 400	Alta	Alta	Alta	Alta
36	3 + 500	Media	Alta	Alta	Alta

Respecto al periodo de retorno de 25 años, se presenta un incremento en los niveles de riesgo Alto y Muy alto, con 61% y 31% respectivamente, y una disminución del nivel de riesgo Medio a 8%. Si se comparan los periodos de retorno de 2 y 25 años, se observa un incremento drástico del nivel de riesgo Alto, que para el periodo de retorno de 2 años era de 31 % y para el periodo de retorno de 5 años pasa a 61%, lo que representa el aumento de la probabilidad de sufrir daños importantes en estos tramos bajo un escenario de lluvias críticas.

La tabla 48 muestra un resumen de la distribución porcentual de los tramos del Alimentador Sur Filas de Mariches en función a los periodos de retorno de amenaza por movimientos en masa activados por lluvias, a fin de poder hacer una mejor lectura de las variaciones de los niveles de riesgo para este alimentador.

Tabla 48

Distribución porcentual de los tramos del Alimentador Sur Filas de Mariches bajo riesgo por movimientos en masa activados por lluvias para diferentes periodos de retorno.

Nivel de riesgo por movimientos en masa	Periodo de retorno de 2 años	Periodo de retorno de 5 años	Periodo de retorno de 10 años	Periodo de retorno de 25 años
Bajo	8%			
Medio	33%	19%	33%	8%
Alto	31%	53%	39%	61%
Muy alto	28%	28%	28%	31%

Igualmente, se evidencia en los periodos de retorno de 2 y 25 años, como la categoría riesgo Bajo se reduce a cero y el nivel de riesgo Medio se reduce en un 25% para el periodo de retorno de 25 años. Incluso el nivel de riesgo Muy alto aumenta de 28% a 31%. La disminución de los niveles de riesgo Bajo y Medio y el consecuente aumento de los niveles Alto y Muy alto, representan un incremento en el nivel de riesgo del Alimentador Sur Filas de Mariches para el escenario de riesgo correspondiente al periodo de retorno de 25 años, razón por la cual se considera este último escenario como el más crítico a los fines de realizar el análisis de costos de los tramos de las redes de agua potable bajo amenaza Alta.

Cálculo de Costos y Riesgo

Con base en la cuantificación de tramos y niveles de riesgo realizado en la tabla 45 y 46, se presenta en las siguientes tablas, la valoración del riesgo desde el punto de vista económico para el Alimentador Este (tabla 49) y el Alimentador Sur Filas de Mariches (tabla 50), considerando el escenario de riesgo para un periodo de retorno de 25 años. Los tramos del Alimentador Sur ubicados en el nivel de riesgo Muy alto, no son incluidos en el análisis de costos debido a que este escenario de riesgo implica la destrucción total de la estructura o daños a gran escala. Adicionalmente, se registra en cada tabla el valor de la amenaza y la vulnerabilidad física de cada alimentador con el fin de calcular el riesgo.

Tabla 49

Evaluación de riesgo para el Alimentador Este.

Nro. de tramo	Área/m	Amenaza	Vulnerabilidad física	Valor unitario* (\$/100 m)	Subtotal (\$)	Riesgo total (\$)	% total	Valoración del riesgo
12	1200	Alta	Baja	4.500	54.000	99.000	55	Riesgo tolerable
9	900	Media	Baja	4.500	40.500	99.000	41	Riesgo tolerable

Nota. * Costos aproximados suministrados por la Gerencia Técnica del IMAS para febrero de 2020. No incluye válvulas.

Tabla 50

Evaluación de riesgo para el Alimentador Sur Filas de Mariches.

Nro. de tramos	Área/m	Amenaza	Vulnerabilidad física	Valor unitario* (\$/100 m)	Subtotal (\$)	Riesgo total (\$)	% total	Valoración del riesgo
22	1600	Alta	Media	10.500	231.000	378.000	61,1	Riesgo mitigable
3	200	Media	Baja	10.500	31.500	378.000	8,3	Riesgo aceptable

Nota. * Costos aproximados suministrados por la Gerencia Técnica del IMAS para febrero de 2020. No incluye válvulas.

Se puede apreciar que 21 de los 22 tramos que conforman el Alimentador Este, se encuentran ubicados dentro en la categoría de riesgo Tolerable, lo que implica daños moderados en alguna parte de la estructura o parte significativa que requiere grandes trabajos de recuperación. Se pueden generar consecuencias menores a propiedades adyacentes. Puede tolerarse en ciertas circunstancias (de acuerdo con la normativa nacional), pero requiere investigación y planeación detallada para evitar que aumente. Las medidas para reducir el riesgo son viables técnica y económicamente. Entre los tramos que no fueron incluidos en el análisis de costos para este escenario de riesgo, destaca un tramo del alimentador que se ubica en un nivel de riesgo Bajo, lo que implica daños limitados en parte de la estructura que requieren algún trabajo para restablecer su funcionalidad.

En cuanto alimentador Sur Filas de Mariches, se puede apreciar que 22 de los 36 tramos que lo conforman, se encuentran ubicados dentro en la categoría de riesgo Mitigable, lo que implica daños extensivos en la mayoría de la estructura o se extiende más allá de los límites del sitio que requieren obras significativas de recuperación. Se pueden generar por lo menos consecuencias considerables a estructuras adyacentes, por lo que se debe hacer una evaluación detallada con el propósito de definir su viabilidad técnica, financiera y urbanística de medidas de intervención o estrategias de gestión para establecer la posibilidad de mitigación y disminución del nivel de riesgo. Solo 3 de los 36 tramos que conforman la extensión de este alimentador, se ubican en la categoría de riesgo Aceptable para los tomadores de decisiones y requiere tan solo medidas de prevención.

Por otra parte, entre los tramos que no fueron incluidos en el análisis de costos, destacan 11 tramos del alimentador que se ubican en el nivel de amenaza Muy alta, lo que implica un riesgo Inaceptable, donde es necesaria la ejecución de investigaciones detalladas, planeación e implementación de medidas para reducir el riesgo, considerando que las medidas de intervención estructural pueden ser elevadas y poco prácticas; incluso más costosas que el valor mismo de la propiedad. Esto se traduce en que el 31% de este alimentador se encuentra en un nivel de riesgo Muy alto, de allí la necesidad de analizar las posibles pérdidas y afectaciones bajo el escenario de riesgo propuesto.

Efectos Esperados como Resultado de Escenarios de Riesgo para las Redes de Agua Potable

El análisis del escenario de riesgo propuesto, se apoya en la revisión de eventos ocurridos en el área de estudio asociados a movimientos en masa que han afectado la red de agua potable, con el objeto de encontrar un rango de analogías que permita obtener una aproximación de cómo ocurren, qué podría pasar y de las características de magnitud-frecuencia de las afectaciones y pérdidas. Es necesario acotar que estos datos son muy variables o muchas veces están incompletos, debido a la dependencia de los medios de comunicación como fuente de datos que reportan de manera muy general las consecuencias de los llamados “eventos triviales” a nivel local, ya que aquellas informaciones derivadas de los organismos competentes en materia de gestión de riesgos de desastres, tienden a reportar eventos mayores donde existan pérdidas económicas o sociales significativas.

Tampoco existe un registro en HIDROCAPITAL o el IMAS, sobre emergencias ocurridas en la red de agua potable en el área de estudio. Únicamente se podrían considerar las memorias y cuentas la Gerencia de Operaciones del IMAS, donde se señalan los recursos utilizados en cada reparación y a la cual no se tiene acceso. Sin embargo, con base en el registro histórico de eventos ocurridos en el área de estudio y las publicaciones realizadas por las redes sociales del IMAS, información suministrada por la Gerencia Técnica del IMAS e HIDROCAPITAL y el Consejo Comunal Paulo VI, se recogen algunas de las emergencias surgidas en la red de agua potable asociados a movimientos en masa durante los años 2012, 2013, 2018, 2019 y 2020. (Ver tabla 51).

Tabla 51

Emergencias surgidas en el Alimentador Sur Filas de Mariches asociados a la inestabilidad de la ladera en el área de estudio.

Fecha	Afectación	Fuente
22 Enero 2012	Ruptura de tubería terraza 12	Protección Civil Sucre
22 Enero 2013	Ruptura de tubería terraza 12	Diario La Voz
18 Junio 2018	Ruptura de tubería (ladera)	Protección Civil Sucre
30 julio 2018	Ruptura de tubería (ladera)	IMAS (Redes sociales) -El Universal
18 octubre 2018	Ruptura de tubería (ladera)	IMAS (Redes sociales) - El Nacional
21 diciembre 2018	Ruptura de tubería (ladera)	Noticiero Venevisión
15 septiembre 2019	Avería en la tanquilla El Morro	IMAS (Redes sociales)
Octubre 2019	Ruptura de tubería (ladera)	Consejo Comunal (CC) Paulo VI
17 Enero 2020	Ruptura de tubería (vialidad)	HIDROCAPITAL - CC Paulo VI
25 enero 2020	Avería en la tanquilla El Morro	HIDROCAPITAL

Algunos de los factores que han generado estas emergencias en el área de estudio, están asociados a la susceptibilidad a movimientos en masa del terreno, el efecto desencadenante de las lluvias, y la presencia y posible rotura o fugas en las tuberías de agua potable y alcantarillado. En este sentido, para obtener una indagación de la vulnerabilidad física de la red de agua potable expuesta a la amenaza por movimientos en masa en el área de estudio, se realiza un análisis cualitativo de un escenario de riesgo para un periodo de retorno de 25 años, considerando una distinción entre tramos ubicados en terrenos planos y tramos dispuestos en ladera, ya que estos últimos presentan una vulnerabilidad mayor.

En este sentido, se plantea un escenario de deslizamientos causados por lluvias intensas y arrastre de sólidos con una intensidad de precipitación de 118,6 mm/h en un lapso de 24 horas, ocurrido en los meses de mayor precipitación (entre abril y noviembre) y que pudiera afectar la infraestructura del Alimentador

Sur Filas de Mariches ubicada en la ladera de alta a muy alta susceptibilidad a movimientos en masa. Bajo este escenario, la tolerancia a nuevos deslizamientos es marginal y por lo tanto se requieren de análisis detallados de ingeniería, ya que los daños estimados en tramos expuestos de la tubería pueden llegar a ser muy importantes.

Aunque se asume que la tubería aún tiene una vida útil, su material de construcción es de acero y conserva un espesor cercano a 10mm; es considerablemente más vulnerable debido a que se encuentra ubicada en la ladera. Además, la ocurrencia de fugas de agua potable condiciona esta amenaza. El terreno se comportaría generando desplazamientos y deformaciones verticales y horizontales de la tubería, que pudiera estar enterrada o expuesta a través del área de deslizamiento potencial. Algunos de los daños estructurales, si el deslizamiento ocurre encima de la estructura, se asocian a afectaciones estructurales en la infraestructura de la red y la ruptura de la tubería de alta presión, lo que generaría de manera inmediata, un flujo de agua y sedimentos.

Esto ocasionaría consecuencias directas en el funcionamiento de la red, como interrupción del servicio y el consecuente desabastecimiento de agua potable a los sectores de Petare Sur. Igualmente, generarían consecuencias indirectas como la obstrucción de la vialidad por el material depositado, falta de movilidad y la consecuente incomunicación de los habitantes de la zona, afectación de bienes privados como vehículos particulares y de las personas que se encuentren en ellos o transiten por la vialidad. El evento podría afectar el sistema de aguas servidas de las urbanizaciones cercanas, la red de cableados y postes, y la infraestructura de la vialidad. Como medidas de emergencia se cortarían el suministro de agua y se desbloquearía la vialidad en dos días aproximadamente. La reparación de la tubería desplazada podría tardar entre 20 a 30 días, y durante ese tiempo los sectores a abastecer podrían quedar sin agua o con suministro reducido.

Según la Gerencia Técnica de IMAS (C. Castañeda, comunicación personal, 01 de febrero de 2020), el costo aproximado de una emergencia de este tipo es de 6 millones de bolívares (costos para febrero de 2020), siempre que se

cumpla la condición de apoyo interinstitucional, ya que permite disminuir los costos: la maquinaria es aportada por HIDROCAPITAL y la Alcaldía de Sucre, la cuadrilla es aportada por HIDROCAPITAL y el IMAS. La faja para la reparación o tramos de tubería es aportada por IMAS o en su defecto HIDROCAPITAL. Entonces, el costo de compra se reduce a electrodos, oxígeno y propano, lo que disminuye significativamente el gasto de una reparación de este tipo. De no cumplirse esta condición, el costo podría elevarse a 24 millones de bolívares.

Riesgo por Movimientos en Masa en Vialidad

Una vez obtenido el mapa de riesgo para la vialidad del área de estudio (ver mapas 23, 24, 25 y 26), se procede a analizar cada uno de los tramos de la misma y registrarlos en la tabla 52, con el fin de identificar el nivel de riesgo en el que se encuentran, en correspondencia a cada periodo de retorno de la amenaza por movimientos en masa activados por lluvia.

Para el periodo de retorno de 2 años, la mayoría de los tramos de la vialidad se encuentran en un nivel de riesgo Medio con 59%, seguido del nivel de riesgo Bajo con 23%, y los niveles de riesgo Alto y Muy alto mantienen una proporción igual con 9%. En cuanto el periodo de retorno de 5 años, se evidencia que la mayoría de los tramos de la vialidad se agrupan en el nivel de riesgo Medio con 59%, seguidos del nivel Alto con 23%, Muy alto con 14% y en una muy pequeña proporción, el nivel Bajo con 4%.

Por otra parte, en un periodo de retorno de 10 años, la mayoría de los tramos se ubican en un nivel de riesgo Medio con un 77%, seguido del nivel Muy alto con 14%, y en proporciones similares los niveles Alto y Bajo con 5 % y 4 % respectivamente. Por último, en un periodo de retorno de 25 años la mayoría de los tramos se agrupan en los niveles Alto y Muy alto, con 73% y 14% respectivamente, y en proporciones menores, en los niveles Medio y Bajo con 9% y 4%.

Tabla 52

Niveles de riesgo por movimientos en masa para distintos periodos de retorno en tramos la vialidad.

Tramo	Progresiva	2 años	5 años	10 años	25 años
1	2 + 100	Baja	Baja	Baja	Baja
2	2 + 000	Media	Media	Media	Alta
3	1 + 900	Media	Media	Media	Alta
4	1 + 800	Media	Media	Media	Alta
5	1 + 700	Media	Media	Media	Alta
6	1 + 600	Media	Media	Media	Alta
7	1 + 500	Media	Media	Media	Alta
8	1 + 400	Media	Media	Media	Alta
9	1 + 300	Media	Media	Media	Alta
10	1 + 200	Media	Alta	Media	Alta
11	1 + 100	Media	Alta	Media	Alta
12	1 + 000	Alta	Alta	Alta	Alta
13	0 + 900	Baja	Media	Media	Media
14	0 + 800	Baja	Media	Media	Media
15	0 + 700	Media	Media	Media	Alta
16	0 + 600	Media	Media	Media	Alta
17	0 + 500	Media	Media	Media	Alta
18	0 + 400	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
19	0 + 300	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
20	0 + 200	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta
21	0 + 100	Baja	Alta	Media	Alta
22	0 + 000	Baja	Alta	Meda	Alta

A fin de poder hacer una mejor lectura de las variaciones de los niveles de riesgo en la vialidad, se presenta en la tabla 53, un resumen de la distribución porcentual de los tramos bajo riesgo de desastres en función a los periodos de retorno de amenaza por movimientos en masa.

Tabla 53

Distribución porcentual de los tramos de vialidad bajo riesgo por movimientos en masa activados por lluvias para diferentes periodos de retorno.

Nivel de riesgo por movimientos en masa	Periodo de retorno de 2 años	Periodo de retorno de 5 años	Periodo de retorno de 10 años	Periodo de retorno de 25 años
Bajo	23%	4%	4%	4%
Medio	59%	59%	77%	9%
Alto	9%	23%	5%	73%
Muy alto	9%	14%	14%	14%

Con base en el resumen anterior, se evidencia que a medida que se incrementan los periodos de retorno, el nivel de riesgo de la vialidad aumenta y se dan variaciones importantes en el porcentaje de tramos de la vialidad que pudieran resultar afectados por la materialización de un evento de movimiento en masa. Por ejemplo, para el periodo de retorno de 2 años, un 23% de los tramos de la vialidad se ubican en un nivel de riesgo Bajo, mientras que para el periodo de retorno de 25 años, este porcentaje disminuye a 4% de los tramos, lo que representa una disminución negativa. Algo similar ocurre con el nivel de riesgo Medio para los mismos periodos de retorno, con una disminución negativa de 50% de los tramos que se ubicaban en dicho nivel que pasan a un nivel de riesgo Alto.

En el nivel de riesgo Alto para el periodo de retorno de 2 años, se encontraban el 9% de los tramos, y para el periodo de retorno de 25 años se ubican la mayoría de los tramos de la vialidad con 73%. Igualmente, en el nivel de riesgo Muy alto para el periodo de retorno de 2 años, se incrementa el porcentaje de tramos de 9% a 14% para el periodo de retorno de 25 años, lo que representa un incremento drástico del nivel de riesgo en la vialidad para el escenario de riesgo correspondiente al periodo de retorno de 25 años, razón por la cual se considera este último escenario como el más crítico, a los fines de realizar el análisis de costos de los tramos bajo riesgo Alto.

Cálculo de Costos y Riesgo

Con base en la cuantificación de tramos y niveles de riesgo realizado en la tabla 52, se presenta en la tabla 54, la valoración del riesgo de la vialidad en el área de estudio desde el punto de vista económico, considerando el escenario de riesgo para un periodo de retorno de 25 años. Los tramos de la vialidad que se ubican en el nivel de riesgo Muy alto, no son incluidos en el análisis de costo debido a que implican la destrucción total de la estructura o daños a gran escala que requieren trabajos de ingeniería para recuperación. En la misma tabla, se registra el valor de la amenaza y la vulnerabilidad física de cada elemento con el fin de calcular el riesgo.

Tabla 54

Evaluación de riesgo para la vialidad.

Nro. de tramos	Área/m	Amenaza	Vulnerabilidad física	Valor unitario* (\$/100 m)	Subtotal (\$)	Riesgo total (\$)	% total	Valoración del riesgo
16	1600	Alta	Media	72.300	1.156.800	1.518.300	76,2	Riesgo mitigable
2	200	Media	Media	72.300	144.600	1.518.300	9,6	Riesgo aceptable

Nota. * Costos aproximados para carreteras de América Latina en 2016 (tomado de “El kilómetro de carretera en América Latina cuesta siete veces más que en Europa”, por D. Mizrahi, 2016. *Madu'a. Revista de información, opinión y cultura al servicio de la construcción*, 398).

Se puede apreciar que 16 de 22 tramos que conforman la vialidad del área de estudio, se encuentran ubicados dentro en la categoría de riesgo Mitigable, lo que implica daños extensivos en la mayoría de la estructura o se extiende más allá de los límites del sitio que requieren obras significativas de recuperación. Se pueden generar consecuencias considerables a estructuras adyacentes, por lo que se debe hacer una evaluación detallada con el propósito de definir la viabilidad técnica, financiera y urbanística de medidas de intervención o estrategias de gestión para establecer la posibilidad de mitigación y disminución del nivel de riesgo. Solo 2 de los 22 tramos que conforman la vialidad, se ubican en la categoría de riesgo Aceptable para los tomadores de decisiones y requiere tan solo medidas de prevención.

Por otra parte, entre los tramos que no fueron incluidos en el análisis de costos para este escenario de riesgo, destacan 3 tramos de la vialidad que se ubican en el nivel de riesgo Muy alto, lo que implica un riesgo Inaceptable donde se hace necesaria la ejecución de investigaciones detalladas, planeación e implementación de medidas para reducir el riesgo, considerando que las medidas de intervención estructural pueden ser elevadas y poco prácticas, incluso más costosas que el valor mismo de la propiedad. Solo un tramo de la vialidad se ubica en un nivel de riesgo Bajo, lo que implica daños limitados o menores en parte de la estructura que requiere algún trabajo para restablecer su funcionalidad.

Efectos Esperados Como Resultado de Escenarios de Riesgo para la Vialidad

Según Suarez (2009) las investigaciones de campo en todas las partes del mundo, muestran que los deslizamientos son más comunes a lo largo de las carreteras que en áreas alejadas de éstas. Igualmente, en las zonas tropicales se presenta una gran cantidad de deslizamientos en áreas cercanas a las vías, pero íntimamente relacionados con la presencia o construcción de éstas. Las carreteras afectan la estabilidad de los taludes mediante procesos de corte y relleno, deforestación y concentración de aguas de escorrentía. Los deslizamientos ocurren a lo largo de las mismas, frecuentemente en forma inmediata después de su construcción y a partir de allí, ocurren deslizamientos esporádicos en temporadas de lluvias.

Aunque la vialidad del área de estudio presenta un nivel de vulnerabilidad física Media, existen en la mayor parte de su extensión, condiciones de amenaza Alta y Muy alta en los cortes de talud cercanos a la misma. Como se mostró en el capítulo de vulnerabilidad física, en algunos tramos ha ocurrido afectaciones importantes del pavimento producto de los movimientos en masa. En este sentido, se considera que la ubicación de la vialidad representa un elemento de vital importancia al momento de valorar el riesgo de desastre bajo un escenario de precipitaciones intensas. Por esta razón, se realiza el siguiente análisis de efectos esperados como resultado de un escenario de riesgo con un periodo de retorno de 25 años.

Se trata de un escenario de deslizamientos causados por lluvias intensas y arrastre de sólidos, con una intensidad de precipitación de 118,6 mm/h en un lapso de 24 horas, durante los meses de mayor precipitación (abril y noviembre). La tolerancia a nuevos deslizamientos es marginal, por lo tanto se requieren de análisis detallados de ingeniería, ya que los daños estimados pueden llegar a ser muy importantes.

Bajo este escenario, la vialidad podría ser vulnerable a trece (13) movimientos en masa que han afectado a la vialidad, según el inventario de eventos presentado en el capítulo IV, entre ellos, tres flujos de detritos (dos de los cuales son antiguos, pero que en un escenario de lluvias intensas podrían reactivarse) y ocho (08) deslizamientos. Se asume que solo aquellos con más de 10 metros de material depositado sobre la vialidad, podrían causar una obstrucción total de la vía y posibles accidentes de tráfico. Igualmente, se asume que el nivel de daño variaría a lo largo de la vialidad dependiendo la localización precisa del movimiento en masa.

Se estima que más de la mitad de la vialidad puede resultar afectada por movimientos en masa, específicamente desde la progresiva 2+000 hasta 1 +000, desde la progresiva 0 +700 hasta 0 +500 y la progresiva 0 + 100, tramos que se ubican en un nivel de riesgo Alto donde se estiman daños según SNGR y PNUD (2012) y UCV (2000), tales como la pérdida completa de la vía o de estructuras cercanas y bloqueo total de la vía, la cual será cubierta por la masa deslizada. Esto

ocasionaría el cierre total de la vía por un largo plazo, lo que afectaría totalmente el tránsito de vehículos. No se esperan pérdidas de vidas.

Las progresivas comprendidas entre 0 + 400 a 0 + 200 se ubican en un nivel de riesgo Muy alto, además existe evidencia de un flujo de detritos antiguo cuya activación podría ser muy rápida, sin tiempo de avisar al tráfico, por lo que se estiman daños mayores en esos tramos, como pérdida total de la vía o de una estructura cercana y posible pérdidas de vidas.

Las progresivas 0 + 900 y 0 + 800 se ubican en un nivel de riesgo Medio, por lo que se esperarían daños ligeros en la vía, como la ocupación del material deslizado sobre un canal de la vía, lo que ocasionaría el cierre parcial durante un corto plazo. Los vehículos pasarían con dificultad y la corrección requiere cierto esfuerzo. No se esperan pérdidas de vidas. Solo la progresiva 1 + 100 se ubica en un nivel de riesgo Bajo, donde no se esperan daños en la vía. No existiría material sobre la misma o el material deslizado sería fácilmente evadible por los vehículos o se removería con facilidad.

El desarrollo de los efectos esperados producto del escenario de riesgo propuesto, se pueden validar con el registro histórico de once (11) eventos ocurridos en el área de estudio (10 deslizamientos y un flujo de detritos) que han afectado la vialidad y cuyas causas han sido las precipitaciones (06), ruptura de tuberías (04) y la intervención antrópica en la búsqueda de espacios para la construcción (01). Estos eventos han ocasionado obstrucción total y parcial de la vialidad, con un periodo de recuperación que oscila entre 1 y 7 días, y que ha tenido efectos indirectos sobre la comunidad, específicamente sobre 1080 familias que habitan en la Urbanización Paulo VI y que han visto afectadas el desenvolvimiento de sus actividades cotidianas, así como en el suministro de los elementos de apoyo para afrontar la emergencia (D. Guaina, comunicación personal, 22 de enero de 2020).

La vialidad del área de estudio constituye la única vía de acceso a la Urbanización Paulo VI, lo que hace que el riesgo sea mayor cuando se genera una afectación en la vialidad producto de movimientos en masa, ya que no existe

comunicación hacia otros segmentos. Por el contrario, cuando existen vías alternas o vías amplias que permitan la rápida afluencia de organismos de respuesta para la rápida evacuación de los afectados, el nivel el riesgo es menor.

De esta manera, se evidencia que las redes vitales del área de estudio han resultado afectadas de manera total o parcial en los eventos descritos, y el hecho de que la vialidad constituya una vía esencial para la comunidad y se ubiquen en ella las redes de agua potable que abastecen a numerosos sectores de Petare Sur, hace que posean un riesgo Alto. Ello permite validar en un cierto sentido los escenarios de riesgo descritos. Estos resultados se pueden utilizar para interpretar a posteriori los impactos de los eventos anteriores, y para evaluar los impactos espaciales que se podrían dar en los distintos escenarios de riesgo para diferentes periodos de retorno. Conociendo los impactos previsibles y los lugares potencialmente afectados, es posible proponer medidas de gestión prospectiva del riesgo de desastres y reducir así el riesgo desastres por movimientos en masa en las líneas vitales del área de estudio.

CAPÍTULO VII

GESTIÓN PROSPECTIVA DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS

El presente capítulo responde al cuarto objetivo específico de esta investigación: *Proponer estrategias enmarcadas en la gestión prospectiva del riesgo de desastres para generar capacidades institucionales y comunitarias que contribuyan a la gestión del territorio local*. En este sentido, se abordan aquellas actividades relacionadas a la gestión prospectiva del riesgo de desastres, las cuales “abordan y tratan de evitar la aparición de riesgos de desastres nuevos o mayores, o se centran en abordar los riesgos de desastres que podrían surgir en el futuro si no se establecieran políticas de reducción del riesgo de desastres”. (Naciones Unidas, 2015, p. 16).

De acuerdo con lo anterior, se proponen medidas de gestión prospectiva de índole normativa, académica, cultural y educativa para prevenir la aparición de nuevos riesgos de desastres por movimientos en masa activados por lluvias en las líneas vitales públicas del tramo vial Barrio BIMA – Paulo VI, Petare Municipio Sucre del Estado Miranda.

Las medidas propuestas ofrecerán un importante insumo para los responsables que intervienen en la gestión municipal, y en el fortalecimiento de las capacidades para gestionar el riesgo de desastres por movimientos en masa en las líneas vitales públicas del área de estudio, a fin de prevenir y reducir el grado de exposición a las amenazas y la vulnerabilidad física a los desastres, generando mayor resiliencia de la comunidad ante los riesgos de desastres.

Según las Naciones Unidas (2015) los planes de gestión del riesgo de desastres, establecen las metas y los objetivos específicos en la reducción del riesgo de desastres junto con las medidas conexas para lograr dichos objetivos.

Deben guiarse por el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 y coordinarse dentro de los planes de desarrollo del país, la asignación de recursos y las actividades de los programas pertinentes. Siempre que sea posible, deberán establecerse vínculos con el desarrollo sostenible y los planes de adaptación al cambio climático (p. 17).

Bajo esa condición, las estrategias propuestas parten de la comprensión del riesgo de desastres presente en el área de estudio y consideran todas sus dimensiones de vulnerabilidad, grado de exposición de las líneas vitales públicas y características de las amenazas, con el fin de proponer políticas y prácticas para su gestión. Estas estrategias se enmarcan en la Prioridad 1 del Marco de Sendai 2015-2030, relativa a “Comprender el riesgo de desastres” y se basan en “la evaluación del riesgo previo a los desastres, a fin de contribuir en su prevención, y la elaboración y aplicación de medidas adecuadas de preparación y respuesta eficaz en casos de desastre” (p. 14).

Igualmente, se busca contribuir con la Meta mundial D establecida en Naciones Unidas (2016), relativa a “Reducir considerablemente los daños causados por los desastres en las infraestructuras vitales y la interrupción de los servicios básicos” (p. 7); y a la Meta mundial G, referente a “Incrementar considerablemente la disponibilidad de los sistemas de alerta temprana sobre amenazas, y de la información y las evaluaciones sobre el riesgo de desastres transmitidas a las personas y el acceso a ellos para el año 2030” (p. 9).

A nivel nacional, la propuesta se enmarca en la dimensión de la Democracia Espacial del Plan de la Patria 2025, donde se asumen el derecho a la ciudad, servicios/espacio público y equipamiento urbano: gas, agua, electricidad, vialidad, sistema de transporte y equipamiento urbano (p. 6). De igual forma, se pretende contribuir con el Objetivo Nacional 5.4, específicamente con los lineamientos:

5.4.3.3. Fomentar el desarrollo de planes municipales y locales de adaptación para escenarios de manejo de riesgos que involucren directamente la corresponsabilidad entre el Estado y el Poder Popular.

5.4.3.3.1. Incorporar y desarrollar en la normativa de equipamiento urbano, así como en las variables de diseño de edificaciones, las consideraciones asociadas al manejo de riesgo, con los más altos estándares internacionales.

5.4.3.3.2. Generar en el sistema educativo una formación integral sobre la previsión y mitigación de escenarios de riesgos asociados a fenómenos naturales. (p. 54)

Así mismo, a nivel nacional, se asumen los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas, ya incluidas en el Sistema Estadístico Nacional del Gobierno venezolano y el Plan de la Patria 2025, específicamente en el Objetivo 11, donde se plantea como: “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles” (p. 69). Así mismo, se establece como meta:

De aquí a 2020, aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres, y desarrollar y poner en práctica, en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, la gestión integral de los riesgos de desastre a todos los niveles. (p. 69)

Para el cumplimiento de esta meta, el Plan de la Patria 2025, establece como un importante indicador la “Proporción de gobiernos locales que adoptan y aplican estrategias de reducción del riesgo de desastres a nivel local en consonancia con las estrategias nacionales de reducción del riesgo de desastres” (p. 69).

En cuanto a las estrategias nacionales de reducción del riesgo de desastres, destaca el Plan Nacional de Gestión de Riesgo 2019-2025, el cual contempla siete metas: reducir afectaciones por muertes, reducir la población afectada, reducir las pérdidas económicas y los daños de infraestructuras críticas, incrementar las estrategias nacionales, incrementar las estrategias locales, el apoyo internacional para países en desarrollo de disponibilidad y acceso al sistema de alerta temprana. De igual forma, este plan cuenta con 4 prioridades: la comprensión del riesgo de desastres, fortalecimiento de la gestión de riesgo de desastres para mejorar sus implicaciones, inversión en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia y la mejora en la preparación frente a desastres para una respuesta eficaz (VTV, 2019).

En ese contexto, las estrategias propuestas buscan contribuir desde un enfoque prospectivo específicamente con la meta 3 de este plan: “Reducir las pérdidas económicas y los daños de infraestructuras críticas”, y la prioridad 1 y 2 “Comprender el riesgo del desastre y fortalecer la gestión de riesgo de desastre para mejorar sus implicaciones”. Por último, se consideran los enfoques para la gestión de riesgos de desastres producto del cambio climático, propuestos por el IPCC (2014-2), relativos a implementar sistemas de alerta temprana, cartografía de peligros y vulnerabilidades y mejores predicciones meteorológicas (p. 27).

Por otra parte, las estrategias propuestas son medidas de tipo no estructural, las cuales son definidas por las Naciones Unidas (2016), como aquellas que “no entrañan construcciones materiales y se sirven de conocimientos, prácticas o disposiciones para reducir los riesgos de desastres y sus efectos, en particular mediante políticas y leyes, la concienciación pública, la capacitación y la educación” (p. 25).

De acuerdo a esto, se proponen los siguientes ámbitos para gestión prospectiva del riesgo de desastres por movimientos en masa activados por lluvias en el área de estudio, cuyo propósito radica en promover prácticas y mecanismos pertinentes y coherentes con los planes y políticas locales, las agendas para el desarrollo y el crecimiento sostenible a nivel nacional e internacional:

- ✓ Ámbito normativo
- ✓ Ámbito de investigación, evaluación e información
- ✓ Ámbito de educación, sensibilización y capacitación

El ámbito normativo está orientado a la elaboración y el fortalecimiento de las políticas, leyes y planes por medio de programas, proyectos y medidas de regulación relacionadas con la localización, construcción y funcionamiento seguro de las líneas vitales públicas, legislación sobre planificación y ordenamiento territorial y usos alternativos de áreas bajo amenaza. El segundo ámbito de investigación, evaluación e información, aborda la generación y divulgación de conocimiento sobre el riesgo de desastres y se enfoca en programas dirigidos al desarrollo de investigaciones, así como de recursos de información vinculados al riesgo de desastres. El tercer ámbito está enfocado en la educación, sensibilización y capacitación de las comunidades e instituciones, para generar una cultura de prevención y de respuesta ante desastres a través de programas de concienciación.

La reducción del riesgo de desastres requiere la implicación y colaboración de toda la sociedad. Requiere también empoderamiento y una participación inclusiva, accesible y no discriminatoria. Por lo tanto estas estrategias toman como eje central a las comunidades potencialmente afectadas por la amenaza por movimientos en masa, pero también incluye la participación de las instituciones ejecutivas y legislativas del Estado a nivel nacional y local, con una articulación de las responsabilidades de los actores públicos y privados, las empresas y el sector académico, científico y técnico, a fin de asegurar la comunicación mutua, la cooperación, la complementariedad en funciones y la rendición de cuentas y el seguimiento (Naciones Unidas, 2015, p. 13).

Markus (2017) sostiene que la gestión de riesgo desastres se debe incorporar en todos los procesos de la toma de decisión en los ámbitos públicos, empresariales, comunales, familiares y personales. La gestión del riesgo no debe ser entendida como una recarga al trabajo regular, sino como una variable normal, un aspecto ordinario de la toma de decisión en todo lo que se hace, para reducir los riesgos para los individuos, las familias y las organizaciones. Esto requiere de

un proceso de sensibilización que será producto de un aprendizaje e implicará el desarrollo de ciertas habilidades nuevas y ajustes de hábitos viejos (p. 25).

De allí que la gestión prospectiva que se propone, está basada en tres ámbitos estratégicos, los cuales, de forma articulada, buscan reducir el riesgo de desastres por movimientos en masa en líneas vitales públicas del área de estudio. A continuación se desarrolla cada uno de los ámbitos propuestos.

Ámbito Estratégico Normativo

La reducción del riesgo de desastres es esencial para lograr el desarrollo sostenible, por ello, este ámbito estratégico se enmarca en el Principio H del Marco de Acción de Sendai:

La elaboración, el fortalecimiento y la aplicación de las políticas, planes, prácticas y mecanismos pertinentes deben buscar que exista coherencia, como corresponda, entre las agendas para el desarrollo y el crecimiento sostenibles, la seguridad alimentaria, la salud y la seguridad, la variabilidad y el cambio climático, la gestión ambiental y la reducción del riesgo de desastres. (p. 13)

Por esta razón, se incorpora la gestión del riesgo de desastre como eje transversal en toda acción municipal, comunitaria y del sector privado, vinculada a los procesos de planificación del desarrollo y ordenación del territorio en el área de estudio. Se espera que todos los actores municipales, sociales y económicos, consoliden prácticas y compromisos de gestión del riesgo de desastres a través de mecanismos normativos que contribuyan al desarrollo sostenible del territorio.

Este ámbito estratégico pretende que a través del Ordenamiento Territorial, se genere una coherencia entre los modelos de desarrollo y organización del espacio, cónsono con los planes y lineamientos nacionales e internacionales en materia de gestión de riesgo de desastres. Las medidas propuestas tienen como punto de partida la aplicación de metodologías para la

revisión, ajuste o elaboración de Planes de Ordenamiento Territorial útiles para la identificación de potencialidades y limitaciones del territorio, que faciliten y direccionen de manera más eficiente, la inversión pública y privada considerando la incorporación de la variable riesgo.

Todos los actores municipales, comunitarios y del sector privado, deben hacer un análisis consciente de cómo sus acciones pueden afectar el presente y/o el futuro del territorio local en la creación de condiciones de riesgo e impactos ambientales que amenazan la sustentabilidad ambiental. En este sentido, una gestión estratégica del riesgo de desastres, requiere de procesos de planificación que incorporen a las comunidades organizadas en la gestión de sus territorios para decidir cómo encauzar su futuro. Para ello es necesario iniciar un proceso de reflexión sobre las causas que inciden en la progresión de la vulnerabilidad en la dinámica social, económica, ambiental y tecnológica de su territorio.

En este sentido, se considera la metodología de prospectiva participativa propuesta por Angulo (2019) la cual busca promover esquemas de transformación de la realidad mediante la realización de un ejercicio de prospectiva participativa que integre a los actores municipales, comunidades y sector privado, para trabajar en la articulación de políticas de ordenación del territorio y desarrollo local y regional que impidan la creación y el retorno de situaciones de vulnerabilidad y riesgo (p. 2).

Esta metodología tiene como principal objetivo, generar una toma de conciencia sobre el riesgo de desastres en las comunidades a fin de prevenir el riesgo potencial, corregir, reducir o controlar el riesgo existente y preparar a la población para responder y manejar un desastre, con base en las siguientes fases:

Fase 1. Creación de condiciones para el ejercicio de prospectiva

Fase 2. Análisis de las condiciones del territorio (Retrospectiva - Escenario actual)

Fase 3. Búsqueda de variables clave y análisis de actores locales

Fase 4. Construcción de escenarios tendenciales, alternativos y concertado

Fase 5. Elección de las opciones estratégicas (Metas, objetivos, acciones) (p. 6).

De esta manera, se busca que los mecanismos propuestos para encaminar el desarrollo del área de estudio, partan del ejercicio de prospectiva participativa propuesto. En la tabla 55 se presenta el plan de acción para este ámbito estratégico, el cual debe ser desarrollado con base en las siguientes premisas:

- ✓ Promoción de mesas de trabajo y concertación entre las organizaciones comunitarias, funcionarios municipales y entes vinculados a la gestión del riesgo de desastres y el desarrollo económico, social y ambiental para la generación de los diferentes mecanismos propuestos en el plan de acción.
- ✓ Socialización de los resultados a las comunidades, funcionarios municipales y demás agentes sociales del territorio, a través de canales de divulgación para la convocatoria y la presentación de resultados.
- ✓ Control, seguimiento y evaluación del alcance de las propuestas concretadas, mediante un sistema de seguimiento y evaluación dirigida por las organizaciones comunitarias.

Tabla 55.

Plan de acción del ámbito estratégico normativo.

ÁMBITO NORMATIVO				
Objetivo general: Contribuir en la elaboración y el fortalecimiento de las políticas, leyes y planes locales por medio de programas, proyectos y medidas de regulación relacionadas con la localización, construcción y funcionamiento seguro de las líneas vitales públicas, la planificación y ordenamiento territorial y los usos alternativos de áreas bajo amenaza por movimientos en masa.				
Objetivos específicos	Metas	Programas / Medidas	Indicadores	Actores
Mejorar y optimizar las líneas vitales públicas, específicamente las redes de agua potable y la vialidad mediante la implantación de normas y regulaciones para garantizar la cobertura de estos servicios públicos.	Reducir considerablemente los daños causados por los desastres en las infraestructuras vitales y la interrupción de los servicios básicos.	Elaborar e implementar una normativa local para definir restricciones y prohibiciones en la construcción de viviendas y la incorporación de servicios públicos en el área. Implementar y dar seguimiento a un programa de reubicación de las personas que se encuentran en situación de riesgo en las zonas definidas de alta y muy alta amenaza. Implementar y dar seguimiento a un programa de reubicación del Alimentador Sur Filas de Mariches ubicado en las zonas definidas de alta y muy alta	# Normativa local para definir restricciones y prohibiciones en la construcción de viviendas y la incorporación de servicios públicos en el área. # Personas reubicadas y viviendas desalojadas. # de alternativas para el trazado de nuevas redes de agua potable.	Consejos comunales Paulo VI y Terrazas de El Morro Comuna Argelia Laya Funcionarios del Gobierno Bolivariano de Miranda Funcionarios de la Alcaldía del Municipio Sucre, IMAS, IMAT e IMAPSAS HIDROCAPITAL Corporación Venezolana de

		amenaza.		Cemento
		Diseñar e implementar un programa para el control de taludes y control de erosión con revegetación y arborización a lo largo de la vialidad.	# de tramos de la vialidad intervenidas	Gran Misión Vivienda Venezuela
		Elaborar e implementar planes de operación y mantenimiento de las redes de agua potable y establecer redundancias para la conducción del agua potable.	% de zonas de alta y muy alta amenaza intervenidas.	Protección Civil de Sucre Bomberos de Caracas
		Diseñar e implementar un programa de reducción de la vulnerabilidad funcional de las líneas vitales mediante proyectos de mantenimiento y optimización de la infraestructura.	# de tramos de las redes de agua potables intervenidas.	
			# de líneas vitales mejoradas.	
Incorporar mecanismos de Gestión del riesgo de desastres en los Planes de Ordenamiento Territorial estatal y	Reducir los niveles de degradación ambiental territorial y la creación de las condiciones de riesgo.	Revisión y actualización del Plan de Ordenamiento Territorial del estado Miranda y el Plan de Desarrollo Urbano Local del Municipio Sucre, para incorporar los mecanismos	% del plan y # de mecanismos que incorporan la Gestión del riesgo de desastres	Consejos comunales Paulo VI y Terrazas de El Morro Comuna Argelia Laya Funcionarios del

municipal y en la planificación del desarrollo.

de gestión del riesgo del desastre en la planificación del desarrollo.

Gobierno Bolivariano de Miranda

Implantación de normativas y regulaciones para las áreas de degradación ambiental y las zonas identificadas de alto y muy alto riesgo.

de normativas y regulaciones para las áreas de degradación ambiental y las zonas identificadas de alto y muy alto riesgo

Funcionarios de la Alcaldía del Municipio Sucre

Formular programas locales de Gestión del Riesgo de Desastres acorde con los planes de Gestión del riesgo municipal, nacional e internacional y demás instrumentos de gestión del desarrollo del país.

de programas locales de Gestión del Riesgo de Desastres

Funcionarios del Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo

Protección Civil de Sucre

Bomberos de Caracas

Asegurar la incorporación de criterios para el análisis de riesgo en los proyectos de inversión pública y privada del municipio que garanticen una inversión preventiva y

Enfrentar los factores subyacentes al riesgo de desastres por movimientos en masa, mediante inversiones públicas y privadas basadas en información sobre estos riesgos, a fin de elevar la calidad, seguridad y

Implementar y monitorear la construcción y funcionamiento de las redes de abastecimiento de agua potable y vialidad resistentes a los desastres, basados en los códigos de construcción nacionales e internacionales.

de líneas vitales públicas bajo construcción y funcionamiento basados en los códigos nacionales e internacionales.

Consejos comunales Paulo VI y Terrazas de El Morro

Comuna Argelia Laya

Funcionarios de la Alcaldía del Municipio Sucre, IMAS e IMAT

de mecanismos con

el desarrollo sostenible.	duración de los bienes, la continuidad y la pronta recuperación de los servicios públicos.	Establecer lineamientos, guías administrativas, manuales y protocolos de desempeño para incorporar el análisis del riesgo en los proyectos de inversión pública y privada del municipio y comunitarios.	lineamientos, guías administrativas, manuales estratégicos, protocolos de desempeño de análisis de riesgo.	<p>HIDROCAPITAL</p> <p>Corporación Venezolana de Cemento</p> <p>Gran Misión Vivienda Venezuela</p>
Proponer usos alternativos en las áreas zonificadas como de alta y muy alta amenaza por movimientos en masa activados por lluvias.	Fortalecer los factores protectores de la resiliencia en el territorio local, especialmente en las comunidades vulnerables y con ellas la reducción de los daños y pérdidas en infraestructura, en líneas vitales y los servicios públicos.	Formular un proyecto para la recuperación ambiental del área de estudio, basado en la declaratoria de un área de protección ambiental denominada “Parque El Encantado” con la finalidad de estabilizar los taludes, generar un espacio para el esparcimiento y contribuir al rescate de los valores históricos culturales de la zona.	% del proyecto para la recuperación ambiental del área de estudio concretado.	<p>Consejos comunales Paulo VI y Terrazas de El Morro</p> <p>Comuna Argelia Laya</p> <p>Funcionarios del Gobierno Bolivariano de Miranda</p> <p>Funcionarios de la Alcaldía del Municipio Sucre e IMAPSAS</p> <p>Funcionarios del Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo</p>

Ámbito de Investigación, Evaluación e Información

Las políticas y prácticas para la gestión del riesgo de desastres deben basarse en la comprensión del riesgo de desastres en todas sus dimensiones, por esta razón, este ámbito estratégico se enmarca en el Principio I del Marco de Acción de Sendai:

Si bien los factores que pueden aumentar el riesgo de desastres pueden ser de alcance local, nacional, regional o mundial, los riesgos de desastres tienen características locales y específicas que deben comprenderse para determinar las medidas de reducción del riesgo de desastres. (p. 13)

En este sentido, el ámbito propuesto parte del conocimiento sobre el riesgo por movimientos en masa activados por lluvia en el área de estudio, sin embargo, reconoce la necesidad de realizar estudios más detallados de carácter ingenieril, a fin de complementar los mecanismos que permitan reducir las pérdidas en infraestructura e interrupciones de los servicios de distribución del agua potable y la movilidad en el área. En este contexto, se hace necesario involucrar a los agentes académicos y de investigación, en el desarrollo y divulgación del conocimiento sobre el riesgo de desastres en el área, y promover los saberes ancestrales y el rescate de la memoria histórica por parte de las comunidades.

De allí que el enfoque de este ámbito estratégico, considera como su base fundamental, la integración de los saberes académicos y los saberes populares en la generación y divulgación de conocimiento sobre el riesgo de desastres por movimientos en masa, para lograr la creación de redes intra e interinstitucionales que, conjuntamente con las comunidades, aborden la gestión integral del riesgo de desastres desde la comprensión del mismo. Para ello se hace necesario emprender algunas acciones específicas que tiendan a generar y divulgar este conocimiento, pues las condiciones de riesgo presentes en las comunidades recalcan la necesidad de fortalecer urgentemente la generación del conocimiento sobre el riesgo de desastres desde la academia. Esos conocimientos se pueden aprovechar para la evaluación del riesgo previo a los desastres, para la prevención y mitigación y

para la elaboración y aplicación de medidas adecuadas de preparación y respuesta eficaz para casos de desastre.

El rescate de la memoria histórica en materia de riesgos, constituye un elemento fundamental de la gestión prospectiva. De allí que el enfoque Geohistórico representa una herramienta para el análisis, reflexión y toma de conciencia de las realidades y las causas que generan las emergencias y desastres (Angulo y Ovalles, 2016, p. 813). En este sentido, la generación y divulgación de conocimiento sobre el riesgo de desastres del área de estudio, toma como eje transversal el registro de la memoria histórica y la difusión de contenidos no solo técnicos y académicos, sino de la cultura popular, necesarios para la comprensión del riesgo de desastres y la transformación de la realidad.

En síntesis, se busca que los mecanismos propuestos orienten los procesos de generación y difusión de conocimientos sobre el riesgo de desastres por movimientos en masa. En la tabla 56 se presenta el plan de acción para este ámbito estratégico, el cual debe ser desarrollado con base en las siguientes premisas:

- ✓ Promoción de mesas de trabajo y concertación entre las organizaciones comunitarias, funcionarios municipales y entes vinculados a la gestión del riesgo de desastres y agentes académicos, técnicos y de investigación para la generación de los diferentes mecanismos propuestos en el plan de acción.
- ✓ Conformación de instancias de coordinación y articulación para implementar el plan de acción propuesto, tales como Grupos de Trabajo para la Gestión del Riesgo de Desastres y Equipos Técnicos conformados por los actores antes mencionados.
- ✓ Control, seguimiento y evaluación del alcance de las propuestas concretadas, mediante un sistema de seguimiento y evaluación dirigida por las organizaciones comunitarias.

Tabla 56

Plan de acción del ámbito estratégico de investigación, evaluación e información.

ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN, EVALUACIÓN E INFORMACIÓN				
Objetivo general: Orientar la elaboración, actualización y difusión del conocimiento sobre el riesgo de desastres por movimientos en masa en el área de estudio, dirigido a los entes encargados de tomar decisiones, las organizaciones comunitarias y comunidades en riesgo de desastres para reforzar la colaboración entre las personas a nivel local y difundir información sobre el riesgo de desastres.				
Objetivo específico	Metas	Medidas / Programas	Indicadores	Actores
Promover la investigación y evaluación del riesgo de desastres por movimientos en masa para generar conocimiento que permita comprender el riesgo en todas sus dimensiones.	Generar la información, conocimiento, percepción y conciencia del riesgo de desastres por movimientos en masa en todas sus dimensiones de vulnerabilidad, capacidad, grado de exposición de personas y bienes, características de las amenazas y entorno.	Realizar estudios detallados de ingeniería para los tramos de las líneas vitales ubicadas en las zonas de alta amenaza a fin de evaluar su capacidad de resiliencia ante la ocurrencia de un evento. Diseñar un geoportal para la actualización periódica de estudios sobre la amenaza y riesgos por movimientos en masa activados por lluvias en el área de estudio que incluya mapas de riesgos en un formato adecuado y utilizando tecnología de información geoespacial. Generar conocimiento de riesgo de desastre desde las comunidades a través	# de estudios del riesgo de desastres de carácter accesible, comprensible, útil y pertinente al alcance de la comunidad % del geoportal concretado # de proyectos comunitarios en articulación con	Consejos comunales Paulo VI y Terrazas de El Morro Comuna Argelia Laya Funcionarios de la Alcaldía del Municipio Sucre Funcionarios del Ministerio del Poder Popular para

		de proyectos comunitarios que articulen el conocimiento técnico y académico con el conocimiento comunitario vinculado a la vulnerabilidad de las líneas vitales públicas.	instituciones técnicas y académicas	Ecosocialismo Protección Civil de Sucre Bomberos de Caracas
		Formular e implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para monitorear el riesgo por movimientos en masa activados por lluvias en el área de estudio con base en los umbrales de lluvias obtenidos en esta investigación.	% del Proyecto de Sistema de Alerta Temprana en construcción	Investigadores de universidades e institutos de dedicados a la ciencia y tecnología del país
		Diseñar un mecanismo para el registro de eventos históricos de movimientos en masa ocurridos en el área de estudio, así como el registro permanente de las emergencias y desastres surgidos en las líneas vitales públicas, para evaluar y registrar las pérdidas causadas y así, comprender el impacto económico, social, sanitario, educativo, ambiental y cultural de la comunidad.	# de eventos registrados con información útil y pertinente	
Impulsar la creación de los mecanismos necesarios para la divulgación de información y	Divulgar la información y evaluación del riesgo de desastres por movimientos en masa activados por lluvias en	Realizar la socialización de los escenarios del riesgo derivados de esta investigación a las comunidades, el sector privado y los responsables de la	# de habitantes de la comunidad, funcionarios públicos a nivel municipal y personas del sector	Consejos comunales Paulo VI y Terrazas de El

<p>evaluación del riesgo de desastres por movimientos en masa activados por lluvias en el área de estudio.</p>	<p>el área de estudio, a través de distintos medios y de una forma comprensible, útil y pertinente para toda la comunidad.</p>	<p>gestión municipal en el área de estudio.</p> <p>Adecuar espacios comunes de la comunidad para generar encuentros donde se discuta el conocimiento del riesgo de desastres por movimientos en masa, asociado al rescate de la memoria histórica de los habitantes.</p>	<p>privado, que están cubiertas por la información sobre el riesgo de desastres por movimientos en masa en el área de estudio, los eventos históricos y los SAT</p>	<p>Morro</p> <p>Comuna Argelia Laya</p> <p>Funcionarios de la Alcaldía del Municipio Sucre</p> <p>Colectivo Radiofónico de Petare</p>
--	--	--	---	---

Ámbito de Educación, Sensibilización y Capacitación

La capacitación y la educación, constituyen instrumentos para la sensibilización y concienciación pública al promover una cultura de prevención de desastres, resiliencia y ciudadanía responsable. Por esta razón, este ámbito estratégico se enmarca en el Principio K del Marco de Acción de Sendai:

En la fase de recuperación, rehabilitación y reconstrucción después de los desastres, es fundamental prevenir nuevos desastres y reducir el riesgo mediante el principio de “reconstruir mejor” e incrementar la educación y la sensibilización públicas sobre el riesgo de desastres. (p. 14)

A partir del conocimiento sobre el riesgo de desastres por movimientos en masa generado en esta investigación, se pretende promover un proceso de educación, sensibilización y capacitación de la comunidad potencialmente afectada por estos eventos, así como de sus organizaciones comunitarias y funcionarios municipales que gestionan el territorio.

En este sentido, es importante la conformación de mesas de trabajo donde se integren la comunidad organizada, las instituciones educativas y de capacitación y respuesta ante desastres, pues se espera que de su articulación, se conforme un comité de trabajo para gestionar la prevención y la reducción de los riesgos de desastres mediante la educación y la capacitación. Este ámbito requiere de un fuerte apoyo de los organismos competentes para impactar significativamente la autogestión y la sustentabilidad de esta propuesta.

Ovalles y Angulo (2016) sostienen que es el ser humano quien debe comprender que la construcción de una sociedad menos vulnerable depende de él. Por ello es tan importante trabajar en construir una cultura de prevención sustentada en la educación, lo que coloca el conocimiento sobre el riesgo de desastres en un primer orden de importancia (p. 813). La transversalidad de la variable riesgo en la educación, surge entonces como una estrategia para abordar una formación integral del individuo mediante la capacitación, el desarrollo de

aptitudes y conocimientos sobre aspectos relativos a la identificación de las amenazas, reducción de la vulnerabilidad y prevención del riesgo de desastres por movimientos en masa.

De este modo, el ámbito propuesto está orientado a educar y sensibilizar a la comunidad potencialmente afectada por estos eventos, además de ofrecer las medidas que puede tomar la comunidad antes de una emergencia y la capacitación para el uso de Sistemas de Alerta Temprana. Bajo esta condición, el uso de Sistemas de Alerta Temprana y la Educación Ambiental para la Gestión de Riesgos, representa una importante herramienta para la sensibilización y formación de las comunidades en la generación de una conciencia ética y ambiental, que coadyuve en los procesos de formación de una cultura crítica de la prevención, cónsona con la gestión de riesgos de desastres e indispensable para la preparación y adaptación al cambio climático. (Ovalles y Angulo, 2016, p. 814).

En síntesis, el presente ámbito estratégico busca que los mecanismos propuestos para incorporar los conocimientos sobre el riesgo de desastres por movimientos en masa en el área de estudio, cuenten con el enfoque transversal de la educación ambiental. En la tabla 57 se presenta el plan de acción para este ámbito estratégico, el cual debe ser desarrollado con base en las siguientes premisas:

- ✓ Conformación de un comité de trabajo entre las organizaciones comunitarias, las instituciones educativas y de capacitación y respuesta ante desastres, para la generación de los diferentes mecanismos propuestos en el plan de acción.
- ✓ Socialización de los resultados obtenidos a las comunidades, funcionarios municipales y demás agentes sociales del territorio, a través de canales de divulgación para la convocatoria y la presentación de resultados.
- ✓ Control, seguimiento y evaluación del alcance de las propuestas concretadas, mediante un sistema de seguimiento y evaluación dirigida por las organizaciones comunitarias.

Tabla 57

Plan de acción del ámbito estratégico Educación, sensibilización y capacitación.

ÁMBITO DE EDUCACIÓN, SENSIBILIZACIÓN Y CAPACITACIÓN				
Objetivo general: Promover la incorporación de los conocimientos sobre el riesgo de desastres por movimientos en masa en el área de estudio, mediante la educación ambiental formal y no formal de la comunidad, funcionarios públicos y sector privado, incluida la prevención, preparación y respuesta ante la ocurrencia de un evento de desastre.				
Objetivos específicos	Metas	Medidas / Programas	Indicadores	Actores
Promover estrategias y programas para reforzar la educación y sensibilización de la comunidad ante el riesgo de desastres por movimientos en masa, incluidos la información y los conocimientos sobre el riesgo de desastres.	Incrementar la educación y la sensibilización de las comunidades, funcionarios públicos y sector privado sobre el riesgo de desastres por movimientos en masa en el área de estudio.	Impartir conocimientos sobre el riesgo de desastres por movimientos en masa a los funcionarios públicos, las comunidades y el sector privado, a través de campañas educativas, las redes sociales y la movilización de las comunidades. Preparar campañas educativas como instrumentos para la sensibilización y educación para generar comprensión de los riesgos de desastres por movimientos en masa. Elaborar micros informativos y educativos sobre las condiciones	# de personas beneficiadas por los mecanismos descritos # de campañas diseñadas y ejecutadas # de micros informativos	Consejos comunales Paulo VI y Terrazas de El Morro Comuna Argelia Laya Funcionarios de la Alcaldía del Municipio Sucre Protección Civil de Sucre Bomberos de

de riesgo de desastres presentes en la comunidad, así como de medidas de prevención, preparación y respuesta a fin de ser difundidos a través de las redes sociales de la comunidad y radio comunitaria.	difundidos	Caracas
Implementar proyectos ambientales escolares sobre el riesgo de desastres por movimientos en masa en las instituciones educativas del área de estudio.	# de proyectos ambientales escolares desarrollados	Instituciones educativas de la comunidad
Implementar un programa para promoción y participación dirigida a las comunidades y todos los actores públicos y privados, para incentivar la participación activa en las actividades de sensibilización y educación.	# de personas participantes en las actividades de sensibilización y educación	Colectivo Radiofónico de Petare
Habilitar espacios para el intercambio de experiencias, enseñanzas extraídas y buenas prácticas de los habitantes de la comunidad para la reducción del	# de espacios comunitarios habilitados	

<p>Impulsar mecanismos para la capacitación de la comunidad en materia de prevención, preparación y respuesta ante la ocurrencia de un evento de desastre por movimientos en masa y el uso de Sistemas de Alerta Temprana en el área de estudio.</p>	<p>Lograr la capacitación de la comunidad para prevención, preparación y respuesta ante la ocurrencia de un evento de desastre por movimientos en masa y el uso de Sistemas de Alerta Temprana en el área de estudio.</p>	<p>riesgo de desastres por movimientos en masa.</p>	<p># de planes diseñados e implementados</p>	<p>Consejos comunales Paulo VI y Terrazas de El Morro</p>
		<p>Diseñar e implementar planes de emergencia y contingencia ante eventos de movimientos en masa en la comunidad.</p>	<p>% del proyecto desarrollado</p>	<p>Comuna Argelia Laya</p>
		<p>Diseñar e implementar un proyecto de desarrollo y capacitación comunitaria para el conocimiento de su entorno y la reducción del riesgo de desastres por movimientos en masa.</p>		<p>Protección Civil de Sucre</p>
		<p>Habilitar espacios para la capacitación de los habitantes de la comunidad frente a la ocurrencia de un evento de movimientos en masa.</p>	<p># de espacios comunitarios habilitados</p>	<p>Bomberos de Caracas</p>
		<p>Diseñar e implementar un proyecto de capacitación sobre el uso de los sistemas de alerta temprana dirigida a la comunidad.</p>	<p>% del proyecto desarrollado</p>	<p>Instituciones educativas de la comunidad</p>

En síntesis, el planteamiento consiste en realizar una gestión prospectiva del riesgo de desastres por movimientos en masa en el área de estudio, a través de la articulación de las comunidades, actores institucionales en sus diferentes ámbitos y los organismos de respuesta y atención de emergencias, para así lograr la participación en los procesos de planificación, toma de decisiones y contraloría social en materia de riesgo, en la ejecución de los planes de acción propuestos de manera consciente, concertada y planificada, a fin de prevenir y reducir el riesgo en las comunidades, atendiendo al conocimiento obtenido en esta investigación. Se trata entonces, de considerar el riesgo como centro de análisis e intervención territorial para evitar la aparición de nuevos riesgos y la reducir la vulnerabilidad.

Sin embargo, para que esta propuesta sea viable, requiere de la presencia y fortalecimiento de una institucionalidad que cuente con recursos propios, capacidad de definir y aplicar políticas, y empoderada de las necesidades de la comunidad y con una clara perspectiva de los desafíos que le impone el territorio. En consecuencia, se hace necesario establecer mecanismos en los cuales, las comunidades organizadas y el municipio, puedan ordenar su presupuesto para hacer una gestión prospectiva del riesgo por movimientos en masa en su territorio.

En este sentido, el Marco de Sendai 2015-2030, sostiene que debe existir “cooperación internacional y la creación de alianzas auténticas y duraderas en los planos regional e internacional con el fin de ayudar a los países en desarrollo a aplicar el presente Marco, de conformidad con sus prioridades y necesidades nacionales” (p. 24). Igualmente, el Plan de la Patria 2025 destaca como parte de los Objetivos del Desarrollo Sostenible lo siguiente:

Meta 11.c Proporcionar apoyo a los países menos adelantados, incluso mediante asistencia financiera y técnica, para que puedan construir edificios sostenibles y resilientes utilizando materiales locales.

Indicador 11.c.1 Proporción del apoyo financiero a los países menos adelantados que se asigna a la construcción y el

reacondicionamiento con materiales locales de edificios sostenibles, resilientes y eficientes en el uso de recursos. (p. 69)

Se trata entonces, de canalizar los mecanismos para el apoyo financiero en la gestión prospectiva del riesgo de desastres por movimientos en masa en el área de estudio, a través de instancias nacionales o internacionales de manera que las organizaciones comunitarias y el municipio, puedan crear y fortalecer un fondo presupuestario para las actividades enmarcadas en la reducción del riesgo de desastres en las líneas vitales públicas. Igualmente, se hace necesario establecer mecanismos legales, jurídicos y de seguimiento frente a los destinos de los recursos, así como identificar rutas estratégicas e incentivos empresariales para la financiación de la gestión prospectiva del riesgo desde el sector privado.

Así mismo, para una gestión prospectiva del riesgo de desastres, se hace necesaria una nueva organización social e institucional que incorpore la gestión del riesgo y considere las bases ecológicas en el proceso de planificación y gestión ambiental. El escenario tendencial reafirma este modelo de ordenación territorial insustentable basado en el crecimiento acelerado y descontrolado de las ciudades, lo que contribuye a complejizar aún más los eventos que pueden ser catalogados como desastres. Hoy en día, el Estado invierte cuantiosos recursos en las actividades de desalojo de áreas críticas, habilitación de refugios y construcción de nuevas viviendas y reparaciones de líneas vitales públicas, que fácilmente pudieran minimizarse si se logra implementar una gestión prospectiva del riesgo de desastres por movimientos en masa.

De allí que el escenario prospectivo propuesto, parte de la conformación de una nueva organización socioterritorial, basada en los valores humanistas de inclusión, participación, responsabilidad, justicia social, equidad y solidaridad nacional e internacional. Se trata entonces, de una gestión prospectiva del riesgo de desastres que permite incrementar el análisis y la reflexión por parte de las comunidades, funcionarios municipales y demás agentes sociales, en torno a los problemas de su territorio que los ponen en riesgo.

CONCLUSIONES

Las afectaciones a las líneas vitales públicas producto de movimientos en masa en el tramo vial Barrio Isaías Medina Angarita (BIMA) – Paulo VI de Petare, Municipio Sucre del estado Miranda, impactan negativamente a las comunidades y superan en muchos casos, la capacidad de respuesta del municipio y los entes públicos con competencia en la materia. Como producto, el Urbanismo El Morro ha sido gravemente afectado por ello, al punto de que tres de sus terrazas han sido declaradas inhabitables y posteriormente demolidas. La vialidad y el sistema de agua potable y residual han colapsado en su totalidad, y se han generado condiciones de inseguridad social, sanitaria y ambiental para las personas que habitan las terrazas que aún no han sido desalojadas.

Por otra parte, las familias de la Urbanización Paulo VI se han visto afectadas por las constantes obstrucciones de la vialidad producto de los movimientos en masa, lo que las ha dejado incomunicadas y ha dificultado las labores de respuesta y atención del desastre durante la ocurrencia los mismos. Del mismo modo, los sectores de Petare Sur se han visto afectados de manera indirecta al quedar desabastecidos del servicio de agua potable cada vez que se ve afectada la tubería del Alimentador Sur Filas de Mariches, lo que ha generado una grave situación social y ambiental que requiere de un cambio en el paradigma de gestión territorial y planificación del desarrollo.

En tal sentido, el conocimiento generado sobre el riesgo de desastres en el área de estudio permitió llegar a las siguientes conclusiones:

El análisis de la susceptibilidad por movimientos en masa se realizó mediante la aplicación del método heurístico, el cual permitió construir el modelo de susceptibilidad a partir de la selección y ponderación de factores condicionantes del terreno como geología, geomorfología y cobertura y uso del suelo. El modelo se basó en la metodología propuesta por el SGC y MINMINAS (2015), de la cual se seleccionaron algunas variables con incidencia en los procesos de remoción en masa en el área de estudio (unidades litológicas,

clasificación de macizo rocoso GSI, geoformas, procesos morfodinámicos, pendientes y unidades de cobertura).

Para obtener el mapa final de susceptibilidad, empleando como plataforma un SIG, cada variable fue sometida a un análisis con base en la revisión de nueve (09) metodologías empleadas en la evaluación de movimientos en masa, a fin de asignar un valor de peso a cada mapa temático generado y superponerlos en un modelo que concatenó todos los factores relacionados. De este análisis resalta que las variables unidades litológicas, pendiente y unidades de cobertura, obtuvieron el mayor peso en la matriz de susceptibilidad (20% cada una), seguida de las variables geoformas y procesos morfodinámicos (15 % cada una) y por último, la clasificación de macizo rocoso GSI (10%).

Como producto del modelaje se obtuvo el mapa de susceptibilidad que permitió cuantificar las superficies ocupadas por cada nivel de susceptibilidad. En consecuencia, resultó que un 37% del área de estudio presenta condiciones de susceptibilidad Alta y un 24% una susceptibilidad Muy alta, lo que representa un 61% de la superficie total del territorio. En estas áreas se ubican la mayoría de los tramos del Alimentador Sur Filas de Mariches y el Urbanismo El Morro, así como dos zonas de ocupación irregular. Se puede referir que el modelo de susceptibilidad generado fue viable y satisfactorio, ya que al superponer el mapa de procesos morfodinámicos, se encontró que el 66% de los movimientos en masa inventariados en campo, coinciden con las zonas de susceptibilidad Muy alta y el 24%, con las zonas de susceptibilidad Alta.

En cuanto a la estimación del umbral de lluvias, se obtuvo que el umbral mínimo necesario para la activación de un movimiento en masa en el área de estudio, específicamente para el periodo de retorno de 2 años, es de 53,50 mm/hr. Para el periodo de 5 años el umbral mínimo es de 75,58 mm/hr, para el periodo de 10 años el umbral mínimo es de 90,20 mm/hr y para el periodo de 25 años el umbral mínimo es de 118, 59 mm/hr.

La zonificación de la amenaza por movimientos en masa, indica que la distribución espacial de los niveles de amenaza Alta y Muy alta es similar en el

área de estudio. Sin embargo, en el mapa de amenaza para el periodo de retorno de 10 años, se aprecia una mayor concentración de superficie en Ha de los niveles de amenaza Alta y Muy alta, por lo que, espacialmente, se distingue como el escenario que podría generar movimientos en masa considerables.

Los eventos identificados en el registro histórico y en el inventario de procesos morfodinámicos, permitieron validar los mapas de amenaza generados. Para el periodo de retorno de dos años, un promedio de 43,2% de los movimientos en masa se encuentran en la zona de amenaza Muy alta, seguida por la zona de amenaza Alta con 37,8% y la zona de amenaza Media con 16,2%. Igualmente, el análisis del registro histórico de eventos, permitió identificar una estrecha relación entre la ocurrencia de movimientos en masa durante los meses de abril y noviembre, los cuales coinciden con periodo lluvioso del área de estudio. Además, destaca que para el 31% de los eventos documentados, la causa fue la lluvia.

Del análisis de vulnerabilidad física de las líneas vitales, se obtuvo que la vialidad presenta un nivel de vulnerabilidad física Media, pero el 73% de sus tramos presentan un nivel de exposición Alto. Respecto a las redes de agua potable, resalta que los dos alimentadores presentan condiciones distintas de vulnerabilidad. El alimentador Este presenta un nivel de vulnerabilidad física Bajo y solo un 27% de sus tramos presenta un nivel de exposición Alto. Por el contrario el Alimentador Sur Filas de Mariches, presenta un nivel de vulnerabilidad física Baja y Media. Sin embargo, el 25% de sus tramos han sido determinantes en el funcionamiento de la red debido principalmente a su ubicación sobre la ladera. De allí que, presenta niveles de exposición Media y Alta en el 66% de sus tramos, lo que eleva la posibilidad de ser afectado por un evento de movimiento en masa.

El escenario de riesgo más crítico corresponde al periodo de retorno de 25 años, en vista de que concentra el mayor porcentaje de tramos de las redes de agua potable y la vialidad en los niveles de riesgo Alto y Muy alto, por tanto es el que podría generar mayores afectaciones en las líneas vitales públicas. Con base en este escenario, se realizó el análisis de riesgo desde el punto de vista económico y se obtuvo un nivel de riesgo Mitigable para la mayoría de los tramos de la vialidad. En cuanto a las redes de agua potable, se obtuvo un nivel de riesgo

Tolerable para el Alimentador Este y para el Alimentador Sur Filas de Mariches, un nivel de riesgo Mitigable en la mayoría de los tramos.

No obstante, existe un porcentaje de tramos de la vialidad y del Alimentador Sur Filas de Mariches que poseen un nivel de riesgo Muy alto e Inaceptable desde el punto de vista económico, lo que requiere necesariamente de estudios detallados de ingeniería que consideren medidas estructurales para la vialidad y la reubicación del Alimentador Sur Filas de Mariches.

En cuanto a la gestión prospectiva del riesgo de desastres por movimientos en masa en el área de estudio, se formuló una propuesta que consta de tres ámbitos estratégicos de acción donde se involucran los diferentes actores de las comunidades y el sector público y privado. La propuesta orienta la generación de capacidades tendientes a normar las situaciones de riesgo presentes, realizar y difundir más investigaciones y evaluaciones sobre el riesgo, e iniciar procesos de educación, sensibilización y capacitación para comprender el riesgo de desastres y prepararse para la respuesta. Entre las propuestas destacan la declaratoria de las zonas de alta y muy alta amenaza como inhabitables y de urgente rehabilitación ambiental, así como el monitoreo de las intensidades de lluvia en el área a través de un Sistema de Alerta Temprana, donde se puedan implementar los umbrales de lluvia obtenidos para los distintos periodos de retorno.

Debido a la complejidad que envuelve los eventos de movimientos en masa, aún existe una gran incertidumbre sobre la predicción temporal de su ocurrencia. Al no contar con un registro de precipitación completo proveniente de las estaciones cercanas al área de estudio, se dificultó la determinación de los umbrales de lluvias. Por esta razón, se hizo necesario emplear los datos registrados en la estación Cántaros para la determinación de los umbrales, lo que genera cierto grado de incertidumbre en los resultados obtenidos. No obstante, en el análisis de tres eventos de movimientos en masa activados por lluvias en el área de estudio, la lluvia registrada en estaciones cercanas el día de la ocurrencia de cada evento se aproximó al umbral obtenido para el periodo de retorno de 2 años, por tanto este es el umbral que puede activar movimientos en masa, pese a que sea

el mapa de amenaza para el periodo de retorno de 10 años, el que concentre la mayor proporción de superficie en Ha de los niveles de amenaza Alta y Muy alta.

En este sentido, el umbral de lluvia estimado para el periodo de retorno de dos años puede resultar útil en la predicción y monitoreo de posibles movimientos en masa en el área de estudio, siempre y cuando se realice un registro adecuado de las lluvias que incluya la instalación de pluviómetros en espacios abiertos y el registro y análisis de los datos recogidos por parte de un operador. En este particular, en el área se ubica un campamento de Protección Civil Sucre que cuenta con los equipos necesarios para el registro de precipitaciones y que se encuentra inactivo en la actualidad. Su reactivación podría facilitar esta labor y conformar parte esencial del Sistema de Alerta Temprana de la comunidad.

Por otra parte, la metodología propuesta para la generación del modelo de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa activados por lluvias, resultó ser la correcta puesto que se lograron validar estos resultados mediante la superposición del inventario de eventos ocurridos en el área de estudio, donde el uso de los SIG fue determinante al demostrar su potencial en el análisis de este tipo de eventos. Esto reafirma que actualmente los SIG, constituyen una herramienta fundamental para el análisis de áreas susceptibles a movimientos en masa y la exposición de las infraestructuras vitales de una sociedad.

Entre las limitaciones encontradas en esta investigación, destaca el acceso a los datos e información sobre movimientos en masa y emergencias ocurridas en el área de estudio, registros de precipitación o información relativa a las líneas vitales públicas. Es necesario acotar que estos datos e información son muy variables, de baja calidad o muchas veces están incompletos o no existen, por lo que en algunos casos, se tuvo que recurrir a información disponible en los medios de comunicación como fuente de datos que reportan de manera muy general las consecuencias de eventos a nivel local, ya que aquellas informaciones derivadas de los organismos competentes en materia de gestión de riesgos de desastres, tienden a reportar eventos mayores donde existan pérdidas económicas o sociales significativas, por lo tanto algunas consideraciones de la evaluación pueden ser aproximaciones generales hechas a partir de la observación en campo.

El acceso a algunos sectores del área de estudio, constituyó otra limitante en la investigación debido a los niveles de inseguridad social que se han generado producto del desalojo de las terrazas declaradas inhabitables. Esta situación ha propiciado el desarrollo de asentamientos humanos irregulares en el sector, aspecto que constituye una realidad dentro del área de estudio y que interfiere en las labores de investigación y de gestión comunitaria. Bajo esta condición, se ratifica que el patrón de ocupación implementado en el área, que no consideró la variable riesgo en el proceso de urbanización, generó niveles de exclusión de las comunidades que aún habitan la zona, así como niveles de inseguridad social y ambiental, magnificando de esta manera la desigualdad social.

Finalmente, se destaca la necesidad de un cambio en el proceso de planificación del desarrollo que incorpore la variable riesgo en el ordenamiento territorial, no solo en la escala nacional y regional, sino especialmente en la escala local. Es el territorio local la unidad de gestión del cambio y transformación de la realidad. De allí que el conocimiento sobre el riesgo de desastres por movimientos en masa generado en esta investigación, constituye un insumo de vital importancia en los procesos de planificación y gestión territorial. La divulgación de estos resultados a las comunidades, funcionarios municipales y demás agentes sociales del territorio, a través de diferentes canales de divulgación, como por ejemplo un Geoportal con toda la información temática levantada, podría ser de gran utilidad en estos procesos en pro de la reducción de riesgos de desastres.

Los riesgos de desastres por movimientos en masa, deben ser concebidos como condicionantes de desarrollo local y ser incluidos en la planificación y gestión de todo proyecto que se emprenda en el territorio. La gestión prospectiva del riesgo de desastres en el área de estudio, representa una alternativa en la construcción del nuevo modelo de desarrollo que tome en cuenta la conservación del hábitat, el ambiente y el derecho a la ciudad, articulado a las políticas de desarrollo local y regional, así como a los lineamientos para la reducción del riesgo de desastres a nivel nacional e internacional, que impidan la creación y el retorno de situaciones de vulnerabilidad física y riesgo en las comunidades.

REFERENCIAS

- Agüero, J. y Garay, D. (2018). *Delimitación hidrográfica y caracterización morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón*. INTA Ediciones. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-delimitacion_y_caracterizacion_de_la_cuenca_del_rio_anzulon_1.pdf
- Angulo, Y. (2019). La Prospectiva Participativa: Una metodología para la gestión de riesgos socionaturales. *Revista 5to Objetivo*, 1(1), 35-45.
- Angulo, Y. y Ovalles, O. (24-26 de octubre de 2016). *La educación ambiental para la gestión integral de riesgos comunales* [Memorias]. 4to. Congreso de Gestión Ambiental, Caracas, Venezuela.
- Aristizábal, E., González, T., Montoya, J., Vélez, J., Martínez, H. y Guerra, A. (2011). Análisis de umbrales empíricos de lluvia para el pronóstico de movimientos en masa en el Valle de Aburrá, Colombia. *Revista EIA*, (15), 95-111. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-12372011000100009&script=sci_abstract&tlng=es
- Aristizábal, E., Martínez, H. y Vélez, J. (2010). Una revisión sobre el estudio de movimientos en masa detonados por lluvias. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 34(131), 209-227. http://www.acefyn.com/revista/Vol_34/131/209-227.pdf
- Arteaga, D. y Ordoñez, J. (2019). *Guía para la gestión del riesgo en sistemas de agua y saneamiento ante amenazas naturales*. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres. <https://publications.iadb.org/es/guia-para-la-gestion-del-riesgo-en-sistemas-de-agua-y-saneamiento-ante-amenazas-naturales>
- Barboza, L. y Rodríguez, S. (2001). *Integración de la geología del estado Vargas y del Flanco Sur del Macizo del Ávila al norte de Caracas*. [Tesis de pregrado, Universidad Central de Venezuela].

- Baxendale, C. y Buzai, G. (2011). Análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica. Aportes de la Geografía para la elaboración del Diagnóstico en el Ordenamiento Territorial. *Fronteras*, 10(10), 25-38.
<https://www.researchgate.net/profile/Walter-Pengue/publication/264230894>
- Beas, G. López, J. y García, E. (2014). Determinación de la población en riesgo por deslizamiento de laderas en la ciudad de Tepic. *Universo de la Tecnológica*, 7(19), 9-12.
<https://biblat.unam.mx/hevila/Universodelatecnologica/2014/no19/2.pdf>
- Belandria, N. y Bongiorno, F. (2012). *Clasificaciones Geomecánicas de los macizos rocosos según: Bieniawski, Barton, Hoek y Brown, Romana* [Archivo PDF].
http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/nbelandria/materias/geotecnia/guia_geotecnia.pdf
- Bosque, J. y Moreno, A. (2011). *Sistemas de Información Geográfica y Localización Óptima de Instalaciones y Equipamientos*. RA-MA.
- Brito, S. (30 de julio de 2018). Habitantes de Petare incomunicados y sin agua tras tubería rota en Paulo VI y El Morro. *El Universal*.
<http://www.eluniversal.com/politica/16268/habitantes-de-petare-sin-agua-tras-tuberia-rota-en-paulo-vi>
- Buzai, G. y Baxendale, C. (2013). Aportes del análisis geográfico con Sistemas de Información Geográfica como herramienta teórica, metodológica y tecnológica para la práctica del ordenamiento territorial. *Persona y Sociedad*, 27(2), 113-141.
<https://personaysociedad.uahurtado.cl>
- Cardona, O. (2013). *Piloto de Asistencia Técnica para Incorporar la Gestión Integral de Riesgos Hidroclimáticos en el Ordenamiento Territorial Municipal*. [Archivo PDF].

http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=37176&shelfbrowse_itemnumber=38653#

Cartaya, S., Pacheco, H. y Méndez, W. (2008). Metodología empleada para la zonificación de la susceptibilidad a los procesos de remoción en masa en cuencas de drenaje del estado Vargas. Venezuela. *Revista de Investigación*, 32(64), 161-188.

http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1010-29142008000200008&script=sci_abstract

Constitución Nacional de la República Bolivariana de Venezuela [Const]. Art. 55, 82, 127, 128, 156, 178, 184, 326, 332. 19 de febrero de 2009 (Venezuela).

Cooperación Suiza en América Central. (2013). *Guía para la reducción de la vulnerabilidad en Sistemas de agua potable y saneamiento*. Publicaciones de la Cooperación Suiza en América Central.

https://www.shareweb.ch/site/DRR/Documents/Resources/Manual_Central_America_DRR_WASH_SDC_Spanish.pdf

Delgadillo, A.; Ferrer, C. y Trinca, D. (2016). Amenazas hidrometeorológicas, climáticas e hidrológicas, evidencias geográficas de calentamiento global. *Revista Geográfica Venezolana*, 57 (2), 157-159.

<https://www.redalyc.org/pdf/3477/347753774001.pdf>

Fajardo, O. (2016). *Evaluación geológica, geomorfológica y caracterización geotécnica del deslizamiento El Cairo en el municipio de San Luis de Gaceno en la Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR)*. [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]

<https://core.ac.uk/download/pdf/217559608.pdf>.

FUNVISIS. (2009). *Proyecto de Microzonificación Sísmica en las ciudades Caracas y Barquisimeto*. Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación – FONACIT.

- Gobernación del Estado Bolivariano de Miranda. (2014). *Plan de Ordenamiento del Territorio del Estado Bolivariano de Miranda*. Dirección de Planificación de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Regional. Coordinación Sectorial de Geografía y Ordenamiento Territorial.
- Graciano, S. (2015). *Estimación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en las Microcuencas de los Corregimientos de Villa Restrepo y Juntas de la Cuenca Combeima Ibagué – Tolima*. [Tesis de Maestría, Universidad de Tolima].
<http://45.71.7.21/bitstream/001/1543/1/RIUT-GDA-spa-2015-Estimaci%C3%B3n%20de%20umbrales%20de%20lluvia%20detonante%20de%20deslizamientos%20en%20las%20microcuencas.pdf>
- Instituto de Estudios Regionales y Urbanos. (2009). *Diseño de metodología para la inclusión de la variable riesgo ambiental en los planes urbanos. Caso de aplicación: Santa Cruz de Mora, estado Mérida*. Universidad Simón Bolívar.
[http://www.acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/material_CR_tecnicas/ambiente/\(2011.07.07\)_CHACON_Santa_Cruz.pdf](http://www.acading.org.ve/info/comunicacion/pubdocs/material_CR_tecnicas/ambiente/(2011.07.07)_CHACON_Santa_Cruz.pdf)
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2012). *Metodología para la Zonificación de Susceptibilidad General del Terreno a los Movimientos en masa* [Archivo PDF].
http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152732/Metodologia+suscept+FRM_oficial_final.pdf/6ded04e2-9378-440f-8902-2e6c92fcc745
- Instituto Nacional De Defensa Civil INDECI. (2011). *Manual de Estimación del Riesgo ante Movimientos en Masa en Laderas/ Perú. Cuaderno técnico N° 3*. INDECI - Dirección Nacional de Prevención.
<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc1744/doc1744-contenido.pdf>
- IPCC. (2012). *Resumen para responsables de políticas en el Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático*. Informe

especial de los Grupos de trabajo I y II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_FD_SPM_final.pdf

IPCC. (2014a). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis*. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf

IPCC. (2014b). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos*. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-IntegrationBrochure_es.pdf

Jiménez, J. y Aristizábal, E. (2018). Propuesta metodológica para la zonificación de la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa en proyectos lineales: Caso de estudio Tramo 2, vía Medellín – Turbo. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (43), 14-23.

https://www.researchgate.net/publication/322651143_Propuesta_metodologica_para_la_zonificacion_de_la_susceptibilidad_y_amenaza_por_movimientos_en_masa_en_proyectos_lineales_Caso_de_estudio_Tramo_2_via_Medellin_-_Turbo

Lavell, A. (2009). *Reducción del Riesgo de Desastres en el Ámbito Local: Lecciones desde la Subregión Andina* [Archivo PDF].

https://www.desenredando.org/public/varios/2009/2009_PREDECAN_Lavell_Gestion%20Local%20del%20Riesgo.pdf

Lavell, A. (2010). *Gestión Ambiental y Gestión del Riesgo de Desastre en el Contexto del Cambio Climático: Una Aproximación al Desarrollo de un Concepto y Definición Integral para Dirigir la Intervención a través de un Plan Nacional de Desarrollo* [Archivo PDF].

<http://www.desenredando.org/public/2013/>

Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos de 2009. 09 de enero de 2009. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela 39.095.

Ley de Tierras Urbanas de 2009. 21 de octubre de 2009. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela 5.933 Extraordinario.

Ley Orgánica de Ordenación Urbanística de 1987. 16 de diciembre de 1987. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela 33.868.

Ley Orgánica del Ambiente de 2006. 22 de diciembre de 2006. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela 5.833 Extraordinario.

Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio de 1983. 11 de agosto de 1983. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela 3.238 Extraordinario.

Markus, P. (2017). Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Costa Rica en el Marco de la Agenda Global de Cambio para reducir los riesgos a desastres. *Revista En Torno a la Prevención*, (18), 15-36.

<https://www.researchgate.net/profile/Patrick-Markus-2/publication/335549125>

Martínez, R. (2013). *La gestión del agua potable y el saneamiento en el Área Metropolitana de Caracas*. Instituto Latinoamericano de Investigaciones Sociales. <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/caracas/10275.pdf>

Mayorga, R. (2003a). Desarrollo de una metodología para la determinación de lluvias detonantes de deslizamientos. Estudio de caso. *Meteorología Colombiana*, (7), 73-80.

<https://pdfcoffee.com/lluvias-critica-07-mayorga-desarrollo-pdf-free.html>

Mayorga, R. (2003b). Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. *Meteorología Colombiana*, (7), 157-168.

http://gfnun.unal.edu.co/fileadmin/content/geociencias/revista_meteorologia_colombiana/numero07/07_17.pdf

Mendoza, J. y Aristizábal, E. (2017). Metodología para la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa en proyectos lineales. Estudio de caso en el acueducto del municipio de Fredonia, Antioquia. *Ingeniería y Ciencia*, 13 (26), 173-206.

<http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v13n26/1794-9165-ince-13-26-00173.pdf>

Menjívar, L. (2015). *Evaluación de la exposición a deslizamientos de la red vial primaria en El Salvador*. [Tesis de maestría, Universidad de Salzburg].

https://issuu.com/unigis_latina/docs/menjivar

Mizrahi, D. (2016). El kilómetro de carretera en América Latina cuesta siete veces más que en Europa. *Madu'a. Revista de información, opinión y cultura al servicio de la construcción*, (398). <https://www.mandua.com.py/>

Montero, J. (2017). *Clasificación de movimientos en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia*. Servicio Geológico Colombiano.

<https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/book/36>

Naciones Unidas. (2015). *Marco Sendai para la reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres.

https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf

Naciones Unidas. (2016). *Informe del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres*. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres.

https://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreportspanish.pdf

NotiTotal. (16 de abril de 2017). Deslizamiento de tierra mantiene cerrado el paso en el sector Paulo VI de Petare. *NotiTotal*.

<http://notitotal.com/2017/04/16/deslizamiento-tierra-mantiene-cerrado-paso-sector-paulo-vi-petare/>

Novotný, J. (2013). *Varnes landslide classification (1978)* [Archivo PDF].

http://www.geology.cz/projekt681900/vyukove-materialy/2_Varnes_landslide_classification.pdf

Oficina Técnica de Ingeniería Víctor León OTIVL. (2013). *Estudio de Microzonificación de Riesgos Geológicos asociados a patologías geotécnicas de suelos y laderas en el Desarrollo habitacional El Morro de Petare, Caracas, Estado Miranda. Parte I: Terrazas 10, 11 y 12.* Documento Técnico OTIVL-407.

Oropeza, J., Ichaso, A. y Parrondo, S. (2012). *Inspección ocular a la Urbanización Paulo VI, municipio Sucre, Petare, estado Miranda.* FUNVISIS.

Padrón, C. (2017). *Evaluación del Riesgo por Movimientos en Masa. Instrumento para la Planificación y Gestión Urbana de la Subcuenca Mamera-Parroquia Antímano del Distrito Capital* [Tesis de Maestría, Universidad Central de Venezuela].

Páez, V. y Tagliaferro, M. (2011). *Evaluación preliminar geológica y de las estructuras de Paulo VI, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda.* FUNVISIS.

Parra, J., Linares, M. y Parrondo, S. (2017). *Inspección ocular y seguimiento técnico a los fenómenos de inestabilidad de los terrenos pertenecientes al Conjunto Residencial El Encantado Humboldt, Municipio El Hatillo, Estado Miranda.* FUNVISIS.

Peralta, H., Velásquez, A. y Enciso, F. (2013). *Territorios resilientes: Guía para el conocimiento y reducción del riesgo de desastre en los municipios colombianos.* Federación Colombiana de Municipios.
<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/19767>

- Plan Integral de Prevención y Atención De Desastres PIPAD. (s.f.). *Metodología para la identificación y evaluación preliminar de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo*. Alcaldía de Medellín y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Proyecto Col 88/010.
- Plan de la Patria 2025 de 2019. Proyecto Nacional Simón Bolívar, Tercer Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2019 – 2025. 8 de abril de 2019. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela 6.446 Extraordinario.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas*. Servicio Nacional de Geología y Minería, *Publicación Geológica Multinacional*, No. 4, 432 p.
- Ramírez, N. y Midori, S. (30 de abril al 5 de mayo de 2011). *Zonificación de áreas susceptibles a los movimientos en masa: Terraza de la ciudad de Mérida y sus alrededores* [Presentación en papel]. Anais XV Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba, PR, Brasil. <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.11.14.37/doc/p0464.pdf>
- Ramos, A., Trujillo-Vela, M. y Prada, L. (2015). Análisis descriptivos de procesos de remoción en masa en Bogotá, *Obras y Proyectos* (18), 63-75. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/oyp/n18/art06.pdf>
- Renda, E. (2017). *Manual para la elaboración de mapas de riesgo*. Programa Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD y Ministerio de Seguridad de la Nación de Argentina. <https://www.senado.gob.ar/upload/26428.pdf>
- Rodríguez, J. (2007). *Inspección Ocular al Edificio Teresa y alrededores, Final Urbanización El Llanito, Vía El Encantado, Sector Guaire Abajo, Parroquia Petare, Municipio Sucre*. FUNVISIS.
- Rugiero, V. y Wyndham, K. (2013). Identificación de capacidades para la reducción de riesgo de desastre: enfoque territorial de la participación

ciudadana en la precordillera de comuna de La Florida, Santiago de Chile. *Investig. Geogr. Chile*, (46), 57-78.

<https://investigacionesgeograficas.uchile.cl/index.php/IG/article/view/30283/32044>

Sánchez, C. y Urego, L. (2011). *Metodología para la evaluación del riesgo en corredores viales* [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana].

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/1249/ing11.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Secretaria General de la Comunidad Andina. (2009). *Incorporando la Gestión del Riesgo de Desastres en la Planificación y Gestión Territorial. Guía Técnica para la interpretación y aplicación del análisis de Amenazas y Riesgos* [Archivo PDF].

<http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/Temas/AtencionPreencionDesastres/EJET4IncorporandoGestionRiesgoDesastresPlanificacionGestionTerritorial.pdf>

Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos y el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo. (2012). *Propuesta metodológica: Análisis de vulnerabilidad a nivel municipal* [Archivo PDF]

<http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/551/1/MetodologiaAnalisisVulnerabilidades.pdf>

Servicio Geológico Colombiano y MINMINAS. (2015). *Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa*. Convenio Especial de Cooperación Universidad Nacional de Colombia - Servicio Geológico Colombiano.

https://www2.sgc.gov.co/Noticias/boletinesDocumentos/1642_Guia-Metodologica-27-07-2016-SinGuias.pdf

Suarez, J. (2009). *Deslizamientos: Análisis geotécnico*. Universidad Industrial de Santander.

<https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.html>

- Unidad Nacional de Gestión de Riesgo de Desastre y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2012). *Guía metodológica para la elaboración de planes departamentales para la Gestión del Riesgo*. [Archivo PDF] <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/20871>
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2016). *Articulación de Instrumentos de Planificación para la Gestión del Riesgo de Desastres* [Archivo PDF] <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/20713>
- Universidad Católica de Oriente. (2014). *Amenaza, vulnerabilidad y Riesgo por movimientos en masa e inundaciones zona urbana Municipio Guarne* [Archivo PDF]. <https://www.uco.edu.co/extension/territoriales/Investigaciones%20y%20consultorias/Documents/AMENAZA,%20VULNERABILIDAD%20Y%20RIESGO.pdf>
- Universidad Central de Venezuela. (2000). *Curso sobre estabilidad de taludes y laderas*. Facultad de Ingeniería.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2016). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Viceministerio para la Gestión de Riesgo y Protección Civil. (2014). *Documento País 2014: Avances de la Gestión de Riesgo en Venezuela y su Prospectiva*. Ministerio del Poder Popular para Relaciones Interiores, Justicia y Paz, Programa de Cooperación para la Preparación para Desastres de la Unión Europea DIPECHO y Cáritas en el marco del Plan de Acción DIPECHO 2013-2014 para América del Sur. <http://dipecholac.net/docs/files/790-dp-version-del-30-10-14-final.pdf>
- VTV. (16 de agosto de 2019). Plan Nacional de Gestión de Riesgo 2019-2025 cumple con las metas de la ONU. *Venezolana de Televisión*. <https://www.vtv.gob.ve/plan-nacional-gestion-riesgo-cumple-metas-onu/>

Zabala, B., Rosado, M. y Lu León, S. (2012). Susceptibilidad a los movimientos en masa en la región Cajamarca, Norte de Perú y el deslizamiento de Rodeopampa del 22 de febrero del 2010. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 69 (3), 407 – 417.

<https://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/raga/article/viewFile/1271/1910>

Zinck, A. (2012). *Geopedología: Elementos de geomorfología para estudios de suelo y de riesgos naturales*. ITC. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede.

APÉNDICE A

FICHA PARA EL REGISTRO HISTÓRICO DE EVENTOS

FICHA PARA REGISTRO HISTÓRICO DE MOVIMIENTOS EN MASA			
Número			
Localización geográfica			
Sector	Coordenadas		
Detalle del evento			
Fecha	Actividad	Tipo	Causa
Descripción			
Daños generados en infraestructura			
Observaciones			
Fuente de la información			
Registro fotográfico			

APÉNDICE B

FICHA DE VERIFICACIÓN EN CAMPO

FICHA DE VERIFICACIÓN EN CAMPO		
Punto / Progresiva / Km	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
GEOLOGÍA		
Descripción del sitio: Color, dirección del buzamiento de la foliación, familia de diaclasas, frecuencia		
Perfil / Foto / Croquis	Descripción del macizo rocoso Unidad litodémica / Formación: _____ Tipo de roca: _____ Subtipo: _____ Clasificación del macizo rocoso GSI: _____	
GEOMORFOLOGÍA		
Subunidad geomorfológica	Geoforma	
Descripción de la geoforma		
Perfil / Foto / Croquis	Movimientos en masa Tipo: _____ Material asociado: _____ Evidencia: _____ Causa: _____ Daños: _____	
COBERTURA Y USO DEL SUELO		
Cobertura	Uso del uso	
Cobertura vegetal (vegetación de gran altura, bosques)	Sin intervención antrópica.	
Cobertura vegetal moderada (vegetación de poca altura y matorrales)	Intervención ordenada. Urbanismos planificados	
Suelos sin vegetación	Intervención desordenada. Urbanismos no planificados (zonas de barrio, construcciones informales)	
Áreas construidas y vías pavimentadas	Explotación de material rocoso	

APÉNDICE C

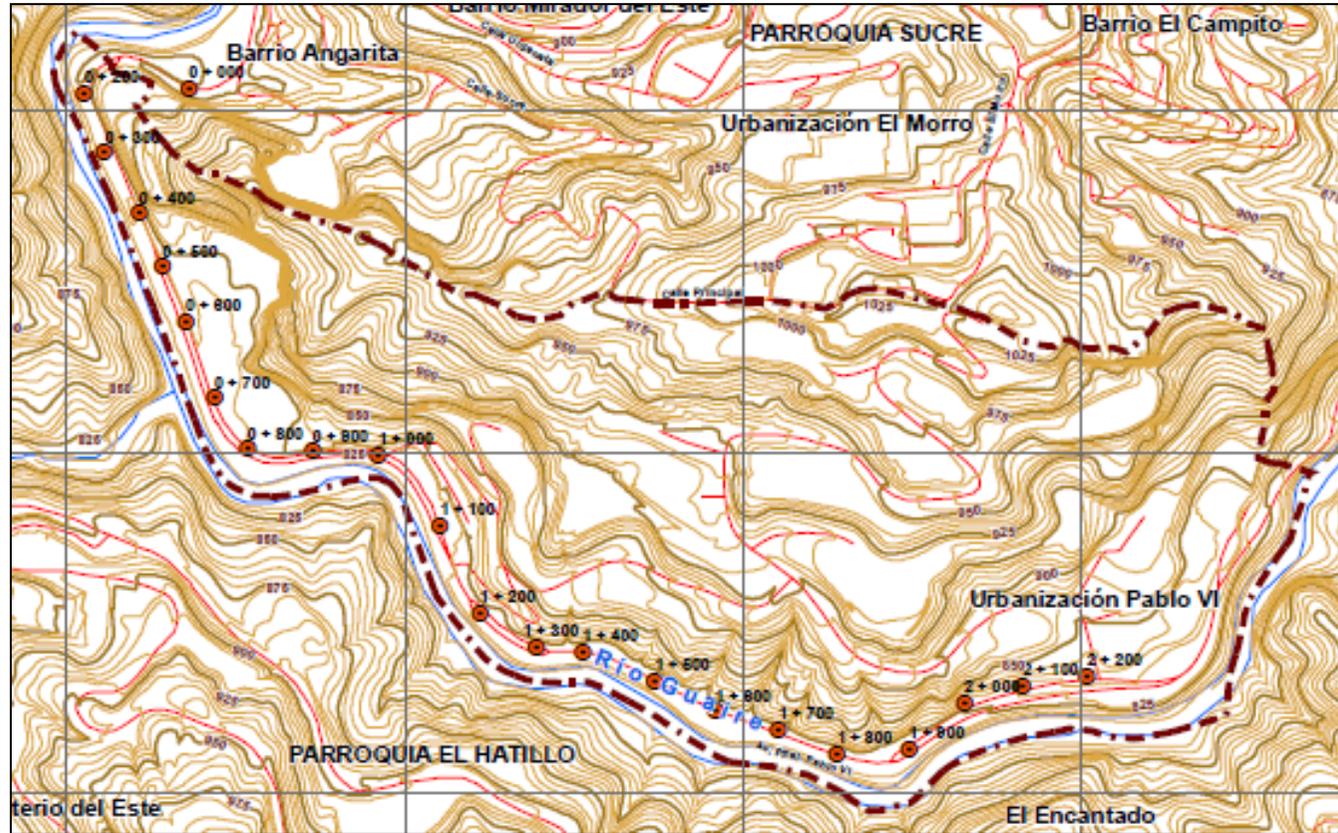
FICHA PARA INVENTARIO DE PROCESOS

FICHA PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA		
Número		
Localización geográfica		
Coordenada Este	Coordenada Norte	
Litología		
Unidad litológica	Tipo de roca	Material asociado
Movimiento en masa		
Tipo	Evidencias	Medidas
Causa	Cobertura y uso del suelo	Daños
Observaciones		
Registro fotográfico		

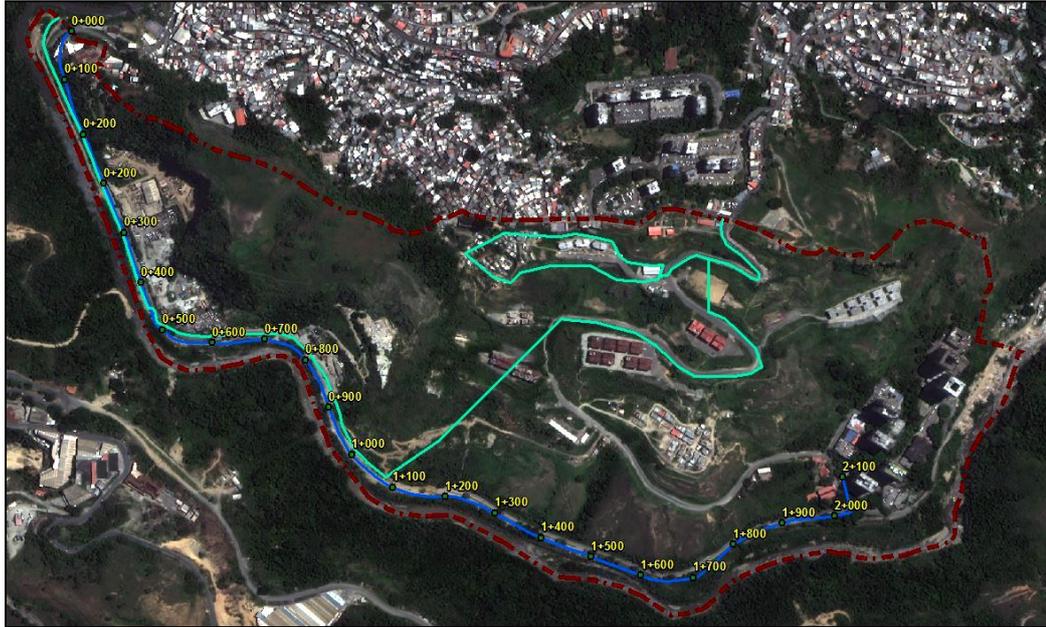
APÉNDICE D. FORMATO DE CAMPO PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE Y VIALIDAD

Formato de campo para la identificación y caracterización de la vialidad			Formato de campo para la identificación y caracterización de la red de agua potable		
Sección 1. Identificación de la red vial			Sección 1. Identificación de la red de agua potable		
Localización/ Sector		Coordenadas		Localización/ Sector	
Registro fotográfico			Registro fotográfico		
Sección 2. Caracterización de la red vial			Sección 2. Caracterización de la red de agua potable		
Estado del revestimiento	Mantenimiento preventivo	Estándares de diseño	Estado actual	Mantenimiento preventivo	Estándares de diseño
Bueno	Planificado	Aplica la norma vigente	Bueno	Planificado	Aplica la norma nacional
Regular	Esporádico	Aplica la norma anterior	Regular	Esporádico	Aplica la norma nacional y local
Malo	Ninguno	No aplica la norma	Malo	Ninguno	Luego de la norma local
Fotografías / Esquemas de detalle			Antigüedad	Material de construcción	
			0 - 25 años	PVC	
			25 - 50 años	Hormigón armado	
			mayor de 50 años	Tierra	
Fotografías / Esquemas de detalle			Fotografías / Esquemas de detalle		
Comentarios y observaciones:			Comentarios y observaciones:		
Evaluador y fecha			Evaluador y fecha		

APÉNDICE E
PROGRESIVAS ESTABLECIDAS PARA EL ANÁLISIS DE LA VIALIDAD



APÉNDICE F
PROGRESIVAS ESTABLECIDAS PARA EL ANÁLISIS DE LAS REDES
DE AGUA POTABLE



Alimentador Este



Alimentador Sur Filas de Mariches.

APÉNDICE G. OBSERVACIONES GEOLÓGICAS REALIZADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

Punto	Coordenadas		Descripción	Imagen	Muestra
	Este	Oeste			
1	741511	1156168	<p>Sedimentos de colores amarillentos por efectos de los óxidos, de dimensiones heterométricas con distribución y dirección de su eje mayor de manera aleatoria, la matriz arenosa a limosa, los fragmentos de roca se encuentran muy meteorizados. Las rocas se encuentran plegadas isoclinalmente y la intensidad del plegamiento varía según la competencia de los tipos litológicos presentes que se identifican como esquistos y fragmentos minoritarios de mármoles.</p>		

Punto	Coordenadas Este Oeste	Descripción	Imagen	Muestra
2	741416 1156154	<p>Litología: Esquistos Las Brisas. Descripción del afloramiento de esquistos: GSI 1: Ligeramente rugoso, moderadamente meteorizada, sin relleno. Diaclasas: F1: Dirección N75W Vertical Frecuencia: 2:0,50 m. F2: Dirección N65E N50S Frecuencia: 3:1 m. GSI 2: Ligeramente rugoso (3), sin relleno (6), ligeramente meteorizada (5). F3: N70S-W Frecuencia 7:1 m. Dirección del buzamiento de la foliación: N30E 65S. Muestra 1. Esquisto cuarzo muscovítico feldespático con presencia de óxidos de hierro color verde claro.</p>		

Punto	Coordenadas Este Oeste	Descripción	Imagen	Muestra
3	741328 1156129	<p>Litología: Esquistos Las Brisas. Descripción del afloramiento de esquistos: esquistos grafitosos, rocas fracturadas, moderadamente meteorizada. GSI: Ligeramente rugoso, sin relleno, moderadamente meteorizada. F1: Dirección N 30 E 40 E Frecuencia 3:1 m. F2: N 30 E 80 E Frecuencia 2:3 m. Dirección del buzamiento de la foliación: N55E 12S. Esquistos con vetas heterométricas de cuarzo lechoso típico del litodema Esquisto de Las Brisas. Muestra 2. Esquisto cuarzo micáceo (muscovita y/o clorita) grafitoso color grisáceo, vetas milimétricas de cuarzo, de brillo sedoso, parcialmente meteorizada, muy foliada, con manchas de óxido de hierro muy probable por la meteorización de cantidades no significantes de hematita, probable presencia de pequeñas cantidades de pirita.</p>		

Punto	Coordenadas		Descripción	Imagen	Muestra
	Este	Oeste			
4	741247	1156062	<p>Litología: rocas típicas del Litodema Esquistos de Las Brisas. Descripción del afloramiento de esquistos: GSI: Rugosa, sin relleno, moderadamente meteorizada. F1: NS vertical. Frecuencia 3:1 m. F2: N 60 W 50 N Frecuencia 5:1 m. Dirección del buzamiento de la foliación: N55E 14S. Roca meteorizada con presencia de óxidos de hierro, mica muscovita cuarzo feldespato grafitoso (menos abundante) meteoriza a limo/arcilla. Esquisto cuarzo muscovítico feldespático.</p>		

Punto	Coordenadas		Descripción	Imagen	Muestra
	Este	Oeste			
5	741140	1156053	Litología: Esquistos Las Brisas. Rocas moderadamente meteorizadas.		
6	741053	1156089	Litología: Esquistos de Las Brisas. Litología: Esquistos Las Brisas. GSI: Rugoso, moderadamente meteorizada, sin relleno. Diaclasas: F1: N20E vertical Frecuencia 3:1 m. F2: E - W 65 S Frecuencia 3: 0,50 m. Dirección del buzamiento de la foliación: N80E 14N. Rocas muy meteorizadas se desprenden trozos. Bloques caídos 0,40 x 0,32 x 0,05 m, 0,11 x 0,30 x 0,30 m y 0,11 x 0,12 x 0,06 m. En las caras mayores		
7	740960	1156117	de los bloques corresponden a planos de foliación que se encuentran ligeramente ondulados están muy meteorizados. Muestra 3. Esquisto cuarzo muscovítico feldespático, presencia de óxidos de hierro con colores entre marrón claro a verde claro (por la presencia de algo de grafito), la mica es muscovita y posible presencia de clorita (verificar en un estudio petromicrográfico).		

Punto	Coordenadas		Descripción	Imagen	Muestra
	Este	Oeste			
8	740870	1156163	<p>Litología: Esquistos Las Brisas. Descripción del afloramiento de esquistos: GSI: Ligeramente rugosa, ligeramente meteorizada, relleno sedimentos 1 mm a ninguna (varia). Diaclasas: F1: N20W vertical Frecuencia 6:1 m. Familia 2: E – W 80 S Frecuencia 3:1 m. Dirección del buzamiento de la foliación: N80E 14N. Igual a muestra 1. Esquisto cuarzo muscovítico feldespático, plagio clasa, presencia de óxidos de hierro color verde claro.</p>		
9	740763	1156205	<p>Sedimentos de colores marrón claro por efectos de los óxidos, son de dimensiones heterométricas con distribución y dirección desordenada, la matriz arenosa fina los fragmentos de roca se encuentran muy meteorizados.</p>		
10	740694	1156211	<p>Material asociado arena limosa producto de la meteorización del esquisto.</p>		

Punto	Coordenadas		Descripción	Imagen	Muestra
	Este	Oeste			
11	740611	1156261	<p>Material asociado arena limosa producto de la meteorización del esquisto.</p> <p>Litología: Mármol de Zenda. Presencia de calizas metamorfizadas en la parte inferior de la cantera en la parte superior mármoles. En la entrada de la cantera se percibe olor a carbonato, presencia de carbonato de calcio rico en materia orgánica, calizas negras con vetas de cuarzo. Presencia de mármoles (calizas metamorfizadas) grisáceas. (bloque rodado en la entrada de la ultima terraza de la cantera) GSI: Ligeramente rugosa, moderadamente meteorizada (muy poca meteorización), relleno de 1 a 3 mm. Descripción del afloramiento de calizas en la entrada de terraza relleno menor de 0,5 a 3 mm frecuencia 20:30 cm rico en materia orgánica, moteado de color oscuro poca presencia de oxido de hierro. Muestra 5. Esquisto calcáreo.</p>		
12	740551	1156389	<p>Ligeramente rugosa, moderadamente meteorizada (muy poca meteorización), relleno de 1 a 3 mm. Descripción del afloramiento de calizas en la entrada de terraza relleno menor de 0,5 a 3 mm frecuencia 20:30 cm rico en materia orgánica, moteado de color oscuro poca presencia de oxido de hierro. Muestra 5. Esquisto calcáreo.</p>		

Punto	Coordenadas		Descripción	Imagen	Muestra
	Este	Oeste			
13	740460	1156494	Sedimentos de colores marrón claro por efectos de los óxidos, son de dimensiones heterométricas con disposición desordenada, la matriz arenosa a limosa, los fragmentos de roca se encuentran meteorizados.		
14	740363	1156499	Litología: Mármol de Zenda. Material que aflora en la cantera mármol metamorfozado de color gris oscuro a claro, presenta vetas milimétricas de cuarzo. GSI (bloque rodado en la entrada de la última terraza de la cantera): Ligeramente rugosa, moderadamente meteorizada, relleno de 1 a 3 mm. Afloramiento en la entrada de terraza relleno menor de 0,5 a 3 mm frecuencia 20:30 cm rico en materia orgánica moteado de color oscuro poca presencia de oxido de hierro. Muestra 6. Mármol gris con vetas de cuarzo y diaclasas rellenas de cuarzo, con disolución de calcita.		

Punto	Coordenadas		Descripción	Imagen	Muestra
	Este	Oeste			
15	740266	1156503	Mármol de color gris oscuro a claro, presentando vetas milimétricas de cuarzo, típica representante del Litodema Mármol de Zenda.		
16	740217	1156577	Mármol de color gris oscuro a claro, presentando vetas milimétricas de cuarzo, típica representante del Litodema Mármol de Zenda.		
17	740175	1156691	Mármol de color gris oscuro a claro, presentando vetas milimétricas de cuarzo, típica representante del Litodema Mármol de Zenda.		
18	740140	1156772	Mármol de color gris oscuro a claro, presentando vetas milimétricas de cuarzo, típica representante del Litodema Mármol de Zenda.		

Punto	Coordenadas		Descripción	Imagen	Muestra
	Este	Oeste			
19	740105	1156849	<p>Litología: Mármol de Zenda. Descripción del afloramiento de Mármol de Zenda. Diaclasas: F1: S5W Vertical, Frecuencia 2:0,5 m. F2: N65E 70 S Frecuencia 3:1 m. GSI 1: Ligeramente rugosa, sin relleno, ligeramente meteorizada. F3: N70W horizontal, Frecuencia 2:1 m. GSI 2: Rugosa, Ligeramente meteorizada, sin relleno. Afloramiento 2: Macizo muy fracturado que genera bloques 0,10 x 0,20 x 0,09m. F1: N70E 50 E Frecuencia 5:1 m. GSI: Ligeramente rugosa, sin relleno, ligeramente meteorizada. Muestra 7. Mármol con vetas micrométricas de cuarzo.</p>		

Punto	Coordenadas		Descripción	Imagen	Muestra
	Este	Oeste			
20	740054	1157077	<p>Litología Esquistos Las Brisas. Afloramiento rocoso de Esquistos. F1: N45E 60O frecuencia 6:1 m. GSI 1: Ligeramente rugosa a rugosa, relleno sedimentos 3 mm, Moderadamente meteorizada. F2: S50E vertical Frecuencia 3:1 m. GSI: Ligeramente rugoso, sin relleno, moderadamente meteorizado. F3: S60E Frecuencia 3:1 m. GSI 2: Ligeramente rugoso ondulado, sin relleno a separación 0.5 mm, moderadamente meteorizado. Dirección del buzamiento de la foliación: N40E 30S. Muestra 8. Esquistos cuarzo muscovítico grafitoso, color grisáceo claro, brillo sedoso muy foliado.</p> <p>Afloramiento de Mármol de Zenda. GSI 1: Ligeramente rugosa, sin relleno, ligeramente meteorizada. Afloramiento de calizas Familia 1 Dirección E – W 15S Familia 2 N 30 W 60 W Frecuencia 4:1 GSI 2: rugoso, fresco, relleno de cuarzo 1 mm.</p>		
21	790097	1157026			

APÉNDICE H. OBSERVACIONES GEOLÓGICAS DE CAMPO

Punto	E	O	Unidad litodémica	Tipo de roca	Rango GSI	Clasificación GSI	Sub-tipo	Color	Dirección buzamiento	Familia de diaclasas	Frecuencia
2	741416	1156154	Las Brisas	Esquistos	81 - 100	Muy buena	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Presencia de óxidos de hierro color verde claro	N30E 65S	F1: Dirección N75W Vertical F2: Dirección N65E N50S F3: N70S-W	4:1 3:1 7:1
3	741328	1156129	Las Brisas	Esquistos	81-100	Muy buena	Esquisto cuarzo micáceo (muscovita y/o clorita) grafitoso	Grisáceo	N55E 12S	F1: Dirección N 30 E 40 E F2: N 30 E 80 E	3:1 4:1
4	741247	1156062	Las Brisas	Esquistos	81-100	Muy buena	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Óxidos de hierro, grafitoso (menos abundante) meteoriza a limo/arcillas	N55E 14S	F1: NS vertical F2: N 60 W 50 N	3:1 5:1
7	740960	1156117	Las Brisas	Esquistos	81-100	Muy buena	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Presencia de óxidos de hierro con colores entre marrón claro a verde claro	N80E 14N	F1: N20E vertical F2: E – W 65 S	3:1 6:1
8	740870	1156163	Las Brisas	Esquistos	81-100	Muy buena	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Presencia de óxidos de hierro color verde claro.	N80E 14N	F1: N20W vertical F2: E – W80S	6:1 3:1
12	740551	1156389	Mármol de Zenda	Mármol	61-80	Buena	Mármol	Gris			4:1
14	740363	1156499	Mármol de Zenda	Mármol	61-80	Buena	Mármol	Gris			
15	740266	1156503	Mármol de Zenda	Mármol	61-80	Buena	Mármol	Gris oscuro a claro			
16	740217	1156577	Mármol de Zenda	Mármol	61-80	Buena	Mármol	Gris oscuro a claro			
17	740175	1156691	Mármol de Zenda	Mármol	61-80	Buena	Mármol	Gris oscuro a claro			
18	740140	1156772	Mármol de Zenda	Mármol	61-80	Buena	Mármol	Gris oscuro a claro			
19	740105	1156849	Mármol de Zenda	Mármol	81-100	Muy buena	Mármol	Gris oscuro a claro		F1: S5W Vertical F2: N65E 70 S F3: N70W horizontal	4:1 3:1 2:1
20	740054	1156939	Las Brisas	Esquistos	61-80	Buena	Esquistos cuarzo muscovítico grafitoso	Grisáceo claro	N40E 30S	F1: N45E 60W F2: S50E vertical F3: S60E	6:1 3:1 3:1
22	790097	1157077	MÁRMOL DE ZENDA	MÁRMOL	81-100	MUY BUENA	MÁRMOL	GRIS OSCURO A CLARO		F1: DIRECCIÓN E – W 15S F2: N 30 W 60 W	4:1

APÉNDICE I. OBSERVACIONES GEOLÓGICAS DE CAMPO. ESTUDIO OTIVL (2013).

Puntos	Este	Norte	Unidad litodémica	Tipo de roca	Índice de GSI	Clasificación de GSI	Sub-tipo	Color	Dirección buzamiento	Familia de diaclasas	Frecuencia
1	740852	1156547	Las Brisas	Esquistos	0-20	Muy malo	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón clara	N80E 30S	N34E 82S N76W 73N	4:1 8:1
2	740900	1156544	Las Brisas	Esquistos	0-20	Muy malo	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón clara	N82E 21S	N25E 84S N70W 65S	2:1 2:1
3	740939	1156554	Las Brisas	Esquistos	21-40	Malo	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón clara	N80E 25S	N55 80S 69N	4:1 2:1
4	741216	1156723	Las Brisas	Esquistos	21-40	Malo	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón clara	N65E 25S	N80W 85S N17W 64S	5:1 5:1
5	741193	1156726	Las Brisas	Esquistos	21-40	Malo	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón clara	N80E 40S	N28E 70N	5:1
6	741157	1156714	Las Brisas	Esquistos	21-40	Malo	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón clara	N75E 26S	N10E 65S N65E 75N	3:1 2:1
7	740796	1156577	Las Brisas	Esquistos	21-40	Malo	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón clara	N45W 34S		
8	741220	1156657	Las Brisas	Esquistos	21-40	Malo	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón clara	N75E 15S	N15E 79S	3:1
9	741183	1156629	Las Brisas	Esquistos	21-40	Malo	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón clara	N59E 13S	N28W 79N	3:1
10	741154	1156494	Las Brisas	Esquistos	41-60	Regular	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón clara	N80W 15S	N28W 15S	6:1
11	741412	1156684	Las Brisas	Esquistos	41-60	Regular	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón oscuro claro	N23W 15N N23E 30N N5E 2S N15W 15N N10E 11S	N64E 75S N52E 88N N80W 84S N25W 88S	
12	741103	1156636	Las Brisas	Esquistos	21-40	Malo	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Gris oscuro	N62E 5S	N5E 10S	3:1
13	741152	1156628	Las Brisas	Esquistos	21-40	Malo	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón oscuro amarillento	N60E 12S	N10E 5S	3:1
14	741405	1156560	Las Brisas	Esquistos	21-40	Malo	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón claro	N52W 10N N75E 22N	N85E 82S N25W 22N	4:1 4:1
15	741473	1156544	Las Brisas	Esquistos	21-40	Malo	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón claro	N55W 5S N45E 15S	N45W 74S	3:1

16	741471	1156542	Las Brisas	Esquistos	21-40	Malo	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón grisáceo	N75W 44S	N30W 12S N60W 62S	2:1 3:1
17	741252	1156396	Las Brisas	Esquistos	41-60	Regular	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Gris / Marrón / Rojizo	N25E 21S	N15E 85S	3.1
18	741182	1156370	Las Brisas	Esquistos	41-60	Regular	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón oscuro claro	N70E 14N	N75E 30N	3.1
19	741038	1156527	Las Brisas	Esquistos	41-60	Regular	Esquisto cuarzo muscovítico feldespático	Marrón claro	N5E 13N N85W 41S	N52W 53N	4.1

APÉNDICE J. REGISTRO HISTÓRICO DE EVENTOS

Nº	Localización geográfica			Detalle del evento		Daños generados		Observación	Fuente
	Sector	Coordenadas	Fecha	Tipo	Causa	Descripción	Infraestructura		
1	Sector de construcción de la Urbanización Paulo VI, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda	741000 m - 741750 m N 1156000 m - 1156500 m E	1936	Deslizamiento Caída de rocas	Desconocida	El movimiento en masa más grande corresponde a un deslizamiento posiblemente rotacional de unos 200 metros de ancho y 150 metros de largo aproximadamente, durante este movimiento fue arrastrado gran parte del material meteorizado superficial, lo cual provocó su degradación que evolucionó a una microcuenca de drenaje, siendo esta zona la escogida para la construcción de la urbanización. Otros dos movimientos en masa corresponden a posibles caídas de bloques, estos se encuentran al oeste del sector Paulo VI.	Para el momento no existía intervención antrópica en el sector	La información es parte del registro histórico de movimientos en masa de Páez y Tagliaferro (2011)	Páez, V. y Tagliaferro, M. (2011). <i>Evaluación preliminar geológica y de las estructuras de Paulo VI, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda</i> . FUNVISIS.
2	Urbanización Paulo VI El Llanito, vía El Encantado, sector Guaire Abajo, Parroquia Petare, Municipio Sucre	Ver mapa en la ficha	07 de octubre de 2007	Deslizamiento	Descomposición <i>in situ</i> del Esquisto de Las Mercedes. La zona se presume inestable geológicamente. Es un talud de corte y relleno constituido por Esquistos de Las Mercedes producto de su meteorización, constituido por material heterométrico de color rojizo y espesor no determinado y poca capacidad de soporte.	Se describen las observaciones hechas en las instalaciones del edificio Teresa, Urb. Paulo VI a fin de determinar las características físico-naturales del entorno, como de la estructura edificada en el sitio descrito, tratando de determinar la existencia de posibles fenómenos de remoción en masa, las obras realizadas y el probable compromiso de la estructura allí construida.	Exposición del acero, corrosión en algunas columnas de los niveles de estacionamiento. Exposición visible de al menos 3 pilotes, asentamientos a nivel de las bases de algunas columnas que se reflejan en agrietamientos en la tabiquería.	Parte de la edificación se encuentra en una zona que presenta movimientos de remoción en masa. Se debe verificar la existencia del deslizamiento en donde han quedado expuestos los pilotes.	Rodríguez, J. (2007). <i>Inspección Ocular al Edificio Teresa y alrededores, Final Urbanización El Llanito, Vía El Encantado, Sector Guaire Abajo, Parroquia Petare, Municipio Sucre</i> . FUNVISIS.

Nº	Localización geográfica		Detalle del evento			Daños generados		Observación	Fuente
	Sector	Coordenadas	Fecha	Tipo	Causa	Descripción	Infraestructura		
3	Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda	No tiene	10 de octubre de 2010	Deslizamiento	Fuertes precipitaciones registradas desde el 8 al 10 de octubre de 2010.	Después de las fuertes lluvias registradas el fin de semana, se registró obstrucción de la vía que comunica el sector Paulo VI con Petare debido a un deslizamiento.	Obstrucción de la vialidad hacia la Urbanización Paulo VI	No especifica la ubicación exacta del deslizamiento	Agencia Venezolana de Noticias. (11 de Octubre de 2010). Protección Civil ofreció balance por lluvias registradas el fin de semana en el país. <i>Aporrea</i> . https://www.aporrea.org/actualidad/n167339.html
4	Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda	741000 m - 741750 m N 1156000 m - 1156500 m E	Noviembre y diciembre de 2010	Deslizamientos	Las lluvias ocurridas en los meses de noviembre y diciembre de 2010.	Las lluvias propiciaron la activación de deslizamientos en taludes de corte vial presentes en el sector Paulo VI. También las fuertes precipitaciones ocasionaron la pérdida parcial de la vialidad principal de El Encantado - Paulo VI la cual se encontraba afectada desde el año 2005. Igualmente resultó afectada parcialmente la vialidad hacia El Morro.	Pérdida parcial de la vialidad principal de El Encantado - Paulo VI. Afectación parcial de la vialidad hacia El Morro. Algunas estructuras del sector presentaron asentamientos diferenciales.	No especifica la ubicación exacta del deslizamiento	Páez, V. y Tagliaferro, M. (2011). <i>Evaluación preliminar geológica y de las estructuras de Paulo VI, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda</i> . FUNVISIS.

Nº	Localización geográfica		Detalle del evento		Daños generados		Observación	Fuente
	Sector	Coordenadas	Fecha	Tipo	Causa	Descripción		
5	Urbanización Paulo VI, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda	741000 m - 741750 m N 1156000 m - 1156500 m E	Marzo de 2011	Caídas de rocas Deslizamientos	Intervención antrópica en la búsqueda de espacios para la construcción. Los movimientos en masa fueron activados por las lluvias de noviembre y diciembre 2010	El día 24 de febrero del año 2011, se realizó una inspección ocular en la comunidad de Paulo VI con el propósito de identificar las causas de los problemas de asentamientos diferenciales reportados por los miembros de la comunidad, los cuales han afectado el CDI. Durante el recorrido se identificaron diferentes tipos de movimientos en masa los cuales fueron activados durante las fuertes precipitaciones de noviembre y diciembre de 2010: 1) Desprendimiento de bloques en taludes sub-verticales en la parte sur de la urbanización, 2) Deslizamientos superficiales en las terrazas internas de la urbanización Paulo VI y en parte posterior de CDI, 3) Deslizamientos en bordes de talud, 4) Deslizamiento rotacional en la vía principal hacia El Morro.	Fractura del muro de contención de la Urbanización al pie del talud. Colapso parcial de una cerca de alfajol en la parte posterior de la morgue del CDI. Deformación del asfalto, hundimiento y deterioro de la calle de servicios. Oquedades en el asfalto que pasan por debajo del brocal peatonal. Obstrucción parcial de la vía hacia la Urbanización El Morro. Afectación de un taller mecánico.	Páez, V. y Tagliaferro, M. (2011). <i>Evaluación preliminar geológica y de las estructuras de Paulo VI, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda</i> . FUNVISIS.

Nº	Localización geográfica				Detalle del evento		Daños generados	Observación	Fuente
	Sector	Coordenadas	Fecha	Tipo	Causa	Descripción	Infraestructura		
6	Urbanización Paulo VI, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda	Presenta coordenadas geográficas N10 28'54.5" W066 46'04.4" Datum WGS84	Enero de 2012	Flujo de detritos	Las características geológicas inestables del sector que han generado eventos anteriores: Litología conformada por las Brisas, Pendiente mayor de 50º y un movimiento en masa de N a S con dirección referenciada hacia el río Guaire.	El día 22 de enero se presentó una emergencia en el sector por fisura de la tubería de agua de matriz 24 pulgadas que surte de agua potable a varios sectores del sureste del municipio Sucre, originándose un flujo de agua y sedimentos que obstaculizó la vialidad principal del sector. Durante el evento quedó atrapado un vehículo y se activó el desalojo preventivo de 135 personas de la terraza 12 del Urbanismo El Morro. La rotura de la tubería ocasionó la socavación de la parte superior del talud, desprendimiento de rocas de considerables tamaños, generando una cárcava que por acción del flujo de agua se apertura con medidas de 25 m de ancho y 30 m de altura, constatándose un abanico aluvial de 60 m de apertura, con profundidad en su parte central de 1,95 m y en sus flancos 1,22 m.	Fisura de la tubería de agua de matriz 24 pulgadas, obstrucción de la vialidad principal del sector, en el cual quedó atrapado un vehículo y se activó el desalojo preventivo de 135 personas de la terraza 12 del Urbanismo El Morro.	Instituto Autónomo de Prevención y Protección Ciudadana. (2012). <i>Informe inspección de riesgo Urbanización Paulo VI, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda</i> . PC, División de Gestión de Riesgo.	

Nº	Localización geográfica		Detalle del evento			Daños generados		Observación	Fuente
	Sector	Coordenadas	Fecha	Tipo	Causa	Descripción	Infraestructura		
7	Urbanización Paulo VI, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda	741614,77 m E 1156273,99 m N	Abril de 2012	Dos deslizamientos de tipo rotacional Caída de rocas	La modificación del relieve mediante la elaboración de terrazas, seguramente fue el detonante principal para que los problemas geotécnicos en el área se vean acentuados.	El 29 de marzo una comisión de FUNVISIS realizó una inspección técnica a la Urb. Paulo VI, en respuesta a una solicitud realizada por miembros de la comunidad debido a la presencia de grietas y asentamientos en la vialidad y en el Polideportivo de la urbanización, que evidencian inestabilidad en la ladera. El objetivo fue identificar el origen de éstas afectaciones. La modificación del relieve mediante la elaboración de terrazas seguramente fue el detonante principal para que los problemas geotécnicos en el área se vean acentuados. El relleno de drenajes puede implicar la presencia constante de agua en el talud, condición que pudo haber activado los deslizamientos observados en la inspección. Los deslizamientos se activan luego de la culminación de las distintas urbanizaciones adyacentes a la carretera hacia El Morro. La ruptura de tuberías y la mala canalización de las aguas en el área del CDI, aceleran los procesos de asentamiento diferencial.	El material producto del primer deslizamiento ha tapado un taller mecánico y obstaculizado un canal de la vía principal hacia el Morro. Igualmente se puede observar el levantamiento del asfalto, producto del empuje del material deslizado. El segundo deslizamiento causó numerosas grietas de tracción en la cancha de usos múltiples y se encuentra basculada hacia el sur. En el CDI se observó fracturamiento y asentamiento de las losas de piso y caminerías, ruptura de tuberías e inclinación de las cercas perimetrales por empuje de material deslizado. Fuga de aguas servidas debido a la ruptura de tuberías a causa del deslizamiento.	Es necesario evaluar si los desagües de la urbanización El Morro drenan directamente a la ladera.	Oropeza, J., Ichaso, A. y Parrondo, S. (2012). <i>Inspección ocular a la Urbanización Paulo VI municipio Sucre, Petare, estado Miranda. Informe técnico</i> . FUNVISIS.

Nº	Localización geográfica		Detalle del evento		Daños generados		Observación	Fuente
	Sector	Coordenadas	Fecha	Tipo	Causa	Descripción		
8	Terraza 11 del sector El Morro, Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda	Presenta coordenadas geográficas N10 27°13.71" W66 48°01.04" Datum WGS84	Marzo de 2013	Deslizamiento	<p>Las características geológicas inestables del sector: Litología conformada por las Brisas, pendientes altas de inclinación pronunciada y escorrentías de gran desarrollo y arrastre de sedimentos. Características constructivas del sector: obras de canalización de aguas de lluvias sin concluir.</p> <p>Escurrimiento superficial concentrado en las calles e infiltración en los terrenos, con drenajes y cambios abruptos en la dirección de la escorrentía.</p>	<p>El 01 de marzo se realizó una inspección de riesgo a solicitud de los habitantes de la Terraza 11 del Urbanismo El Morro, debido a la condición de riesgo que expusieron al solicitar la inspección por fisuras y asentamientos en varias partes del área común de las residencias y los edificios 2, 3 y 4. Al llegar al sector se pudo observar un escarpe de 45 cm aproximadamente, de asentamiento dirección sureste. En el estacionamiento se apreció un segundo escarpe en la misma dirección de 30 cm en forma de media luna que se dirige hacia el edificio 2, dirección sureste a noreste.</p>	<p>En las edificaciones visitadas se observó afectación en: Piso: grietas, desnivel en juntas de unión, filtraciones en pisos bajos, ruptura y desprendimientos de uniones de tuberías de servicios. Paredes: grietas transversales y desprendimientos de paredes portantes en sus uniones, pérdidas y desprendimientos de frisos por separación en las uniones. Áreas comunes: Fisuras y grietas pronunciadas y con profundidad mayor a 1,10 m. Desniveles en aceras y losa flotante, infiltración de agua por las grietas.</p>	Instituto Autónomo de Prevención y Protección Ciudadana. (2013, Marzo). <i>Informe técnico Terraza 11 del sector El Morro, Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda</i> . PC, División de Gestión de Riesgo.

Nº	Localización geográfica		Detalle del evento		Daños generados		Observación	Fuente
	Sector	Coordenadas	Fecha	Tipo	Causa	Descripción		
9	Desarrollo habitacional El Morro de Petare, Caracas, Estado Miranda. Terrazas 10, 11 y 12	N 740000 m-742000 m y E 1156000 m-1157000 m Datum REGVEN UTM	Agosto de 2013	Caídas de rocas Deslizamientos Flujos de escombros	Características litológicas actuales (roca y suelo) producto de las modificaciones topográficas por corte y relleno.	Se trata de un informe que contiene los resultados obtenidos de una evaluación geológica - geomorfológica realizada en las terrazas 10, 11 y 12 del Desarrollo Habitacional El Morro de Petare, para identificar las zonas de inestabilidad de suelos y laderas relacionados a movimientos en masa, asentamiento y erosión en el área. Entre las evidencias geomorfológicas identificadas destacan: rupturas de superficie, desplazamientos de masa rocosas, flujos de escombros y de material de relleno, caídas de bloques, todas vinculadas a movimientos en masa. Entallamiento de los drenajes en taludes de relleno (acarcavamiento) y retroceso de los bordes superiores de los taludes de relleno y corte, ambos vinculados a erosión.	Los daños y afectaciones en estructuras civiles identificadas pudieron relacionarse con los procesos de inestabilidad presentes, aunque existen algunos que no son diagnóstico de un proceso particular, pudiendo estar estos asociados a múltiples procesos interactuando. Entre las estructuras civiles afectadas por movimientos en masa destacan: edificaciones, drenajes superficiales y vías de acceso.	Oficina Técnica de Ingeniería Víctor León OTIVL. (2013). <i>Estudio de Microzonificación de Riesgos Geológicos asociados a patologías geotécnicas de suelos y laderas en el Desarrollo habitacional El Morro de Petare, Caracas, Estado Miranda. Parte I: Terrazas 10, 11 y 12</i> . Documento Técnico OTIVL-407.

Nº	Localización geográfica		Detalle del evento		Daños generados		Observación	Fuente	
	Sector	Coordenadas	Fecha	Tipo	Causa	Descripción			Infraestructura
10	Desarrollo habitacional El Morro de Petare, Caracas, Estado Miranda. Terrazas 10, 11 y 12	No tiene	Junio de 2014	Deslizamientos	Intervención antrópica para la construcción del Urbanismo El Morro desde el año 2003.	Desde el año 2013 este complejo habitacional tiene una orden de desalojo por fallas estructurales y por el colapso del sistema de aguas residuales. Todo el complejo urbanístico está afectado pues se levantó sobre una falla geológica activa, muestra de ello es el agrietamiento progresivo de la vialidad y paredes de los edificios y los continuos deslizamientos de tierra. También afecta la vía de acceso a la Urbanización Paulo VI, la cual durante eventos de lluvia se ve afectada por deslizamientos y los sedimentos obstruyen la misma.	Fallas estructurales en los edificios de las terrazas 10, 11 y 12, colapso del sistema de aguas residuales. Afectación de la vialidad hacia la Urbanización Paulo VI, El Encantado y El Morro por obstrucción y pérdida de un canal de circulación.	La información se fundamenta en informes técnicos de FUNVISIS y la División de Gestión de Riesgos Protección Civil Sucre	El Universal. (03 de junio de 2014). Ministerio de Vivienda y Hábitat sostendrá reunión con vecinos de El Morro. <i>Confirmado</i> . http://confirmado.com.ve/ministerio-de-vivienda-y-habitat-sostendra-reunion-con-vecinos-de-el-morro/
11	Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda	No tiene	20 de abril de 2016	Deslizamiento	Precipitaciones registradas entre los días martes y miércoles 19 y 20 de abril de 2016	Un solo canal de circulación se encuentra habilitado en la vía hacia la Urbanización Paulo VI, debido al hundimiento de parte de la carretera y otros tres derrumbes en la zona. La eventualidad tiene lugar desde el día miércoles tras el impacto de las lluvias en estos sectores aledaños al río Guaire.	Obstrucción de un canal de la vialidad hacia Paulo VI y El Encantado		Pineros, L. (20 de abril de 2016). Fuertes lluvias sobre Caracas colapsan vías principales en Chacao, Sucre, El Hatillo y Baruta. <i>Analítica</i> . https://www.analitica.com/actualidad/actualidad-nacional/fuertes-lluvias-sobre-caracas-colapsan-vias-principales-en-chacao-sucre-el-hatillo-y-baruta-fotos/2001.com.ve . (20 de abril de 2016). Lluvias dejan un solo canal de circulación vía Paulo VI. <i>2001.com.ve</i> . [http://www.2001.com.ve/con-la-gente/129089/lluvias-dejan-un-solo-canal-de-circulacion-via-paulo-vi-.html]

Nº	Localización geográfica		Detalle del evento		Daños generados		Observación	Fuente	
	Sector	Coordenadas	Fecha	Tipo	Causa	Descripción			Infraestructura
12	Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado, y Urbanismo El Morro, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda	No tiene	01 de diciembre de 2016	Deslizamiento	Precipitaciones del 29 y 30 de noviembre y 01 de diciembre de 2016. Más de 72 horas con lluvias dispersas en varias zonas de la capital y el municipio Sucre.	Después de 72 horas de lluvias se han presentado deslizamientos de tierra y viviendas afectadas, en base a los eventos que han reportado los ciudadanos sucrenses a la Alcaldía y a Protección Civil.	Obstrucción de la vialidad hacia Paulo VI y El Encantado. Riesgo de afectación a las edificaciones del Urbanismo El Morro, específicamente de tres torres de seis pisos cada una (bloques 8, 10 y 11) que presentan grietas.	No especifica la ubicación exacta del deslizamiento	Barrera, C. (01 de diciembre de 2016). Sectores del Municipio Sucre están afectados por las lluvias. <i>Cronica.uno</i> . http://cronica.uno/sectores-municipio-sucre-afectados-lluvias/ Prensa Alcaldía de Sucre. (02 de diciembre de 2016). Carlos Ocariz: más de 600 funcionarios atienden reportes por lluvias en el municipio Sucre. <i>Primero Justicia</i> . http://www.primerojusticia.org.ve/cms/index.php?option=com_flexicontent&view=item&cid=149:noticias&id=32719:carlos-ocariz-mas-de-600-funcionarios-atienden-reportes-por-lluvias-en-el-municipio-sucre&Itemid=468

Nº	Localización geográfica		Detalle del evento		Daños generados		Observación	Fuente	
	Sector	Coordenadas	Fecha	Tipo	Causa	Descripción			Infraestructura
13	Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda	No tiene	14 de abril de 2017	Deslizamiento	Precipitaciones de las últimas 48 horas (12 y 14 de abril de 2017) en la ciudad de Caracas. Falla de borde producto de los trabajos realizados desde hace algunos años para la construcción del Urbanismo El Morro	Se presentó un movimiento en masa de gran magnitud (deslizamiento) en todo el talud del sector El Morro producto de las precipitaciones registradas en las últimas 48 horas. Todo el talud se encuentra debilitado por lo que hay microdeslizamientos que aportaron más de 700 toneladas de sedimentos que obstaculizaron la vía hacia la Urbanización Paulo VI, El Encantado y El Morro	Obstrucción de la vialidad, afectación en las tuberías de aguas servidas, colapso de dos viviendas y un vehículo tapiado	La información fue reconstruida a partir de distintas fuentes de información que reseñaron los movimientos en masa registrados desde el 14 hasta el 16 de abril de 2017	Rodríguez, H. (14 de abril de 2017). Incomunicadas familias del sector Paulo VI de Petare por deslizamiento. <i>Globovisión</i> . https://globovision.com/article/incomunicadas-familias-del-sector-paulo-sexto-de-petare-por-deslizamiento Globovisión. (16 de abril de 2017). Continúa obstruida la vía hacia Paulo VI debido a las lluvias de este domingo. <i>Globovisión</i> . https://globovision.com/article/falla-de-borde-de-paulo-vi-en-sucre-no-permite-el-paso-de-vehiculos Notitotal. (16 de abril de 2017). Deslizamiento de tierra mantiene cerrado el paso en el sector Paulo VI de Petare. <i>Notitotal</i> . http://notitotal.com/2017/04/16/deslizamiento-tierra-mantiene-cerrado-paso-sector-paulo-vi-petare/ Hernández, M. (17 de abril de 2017). Protección Civil de Sucre señala que 700 toneladas de lodo obstaculizaron vía hacia Paulo VI. <i>Globovisión</i> . https://globovision.com/article/proteccion-civil-del-municipio-sucre

Nº	Localización geográfica		Detalle del evento		Daños generados		Observación	Fuente
	Sector	Coordenadas	Fecha	Tipo	Causa	Descripción		
14	Avenida Principal Paulo VI, Urbanismo Terrazas del Morro, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda	Presenta coordenadas geográficas 10 27'15"N 66 47'51.5"E Datum WGS84	Junio de 2018	Deslizamiento de tipo rotacional	Obstrucción de tuberías de aguas pluviales y una rotura de tuberías de agua potable. Ubicación con antecedentes de deslizamiento producto de explotación e implosión de la superficie, la misma correspondiente a canteras donde se extraían minerales y material rocoso.	El 18 de junio se realizó una inspección ocular del sector para caracterizar las condiciones de riesgos y los indicadores de la misma con el fin de determinar su condición. Se observa un desplazamiento del talud producto de obstrucción de tuberías de aguas pluviales y una rotura de tuberías de agua potable. Se evidencian grietas de tracción en las terrazas del sector y un desnivel del suelo de aproximadamente 2,40 m, con un movimiento divergente separando sus partes. Se observó que hubo demolición de estructuras y movimiento del terreno hacia el río Guaire. Del mismo modo, se observó el asentamiento de la vialidad con un nivel diferencial de 4 metros de altura aproximadamente, lo que indica movimiento agresivo del talud con cortes en el mismo y escarpes en pendiente con grietas de tracción de amplitud considerable.	Se encuentran afectadas las terrazas del sector El Morro, afectación de una torrentera, desprendimiento de cables y poste eléctrico. Asentamientos progresivos de las edificaciones y degradación de la vialidad. Fallas de borde en el recorrido de la carretera principal de Terrazas de El Morro con fractura de la canalización de aguas pluviales y torrenteras.	Instituto Autónomo de Prevención y Protección Ciudadana. (2018). <i>Informe técnico Avenida principal Paulo VI, Urbanismo Terrazas de El Morro, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda</i> . PC, División de Gestión de Riesgo.

Nº	Localización geográfica		Detalle del evento			Daños generados	Observación	Fuente
	Sector	Coordenadas	Fecha	Tipo	Causa			
15	Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Morro, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda	No tiene	Julio de 2018	Deslizamiento	Intervención antrópica para la construcción del Urbanismo El Morro	En horas de la mañana del 29 de julio de 2018, se rompió una tubería matriz de Hidrocapital de 24 pulgadas ubicada en las vías de Paulo VI y El Morro, producto de la construcción de edificios del Urbanismo El Morro, lo que debilitó el talud y ocasionó deslizamientos. La vía quedó tapiada y los habitantes de la zona incomunicados. Igualmente, los habitantes de El Morro quedaron sin el servicio de agua potable.	Fractura de una tubería de Hidrocapital de 24 pulgadas. Obstrucción de la vialidad hacia Paulo VI, El Encantado y El Morro.	Brito, S. (30 de julio de 2018). Habitantes de Petare incomunicados y sin agua tras tubería rota en Paulo VI y El Morro. <i>El Universal</i> . http://www.eluniversal.com/politica/16268/habitantes-de-petare-sin-agua-tras-tuberia-rot-a-paulo-vi
16	Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Morro, Parroquia Petare, Municipio Sucre, Estado Miranda	No tiene	Octubre de 2018	Deslizamiento	Intervención antrópica para la construcción del Urbanismo El Morro	El 18 de octubre de 2018 se vuelve a romper una tubería matriz de Hidrocapital de 24 pulgadas ubicada en las vías de Paulo VI y El Morro, producto de la construcción de edificios del Urbanismo El Morro, lo que debilitó el talud y ocasionó deslizamientos. La vía quedó tapiada y los habitantes de la zona incomunicados. Igualmente, los habitantes de El Morro quedaron sin el servicio de agua potable.	Fractura de una tubería de Hidrocapital de 24 pulgadas. Obstrucción de la vialidad hacia Paulo VI, El Encantado y El Morro.	El Nacional. (18 de octubre de 2018). Tubo Matriz de Paulo VI en Petare se volvió a romper. El Nacional. https://www.elnacional.com/venezuela/sucesos/tubo-matriz-paulo-petare-rompio-romper_256334/

APÉNDICE K. INVENTARIO DE PROCESOS EN CAMPO.

Nro.	Este	Norte	Unidad litodémica	Tipo de roca	Material deslizado	Tipo de evento	Evidencias	Causa	Cobertura y uso del suelo	Daños
1			Mármol de Zenda	Mármol	Bloques de 0,30 x 0,30 x 0,30	Caída de rocas	Presencia de bloques muy fragmentados	Fracturamiento de rocas en paredes verticales y subverticales.	Uso residencial. Vegetación baja secundaria, herbácea. Intervención ordenada. Urbanismos planificados. Urbanización Paulo VI.	No se registran daños
2	741477	1156190	Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Bloques esquistosos en una matriz arenosa, bloques heterométricos angulosos con las siguientes dimensiones 1,40 x 1,10 x 0,25 metros, 1,20 x 1,10 x 0,50 metros y 0,90 x 1,80 x 0,40 metros, bloques de caliza calcárea de menores dimensiones 0,90 x 0,60 x 0,30 metros y 0,40 x 0,36 x 0,60 y bloques de concreto.	Deslizamiento	Presencia de sedimentos en cunetas	Intervención antrópica en la búsqueda de espacios para la construcción.	Vegetación baja secundaria herbácea, espesa, zona húmeda. Intervención ordenada. Urbanismos planificados. Uso residencial, salud y religioso presencia urbanización Paulo Sexto, una iglesia y un Centro de Diagnostico Integral Paulo VI. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	Deformación del asfalto, hundimiento y deterioro de la calle de servicios.

Nro.	Este	Norte	Unidad litodémica	Tipo de roca	Material deslizado	Tipo de evento	Evidencias	Causa	Cobertura y uso del suelo	Daños
3	741373	1156183	Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Caída de rocas de esquistos con las siguientes dimensiones 0,80 x 0,40 x 0,20 metros, 1,00 x 1,50 x 0,50 bloques de esquisto. Presencia de bloque grande dimensiones 2,00 x 1,60 x 0,90 metros.	Deslizamiento	Presencia de sedimento y vegetación sobre vialidad	Modificaciones topográficas por corte realizadas para la construcción de la carretera (taludes verticales).	Sin uso. Vegetación baja secundaria, espesa, zona húmeda, herbácea. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	Vialidad fracturada, afectación del pavimento y de tuberías de aguas servidas, debido a las presiones que ejerce el macizo rocoso sobre la vialidad.
4	741449	1156142	Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Sedimentos y cantos en matriz de arena con grano fino, material heterométrico con algunos bloques de esquistos.	Deslizamiento (Falla de borde por deslizamiento en talud inferior)	Acera y vialidad fracturada	Modificaciones topográficas por corte realizadas para la construcción de la carretera	Sin uso. Vegetación baja secundaria herbácea, espesa, zona húmeda, Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	Acera y vialidad fracturada por la presión del movimiento.
5	741282	1156144	Esquistos Las Brisas	Esquistos cuarzo micáceo grafitoso	Sedimentos compuestos por algunos cantos mezclados con material aluvial y coluvial de cierto grado de angulosidad o redondez. Se observa frente de sedimentos aluvio coluviales máximo de 3 metros, bloques heterométricos, los mayores pueden tener unas dimensiones de 0,40 x 0,30 x 0,25 metros hasta bloques de 5 x 2 x 2 cm. Presencia de fragmentos de asfalto.	Flujo de detritos	Corona de deslizamiento antiguo complejo de gran tamaño de 4 a 5 años con desprendimientos internos. Caídas de rocas, presencia de sedimentos. Proceso erosivo que origino un canal. Pendiente fuerte de 60 – 70 grados. Posible dirección del flujo S 40 E – N 40 O en base a la posición de los bloques.	Activado por precipitaciones	Sin uso. Vegetación baja secundaria, herbácea. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	Obstrucción parcial de la vialidad

Nro.	Este	Norte	Unidad litodémica	Tipo de roca	Material deslizado	Tipo de evento	Evidencias	Causa	Cobertura y uso del suelo	Daños
6	741180	1156121	Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Sedimentos y cantos en matriz de arena con grano fino, material heterométrico, alineamiento de granos.	Deslizamiento	Corona de deslizamiento	Modificaciones topográficas por corte realizadas para la construcción de la carretera (taludes verticales)	Sin uso. Vegetación baja secundaria, herbácea. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	No se registran daños
7	741074	1156119	Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Procesos erosivos con presencia de sedimentos limo arenosos	Deslizamiento	Corona de deslizamiento. Evidencia de movimientos en masa antiguos (pisadas de ganado).	Modificaciones topográficas por corte realizadas para la construcción de la carretera (taludes verticales)	Sin uso. Vegetación baja secundaria, herbácea. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	No se registran daños
8	741032	1156194	Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Procesos erosivos con presencia de sedimentos limo arenosos	Deslizamiento	Evidencia de antiguos movimientos en masa, superficie arrugada y pequeños movimientos. Laderas inclinadas hacia el sur 25 S.	Modificaciones topográficas por corte realizadas para la construcción de la carretera (taludes verticales)	Sin uso. Vegetación baja secundaria, herbácea. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	Obstrucción de los canales de lluvias
9	740892	1156173	Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Procesos erosivos con presencia de sedimentos limo arenosos.	Deslizamiento	Deslizamiento antiguo. Corona, grietas de tracción y material depositado	Modificaciones topográficas por corte realizadas para la construcción de la carretera (taludes verticales)	Sin uso. Vegetación baja secundaria, herbácea. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	Obstrucción de los canales de lluvias
10	740866	1156189	Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Procesos erosivos con presencia de sedimentos limo arenosos.	Deslizamiento	Deslizamiento antiguo. Corona, grietas de tracción y material depositado	Modificaciones topográficas por corte realizadas para la construcción de la carretera (taludes verticales)	Sin uso. Vegetación baja secundaria, herbácea. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	Obstrucción de los canales de lluvias

Nro.	Este	Norte	Unidad litodémica	Tipo de roca	Material deslizado	Tipo de evento	Evidencias	Causa	Cobertura y uso del suelo	Daños
11	740691	1156297	Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Material asociado arena limosa producto de la meteorización del esquisto. Sedimentos de colores marrón claro por efectos de los óxidos, son de dimensiones heterométricas con distribución y dirección desordenada, la matriz arenosa fina los fragmentos de roca se encuentran muy meteorizados.	Deslizamiento	Pavimento levantado. Deslizamiento con superficie parabólica. Caídas de rocas. Material depositado en la vialidad. Bote de agua potable. Se observan postes caídos, restos de una estructura de galpón deslizado, lozas de concreto, muros de concreto sin armadura de acero. Dirección N70E	Activado por precipitaciones y ruptura de la red de agua potable	Sin uso. Vegetación baja secundaria herbácea, espesa, zona húmeda Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	Torrentera obstruida. Obstrucción total de la vialidad. Fractura de tubo de 20" de agua potable hacia la parte superior de la ladera. Colapso de galpón, vialidad y postes de electricidad. Interrupción del servicio eléctrico en las Canteras. Afectación del muro de la Cantera 1.
12	740530	1156374	Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Material asociado arena limosa producto de la meteorización del esquisto.	Deslizamiento (Falla de borde por deslizamiento en talud inferior)	Vialidad fracturada. Grieta de borde de 13 metros de largo, 2 metros de ancho y 5 metros de profundidad.	Modificaciones topográficas por corte realizadas para la construcción de la carretera	Uso minero. Vegetación baja secundaria, herbácea. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	Afectación de dos metros de ancho de la carretera de 8 metros.
13	740432	1156515	Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Sedimentos de color marrón claro (oxidados), son de dimensiones heterométricas con disposición desordenada, la matriz arenosa a limosa, los fragmentos de roca se encuentran meteorizados.	Flujo de detritos	Presencia de sedimentos por flujo de detritos antiguo. Se aprecia el corte totalmente vertical de un relleno producido por un movimiento en masa antiguo, para hacer la carretera.	Posible origen por precipitaciones.	Uso minero. Vegetación de altura, arbustiva. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	No se registran daños

Nro.	Este	Norte	Unidad litodémica	Tipo de roca	Material deslizado	Tipo de evento	Evidencias	Causa	Cobertura y uso del suelo	Daños
14	740141	1156887	Esquistos Las Brisas (inferior) / Mármol de Zenda (superior)	Esquistos cuarzo micáceo grafitoso	Coladas de carbonatos, afloramiento de calizas metamorizadas, sedimentos de arena lavada.	Flujo de detritos	Presencia de sedimentos por flujo de detritos antiguo. Aporte de sedimentos de arena lavada.	Posible origen por precipitaciones.	Sin uso. Vegetación de altura, arbustiva. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	No se registran daños
15	740099	1156865	Mármol de Zenda	Mármol	Bloques de 1,60 x 1,60 x 0,70	Caída de rocas	Presencia de bloques muy fragmentados	Fracturamiento de rocas en paredes subverticales.	Sin uso. Vegetación de altura, arbustiva. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	Ocasional afectación de la vialidad.
16	740096	1157046	Mármol de Zenda	Mármol	Bloques de 0,30 x 0,30 x 0,30	Caída de rocas	Presencia de bloques muy fragmentados	Fracturamiento de rocas en paredes verticales y subverticales.	Uso residencial. Vegetación de altura, arbustiva. Intervención desordenada. Urbanismos no planificados. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	Ocasional afectación de la vialidad.
17	741476	1156366	Mármol de Zenda	Mármol	Bloque de mármol	Caída de rocas	Bloque de mármol en el estacionamiento de la Urbanización Paulo VI.	Fracturamiento de rocas en paredes verticales y subverticales.	Uso residencial. Vegetación baja secundaria, herbácea. Intervención ordenada. Urbanismos planificados. Urbanización Paulo VI.	Ocasional afectación del estacionamiento de la Urbanización Paulo VI.

Nro.	Este	Norte	Unidad litodémica	Tipo de roca	Material deslizado	Tipo de evento	Evidencias	Causa	Cobertura y uso del suelo	Daños
18	740324	1156690	Mármol de Zenda	Mármol	Material deslizado es un coluvio saprolito del esquisto calcáreo y mármol (calizas metamorfozadas), grava con matriz arenosa-limosa color marrón claro.	Deslizamiento	Corona de deslizamiento	Actividad minera. Extracción de rocas	Uso minero Corporación Venezolana de Cemento "La Lechuza". Vegetación de altura, arbustiva. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	No se registran daños
19	740279	1156859	Mármol de Zenda	Mármol	Material deslizado es un coluvio saprolito del esquisto calcáreo y mármol (calizas metamorfozadas), grava con matriz arenosa-limosa color marrón claro.	Deslizamiento	Corona de deslizamiento	Actividad minera. Extracción de rocas	Uso minero Corporación Venezolana de Cemento "La Lechuza". Vegetación de altura, arbustiva. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	No se registran daños
20	741584	1156529	Mármol de Zenda	Mármol	Bloques esquistosos en una matriz arenosa, , bloques de caliza calcárea de menores dimensiones y bloques de concreto.	Deslizamiento	Grietas de tracción en los edificios de la terraza 4. Presencia de pantalla atirantada.	Intervención antrópica en la búsqueda de espacios para la construcción en sitios de altas pendientes, de la roca metamórfica (muy alterada geoquímicamente).	Uso residencial. Vegetación baja secundaria, herbácea. Intervención ordenada. Urbanismos planificados. Urbanismo El Morro.	Afectación de los edificios de la terraza 4
21	740970	1156508	Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Material grava arena con fragmentos de esquistos, escombros, madera y materia orgánica.	Deslizamiento	Grieta de tracción sobre el material de relleno, corona. Dirección S70O Salto del deslizamiento 1,20 a 1,50 m.	Intervención antrópica en la búsqueda de espacios para la construcción en sitios de altas pendientes, de la roca metamórfica (muy alterada geoquímicamente).	Uso residencial. Vegetación baja secundaria, herbácea. Intervención ordenada. Urbanismos planificados. Urbanismo El Morro.	Colapso de la vialidad hacia la Urbanización El Morro

Nro.	Este	Norte	Unidad litodémica	Tipo de roca	Material deslizado	Tipo de evento	Evidencias	Causa	Cobertura y uso del suelo	Daños
22	740973	1156429	Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Material grava arena con fragmentos de esquistos, escombros, madera y materia orgánica.	Deslizamiento	Grieta de tracción sobre material de relleno. Dirección N70E Salto del deslizamiento 1,20 a 1,50 m.	Intervención antrópica en la búsqueda de espacios para la construcción en sitios de altas pendientes, de la roca metamórfica (muy alterada geoquímicamente).	Uso residencial. Vegetación baja secundaria, herbácea. Intervención ordenada. Urbanismos planificados. Urbanismo El Morro.	Colapso de la vialidad hacia la Urbanización El Morro
23	741349	1156245	Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Material roca descompuesta y/o desintegrada en fragmentos de esquistos.	Deslizamiento	Material deslizado, grieta de tracción. Dirección S100.	Modificaciones topográficas por corte realizadas para la construcción de la carretera (taludes verticales)	Sin uso. Vegetación baja secundaria, herbácea. Vialidad hacia el Urbanismo El Morro.	Afectación parcial de la vialidad hacia el Urbanismo El Morro
24	741456	1156311	Esquistos Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Roca descompuesta. Bloques grandes de saprolito del esquisto color marrón amarillento, marrón claro, gris claro y algunas tonalidad rojizas.	Deslizamiento	Material deslizado. Dirección S25E.	Modificaciones topográficas por corte realizadas para la construcción de la carretera. (taludes verticales)	Sin uso. Vegetación baja secundaria, herbácea. Vialidad hacia el Urbanismo El Morro.	Afectación parcial de la vialidad hacia el Urbanismo El Morro
25	741049	1156552	Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Material deslizado es un coluvio saprolito del esquisto, grava con matriz arenosa-limosa color marrón claro.	Deslizamiento	Abanico de material deslizado	Modificaciones topográficas por corte realizadas para la construcción de la carretera. (taludes verticales)	Sin uso. Vegetación baja secundaria, herbácea. Vialidad hacia la Urbanización El Morro.	Afectación parcial de la vialidad del Urbanismo El Morro
26	741072	1156621	Mármol de Zenda	Mármol	Bloques de mármol	Caída de rocas	Presencia de bloques muy fragmentados	Fracturamiento de rocas en paredes verticales y subverticales.	Sin uso. Vegetación baja secundaria, herbácea. Vialidad hacia la Urbanización El Morro.	Afectación parcial de la vialidad del Urbanismo El Morro

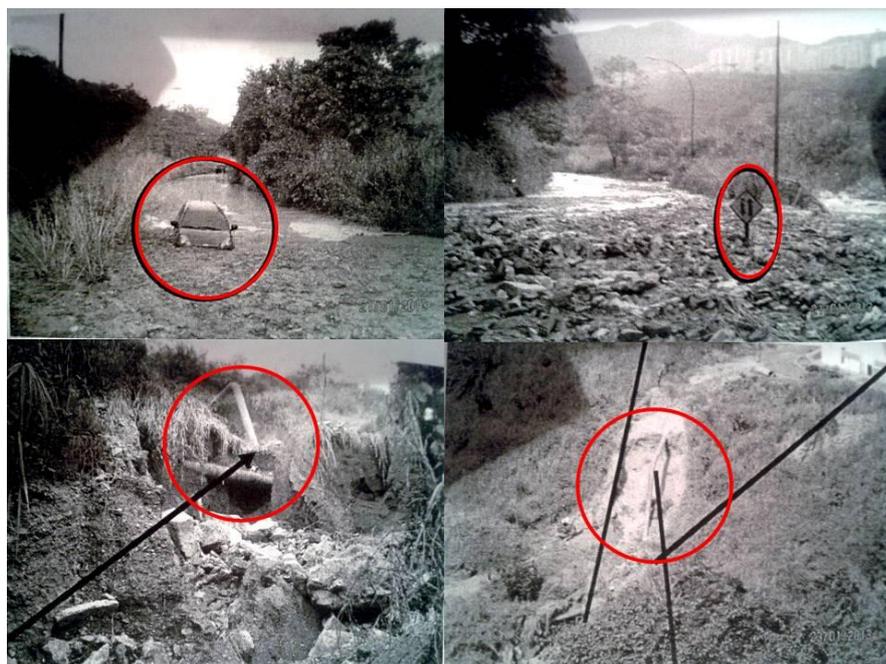
Nro.	Este	Norte	Unidad litodémica	Tipo de roca	Material deslizado	Tipo de evento	Evidencias	Causa	Cobertura y uso del suelo	Daños
27	741117	1156582	Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Material deslizado es un coluvio saprolito del esquisto, grava con matriz arenosa-limosa color marrón claro.	Deslizamiento	Material deslizado	Modificaciones topográficas por corte realizadas para la construcción de la carretera. (taludes verticales)	Sin uso. Vegetación baja secundaria, herbácea. Vialidad hacia la Urbanización El Morro.	Afectación parcial de la vialidad del Urbanismo El Morro
28	740981	1156409	Las Brisas	Esquisto cuarzo micáceo feldespático	Bloques de saprolito del esquisto color marrón amarillento	Deslizamiento	Material deslizado	Intervención antrópica en la búsqueda de espacios para la construcción en sitios de altas pendientes, de la roca metamórfica (muy alterada geoquímicamente).	Uso residencial. Vegetación baja secundaria, herbácea. Intervención ordenada. Urbanismos planificados. Urbanismo El Morro.	Afectación de los edificios de la terraza 7
29			Mármol de Zenda	Mármol	Bloques de mármol	Caída de rocas	Presencia de bloques muy fragmentados	Fracturamiento de rocas en paredes verticales y subverticales.	Uso minero Corporación Venezolana de Cemento "Planta Este de El Llanito". Vegetación de altura, arbustiva. Vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Encantado.	No se registran daños

APÉNDICE L. REGISTRO DE EVENTOS ESTUDIO OTIVL (2013)

Nro	Este	Norte	Unidad litodémica	Tipo de roca	Material deslizado	Tipo	Evidencias	Causa	Cobertura y uso del suelo	Observación
1	74090 0	1156544	Las Brisas	Esquistos cuarzo micáceo feldespáticos	El material deslizado es un coluvio constituido por una mezcla caótica de distintos horizontes del talud. Esquistos muy meteorizados	Deslizamiento		Asociado a las características de la roca metamórfica (muy alterada geoquímicamente) y a las modificaciones topográficas por corte realizadas en el sector.	Uso residencial. Vegetación baja secundaria, herbácea. Intervención ordenada. Urbanismos planificados. Urbanismo El Morro.	
2	74072 7	1156391		Relleno	Relleno artificial	Deslizamiento	Rupturas de superficie paralelas a la orientación del talud. El escalonamiento del movimiento en masa es hacia el oeste	Asociada a las características del sitio (altas pendientes, rellenos artificiales colgados) y propiedades del material de los rellenos artificiales.	Sin uso. Vegetación baja secundaria, herbácea.	Verificado en campo desde la ladera colindante
3	74087 8	1156607	Las Brisas / Mármol de Zenda	Esquistos cuarzo micáceo feldespáticos / Mármol	Mármol y esquistos muy meteorizados	Deslizamiento	Corona, escarpe principal y escarpes menores y masa desplazada. Cicatriz dejada por el movimiento. Rupturas de superficies: separación 15-20 cm, escarpe principal: salto vertical 5 -10 m	Asociado a las características de la roca metamórfica (muy alterada geoquímicamente) y a las modificaciones topográficas por corte realizadas en el sector (taludes verticales y deficiencias en la red de drenaje).	Uso residencial. Vegetación baja secundaria, herbácea. Intervención ordenada. Urbanismos planificados. Urbanismo El Morro.	Verificado en campo desde la ladera colindante
4	74080 0	1156629	Las Brisas / Mármol de Zenda	Esquistos cuarzo micáceo feldespáticos / Mármol	Mármol y esquistos muy meteorizados	Deslizamiento	Grietas radiales y transversales. Corona, escarpe principal y escarpe menores, cicatriz dejada por el	Asociado a las características de la roca metamórfica (muy alterada geoquímicamente) y a las modificaciones topográficas por corte realizadas en el sector	Uso residencial. Vegetación baja secundaria, herbácea. Intervención	Verificado en campo desde la ladera colindante

							movimiento y masa desplazada. Rupturas de superficies: separación 15-20 cm	(taludes verticales y deficiencias en la red de drenaje).	desordenada. Urbanismos no planificados.	
5	74066 6	1156627	Las Brisas / Mármol de Zenda	Esquistos cuarzo micáceo feldespáticos / Mármol	Mármol y esquistos muy meteorizados. Escombros rocosos	Deslizamiento	Grietas transversales, corona, escarpe principal y escarpe menores, cicatriz dejada por el movimiento y masa desplazada.	Asociado a las características de la roca metamórfica (muy alterada geoquímicamente) y a las modificaciones topográficas por corte realizadas en el sector (taludes verticales y deficiencias en la red de drenaje).	Sin uso. Vegetación baja secundaria, herbácea.	Verificado en campo desde la ladera colindante
6	74085 3	1156539	Las Brisas / Mármol de Zenda	Esquistos cuarzo micáceo feldespáticos / Mármol	Mármol y esquistos muy meteorizados	Deslizamiento.	Grietas transversales, corona, escarpe principal y escarpes menores, cicatriz dejada por el movimiento y masa desplazada	Asociado a las características de la roca metamórfica (muy alterada geoquímicamente) y a las modificaciones topográficas por corte realizadas en el sector (taludes verticales y deficiencias en la red de drenaje).	Uso residencial. Vegetación baja secundaria, herbácea. Intervención ordenada. Urbanismos planificados. Urbanismo El Morro.	Verificado en campo desde la ladera colindante
7	74077 1	1156548	Las Brisas / Mármol de Zenda	Esquistos cuarzo micáceo feldespáticos / Mármol	Mármol y esquistos muy meteorizados	Deslizamiento.	Grietas transversales, corona, escarpe principal y escarpe menores, cicatriz dejada por el movimiento y masa desplazada.	Asociado a las características de la roca metamórfica (muy alterada geoquímicamente) y a las modificaciones topográficas por corte realizadas en el sector (taludes verticales y deficiencias en la red de drenaje).	Sin uso. Vegetación baja secundaria, herbácea.	Verificado en campo desde la ladera colindante
8	74077 7	1156512		Relleno	Relleno artificial	Deslizamiento.	Movimiento en masa. Rupturas de superficie en el borde de talud	Asociada a las características del sitio (altas pendientes, rellenos artificiales), propiedades del material de los rellenos artificiales y a las deficiencias en la red de drenajes.	Sin uso. Vegetación baja secundaria, herbácea.	Verificado en campo desde la ladera colindante

APÉNDICE M. REGISTRO FOTOGRÁFICO



Evento ocurrido el 22 de enero de 2012 por la fisura de la tubería de agua de matriz 24 pulgadas que obstaculizó la vialidad hacia la Urbanización Paulo VI y El Morro, en el cual quedó atrapado un vehículo y se activó el desalojo preventivo de 135 personas de la terraza 12 del Urbanismo El Morro. *Nota:* Tomado de Instituto Autónomo de Prevención y Protección Ciudadana. (2012).



Deslizamiento de gran magnitud ocurrido en abril de 2017 activado por las precipitaciones registradas en las últimas 48 horas, las cuales aportaron más de 700 toneladas de sedimentos que obstaculizaron la vía hacia la Urbanización Paulo VI, El Encantado y El Morro. *Nota:* Tomado de Rodríguez, H. (2017), Globovisión. (2017), Notitotal (2017) y Hernández, M. (2017).



Evento ocurrido el 29 de julio de 2018 por la ruptura de una tubería matriz de 24 pulgadas ubicada en las vías de Paulo VI y El Morro, lo que debilitó el talud ocasionando un deslizamiento. La vía quedó tapiada y los habitantes de la zona incomunicados. Habitantes de El Morro quedaron sin el servicio de agua potable. *Nota:* Tomado de Brito, (2018).



Evento ocurrido el 18 de octubre de 2018 por la ruptura de una tubería matriz de 24 pulgadas ubicada en las vías de Paulo VI y El Morro. La vía quedó tapiada y los habitantes de la zona incomunicados. Habitantes de El Morro quedaron sin el servicio de agua potable. *Nota:* Tomado de El Nacional, (2018).



Proceso N° 21 del registro de eventos. Deslizamiento asociado a las características del sitio (altas pendientes, rellenos artificiales colgados) y propiedades del material de los rellenos. Se evidencia grieta de tracción sobre material de relleno. Dirección del deslizamiento N70E. Medidas del salto 1,20 a 1,50 m. Ocasionó el colapso de la vialidad hacia la Urbanización El Morro.



Proceso N° 11 del registro de eventos. Deslizamiento con dirección N70E. Deslizamiento con superficie parabólica. Se observan caídas de rocas, material depositado sobre la vialidad, el pavimento de la misma levantado y un bote de agua potable. Así mismo, se observan postes caídos, restos de una estructura de galpón deslizado, lozas de concreto y muros de concreto sin armadura de acero.

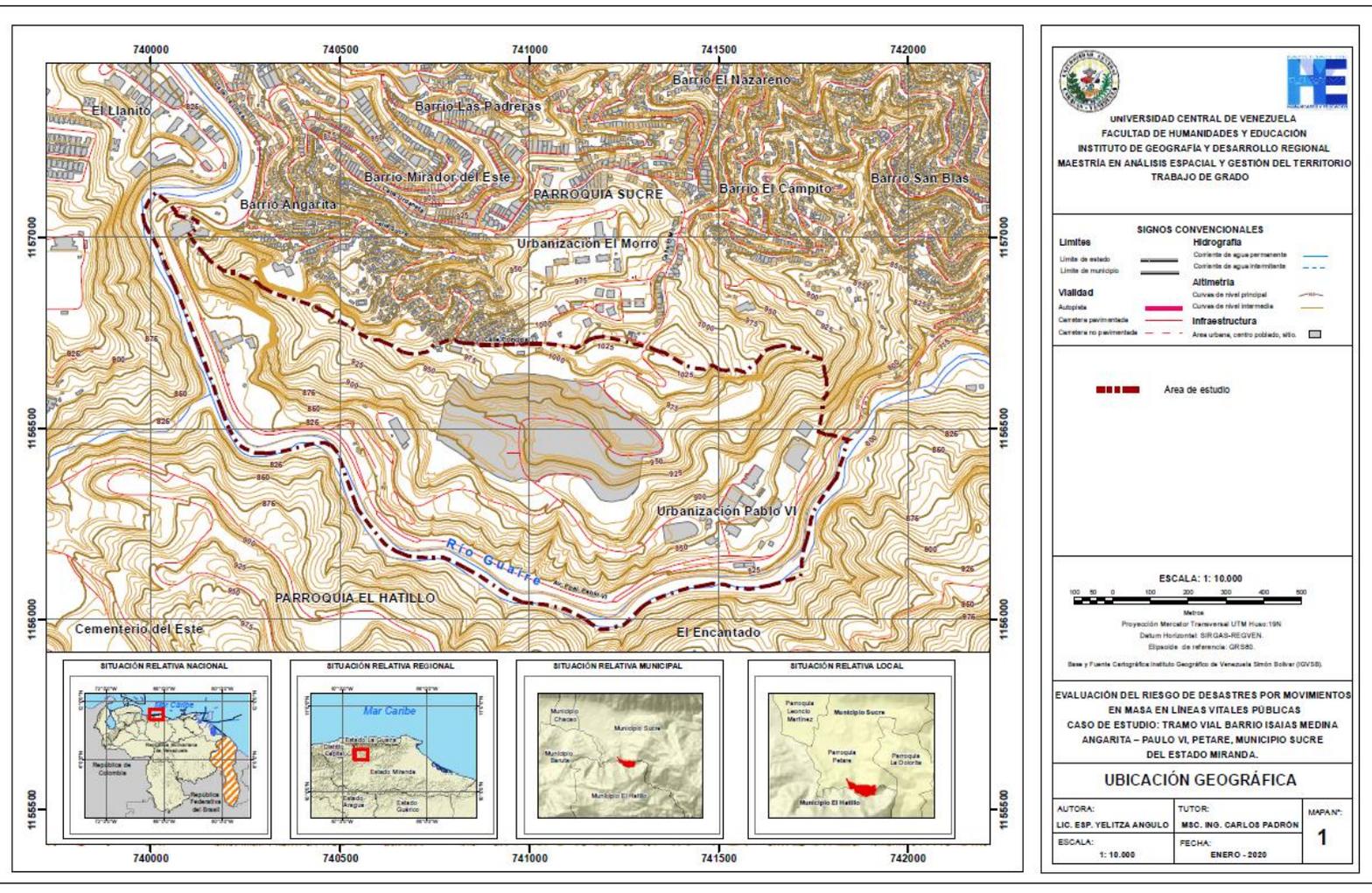


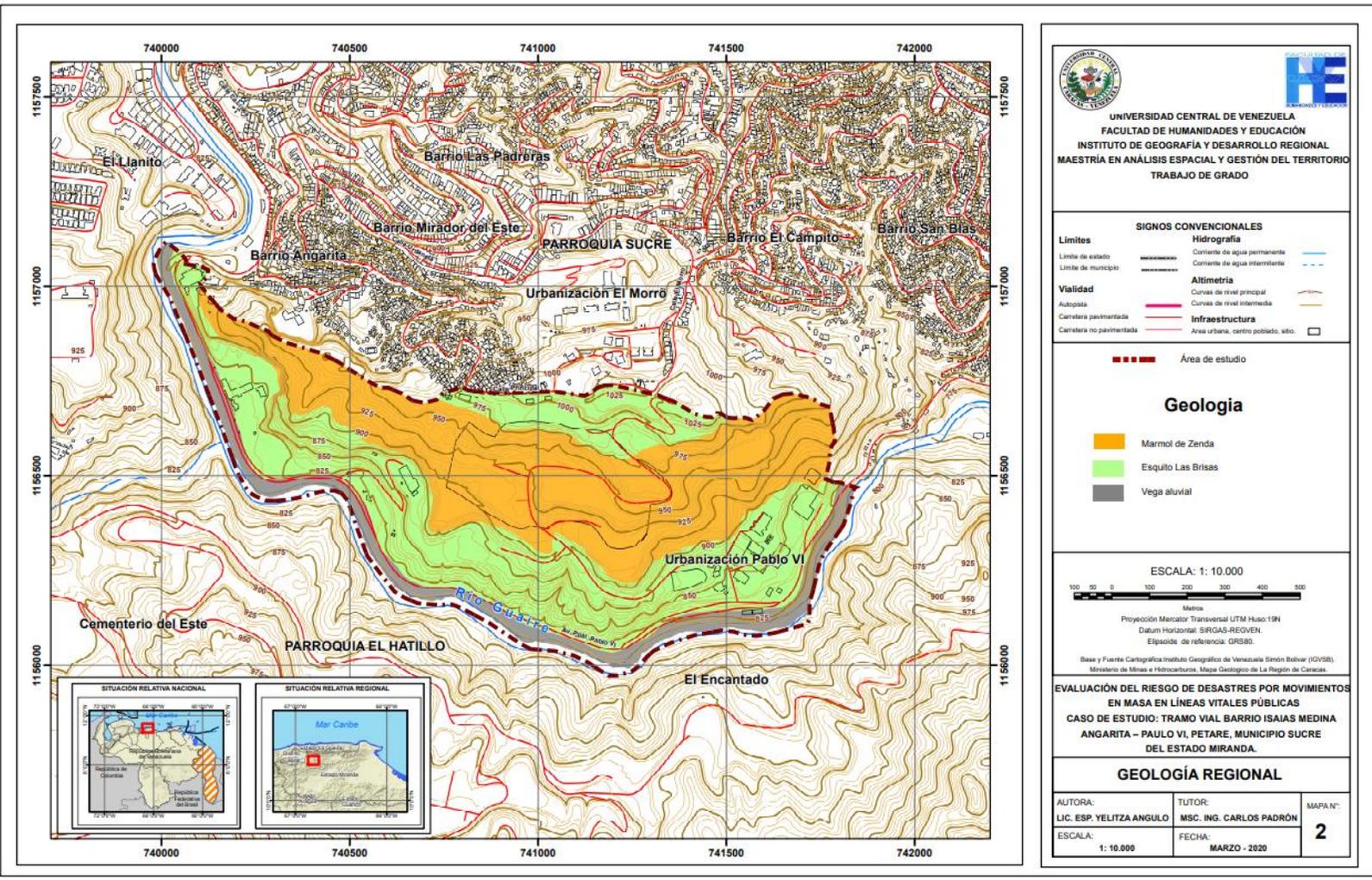
Evidencias de caídas de rocas asociados al Mármol de Zenda. Procesos N° 17, 29, 15 y 16 de registro de procesos. Presencia de bloques muy fragmentados producto del fracturamiento de rocas en paredes verticales y subverticales. Las medidas de los bloques de mármol pueden variar de 1,60 x 1,60 x 0,70 a 0,30 x 0,30 x 0,30 los cuales se han desplazado y han afectado ocasionalmente la vialidad y el estacionamiento de la Urbanización Paulo VI.

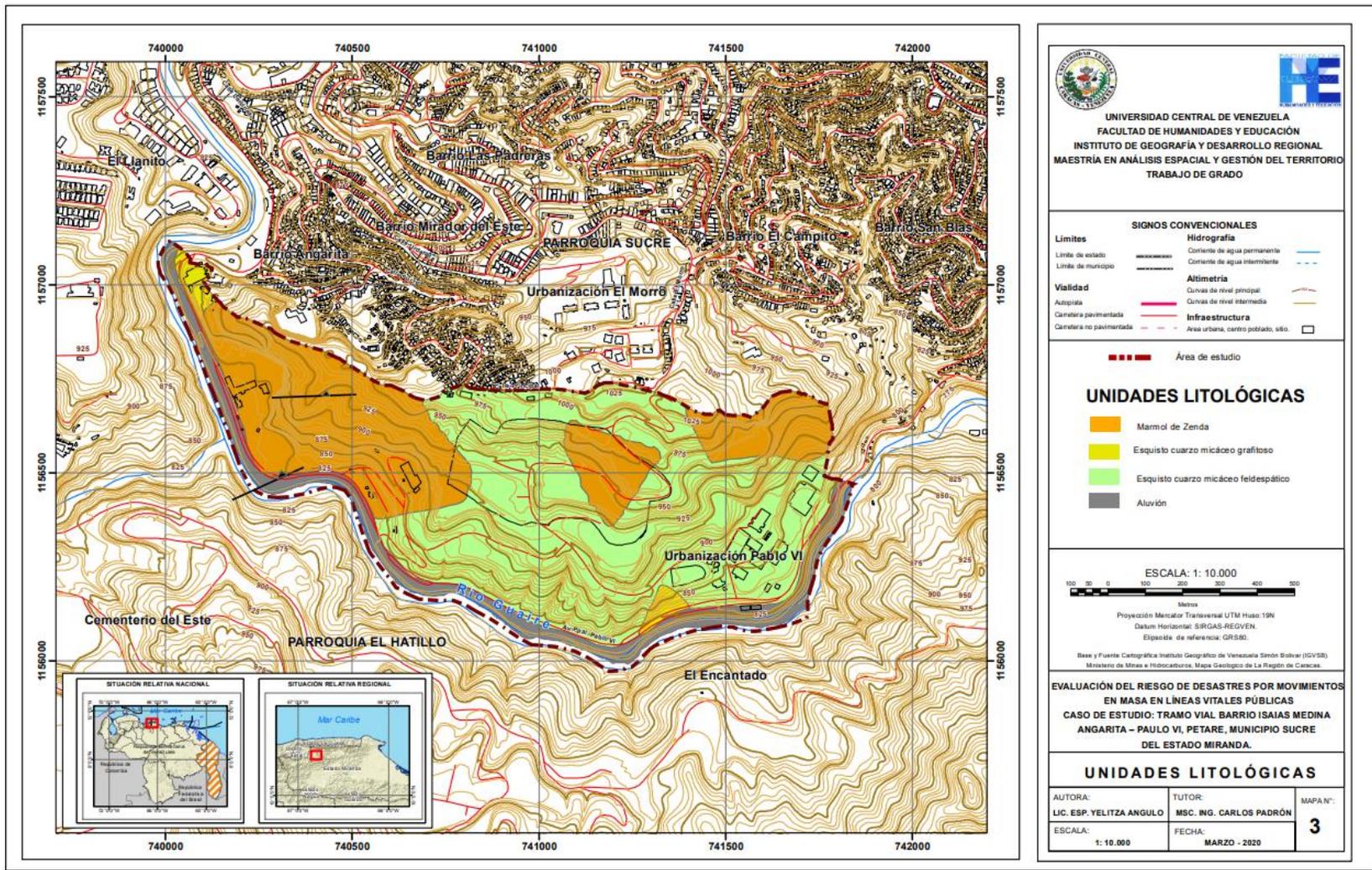


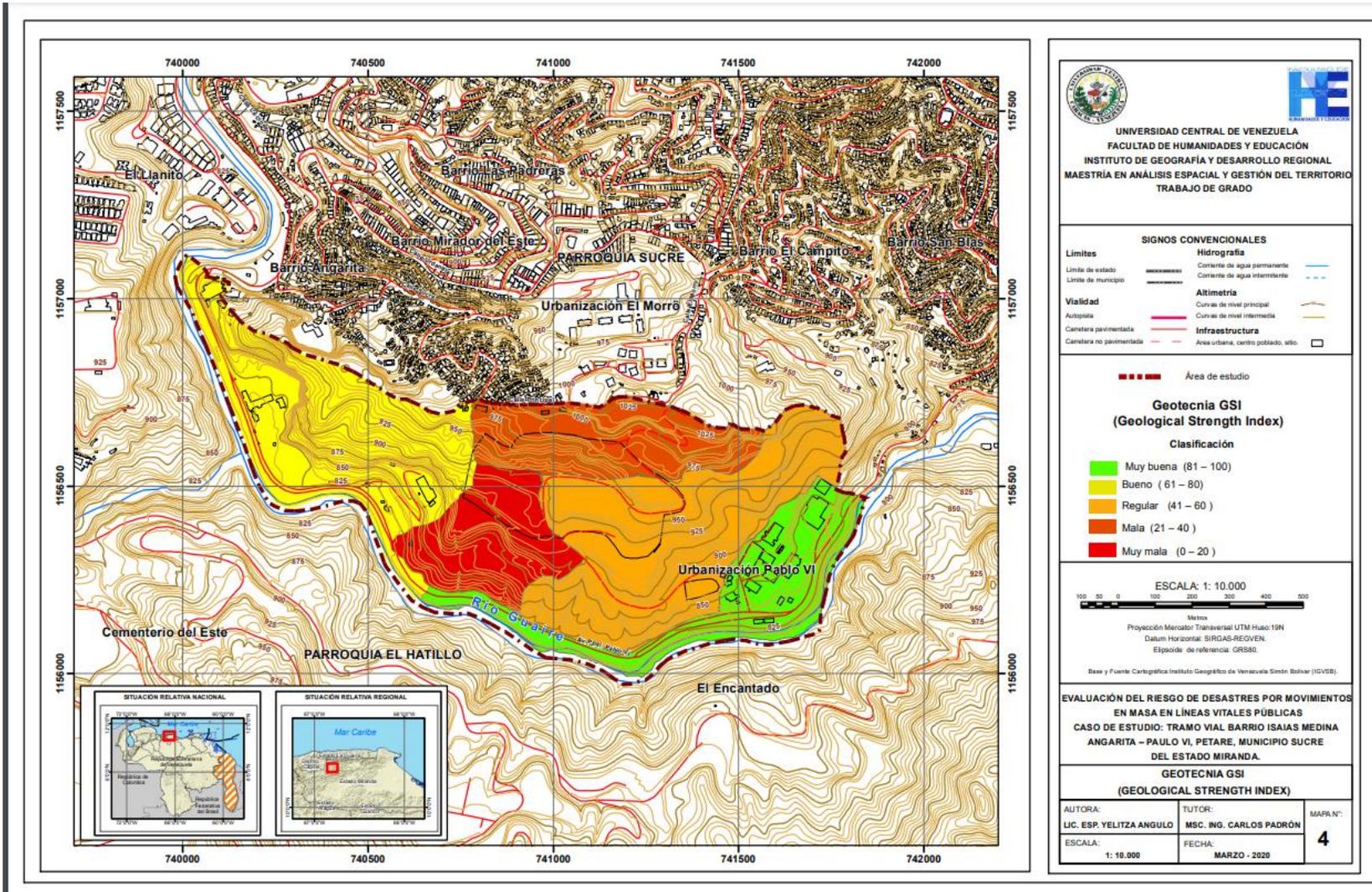
Recorridos de campo realizados durante la fase de campo en compañía de especialistas en el área y representantes de Consejo Comunal Paulo VI.

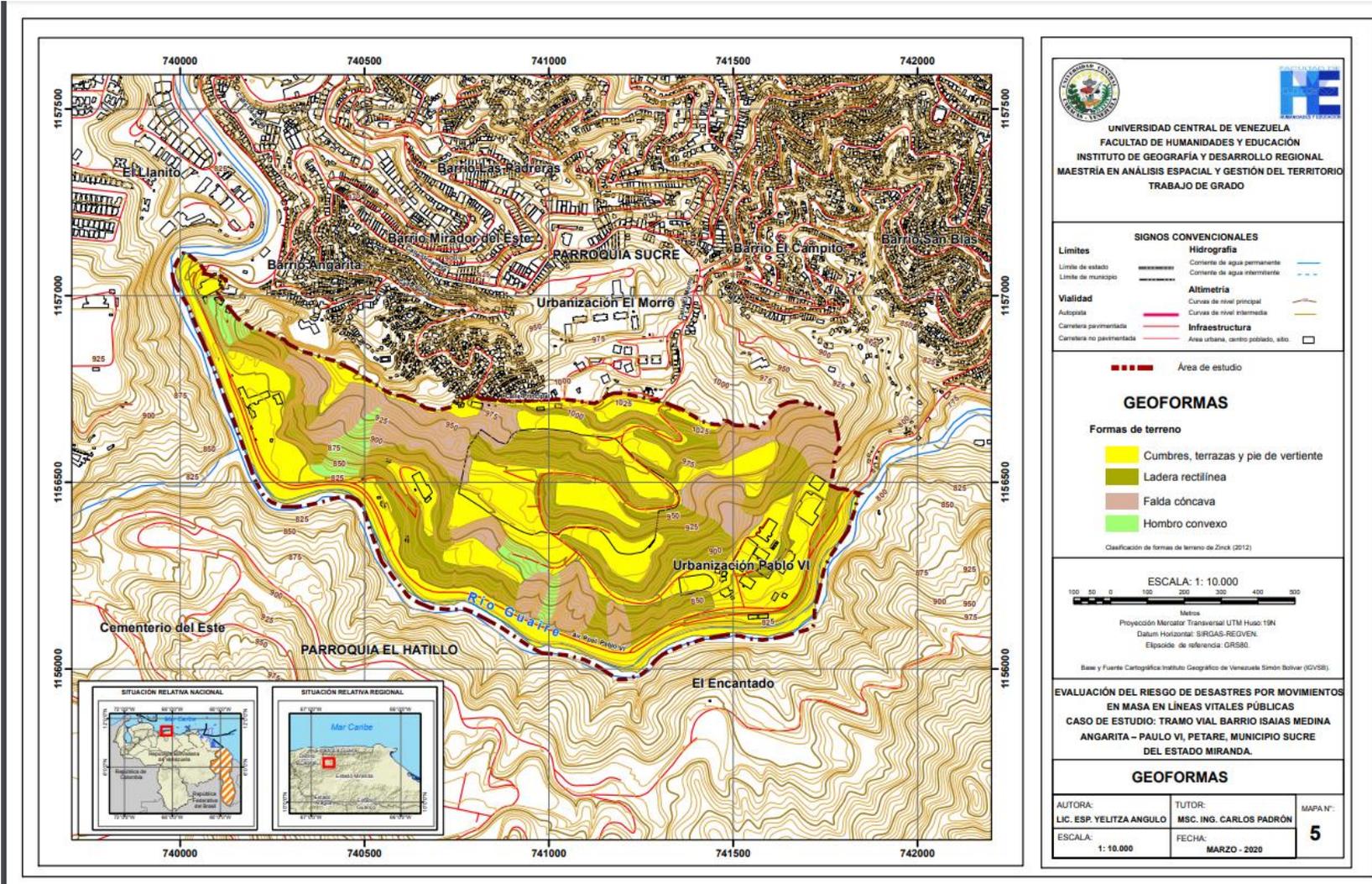
APÉNDICE N. CARTOGRAFÍA TEMÁTICA













UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y DESARROLLO REGIONAL
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO
TRABAJO DE GRADO

SIGNOS CONVENCIONALES

Limites	Hidrografía
Limite de estado	Corriente de agua permanente
Limite de municipio	Corriente de agua intermitente
Viabilidad	Altimetría
Autopista	Curvas de nivel principal
Carretera pavimentada	Curvas de nivel intermedia
Carretera no pavimentada	Infraestructura
	Área urbana, centro poblado, sitio

 Área de estudio

GEOFORMAS

Formas de terreno

	Cumbres, terrazas y pie de vertiente
	Ladera rectilínea
	Falda cóncava
	Hombro convexo

Clasificación de formas de terreno de Zink (2012)

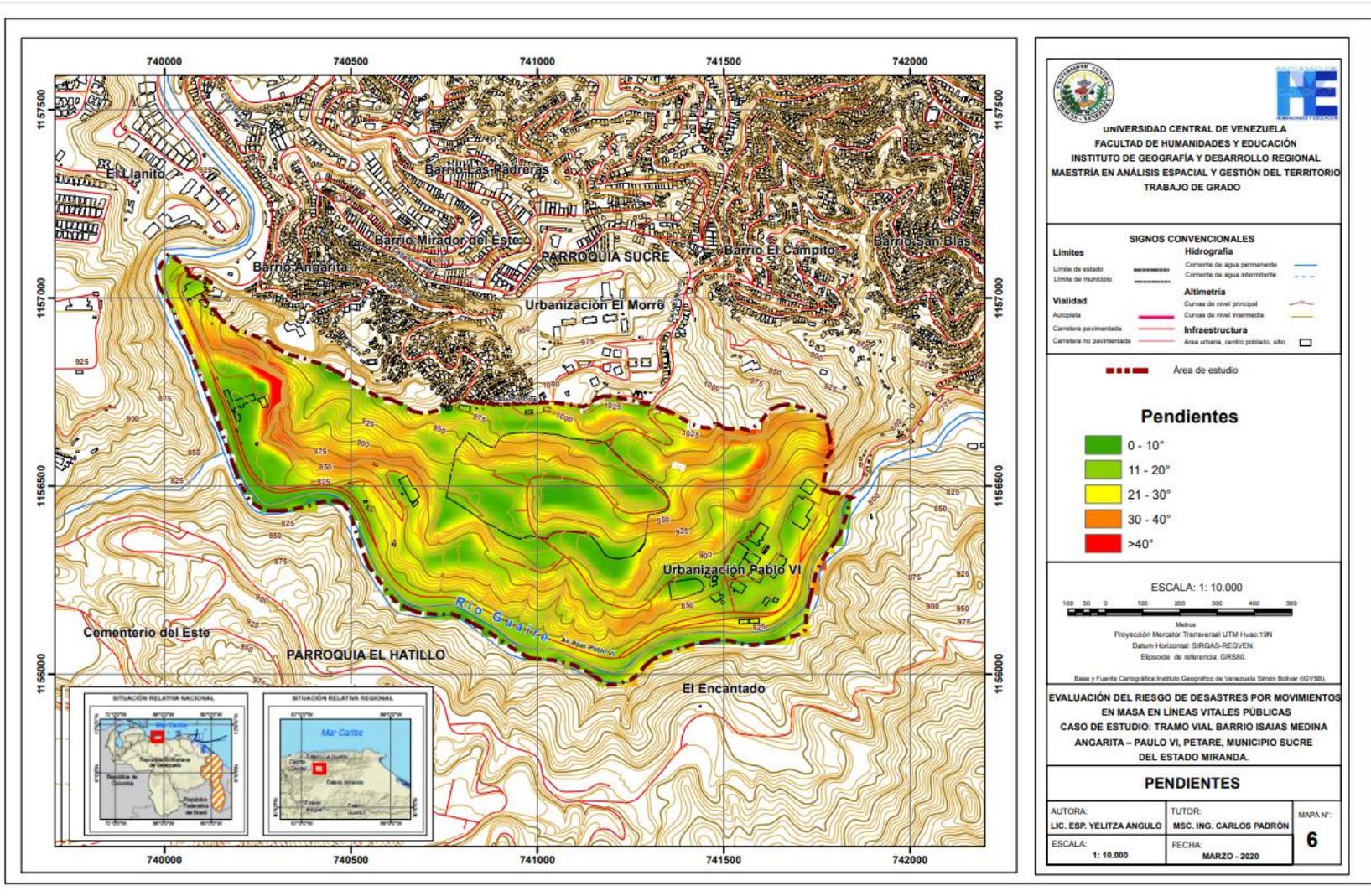
ESCALA: 1: 10.000

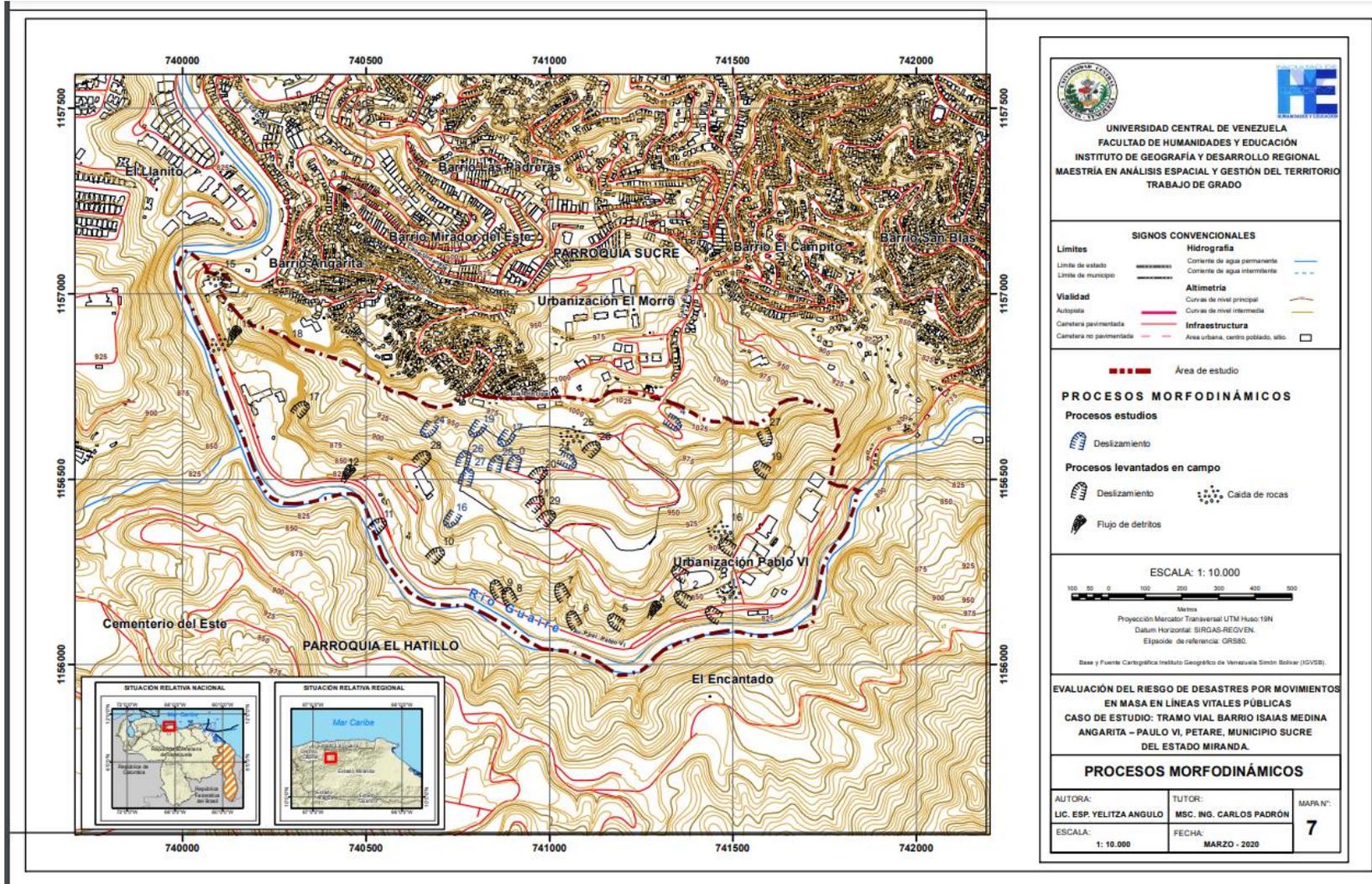
 Metros
 Proyección Mercator Transversal UTM Huso: 19N
 Datum Horizontal: SIRGAS-REGVEN.
 Elipsoido de referencia: GRS80.
Base y Fuente Cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB).

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS
CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAIAS MEDINA ANGARITA - PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO MIRANDA.

GEOFORMAS

AUTORA: LIC. ESP. YELITZA ANGULO	TUTOR: MSC. ING. CARLOS PADRÓN	MAPA N.º: 5
ESCALA: 1: 10.000	FECHA: MARZO - 2020	





UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y DESARROLLO REGIONAL
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO
TRABAJO DE GRADO

SIGNOS CONVENCIONALES

Limites	Hidrografía
Límite de estado	Corriente de agua permanente
Límite de municipio	Corriente de agua intermitente
Vialidad	Altimetría
Autopista	Curvas de nivel principal
Cametera pavimentada	Curvas de nivel intermedia
Cametera no pavimentada	Infraestructura
	Área urbana, centro poblado, sitio

■ ■ ■ ■ Área de estudio

PROCESOS MORFODINÁMICOS

Procesos estudiados

- Deslizamiento

Procesos levantados en campo

- Deslizamiento
- Caida de rocas
- Flujo de detritos

ESCALA: 1: 10.000

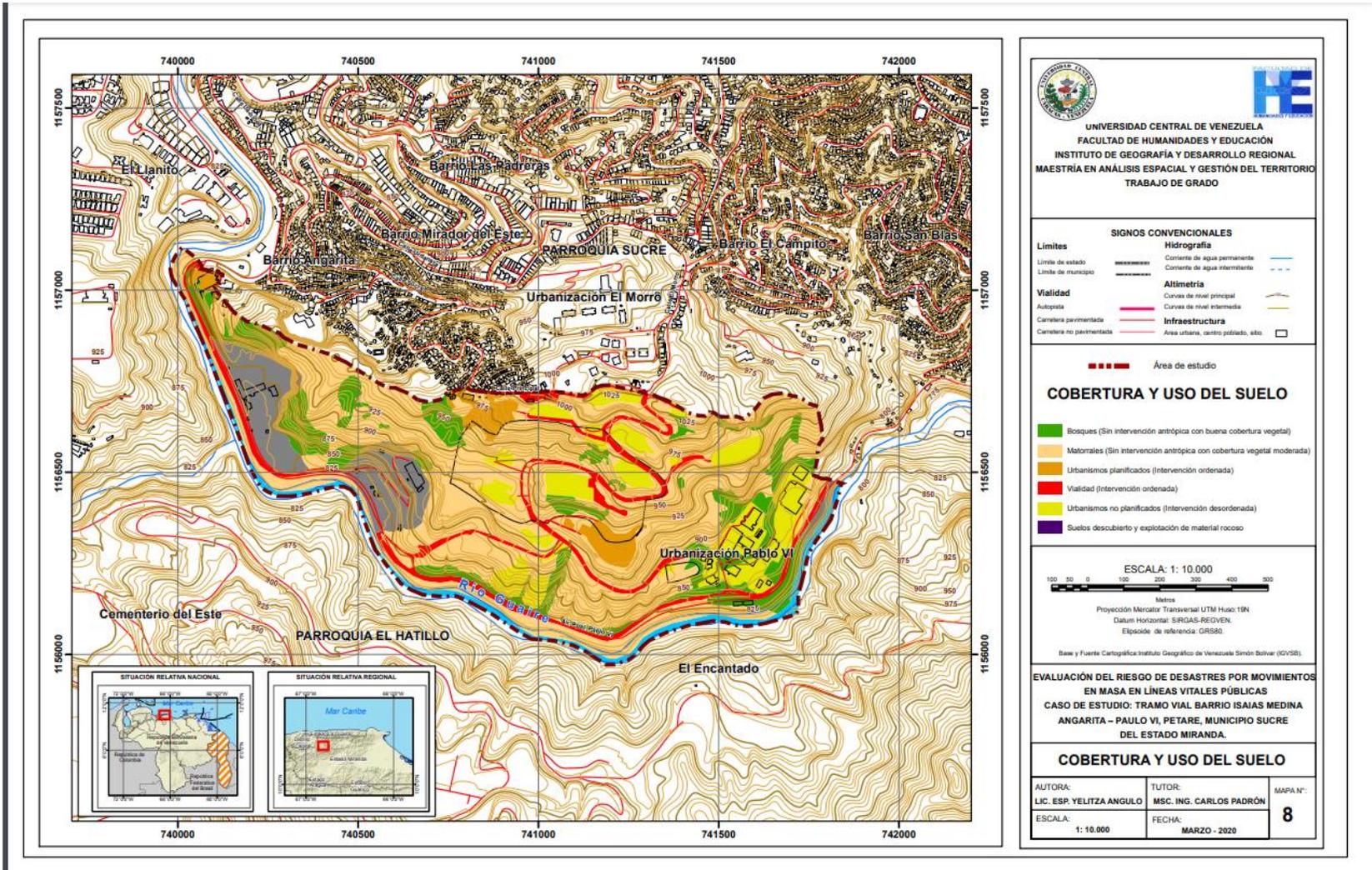
Mapa
Proyección Mercator Transversal UTM Huso 19N
Datum Horizontal: SIRGAS-REGVEN
Elipsoide de referencia: GRS80

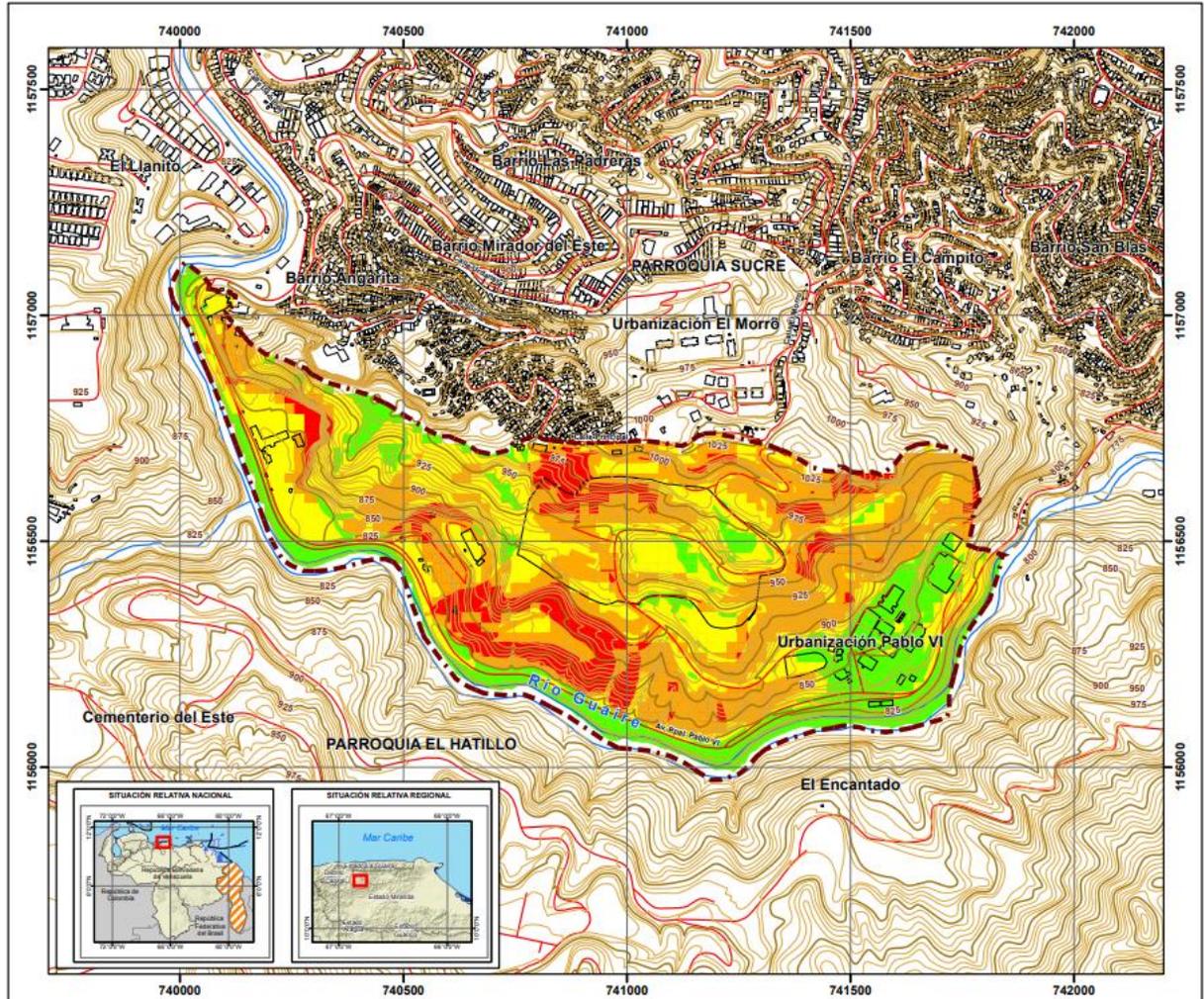
Base y Fuente Cartográfica Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB)

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS
CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAIAS MEDINA
ANGARITA - PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE
DEL ESTADO MIRANDA.

PROCESOS MORFODINÁMICOS

AUTORA: LIC. ESP. YELITZA ANGULO	TUTOR: MSC. ING. CARLOS PADRÓN	MAPA N°: 7
ESCALA: 1: 10.000	FECHA: MARZO - 2020	





UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y DESARROLLO REGIONAL
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO
TRABAJO DE GRADO

SIGNOS CONVENCIONALES	
Límites Límite de estado: Límite de municipio: Viabilidad Autopista: Carretera pavimentada: Carretera no pavimentada:	Hidrografía Corriente de agua permanente: Corriente de agua intermitente: Altimetría Curvas de nivel principal: Curvas de nivel intermedia: Infraestructura Área urbana, centro poblado, sitio:

Área de estudio

Clasificación	Niveles de susceptibilidad	Descripción
1	Bajo	Terrazas compuestas por roca fresca a poco meteorizada (CG: Bueno - Muy bueno), ubicadas en zonas planas o serenas con pendientes menores de 7° donde predominan procesos acumulativos. Presentan buena cobertura vegetal (vegetación de gran altura o bosques), sin intervención antrópica y no se observan indicios de movimientos en masa antiguos o activos.
2	Medio	Talud/fanadera con pendientes promedio entre 7° y 15°, compuestas por roca moderadamente meteorizada y poco fracturada (CG: Regular) donde predominan procesos erosivos y acumulativos. Presentan mediana cobertura con vegetación de poca altura y meteorización sin intervención antrópica. Ocurrencia de movimientos en masa incipientes, relativamente locales esporádicos.
3	Alto	Talud/fanadera con pendientes promedio entre 15° y 22°, compuestas por roca meteorizada y fracturada (CG: Mala) donde predominan procesos erosivos. Terrazas con escasa vegetación o deforestación e intervención ordenada (urbanismo planificado). Evidencias de movimientos en masa antiguos y se evidencian movimientos en masa activos a nivel local.
4	Muy alto	Talud/fanadera con pendientes mayores a 22°, compuestas por roca muy meteorizada y fracturada (CG: Muy mala) donde predominan procesos de meteorización y erosión. Presentan escasa o nula vegetación a causa de los procesos antrópicos (intervención desordenada, urbanismo no planificado) y explotación de material rocoso. Existen evidencias de ocurrencia de movimientos en masa activos en zonas relativamente amplias.

ESCALA: 1: 10.000

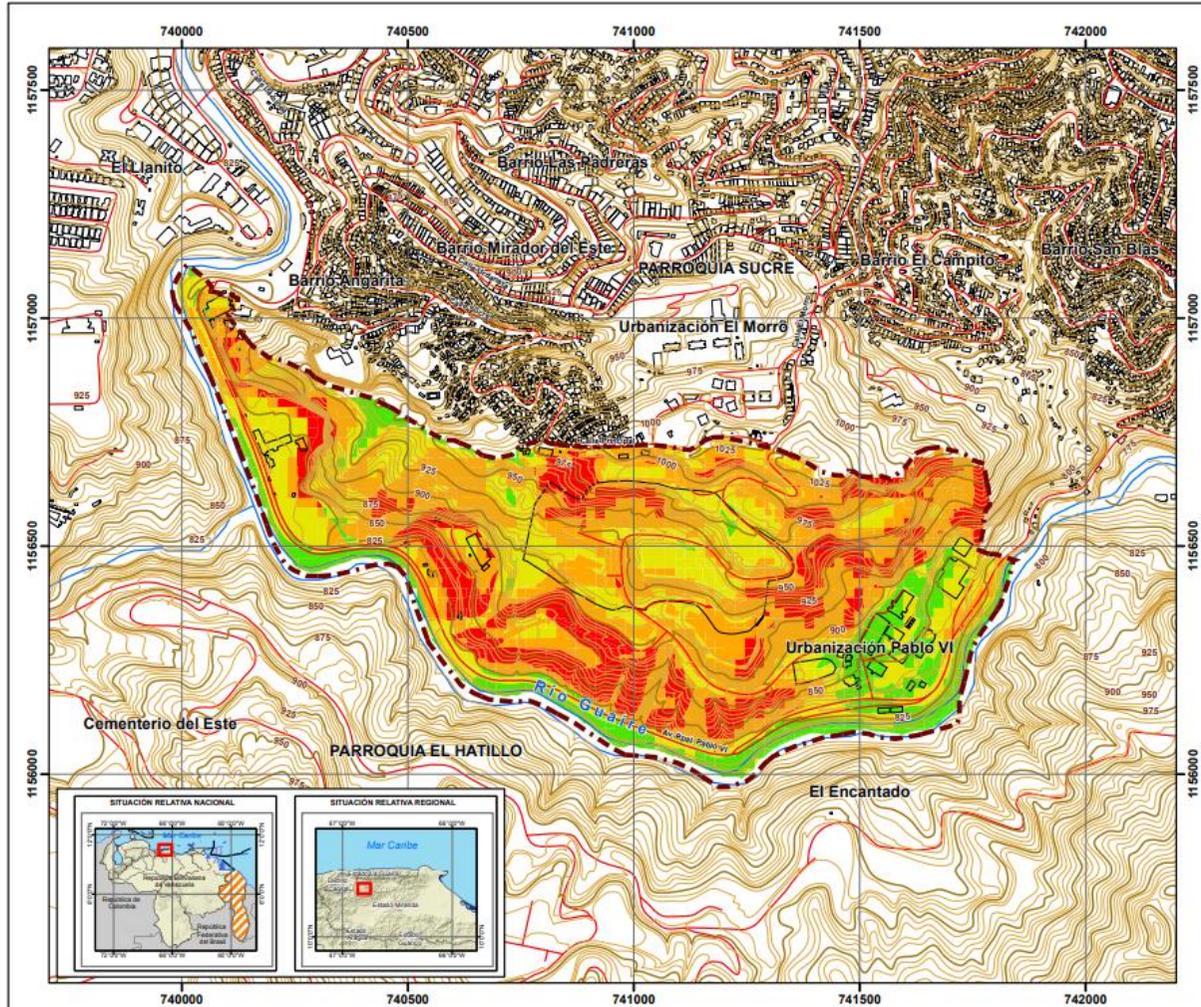
Mapa
 Proyección: Merica Transversal UTM Haas 1984
 Datum horizontal: SIRGAS-NOVEDN
 Espesor de referencia: GRASS

Base y Fuente Cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB)

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS
CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAIAS MEDINA
ANGARITA – PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO MIRANDA.

SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA

AUTORA: LIC. ESP. YELITZA ANGULO	TUTOR: MSC. ING. CARLOS PADRÓN	MAPA N.º: 9
ESCALA: 1: 10.000	FECHA: MARZO - 2020	



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y DESARROLLO REGIONAL
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO
TRABAJO DE GRADO

SIGNOS CONVENCIONALES	
Límites Límite de estado: Límite de municipio: Vialidad Autopista: Carretera pavimentada: Carretera no pavimentada:	Hidrografía Corriente de agua permanente: Corriente de agua intermitente: Altimetría Curvas de nivel principal: Curvas de nivel intermedia: Infraestructura Área urbana, centro poblado, sitio:

Área de estudio

AMENAZA UMBRAL 2 AÑOS

Bajo

Media

Alto

Muy alto

ESCALA: 1: 10.000

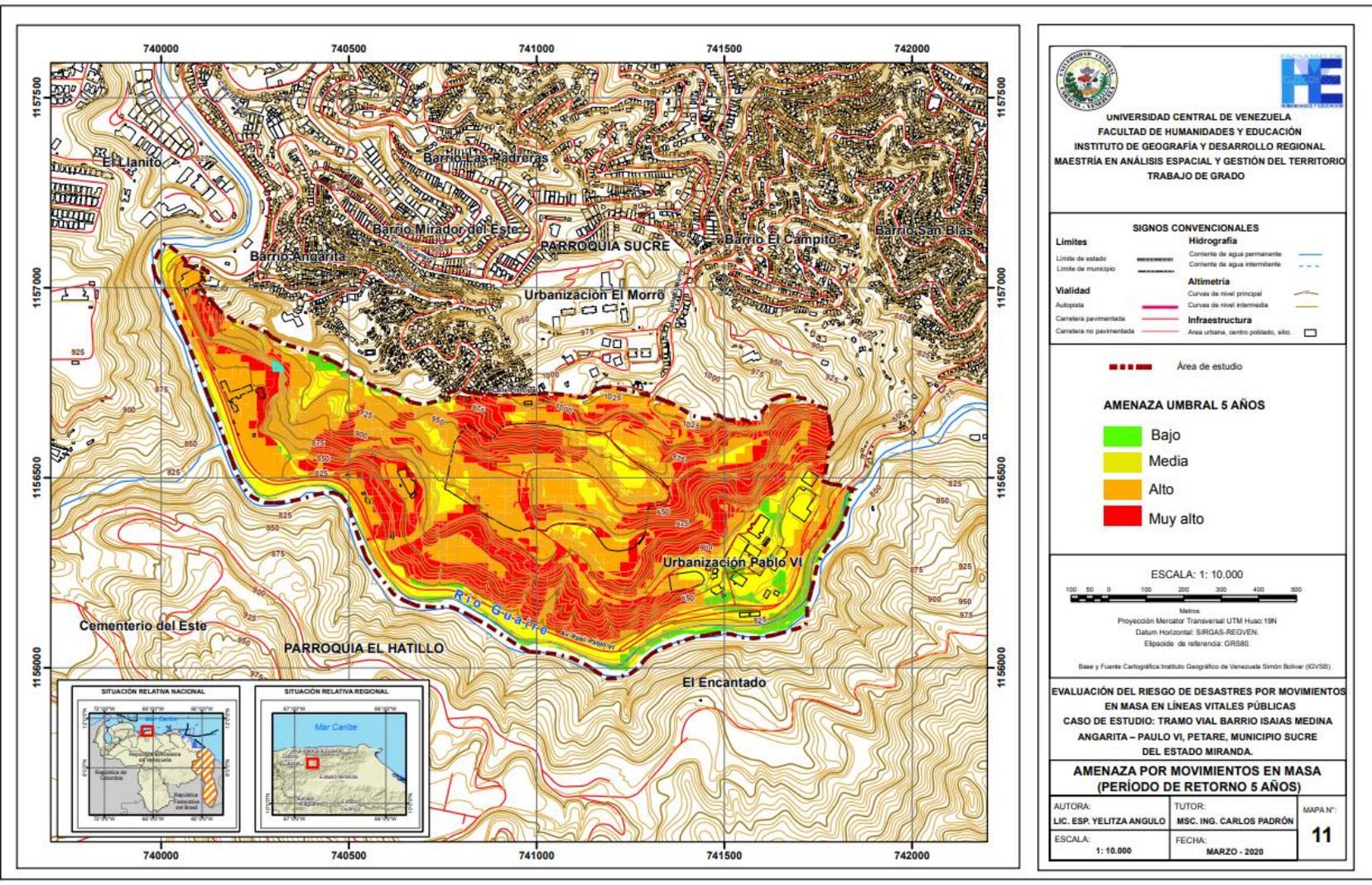
Proyección Mercator Transversal UTM Huso 19N
Datum Horizontal: SIRGAS-REOVEN
Elipsoide de referencia: GRS80.

Base y Fuente Cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB)

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS
CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAÍAS MEDINA ANGARITA – PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO MIRANDA.

AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA (PERÍODO DE RETORNO 2 AÑOS)

AUTORA: LIC. ESP. YELITZA ANGULO	TUTOR: MSC. ING. CARLOS PADRÓN	MAPA N°: 10
ESCALA: 1: 10.000	FECHA: MARZO - 2020	





UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
 FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
 INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y DESARROLLO REGIONAL
 MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO
 TRABAJO DE GRADO

SIGNOS CONVENCIONALES	
Límites Límite de estado:  Límite de municipio: 	Hidrografía Corriente de agua permanente:  Corriente de agua intermitente: 
Viabilidad Autopista:  Carretera pavimentada:  Carretera no pavimentada: 	Altimetría Curvas de nivel principal:  Curvas de nivel intermedia:  Infraestructura Área urbana, centro poblado, sitio: 

 Área de estudio

AMENAZA UMBRAL 5 AÑOS

ESCALA: 1: 10.000



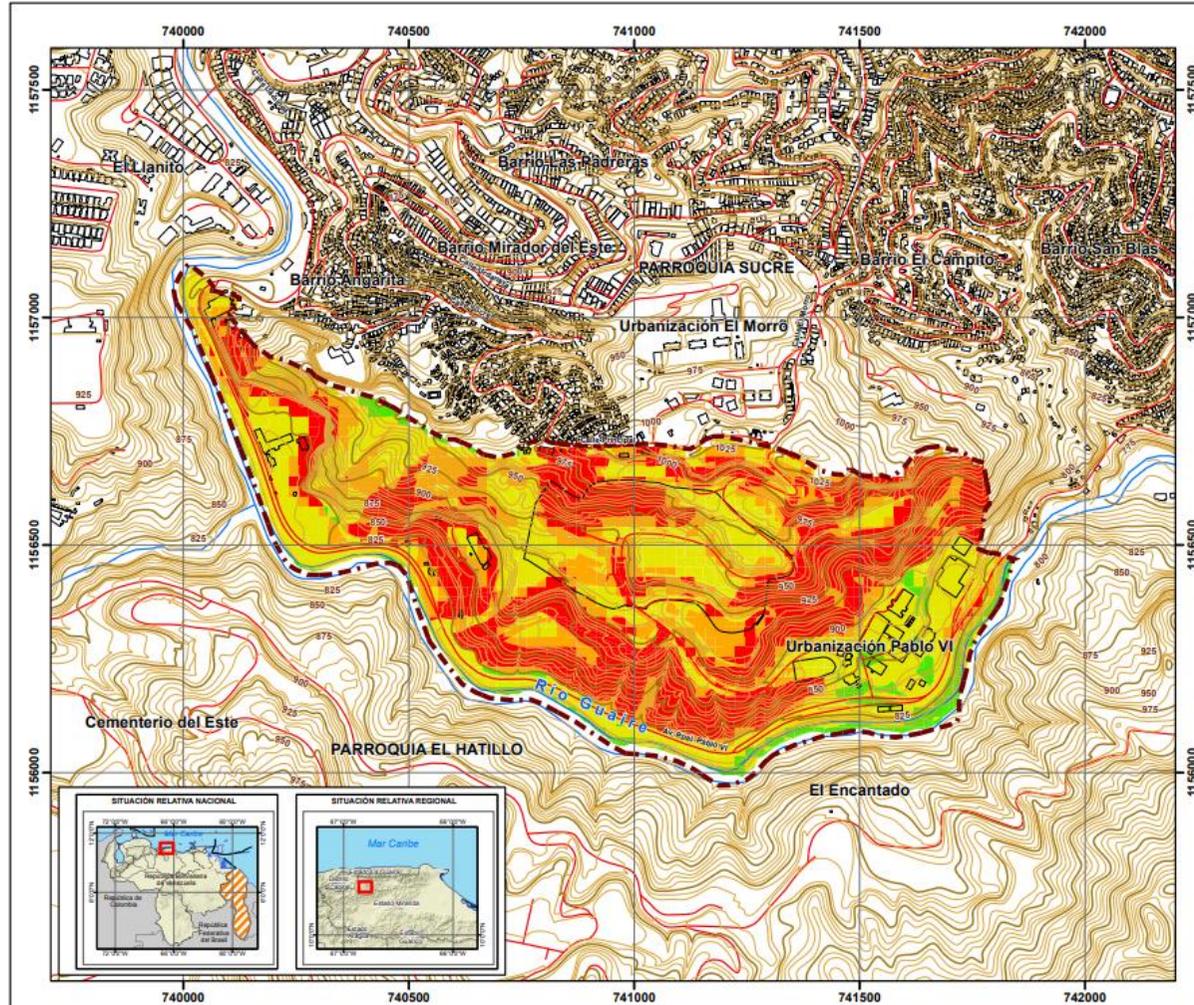
Proyección Mercator Transversal UTM Huso: 18N
 Datum Horizontal: SIRGAS-REGVEN.
 Elipsoide de referencia: GRS80.

Base y Fuente Cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB)

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS
CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAÍAS MEDINA ANGARITA – PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO MIRANDA.

AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA (PERÍODO DE RETORNO 5 AÑOS)

AUTORA: LIC. ESP. YELITZA ANGULO	TUTOR: MSC. ING. CARLOS PADRÓN	MAPA N°: 11
ESCALA: 1: 10.000	FECHA: MARZO - 2020	



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y DESARROLLO REGIONAL
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO
TRABAJO DE GRADO

Limites	SIGNOS CONVENCIONALES	Hidrografía
Límite de estado	-----	Corriente de agua permanente
Límite de municipio	-----	Corriente de agua intermitente
Vialidad		Altimetría
Autopista	-----	Curvas de nivel principal
Carretera pavimentada	-----	Curvas de nivel intermedia
Carretera no pavimentada	-----	Infraestructura
		Área urbana, centro poblado, sitio

----- Área de estudio

AMENAZA UMBRAL 10 AÑOS

■ Bajo
■ Media
■ Alto
■ Muy alto

ESCALA: 1: 10.000

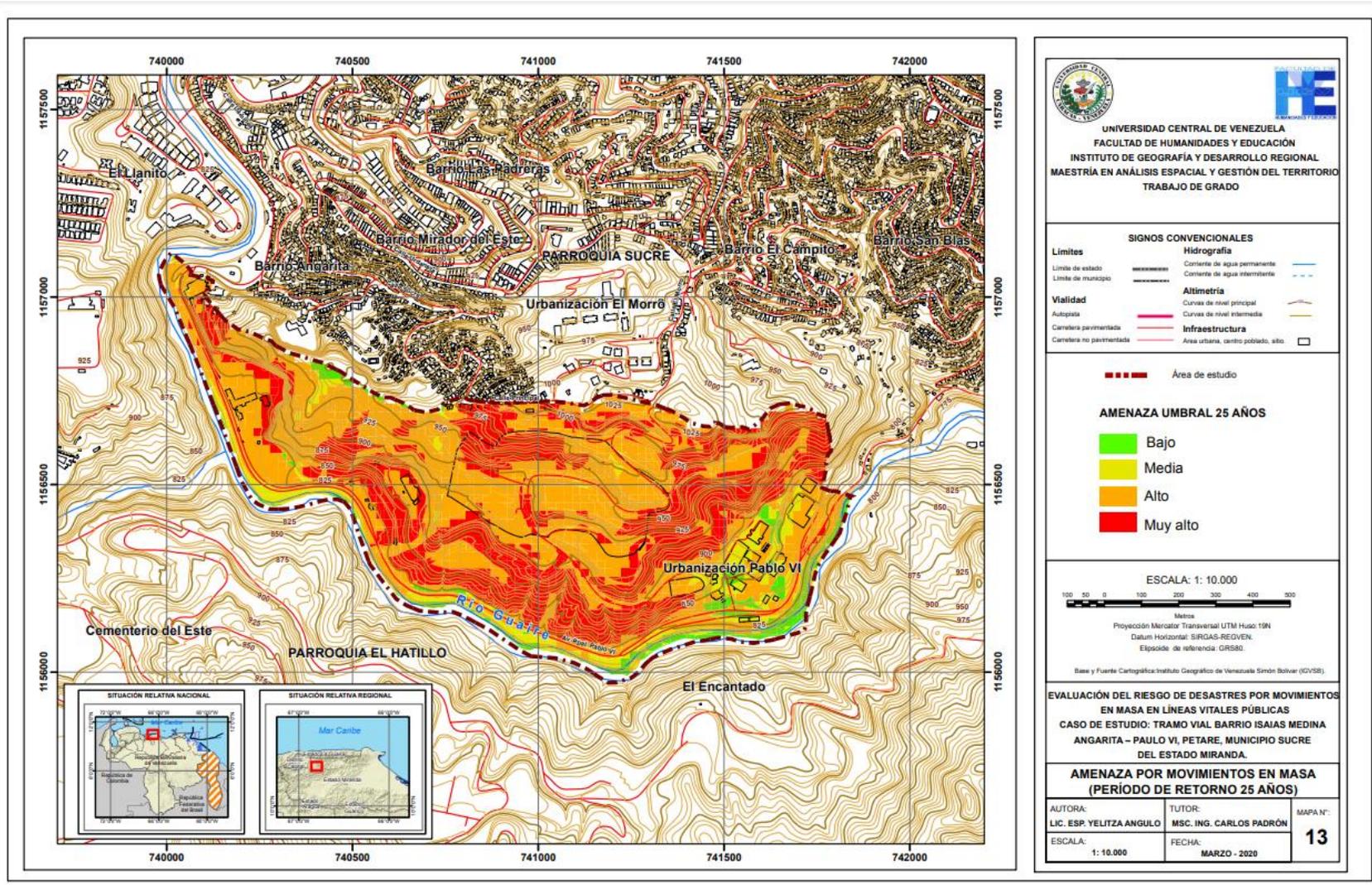
Metros
 Proyección Mercator Transversal UTM Huso: 19N
 Datum Horizontal: SIRGAS-REOVEN.
 Elipsoide de referencia: GRS80.

Base y Fuente Cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB)

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS
CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAÍAS MEDINA ANGARITA – PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO MIRANDA.

AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA (PERÍODO DE RETORNO 10 AÑOS)

AUTORA: LIC. ESP. YELITZA ANGULO	TUTOR: MSC. ING. CARLOS PADRÓN	12
ESCALA: 1: 10.000	FECHA: MARZO - 2020	





UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y DESARROLLO REGIONAL
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO
TRABAJO DE GRADO

SIGNOS CONVENCIONALES	
Límites Límite de estado Límite de municipio Vialidad Autopista Carretera pavimentada Carretera no pavimentada	Hidrografía Corriente de agua permanente Corriente de agua intermitente Altimetría Curvas de nivel principal Curvas de nivel intermedia Infraestructura Área urbana, centro poblado, sitio

■ ■ ■ ■ Área de estudio

AMENAZA UMBRAL 25 AÑOS

	Bajo
	Media
	Alto
	Muy alto

ESCALA: 1: 10.000



Mapa
 Proyección Mercator Transversal UTM Huso 19N
 Datum Horizontal: SIRGAS-REGVEN
 Elipsoide de referencia: GRS80.

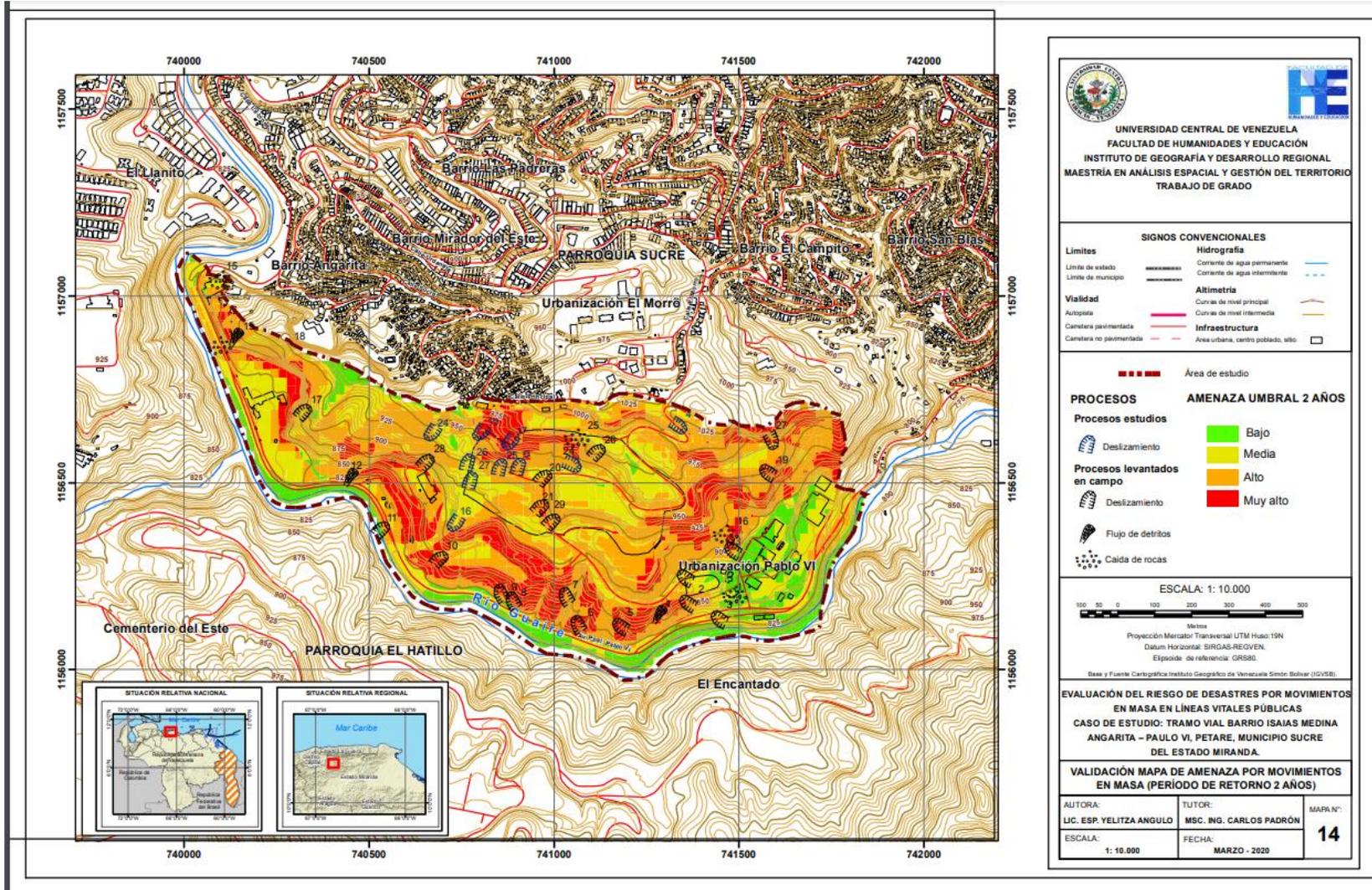
Base y Fuente Cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB).

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS
CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAIAS MEDINA ANGARITA – PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO MIRANDA.

AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA (PERIODO DE RETORNO 25 AÑOS)

AUTORA: LIC. ESP. YELITZA ANGULO	TUTOR: MSC. ING. CARLOS PADRON	13
ESCALA: 1: 10.000	FECHA: MARZO - 2020	







UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y DESARROLLO REGIONAL
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO
TRABAJO DE GRADO

SIGNOS CONVENCIONALES

Limites	Hidrografía
Limite de estado	Cuerpo de agua permanente
Limite de municipio	Cuerpo de agua intermitente
Viabilidad	Altimetría
Autopista	Curvas de nivel principal
Cametera pavimentada	Curvas de nivel intermedia
Cametera no pavimentada	Infraestructura
	Área urbana, centro poblado, sitio

■ ■ ■ ■ ■ Área de estudio

PROCESOS AMENAZA UMBRAL 2 AÑOS

Procesos estudiados	AMENAZA UMBRAL 2 AÑOS
Deslizamiento	Bajo
Procesos levantados en campo	Media
Deslizamiento	Alto
Flujo de detritos	Muy alto
Caida de rocas	

ESCALA: 1: 10.000

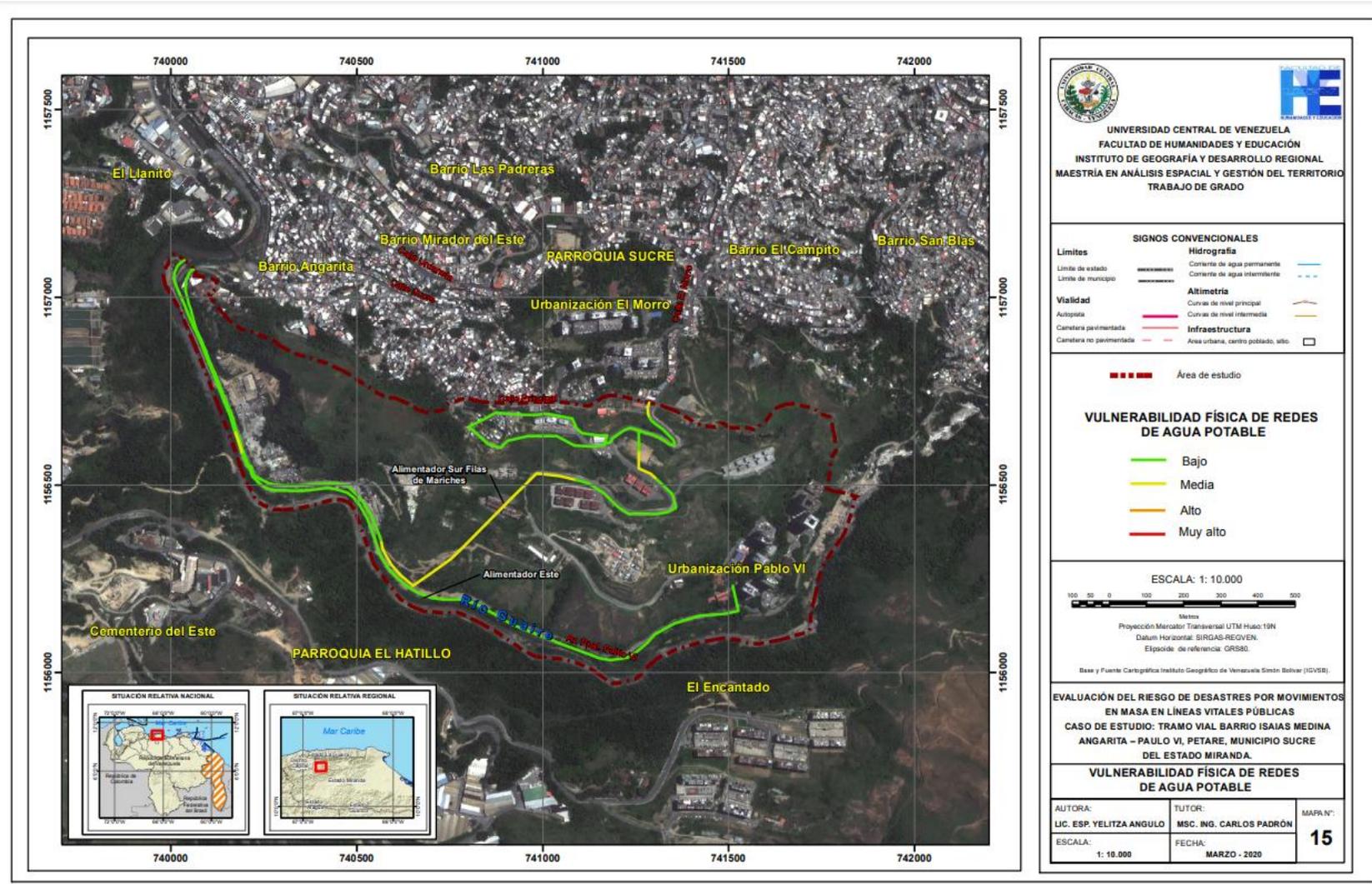
100 50 0 100 200 300 400 500
Metros

Proyección Mercator/ Transversal UTM Huso 19N
 Datum Horizontal: SIRGAS-REGVEN.
 Elipsoide de referencia: GRS80.
 Base y Fuente Cartográfica Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB).

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LINEAS VITALES PÚBLICAS
CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAÍAS MEDINA ANGARITA – PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO MIRANDA.

VALIDACIÓN MAPA DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA (PERÍODO DE RETORNO 2 AÑOS)

AUTORA: LIC. ESP. YELITZA ANGULO	TUTOR: MSC. ING. CARLOS PADRÓN	MAPA Nº: 14
ESCALA: 1: 10.000	FECHA: MARZO - 2020	



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
 FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
 INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y DESARROLLO REGIONAL
 MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO
 TRABAJO DE GRADO

SIGNOS CONVENCIONALES

Limites	Hidrografía
Límite de estado	Contorno de agua permanente
Límite de municipio	Contorno de agua intermitente
Visibilidad	Altimetría
Autopista	Curvas de nivel principal
Calletera pavimentada	Curvas de nivel intermedia
Calletera no pavimentada	Infraestructura
	Área urbana, centro poblado, sitio

■ ■ ■ ■ ■ Área de estudio

VULNERABILIDAD FÍSICA DE REDES DE AGUA POTABLE

- Bajo
- Media
- Alto
- Muy alto

ESCALA: 1: 10.000

0 100 200 300 400 500
 Metros

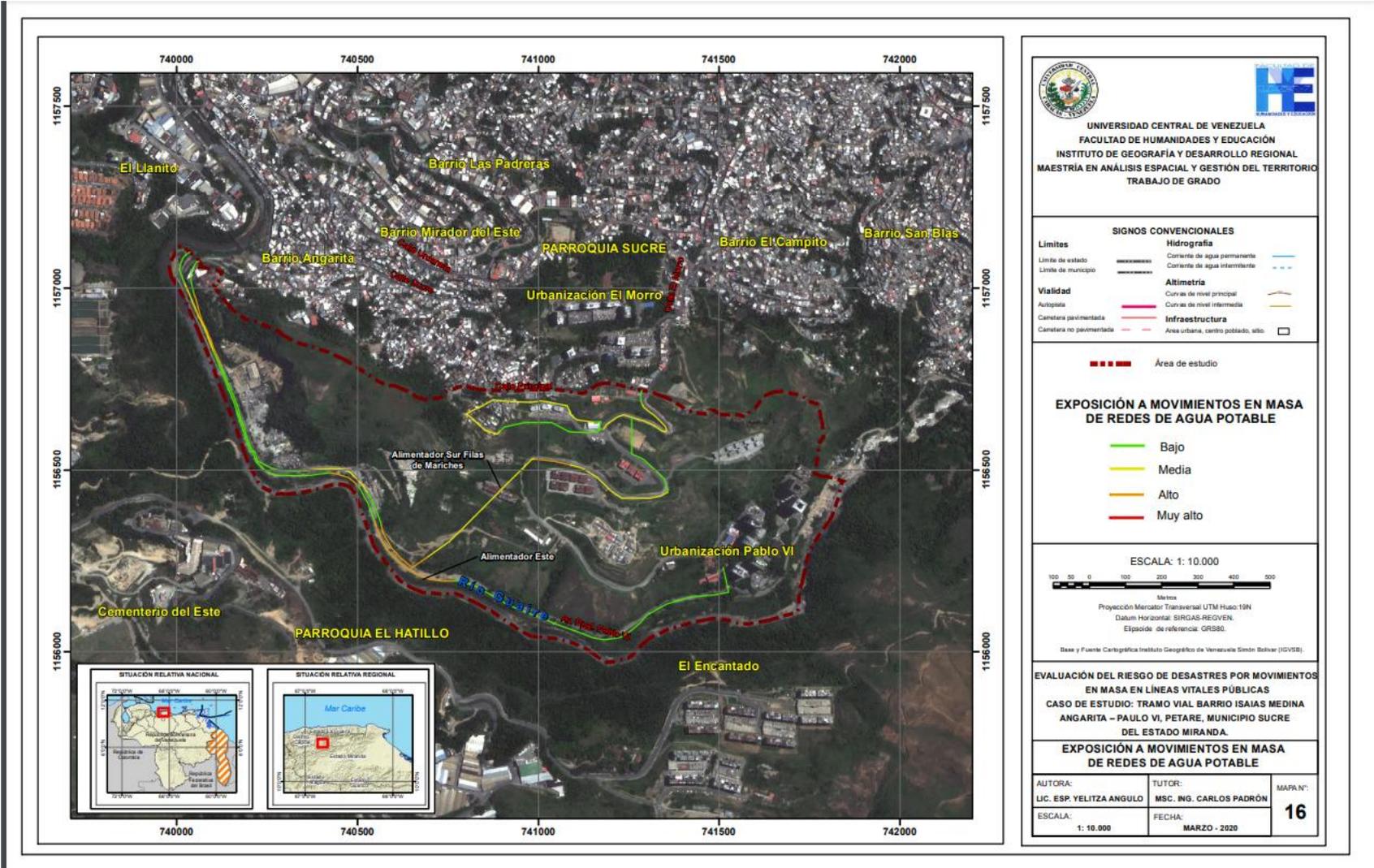
Proyección Mercator Transversal UTM Huso:19N
 Datum Horizontal: SIRGAS-REGVEN.
 Elipsoide de referencia: GRS80.

Base y Fuente Cartográfica Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB).

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS
CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAIAS MEDINA
ANGARITA - PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE
DEL ESTADO MIRANDA.

VULNERABILIDAD FÍSICA DE REDES DE AGUA POTABLE

AUTORA: LIC. ESP. YELITZA ANGULO	TUTOR: MSC. ING. CARLOS PADRÓN	MAPA N°: 15
ESCALA: 1: 10.000	FECHA: MARZO - 2020	




UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y DESARROLLO REGIONAL
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO
TRABAJO DE GRADO

SIGNOS CONVENCIONALES	
Límites	Hidrografía
Límite de estado	Curso de agua permanente
Límite de municipio	Curso de agua intermitente
Viabilidad	Altimetría
Autopista	Curvas de nivel principal
Calle pavimentada	Curvas de nivel intermedia
Calle no pavimentada	Infraestructura
	Área urbana, centro poblado, sitio

 Área de estudio

EXPOSICIÓN A MOVIMIENTOS EN MASA DE REDES DE AGUA POTABLE

-  Bajo
-  Media
-  Alto
-  Muy alto

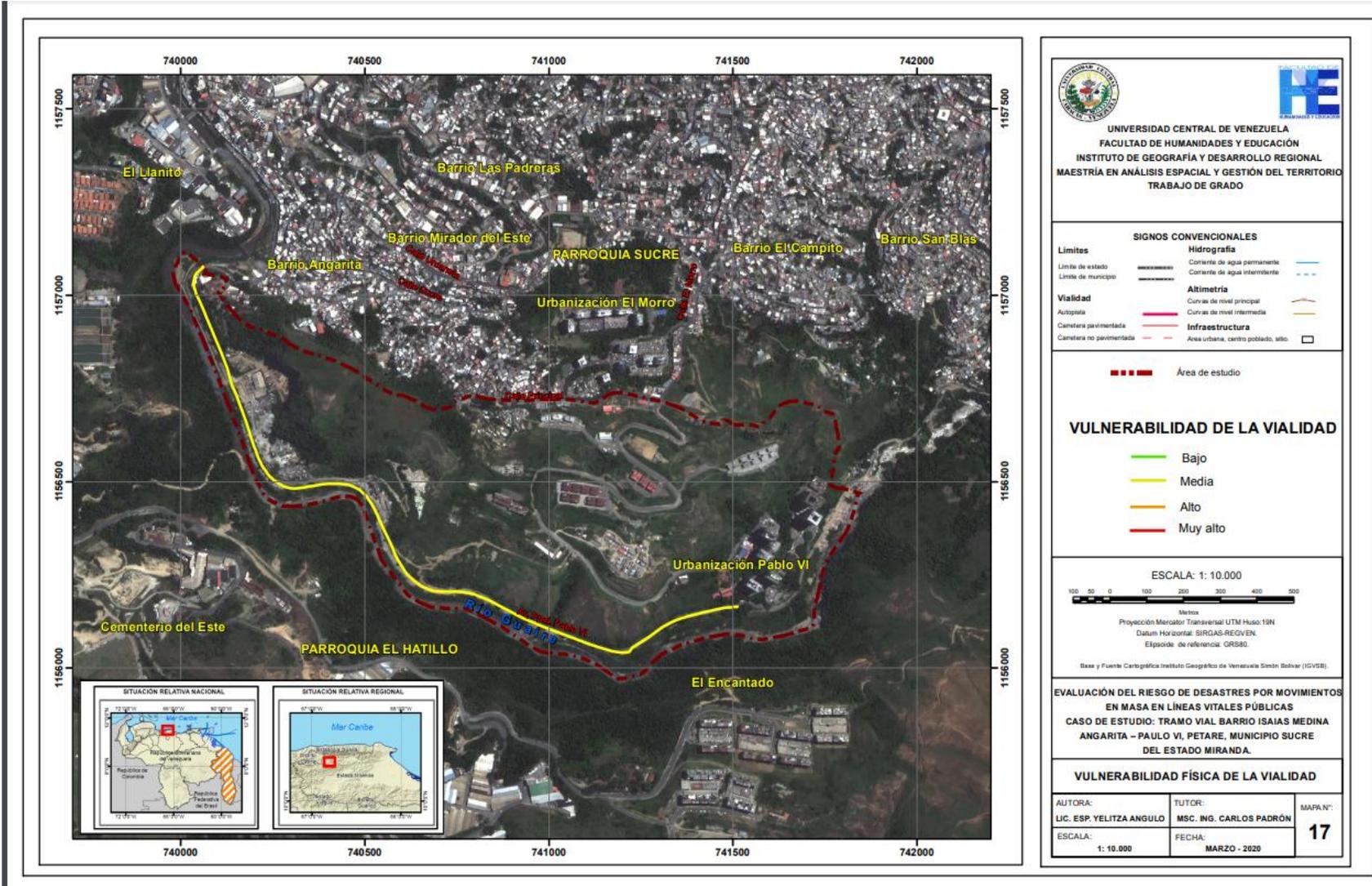
ESCALA: 1: 10.000

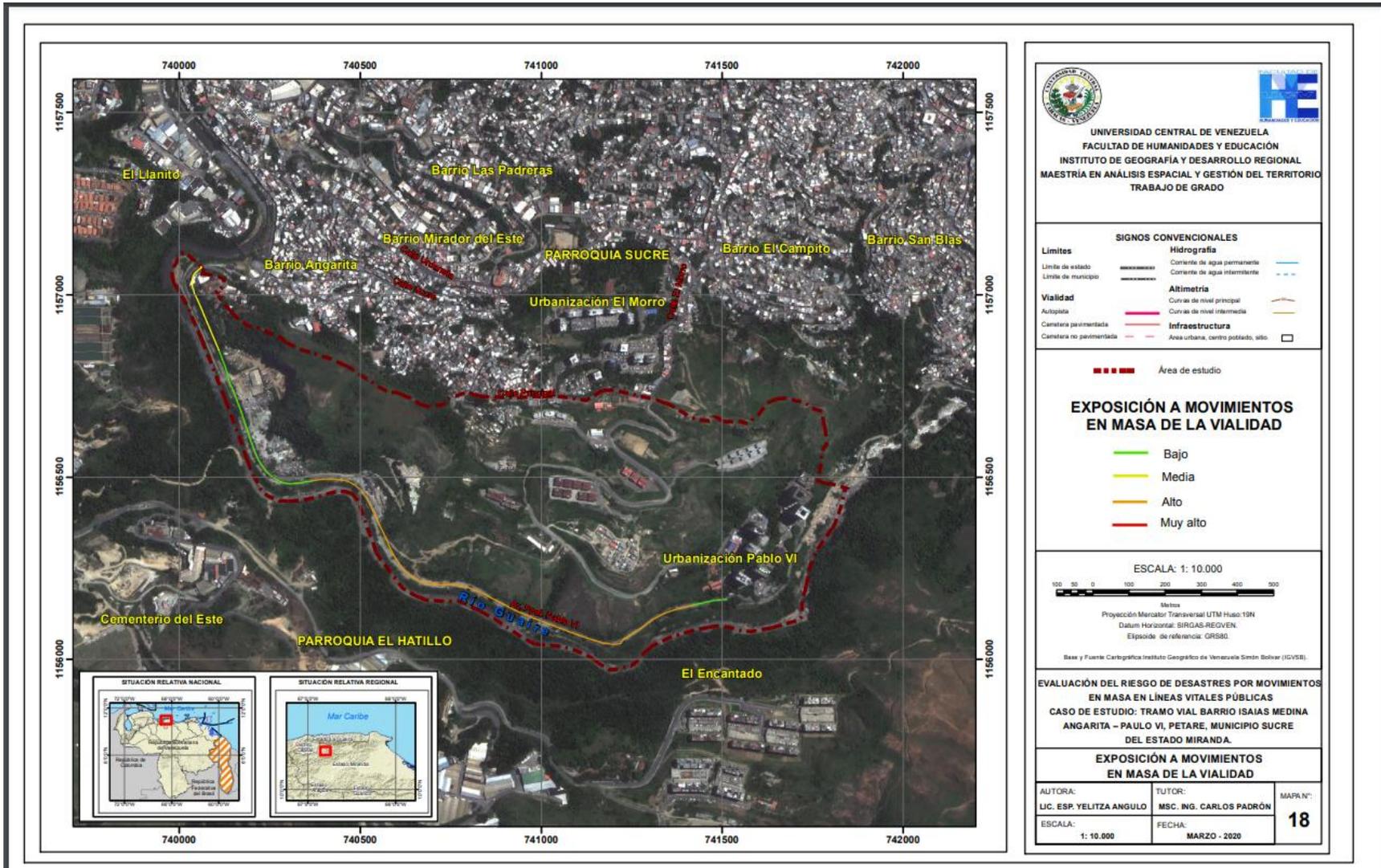
 Metros
 Proyección Mercator Transversal UTM Huso 19N
 Datum Horizontal: SIRGAS-REOVEN
 Esfera de referencia: GRS80
 Base y Fuente: Cartográfica Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB)

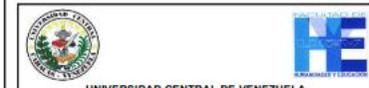
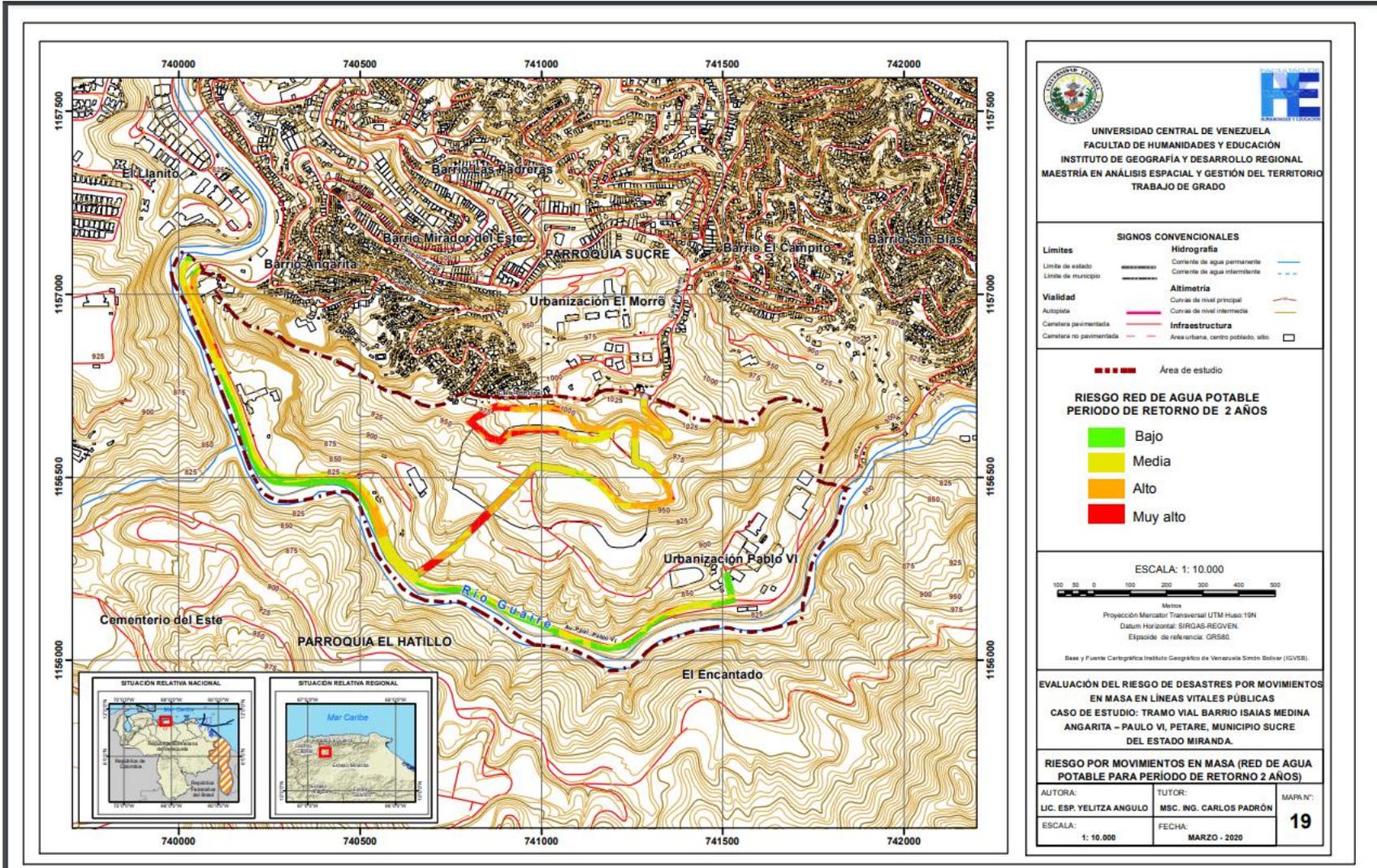
EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS
CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAIAS MEDINA ANGARITA – PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO MIRANDA.

EXPOSICIÓN A MOVIMIENTOS EN MASA DE REDES DE AGUA POTABLE

AUTORA: LIC. ESP. YELITZA ANGULO	TUTOR: MSC. ING. CARLOS PADRÓN	MAPA N°: 16
ESCALA: 1: 10.000	FECHA: MARZO - 2020	







UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
 FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
 INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y DESARROLLO REGIONAL
 MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO
 TRABAJO DE GRADO

SIGNOS CONVENCIONALES	
Limites	Hidrografía
Limite de estado	Corriente de agua permanente
Limite de municipio	Corriente de agua intermitente
Vialidad	Altimetría
Autopista	Curvas de nivel principal
Carretera pavimentada	Curvas de nivel intermedia
Carretera no pavimentada	Infraestructura
	Área urbana, centro poblado, sitio

Área de estudio

RIESGO RED DE AGUA POTABLE PERIODO DE RETORNO DE 2 AÑOS

- Bajo
- Media
- Alto
- Muy alto

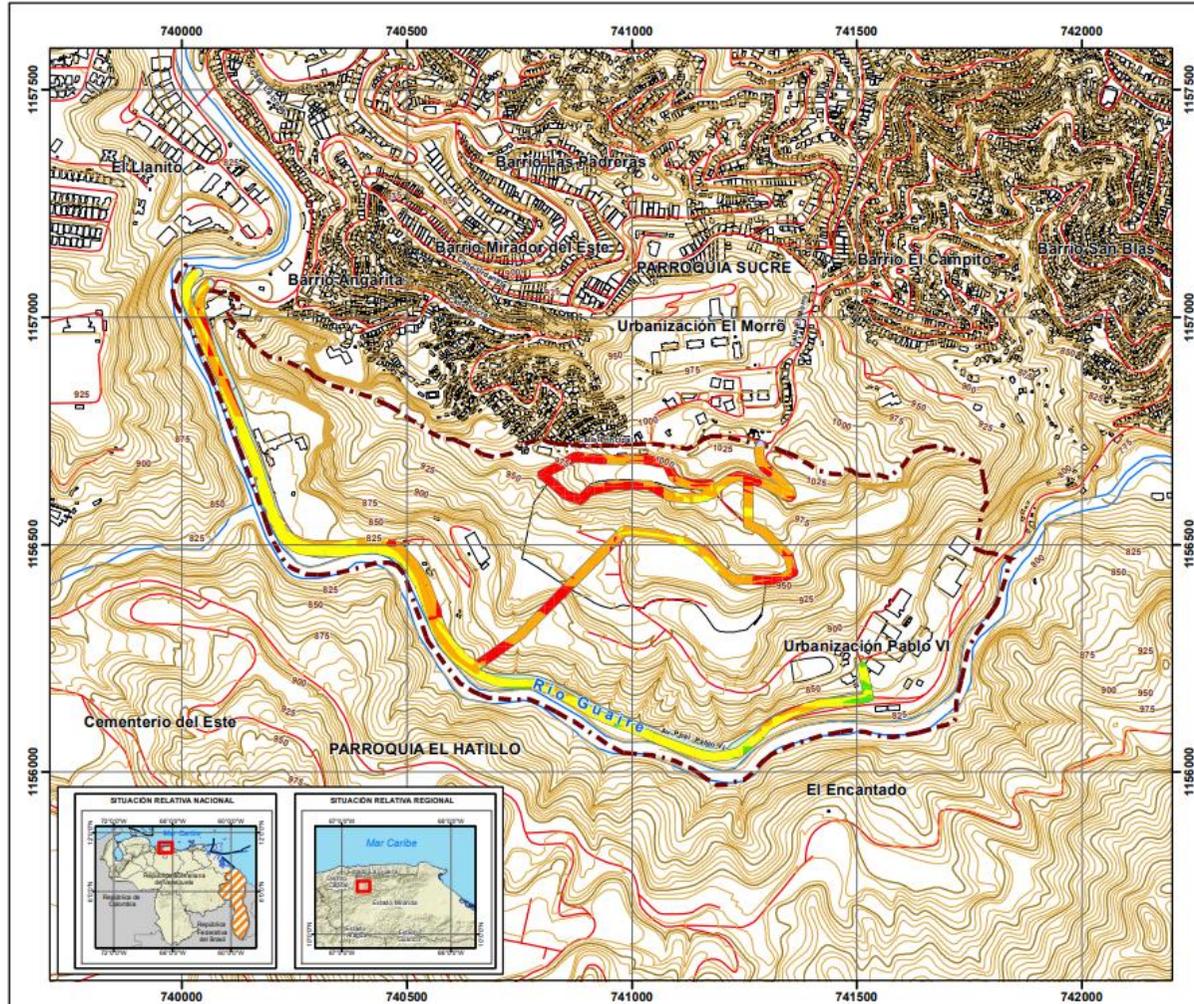
ESCALA: 1: 10.000

Proyección: Mercator Transversal UTM Huso 19N
 Datum Horizontal: SIRGAS-REGVEN
 Elipsoide de referencia: GRS80

Base y Fuente Cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGV/SB)

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS
CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAIAS MEDINA ANGARITA – PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO MIRANDA.

RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA (RED DE AGUA POTABLE PARA PERIODO DE RETORNO 2 AÑOS)		
AUTORA: LIC. ESP. YELITZA ANGULO	TUTOR: MSC. ING. CARLOS PADRÓN	MAPA N°: 19
ESCALA: 1: 10.000	FECHA: MARZO - 2020	





UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y DESARROLLO REGIONAL
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO
TRABAJO DE GRADO

SIGNOS CONVENCIONALES

Limites
 Límite de estado: 
 Límite de municipio: 

Vialidad
 Autopista: 
 Carretera pavimentada: 
 Carretera no pavimentada: 

Hidrografía
 Corriente de agua permanente: 
 Corriente de agua intermitente: 

Altimetría
 Curvas de nivel principal: 
 Curvas de nivel intermedia: 

Infraestructura
 Área urbana, centro poblado, sitio: 

 Área de estudio

**RIESGO AGUA POTABLE
PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS**

 Bajo
 Media
 Alto
 Muy alto

ESCALA: 1: 10.000



Metros
 Proyección Mericador Transversal UTM Huso 19N
 Datum Horizontal: SIRGAS-REOVEN.
 Elipsoide de referencia: GRS80.

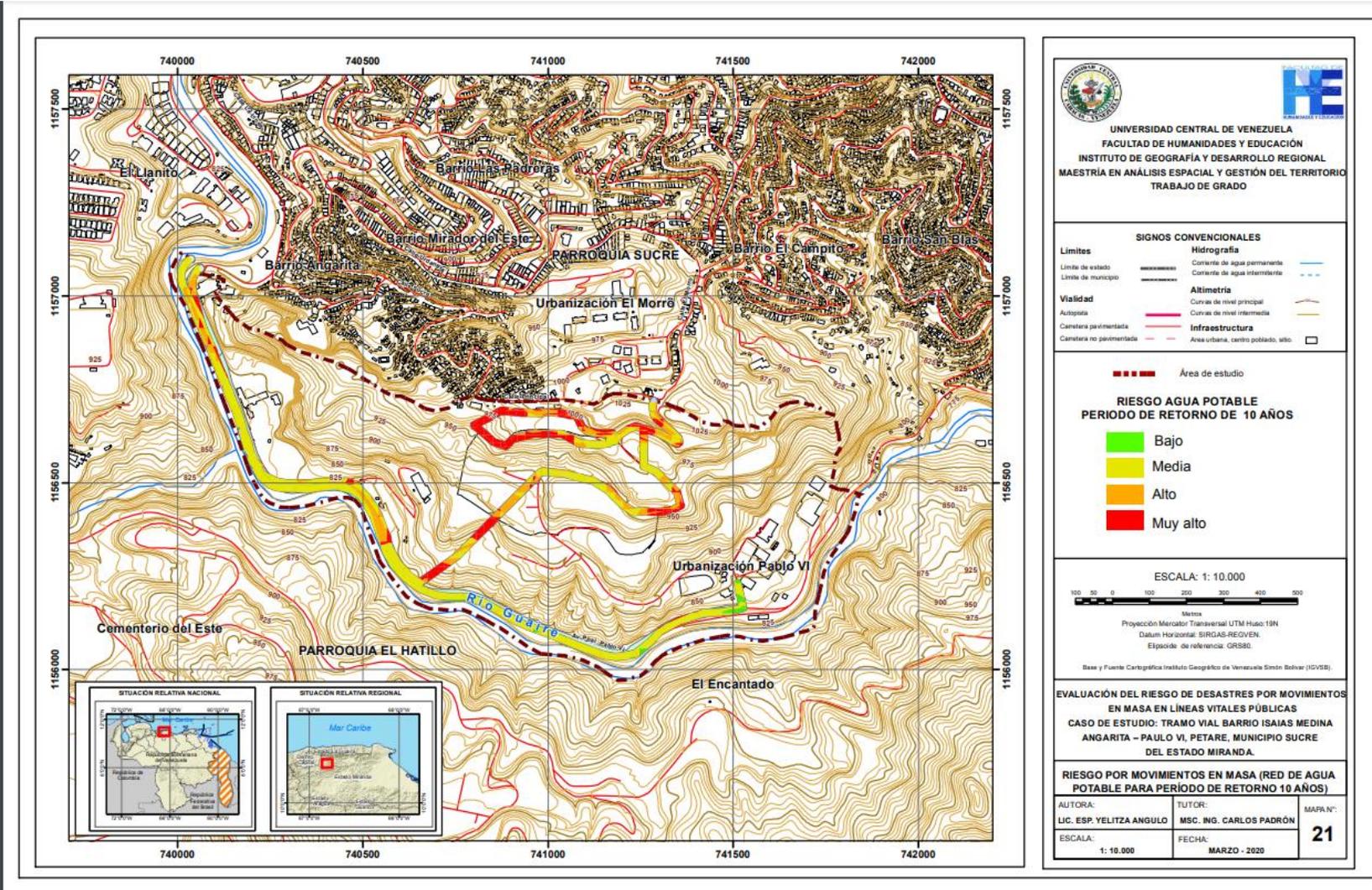
Base y Fuente Cartográfica Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB)

**EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS
EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS
CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAÍAS MEDINA
ANGARITA – PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE
DEL ESTADO MIRANDA.**

**RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA (RED DE AGUA
POTABLE PARA PERIODO DE RETORNO 5 AÑOS)**

AUTORA: LIC. ESP. YELITZA ANGLUO	TUTOR: MSC. ING. CARLOS PADRÓN	MAPA N°: 20
ESCALA: 1: 10.000	FECHA: MARZO - 2020	






UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y DESARROLLO REGIONAL
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO
TRABAJO DE GRADO

SIGNOS CONVENCIONALES

Límites	Hydrografía
Límite de estado	Corriente de agua permanente
Límite de municipio	Corriente de agua intermitente
Viabilidad	Altimetría
Autopista	Curvas de nivel principal
Carretera pavimentada	Curvas de nivel intermedia
Carretera no pavimentada	Infraestructura
	Área urbana, centro poblado, sitio

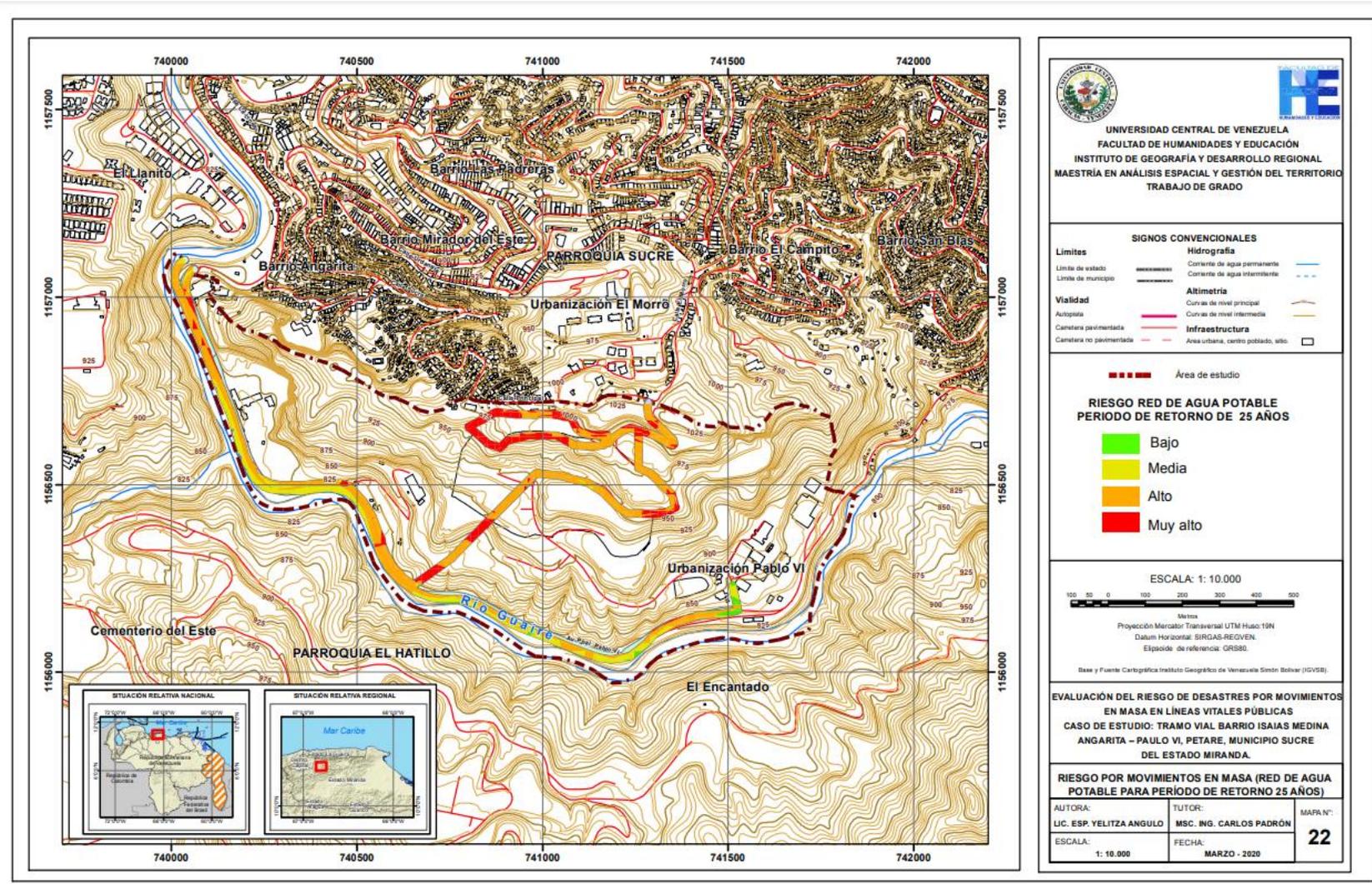
 Área de estudio
RIESGO AGUA POTABLE
PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS
 Bajo
 Media
 Alto
 Muy alto

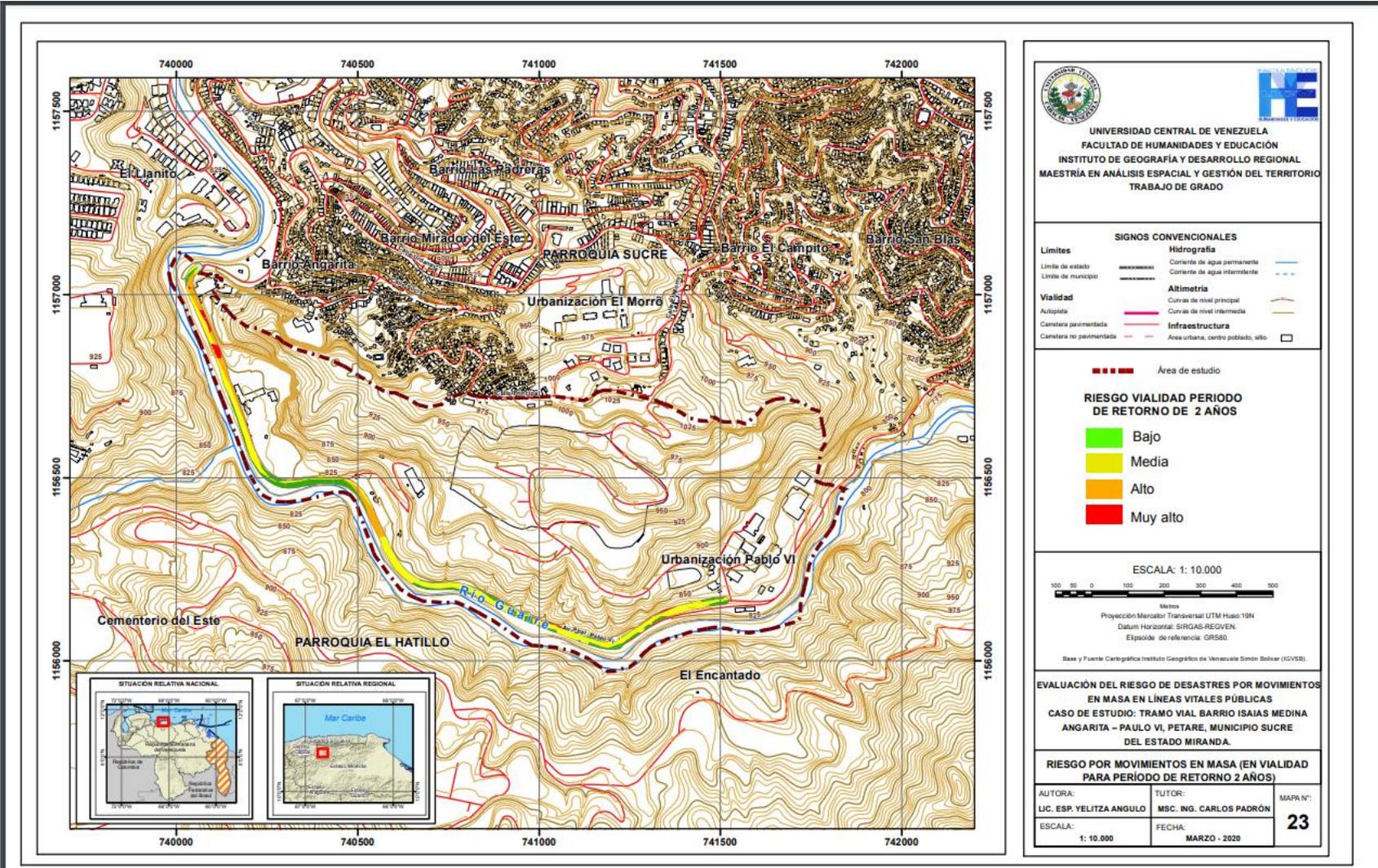
ESCALA: 1: 10.000

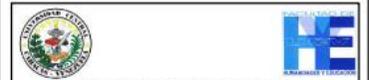
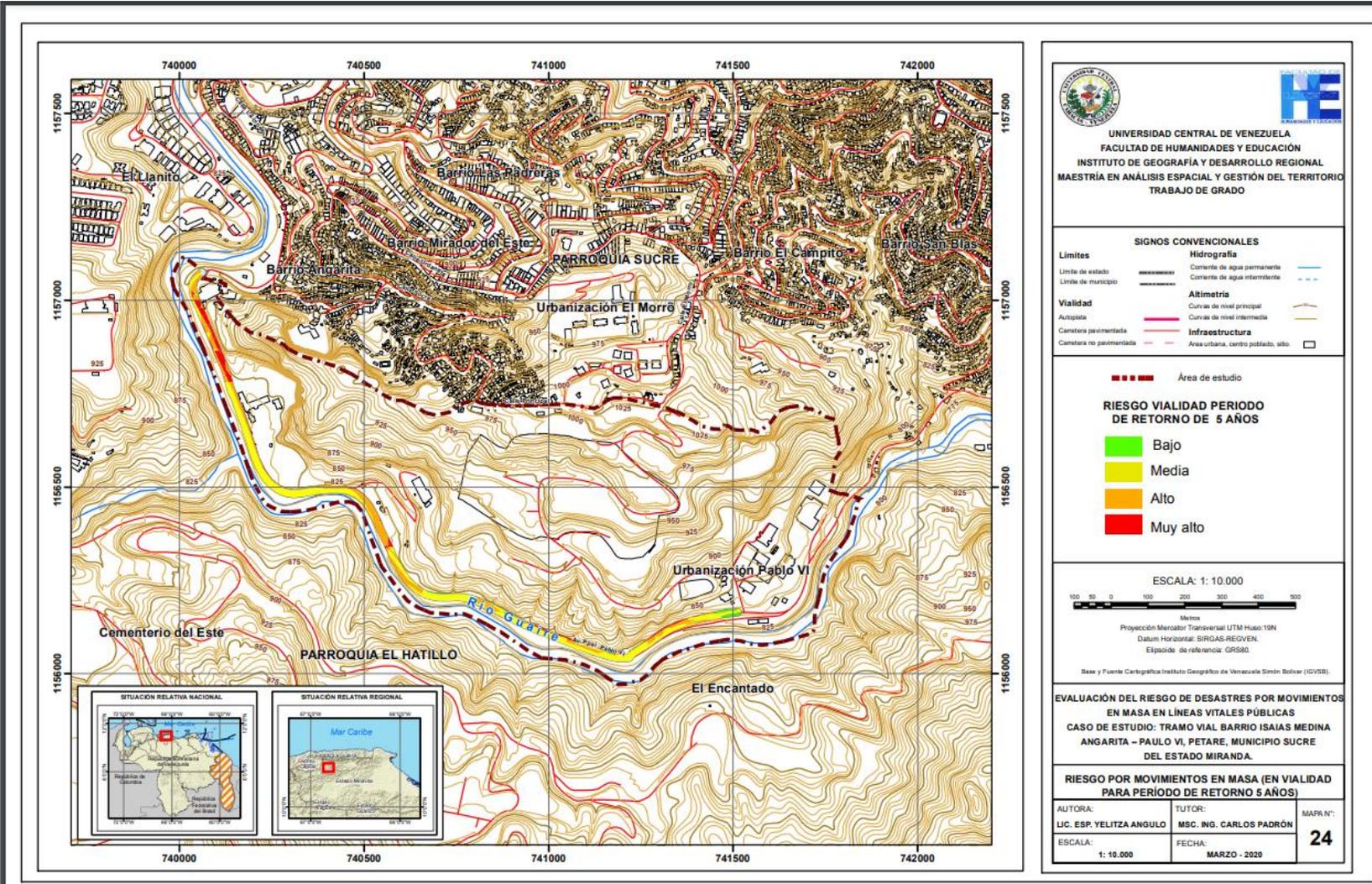
 Metro
 Proyección Mercator/ Transversal UTM Huso: 19N
 Datum Horizontal: SIRGAS-RECOVER.
 Elipsoide de referencia: GRS80.
Base y Fuente Cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVEB).

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LINEAS VITALES PÚBLICAS
CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAIAS MEDINA ANGARITA – PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO MIRANDA.

RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA (RED DE AGUA POTABLE PARA PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS)		
AUTORA: LIC. ESP. YELITZA ANGULO	TUTOR: MSC. ING. CARLOS PADRÓN	MAPA Nº: 21
ESCALA: 1: 10.000	FECHA: MARZO - 2020	







UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
 FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
 INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y DESARROLLO REGIONAL
 MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO
 TRABAJO DE GRADO

SIGNOS CONVENCIONALES	
Límites	Hidrografía
Límite de estado	Corriente de agua permanente
Límite de municipio	Corriente de agua intermitente
Vialidad	Altimetría
Autopista	Curvas de nivel principal
Camatera pavimentada	Curvas de nivel intermedia
Camatera no pavimentada	Infraestructura
	Área urbana, centro poblado, sitio

■ ■ ■ ■ Área de estudio

RIESGO VIALIDAD PERIODO DE RETORNO DE 5 AÑOS

■	Bajo
■	Media
■	Alto
■	Muy alto

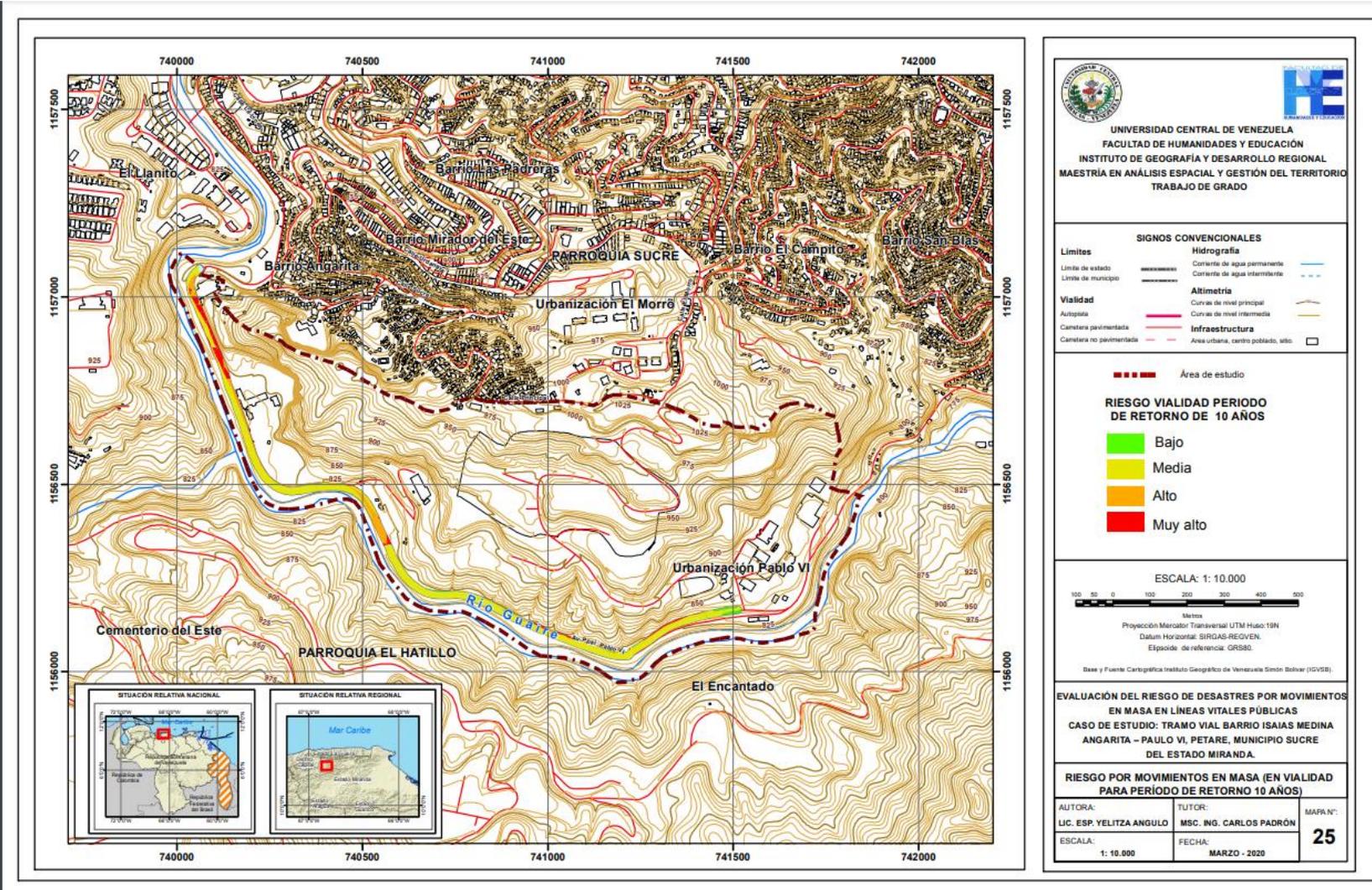
ESCALA: 1: 10.000

Metros
 Proyección Mercator Transversal UTM Huso 19N
 Datum Horizontal: SIRGAS-REGVEN.
 Elipsoide de referencia: GRS80.

Base y Fuente Cartográfica Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB).

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS
CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAIAS MEDINA ANGARITA – PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO MIRANDA.

RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA (EN VIALIDAD PARA PERÍODO DE RETORNO 5 AÑOS)		
AUTORA: LIC. ESP. YELITZA ANGULO	TUTOR: MSC. ING. CARLOS PADRÓN	MAPA N°: 24
ESCALA: 1: 10.000	FECHA: MARZO - 2020	





UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE HUMANIDADES Y EDUCACIÓN
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y DESARROLLO REGIONAL
MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GESTIÓN DEL TERRITORIO
TRABAJO DE GRADO

SIGNOS CONVENCIONALES

Limites	Hidrografía
Limite de estado	Corriente de agua permanente
Limite de municipio	Corriente de agua intermitente
Viabilidad	Altimetría
Autopista	Curvas de nivel principal
Cametera pavimentada	Curvas de nivel intermedia
Cametera no pavimentada	Infraestructura
	Área urbana, centro poblado, sitio

■ ■ ■ ■ ■ Área de estudio

RIESGO VIABILIDAD PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS

 Bajo
 Media
 Alto
 Muy alto

ESCALA: 1: 10.000



Proyección Mercator Transversal UTM Huso 19N
Datum Horizontal: SIRGAS-REOVEN.
Elipsoide de referencia: GRS80.

Base y Fuente Cartográfica: Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB).

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LÍNEAS VITALES PÚBLICAS
CASO DE ESTUDIO: TRAMO VIAL BARRIO ISAÍAS MEDINA ANGARITA – PAULO VI, PETARE, MUNICIPIO SUCRE DEL ESTADO MIRANDA.

RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA (EN VIABILIDAD PARA PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS)

AUTORA: LIC. ESP. YELITZA ANGULO	TUTOR: MSc. ING. CARLOS PADRÓN	MAPA Nº: 25
ESCALA: 1: 10.000	FECHA: MARZO - 2020	

