



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DIAGNÓSTICO DE LA VULNERABILIDAD EN EDIFICACIONES UBICADAS EN
LA ZONA DE INFLUENCIA DE UN TRAMO DE LAS QUEBRADAS SESTEADERO
Y LOS GÓMEZ DEL MUNICIPIO DE ITAGÜÍ ANTE AMENAZA SÍSMICA,
INUNDACIÓN Y MOVIMIENTOS EN MASA.**

Autor:

John Alexander Sánchez Maya

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil

(Escuela ambiental)

Medellín, Colombia

2019



DIAGNÓSTICO DE LA VULNERABILIDAD EN EDIFICACIONES UBICADAS EN LA
ZONA DE INFLUENCIA DE UN TRAMO DE LAS QUEBRADAS SESTEADERO Y LOS
GÓMEZ DEL MUNICIPIO DE ITAGÜÍ ANTE AMENAZA SÍSMICA, INUNDACIÓN Y
MOVIMIENTOS EN MASA.

John Alexander Sanchez Maya

Informe de práctica como requisito para optar al título de:
Ingeniero Civil

Asesores

Yenni Mariana Ramírez Mazo
Nora Elena Villegas Jiménez

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil, Escuela ambiental.

Medellín, Colombia
2019

TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN	6
2	INTRODUCCIÓN	6
3	OBJETIVOS	8
	Objetivo general:	8
	Objetivos específicos:	8
4	MARCO TEÓRICO	8
5	METODOLOGÍA	10
	Recopilación de información bibliográfica:	10
	Revisión de la información base:	10
	Visitas de campo:	10
	Análisis de la información:	11
	Cálculo de la vulnerabilidad:	11
	Elaboración del mapa:	11
	Informe final:	11
6	RESULTADOS Y ANÁLISIS	11
	Recopilación de información bibliográfica.	11
	Revisión de la información base:	12
	Visitas de campo:	18
	Análisis de la información:	26
	Cálculo de la vulnerabilidad.....	28
	Elaboración del mapa:	42
7	CONCLUSIONES	44
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
9	ANEXOS	46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Consolidado de registros para el municipio de Itagüí entre los años 1929 – 2017....	12
Tabla 2. Ficha técnica para el diagnóstico de vulnerabilidad.	25
Tabla 3. Influencia de variables en la capacidad de respuesta ante cada amenaza.	27
Tabla 4. Factores indicadores establecidos para cada variable de vulnerabilidad.	28
Tabla 5. Calificación de factores indicadores.	29
Tabla 6. Ponderación ante amenaza sísmica.	30
Tabla 7. Ponderación ante amenaza de inundación.....	30
Tabla 8. Ponderación ante amenaza por movimiento. en masa.	31
Tabla 9. Rangos para el cálculo del nivel de vulnerabilidad.....	31
Tabla 10. Ficha técnica de diagnóstico de vulnerabilidad.	32
Tabla 11. Resultados de factores indicadores, ejemplo edificación # 4.....	33
Tabla 12. Resultado del nivel de vulnerabilidad sísmica, ejemplo edificación # 4.	33
Tabla 13. Resultado del nivel de vulnerabilidad de inundación, ejemplo edificación # 4.....	34
Tabla 14. Resultado del nivel de vulnerabilidad por movimiento en masa, ejemplo edificación # 4.....	34
Tabla 15. Resultados totales del nivel de vulnerabilidad.	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de ocurrencia de eventos para el municipio de Itagüí.	13
Figura 2. Mapa de eventos en el municipio de Itagüí (Universidad Nacional de Colombia, 2018).	13
Figura 3. Movimiento en masa en ladera vereda El Ajizal (Universidad Nacional de Colombia, 2018).	14
Figura 4. Movimientos en masa asociados a los cortes hechos para la construcción de la vía en la vereda Ajizal. (Universidad Nacional de Colombia, 2018).	14
Figura 5. Mapa de amenaza de movimientos en masa de la zona de estudio.	15
Figura 6. Mapa de pendientes en zona de estudio.	15
Figura 7. Amenaza sísmica Itagüí.	16
Figura 8. Zonas de amenaza sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av.	17
Figura 9. Mapa de localización general.	18
Figura 10. Zona de estudio y recorridos de campo.	18
Figura 11. Recorridos de campo, inspección general de la zona de estudio.	19
Figura 12. Recorridos de campo, sector Los Gatos, vereda El Ajizal.	19
Figura 13. Recorridos de campo, sector El Beneficio, vereda El Ajizal.	20
Figura 14. Recorridos de campo, sector Los Sánchez, vereda El Ajizal.	20
Figura 15. Recorridos de campo, sector Los Sánchez, vereda El Ajizal.	21
Figura 16. Recorridos de campo, sector Betania, vereda Los Gómez.	21
Figura 17. Depósito inadecuado en la margen de la quebrada El Sesteadero, vereda el Ajizal.	22
Figura 18. lleno inadecuado en ladera cerca a la Quebrada Los Gómez.	22
Figura 19. Movimiento en masa en ladera vereda Los Gómez ocurrido en mayo, 2019.	23
Figura 20. Depósito inadecuado de residuos sólidos vereda El Ajizal. Mayo, 2019.	23
Figura 21. evaluación de afluentes en la zona de estudio.	24
Figura 22. Detalle de mapa para nivel de vulnerabilidad sísmica, edificación # 4.	35
Figura 23. Detalle de mapa para nivel de vulnerabilidad ante inundación, edificación # 4. ...	35
Figura 24. Detalle de mapa para nivel de vulnerabilidad ante movimiento en masa, edificación # 4.	36
Figura 25. . Representación de los valores de factores indicadores para cada variable de vulnerabilidad ante amenaza sísmica.	36
Figura 26. Representación de los valores de factores indicadores para cada variable de vulnerabilidad ante amenaza inundación.	37
Figura 27. Representación de los valores de factores indicadores para cada variable de vulnerabilidad ante amenaza por mov. en masa.	38
Figura 28. Resultados totales del nivel de vulnerabilidad.	41
Figura 29. Elaboración de mapa, desarrollo de capa poligonal de cada edificación en Arcmap.	42
Figura 30. Vinculación de resultados de vulnerabilidad en la tabla de atributos de cada edificación en el mapa.	43
Figura 31. representación de los niveles de vulnerabilidad en el mapa.	43

DIAGNÓSTICO DE LA VULNERABILIDAD EN EDIFICACIONES UBICADAS EN LA ZONA DE INFLUENCIA DE UN TRAMO DE LAS QUEBRADAS SESEADERO Y LOS GÓMEZ DEL MUNICIPIO DE ITAGÜÍ ANTE AMENAZA SÍSMICA, INUNDACIÓN Y MOVIMIENTOS EN MASA.

1 RESUMEN

El Manzanillo, corregimiento perteneciente al Municipio de Itagüí del departamento de Antioquia, cuenta con 8 veredas y una extensión territorial aproximada de 7,2 km² donde el incremento poblacional es evidente con el pasar de los años. Por tal motivo, se ve la necesidad de crear un plan corregimental para la gestión integral del territorio; en el cual se establece la obligación de crear un plan de gestión de riesgo que es un componente fundamental para ordenar y mitigar las vulnerabilidades físicas y sociales del territorio rural. Este estudio se esbozó enmarcado en una propuesta metodológica para el diagnóstico y análisis de la vulnerabilidad que presentan las edificaciones ubicadas en zona de retiro de un tramo de las quebradas El Sesteadero y Los Gómez inmersas en el corregimiento.

Las amenazas que se tuvieron en cuenta para este diagnóstico de vulnerabilidad fueron la amenaza por sismo, inundación y remoción en masa; la información local de estas amenazas fue suministrada desde la base de datos del municipio, documentación que fue pieza clave para la evaluación de las vulnerabilidades. Las metodologías empleadas en el estudio fueron de carácter cualitativo, la cual se enfocó en calificar las edificaciones a partir de variables de vulnerabilidad; y de evaluación heurística, que se encargó de otorgarle una calificación y ponderación a las variables de vulnerabilidad establecidas. La recolección de los datos para la calificación de las variables se hizo por medio de visitas de campo a través de la margen de las quebradas en estudio; así como con la ayuda de la información base y bibliográfica encontrada y el uso de sistemas de información geográfica. Los resultados obtenidos permitieron verificar la viabilidad práctica del cálculo de la vulnerabilidad en las edificaciones, siendo el punto de partida para el desarrollo de un análisis técnico a detalle, en vista de que estas metodologías arrojan un análisis cualitativo que no debe emplearse como un único estudio de vulnerabilidad.

2 INTRODUCCIÓN

El Municipio de Itagüí se encuentra ubicado en la zona sur del Valle de Aburrá del Departamento de Antioquia, cuenta con 17 km² de extensión territorial, de los cuales 7,2 km² pertenecen a la zona rural. Su cabecera municipal está situada en 6°10'21"N-75°36'35"O y ubicado a una altura aproximada de 1550 msnm. Itagüí cuenta con un solo corregimiento llamado el Manzanillo al cual le pertenecen 8 veredas, donde se ha evidenciado el crecimiento acelerado de la población que conlleva a una pérdida progresiva del suelo rural, generando una disminución del soporte ambiental del territorio a niveles que pueden representar un riesgo inminente para la vida de sus habitantes (DAP Itagüí, 2018). El Ajizal y Los Gómez, hacen parte de las 8 veredas del Manzanillo; cuentan un área conjunta de aproximadamente 1,4 km² y se encuentran en la zona norte del municipio. Estas veredas, conforman la zona de estudio del proyecto en la cual se encuentran las quebradas El Sesteadero y Los Gómez.

Las microcuencas pertenecientes al corregimiento El Manzanillo (La María, La Tablaza y El Sesteadero) se encuentran expuestas a factores tanto naturales como antrópicos, los cuales representan un nivel de riesgo para los habitantes y el medio ambiente respectivamente. Entre los factores naturales que pueden afectar la seguridad y habitabilidad de las personas, se

encuentran: los movimientos telúricos, movimientos en masa y principalmente la amenaza por inundación; ya que la cuenca capta todo el recurso hídrico de la zona, dirigiéndolo hacia el cauce principal de la misma. Por otro lado, los factores antrópicos identificados en la zona rural del corregimiento son la disposición inadecuada de residuos sólidos y la alteración del drenaje natural del terreno a causa de la construcción de edificaciones; lo cual puede ocasionar represamientos en el cauce, deslizamientos, manejo inadecuado del agua y demás afectaciones que generan una zona altamente vulnerable ante una eventual amenaza.

Por otro lado, cabe anotar que, a nivel regional los terrenos que ocupa el corregimiento el Manzanillo y sus alrededores se localizan sobre el Stock de Altavista, un cuerpo ígneo de edad Cretáceo (Restrepo y Toussaint, 1984), esta unidad ígnea presenta una capa de suelos residuales profunda, caracterizados así mismo por su amplia variabilidad textural y granulométrica, apreciable a simple nivel de afloramiento. Se intercalan capas finas y granulares tanto en forma longitudinal como altitudinal, con las consecuentes intercalaciones de propiedades geomecánicas.

Desde el Plan de Desarrollo Municipal “Itagüí avanza con equidad para todos 2016 - 2019” se vienen implementando programas que buscan mejorar por medio del ordenamiento, la planificación e integración territorial como el Plan Corregimental, que tiene como objetivo principal establecer un instrumento técnico de planificación que permita mejorar las condiciones sociales, económicas y ambientales del corregimiento el Manzanillo (PDM 2016-2019 Itagüí, 2016). Todo esto, lleva a pensar en cada una de las ocho veredas del corregimiento, con miras hacia la planificación y actualización de las zonas de riesgo en el territorio, en vista de que el aumento poblacional es evidente en las zonas de retiro de las diferentes quebradas, donde se han presentado fuertes inundaciones y deslizamientos de tierra afectando la integridad de la comunidad. En el año 2014, la Universidad Nacional empezó a realizar un estudio de amenazas en la zona rural del municipio de Itagüí, cuyo informe final entregado en el año 2018 arrojó que las áreas con condición de amenaza por movimiento en masa en suelo rural del municipio de Itagüí, corresponden 6.720 km² que representan el 98,2% de este suelo (UNAL, 2018). Por la incidencia de eventos y por su grado de riesgo fueron evaluados y analizados con el fin de establecer estrategias que permitan la mitigación del riesgo.

En síntesis, se evidencia la necesidad de identificar los escenarios de riesgo con sus amenazas y vulnerabilidades dentro del territorio rural. Aclarado esto, es importante enfatizar que esta identificación es una herramienta que permite dar una mirada objetiva a las condiciones actuales de la zona en estudio en materia de gestión del riesgo y a partir de esta, tomar las medidas necesarias para la protección de las comunidades y el medio ambiente. Utilizando una metodología cualitativa y heurística, se obtiene un indicio de la capacidad de reacción física y estructural que presentan las viviendas ubicadas en la zona de retiro de las quebradas frente a una posible amenaza o factor de riesgo; cabe anotar que esta metodología se lleva a cabo principalmente teniendo en cuenta los antecedentes de la zona en estudio y una evaluación visual tanto de la edificación como de su entorno. Además, es importante aclarar que los resultados obtenidos por medio de estas metodologías, enfocadas a la vulnerabilidad ante las diferentes amenazas, son de carácter preliminar y por ende requieren de un estudio más a fondo. Por tal motivo, esta metodología no debe tomarse como una herramienta técnica única, sino como una herramienta para la elaboración de un plan de gestión de riesgos sólido que permita priorizar la creación de estrategias y programas orientados a la reducción de vulnerabilidades en el territorio.

3 OBJETIVOS

Objetivo general:

Identificar y diagnosticar la vulnerabilidad de las edificaciones que se encuentran en la zona de retiro de un tramo de las quebradas Sesteadero y los Gómez ubicadas en el Corregimiento el Manzanillo del Municipio de Itagüí, ante amenaza de sismo, inundación y movimientos en masa.

Objetivos específicos:

- Identificar variables de vulnerabilidad ante las amenazas en estudio.
- Obtener información sobre el estado de las edificaciones en el área de interés y su respectiva ubicación espacial.
- Evaluar el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones ante las posibles amenazas en estudio.
- Actualización del plano cartográfico existente de la gestión de riesgo de la zona.
- Documentar la situación evaluada y las recomendaciones a las problemáticas identificadas en el proceso.

4 MARCO TEÓRICO

El enfoque central de este análisis está orientado al estudio del nivel de riesgo que se puede presentar en un territorio rural, por consiguiente, se deben tener en cuenta diversos conceptos, metodologías y métodos de aplicación y representación para un adecuado desarrollo del proyecto.

El “riesgo” presenta diversas definiciones, desde un punto de vista general se puede señalar como: *“La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas”* (UNISDR, 2009). Ahora, si nos centramos en la evaluación de los posibles riesgos y estrategias de mitigación en una zona rural como lo es el corregimiento el Manzanillo, la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR), define la gestión de riesgos como: *“El enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales”* (UNISDR, 2009). Por tal motivo, es de suma importancia implementar proyectos en zonas vulnerables, es decir, territorios con pocas capacidades para solventar eventos adversos que busquen mitigar el nivel de riesgo presente.

El concepto de vulnerabilidad puede aplicarse tanto en un carácter general como en diferentes contextos; puede a su vez relacionarse con las amenazas o peligros que afectan el desarrollo normal de cualquier actividad en un entorno. La vulnerabilidad es una medición o análisis de un grupo humano o ecosistema cuando entra en contacto con un riesgo en particular teniendo en cuenta un grado de sensibilidad (cuanto se afecta la unidad en estudio por la exposición con el riesgo) y de resiliencia (capacidad de recuperarse o resistir a los daños asociados a las amenazas presentes) (Clark et al., 2000). Particularmente, este estudio se enfocó en tres capacidades de respuesta ante las posibles amenazas presentes en la zona:

- Vulnerabilidad ante amenaza sísmica.
- Vulnerabilidad ante amenaza de inundación.
- Vulnerabilidad ante amenaza de movimientos en masa.

También existen diferentes aplicaciones para el concepto de “amenaza”; en el contexto técnico que se ha empleado en este diagnóstico, puede referirse al peligro latente que representa una amplia variedad de fenómenos, desde los terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, etc., hasta aquellas anomalías naturales a causa de intervenciones antrópicas como los accidentes industriales y generación de residuos no reutilizables (Cardona, 1996). Ahora, teniendo en cuenta las amenazas más significativas que se encuentran presentes en la zona de estudio, se tienen en cuenta conceptos más puntualizados en el contexto de la gestión de riesgo de la zona rural.

La vulnerabilidad sísmica de las edificaciones construidas en zonas marginales aumenta el riesgo de susceptibilidad de sufrir daños ante la ocurrencia de movimientos telúricos, debido a factores como la falta de control; deficiencia en la calidad de los materiales; escaso conocimiento de la normatividad existente, dado que los constructores por lo general son los mismos propietarios; falta de planificación urbana; elevado crecimiento demográfico y desarrollos subnormales en áreas propensas a la acción de fenómenos inducidos (deslizamientos, inundaciones, etc.) (Muñoz Prieto, 2007).

Por otro lado, el análisis requiere previamente de la evaluación de las amenazas y el diagnóstico físico de la zona en estudio, con los correspondientes mapas temáticos de las amenazas:

- Mapa faja de protección por retiro de quebrada (quebradas Sesteadero y Los Gómez): mapa actual que contiene la franja adyacente a la quebrada, donde posiblemente se desborda en épocas invernales.
- Mapa amenaza por deslizamiento (quebradas Sesteadero y Los Gómez): mapa actual de las zonas adyacentes a las quebradas, donde se evidencia la presencia de procesos erosivos.

Para el diagnóstico de la vulnerabilidad de las edificaciones, se tendrán en cuenta las metodologías de evaluación más usadas a nivel mundial desde un enfoque preliminar, como son la metodología cualitativa y la heurística. Para ello, se deben identificar las variables más representativas que influyen en la integridad de una edificación (tipo de estructura, materiales, estado de conservación, etc.), (SNGR Ecuador, 2011), partiendo de la revisión de la normatividad sísmica (NSR-10).

La metodología cualitativa consiste en la identificación de manzanas y/o lotes con indicadores críticos de las variables seleccionadas para el análisis, comparándolas con las zonas de amenaza por inundaciones, obteniendo niveles de vulnerabilidad y riesgo a la vez (PNUD, AMA Cuba, 2014). La metodología heurística consiste en la asignación de una ponderación a cada variable seleccionada, según su importancia ante la amenaza y asignación de un valor, a cada indicador de dicha variable, según su nivel de criticidad. Los niveles de vulnerabilidad de cada manzana quedan establecidos mediante rangos (PNUD, AMA Cuba, 2014). El resultado de estas metodologías se deben interpretar como una evaluación inicial para un estudio general de gestión de riesgo, por tal motivo, es necesario profundizar en las evaluaciones correspondientes al nivel de vulnerabilidad por medio de un estudio técnico a detalle para generar certidumbre a los resultados del proyecto.

Con base en las exploraciones realizadas en campo y la recopilación bibliográfica existente, se empleará una de las técnicas más usadas para ubicarse espacialmente como lo es la georreferenciación, la cual usa coordenadas cartesianas para localizar diferentes objetivos,

además, es de conocimiento general que todos los elementos de una capa del plano tienen una ubicación geográfica y una extensión específica que permite situarlos en la superficie de la Tierra o cerca de ella. La capacidad de localizar de manera precisa las entidades geográficas es fundamental tanto en la representación cartográfica como en SIG (ArcGIS Resources, s.f.).

Teniendo en cuenta la información anterior, y partiendo de un diagnóstico realizado previamente en campo, se calculará el nivel de vulnerabilidad ante las amenazas en estudio (sísmica, inundación y movimiento en masa) de cada una de las edificaciones seleccionadas en la zona de retiro de las quebradas el Sesteadero y los Gómez, empleando las metodologías en comento. Posterior a esto, con toda la información obtenida, se realizará un análisis técnico, del cual se plantearán las observaciones y recomendaciones con el ánimo de brindar una información adecuada al proyecto gestión de riesgo en el Plan Corregimental el Manzanillo del Municipio de Itagüí. Con dichos resultados, se actualizará el mapa georreferenciado de gestión de riesgo con los niveles de vulnerabilidad obtenidos.

5 METODOLOGÍA

Con el fin de generar un diagnóstico de la vulnerabilidad de las edificaciones existentes en la zona ante las posibles amenazas, se plantearon las siguientes actividades que permitirían el alcance de los objetivos:

Recopilación de información bibliográfica:

Como actividad previa, se indagó acerca de los conceptos generales para el diagnóstico en estudio, posibles metodologías, actividades de investigación y búsqueda de la información necesaria para seleccionar las variables de vulnerabilidad ante amenazas que afectan las edificaciones.

Revisión de la información base:

Reconocimiento de la información que reposa en el archivo municipal (Plan de Gestión Municipal del Riesgo, estudios, intervenciones e información específica de la zona y de las quebradas). Además, se revisaron los métodos de trabajo que están establecidos en la entidad pública; la representación cartográfica establecida, sistema de coordenadas, alcances y delimitaciones del territorio en el POT, antecedentes de la zona y demás información necesaria para la correcta ejecución del proyecto.

Visitas de campo:

En las visitas a las veredas de estudio (Ajizal y Los Gómez) se hizo el reconocimiento general de las zonas de retiro de las quebradas a intervenir; luego se hizo un reconocimiento más detallado de la zona. Para la selección de las construcciones a intervenir, se tuvo en cuenta su cercanía al cauce y su estado de conservación desde un criterio visual. Para la recolección de la información se realizaron en total 17 visitas de campo por medio de un diagnóstico visual, tanto para las edificaciones como para sus alrededores. Teniendo en cuenta dicha información, se

establecieron las variables más representativas para el estudio de la vulnerabilidad de las edificaciones y sus respectivos factores. También se obtuvo la ubicación espacial de las zonas por medio de GPS para obtener información pertinente en la digitalización de la información.

Análisis de la información:

Con la información obtenida en campo, se establecieron las variables más representativas e influyentes en una edificación ante la capacidad de respuesta en caso de experimentar el peligro de las amenazas en comento. Para este análisis se consideraron las características estructurales de las edificaciones existentes en el retiro de las quebradas, siendo estudiadas 124 edificaciones, en las que se examinaron diferentes variables.

Cálculo de la vulnerabilidad:

Se empleó una metodología que utiliza cuadros y matrices que relacionan lo cualitativo con lo cuantitativo, donde es fundamental la asignación de las ponderaciones, valores de las variables e indicadores y los criterios de todo el equipo técnico; así como la información obtenida en la base de datos Municipal, la información de la evaluación de manzana y riesgo, así como la utilización del sistema de información geográfica (SIG), para el procesamiento.

Elaboración del mapa:

De acuerdo a los resultados obtenidos, se actualizó el mapa de gestión de riesgo con su respectiva geo referenciación e información pertinente, como apoyo a la síntesis final del estudio, se aplicaron técnicas de Sistemas de Información Geográfica SIG utilizando el software ArcMap con sus adecuadas funciones.

Informe final:

Para la elaboración del informe final, se recolectó la información bibliográfica y los datos obtenidos en campo teniendo en cuenta el cálculo de las vulnerabilidades, observaciones y recomendaciones finales.

6 RESULTADOS Y ANÁLISIS

Recopilación de información bibliográfica.

El análisis y diagnóstico de vulnerabilidades, requiere de información previa para el correcto desarrollo de cada una de las etapas que posee requerimientos específicos de información. Si bien existen varias fuentes de información donde se presentan diferentes metodologías para desarrollar el cálculo de vulnerabilidades físicas, se escogió una metodología cualitativa que se adaptara a las condiciones de la zona de estudio y que fuera de la mano con la información catastral que se obtuvo en el reconocimiento espacial del territorio y los recorridos de campo. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), ha desarrollado metodologías

cualitativas y heurísticas para el diagnóstico de vulnerabilidades en territorios rurales en Latinoamérica, es por esto que se adaptaron estas metodologías en el desarrollo de este estudio.

Si bien existen multiplicidad de factores que se deben considerar para el análisis de la vulnerabilidad ante las amenazas en estudio, en esta parte del proyecto, se han retomado aspectos importantes: el estado de conservación y la capacidad estructural de las edificaciones como respuesta a los posibles movimientos telúricos que ocurran a nivel local, la geomorfología del territorio y la cercanía de las edificaciones a las quebradas y por último, la estabilidad y riesgo presente en el suelo donde se encuentran asentadas las construcciones intervenidas. Estos aspectos son relevantes para la identificación de las variables e indicadores físicos que serán profundizados puntualmente a través de la metodología establecida.

La gestión de riesgo es un componente fundamental para la gestión de cuencas hidrográficas, es por eso que, existen diversas metodologías para el diagnóstico de vulnerabilidades y riesgos; las más comunes son de carácter cualitativo, las cuales facilitan la elaboración de proyectos municipales para la creación de planes parciales y demás actividades gubernamentales.

Revisión de la información base:

La quebrada El Sesteadero conocida localmente como “La Llorona”, nace en la vereda el Ajizal a la altura de la cota 1875 con una pendiente promedio en el suelo rural del 25% aproximadamente y confluye en la quebrada La Jabalcona en la cota 1506.8 y recibe afluentes de gran importancia como El Jabalcón, La Calabacera, El Ajizal, Los Velásquez y Los Gómez.

Durante la recolección de información en la base de datos municipal, se encontraron algunos antecedentes de eventos ocurridos en el municipio que lograron aumentar considerablemente la amenaza existente y el nivel de riesgo en diferentes sectores.

Tabla 1. Consolidado de registros para el municipio de Itagüí entre los años 1929 – 2017.

TIPO DE EVENTO	EVENTOS REGISTRADOS	MUERTES	AFECTADOS	VIVIENDAS AFECTADAS	VIVIENDAS DESTRUIDAS
MOVIMIENTO EN MASA	94	32	1295	251	14
AVENIDAS TORRENCIALES	9	21	1501	32	240
INUNDACIÓN	227	3	4059	1385	72

Nota. Elaboración propia, datos recuperados de Universidad Nacional de Colombia, 2018.

Con un total de 330 eventos registrados a lo largo de 88 años, es evidente la necesidad de un control de emergencias en el territorio urbano y rural del municipio, ya que dichos fenómenos han cobrado una cantidad de 56 vidas humanas y un total de 6.855 personas damnificadas. Por todo esto, también se evidencia la necesidad de un plan de gestión de riesgos en la zona rural del Municipio de Itagüí, ya que los eventos de movimientos en masa son los que generan más afectaciones, adicional a ello, estos ocurren en el territorio de mayores pendientes lo cual coincide con la zona donde se encuentra el corregimiento El Manzanillo.



Figura 1. Porcentaje de ocurrencia de eventos para el municipio de Itagüí.

Nota. Elaboración propia, datos recuperados de Universidad Nacional de Colombia, 2018.

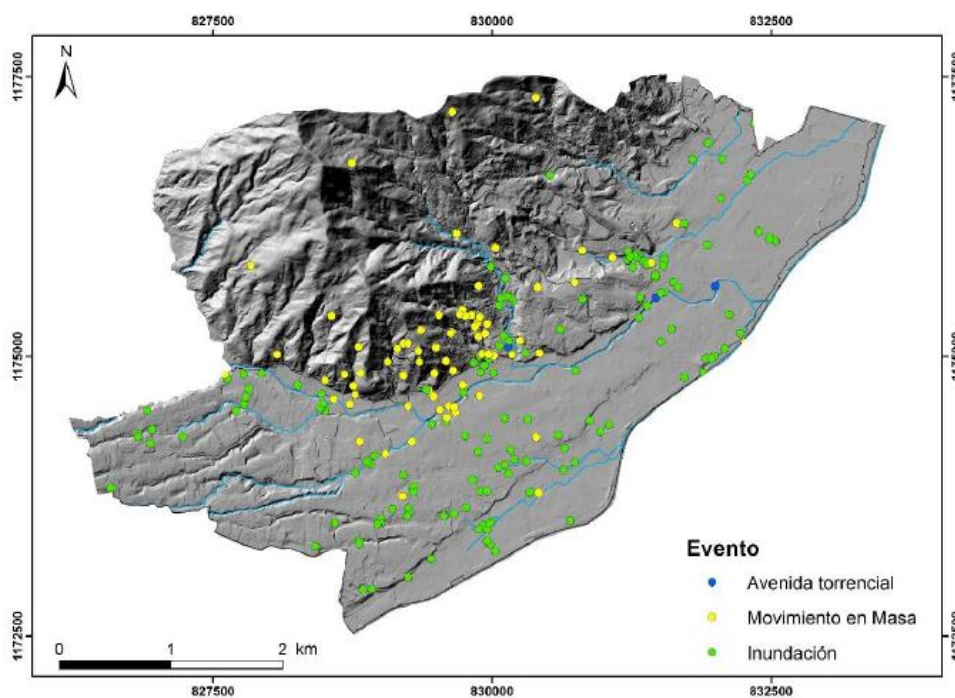


Figura 2. Mapa de eventos en el municipio de Itagüí (Universidad Nacional de Colombia, 2018).

Por otro lado, en la **figura 2**, se observa que los eventos por avenida torrencial e inundación, se han producido principalmente en el sector urbano debido a las bajas pendientes de estas zonas y los posibles represamientos aguas arriba de las quebradas, exactamente en la zona rural. Es por esto que la necesidad del ordenamiento en el territorio es de vital importancia a la hora de velar por la calidad de vida de los habitantes del Municipio.

También fue importante destacar algunos aspectos presentes como movimientos en masa sobre la laderas y factores antrópicos para la construcción de vías en el territorio que se observaron durante los recorridos de campo y el análisis de la zona. Estos fenómenos alteran el comportamiento natural de las quebradas y aumenta el peligro para las edificaciones asentadas en la zona de estudio.



Figura 3. Movimiento en masa en ladera vereda El Ajizal (Universidad Nacional de Colombia, 2018).



Figura 4. Movimientos en masa asociados a los cortes hechos para la construcción de la vía en la vereda Ajizal. (Universidad Nacional de Colombia, 2018).

Para el desarrollo de la metodología en el diagnóstico de la vulnerabilidad, se encontraron datos relevantes en la revisión bibliográfica de la zona (UNAL, 2018), como el nivel de amenaza ante inundación y movimientos en masa presentes en la zona y la clasificación de pendientes del terreno, que ayudaron en la calificación de algunas de las variables de vulnerabilidad. Con esta información, se elaboraron mapas representativos que ayudaron en el análisis de cada edificación intervenida en pro de la toma de decisiones y el criterio técnico. Además obtuvo

información sobre el nivel de amenaza sísmica que presenta el valle de Aburrá y en particular el Municipio de Itagüí.

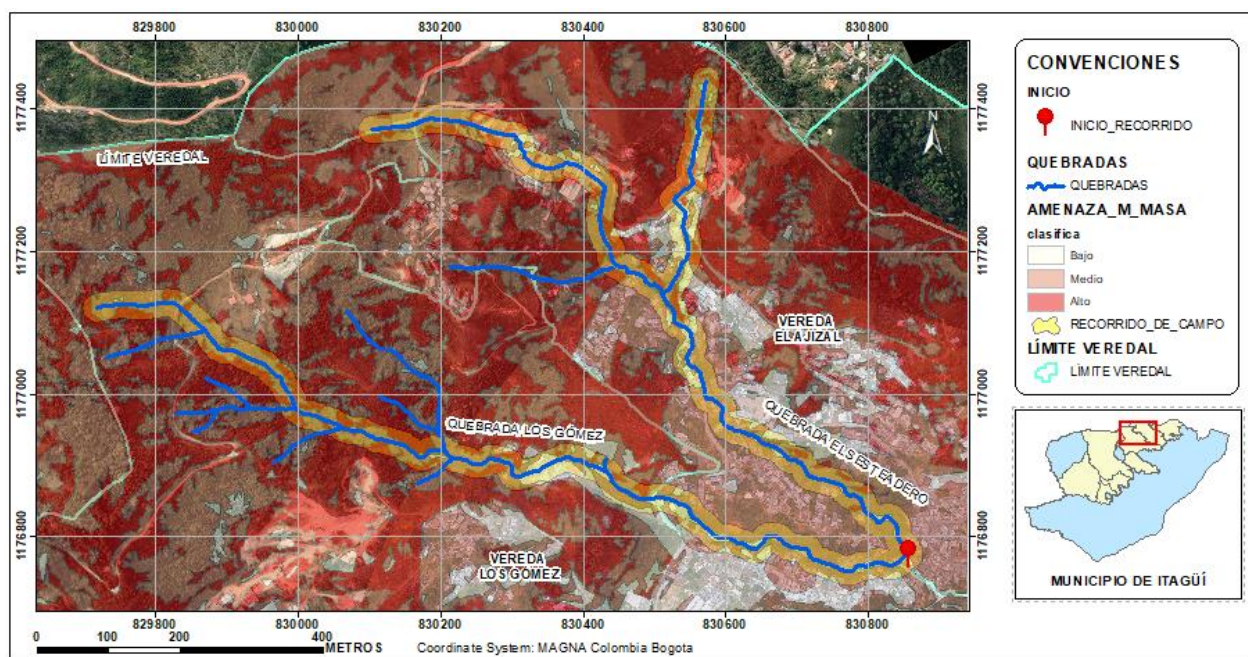


Figura 5. Mapa de amenaza de movimientos en masa de la zona de estudio.

Nota. Elaboración propia, datos recuperados Universidad Nacional de Colombia, 2018.

La figura anterior expone las zonas con amenaza por movimiento en masa a nivel local de las veredas Ajizal y Los Gómez, esta información fue suministrada por el estudio de amenazas realizado por la Universidad Nacional en el año 2018.

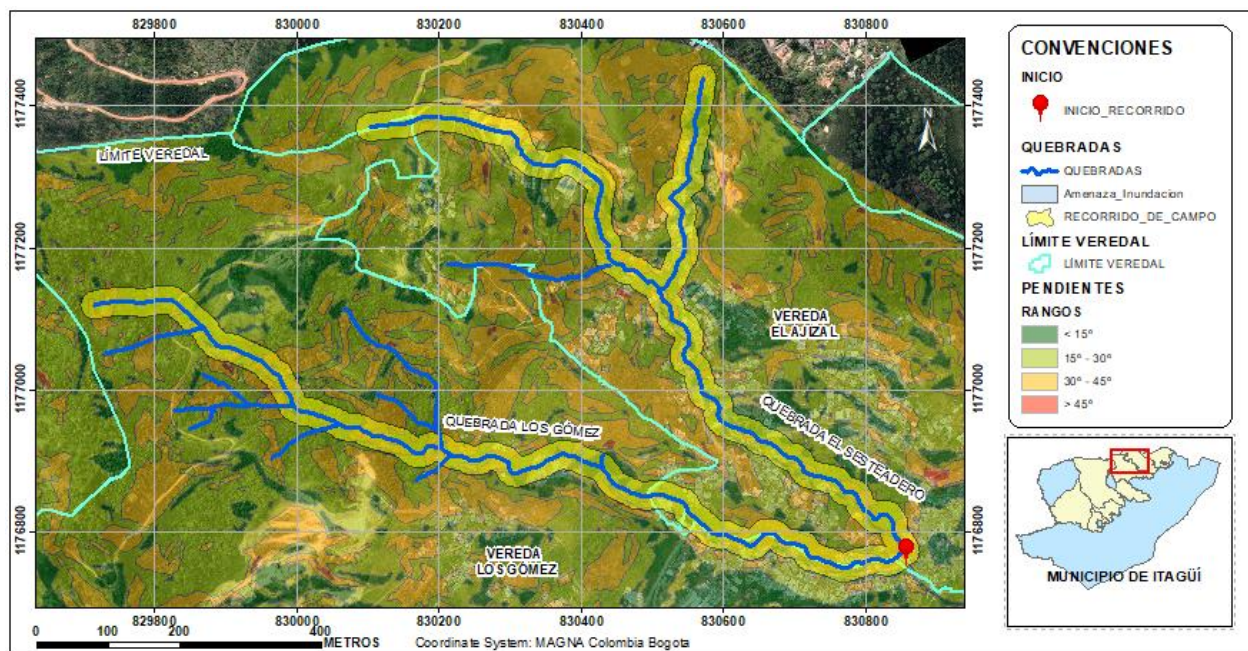


Figura 6. Mapa de pendientes en zona de estudio.

Nota. Elaboración propia, datos recuperados Universidad Nacional de Colombia, 2018.

Por otra parte, se considera importante tener en cuenta que existe una amenaza sísmica presente en el territorio, lo cual corresponde a la necesidad de identificar las vulnerabilidades sísmicas en la zona que sigue de manera concisa el objetivo de este estudio.



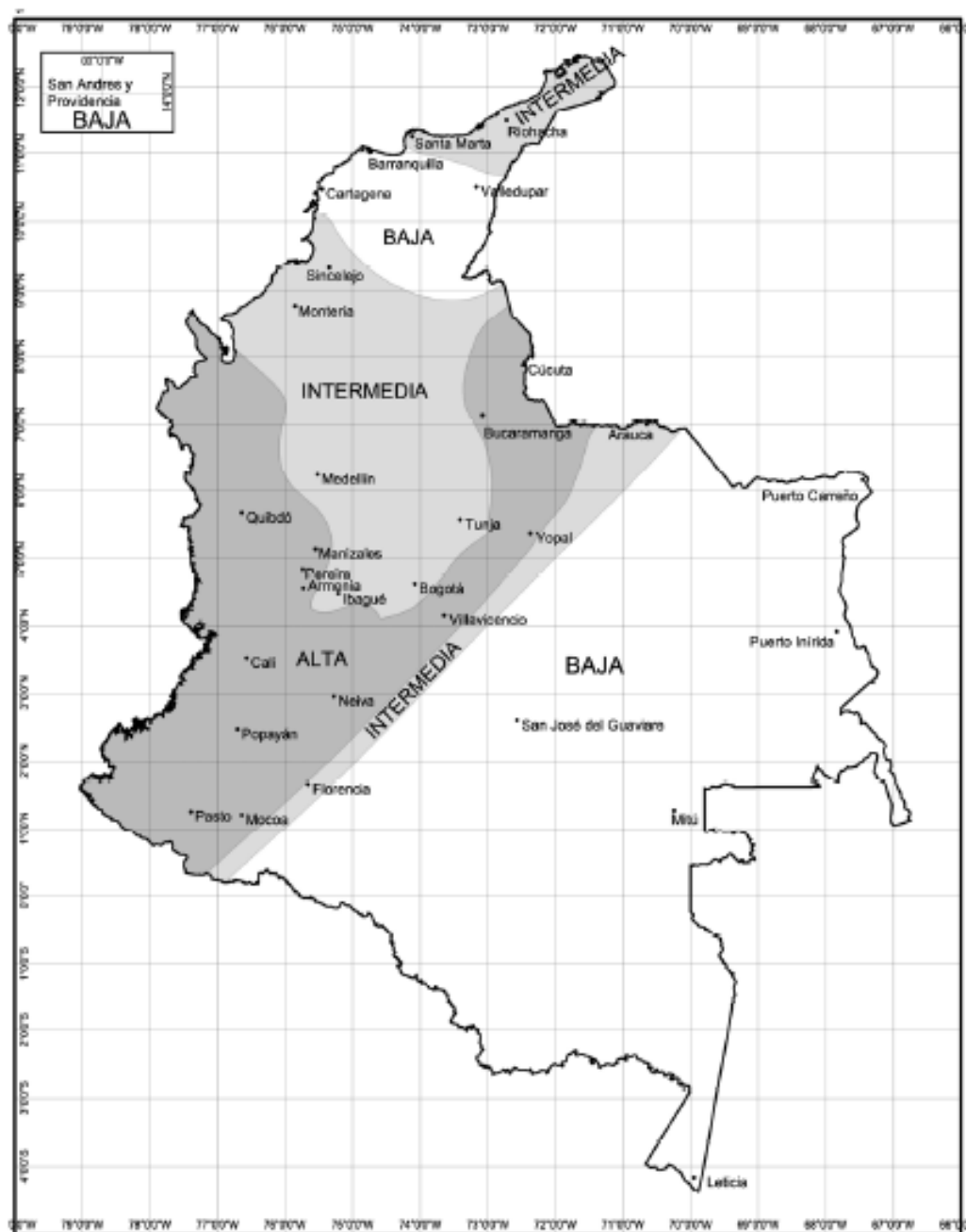


Figura 8. Zonas de amenaza sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de A_a y A_v .

Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10). (2010), Título A. [Figura A.2.3-1]

Para el Municipio de Itagüí y en general para el valle de Aburrá, el nivel de amenaza sísmica es intermedia, lo cual genera un grado de peligro para las edificaciones. Es importante traer a colación que un evento sísmico puede aumentar la amenaza a la ocurrencia de movimientos en masa. También es importante aclarar que las edificaciones analizadas en el territorio rural del Manzanillo, no cumplen con las especificaciones y recomendaciones técnicas establecidas en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

Visitas de campo:

Durante la fase previa a la recolección de información en campo, se identificó en la cartografía, la ubicación general del corregimiento y las veredas seleccionadas.

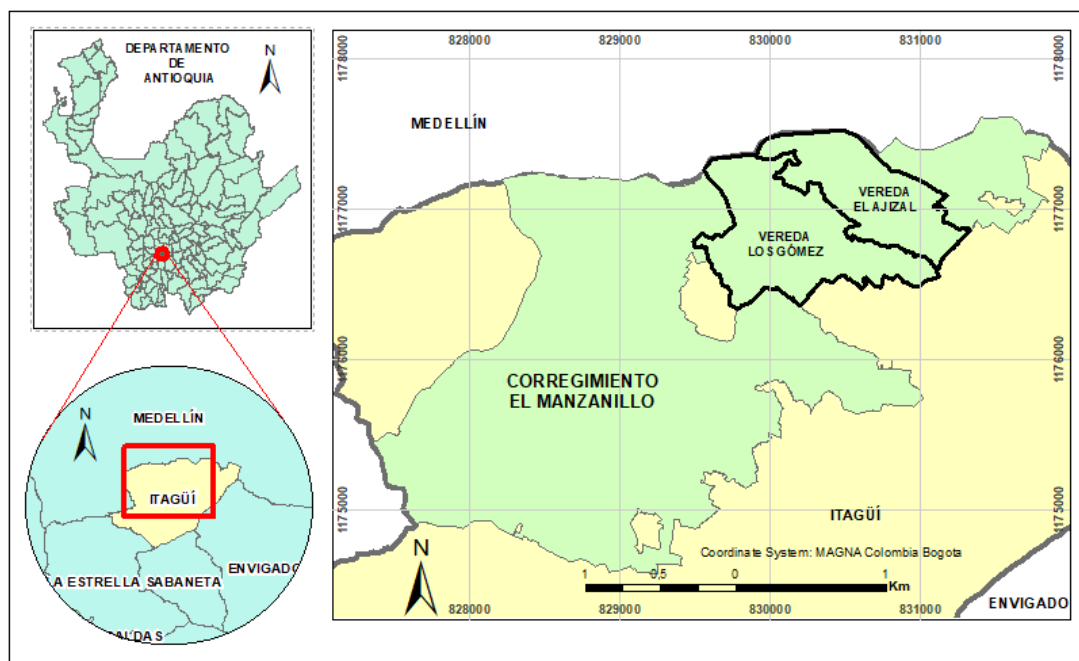


Figura 9. Mapa de localización general.

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se identificó la zona de estudio a detalle con el fin de establecer geográficamente los recorridos de campo y las intervenciones. Se realizó un recorrido inicial para el reconocimiento territorial y las posibles zonas de estudio. A partir de esto, se elaboró un mapa indicando los recorridos establecidos y la planificación general para un adecuado desarrollo de las actividades como se muestra a continuación:

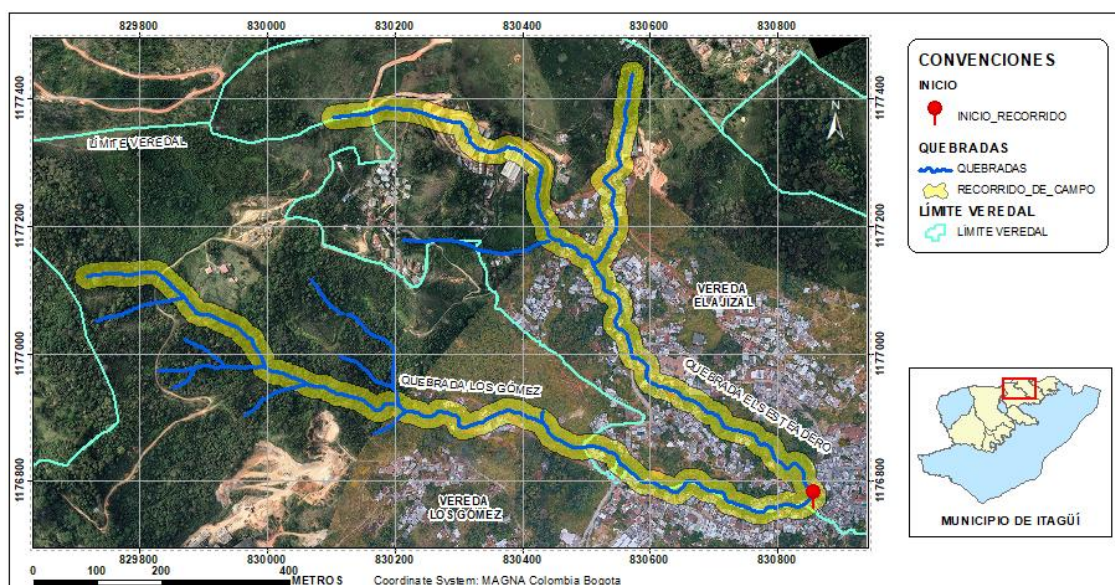


Figura 10. Zona de estudio y recorridos de campo.

Fuente: Elaboración propia

El inicio de la zona de estudio se encuentra ubicado en la confluencia de las quebradas El Sesteadero y Los Gómez ($6^{\circ}11'33.2''\text{N}$ - $75^{\circ}36'20.3''\text{O}$) avanzando aguas arriba por ambos afluentes con una longitud de recorrido total de 2,86 km aproximadamente. La franja de retiro de las quebradas mencionadas es de 20 metros medidos a partir de su eje hacia ambos lados generando una zona de protección para las quebradas y su entorno (POT, 2007). Lo que llevó a evaluar las edificaciones que se encuentran dentro de dicha región.

En total se realizaron 17 visitas de campo para la recolección de información de las edificaciones, las cuales tuvieron una duración diaria de 4 horas aproximadamente y cuyas salidas se programaban de acuerdo a la disponibilidad del transporte municipal.



Figura 11. Recorridos de campo, inspección general de la zona de estudio.

Fuente: Fotografía propia

En la figura anterior se logra identificar la confluencia de las quebradas Sesteadero y Los Gómez, lugar que dio origen al inicio de los recorridos de campo. La confluencia en comento, tiene la particularidad de que se encuentra canalizada, producto de los estudios e intervenciones que se han desarrollado en el territorio

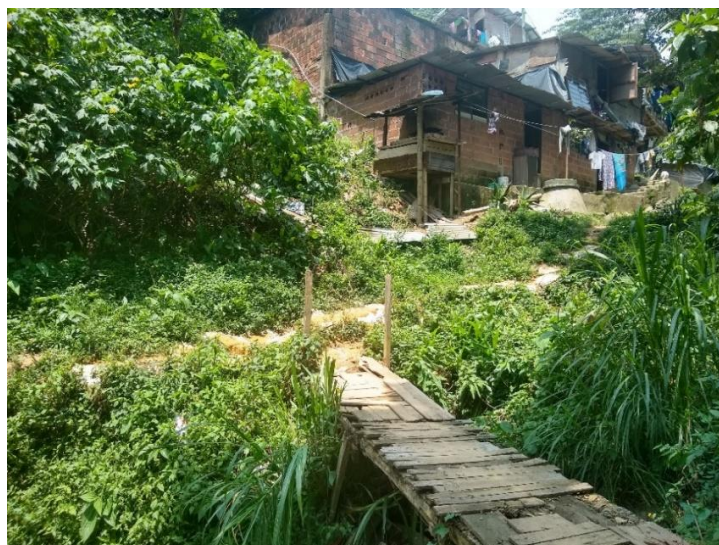


Figura 12. Recorridos de campo, sector Los Gatos, vereda El Ajizal.

Fuente: Fotografía propia

Aguas arriba de la confluencia anteriormente mencionada (origen del recorrido), se encuentran las primeras edificaciones en la franja de retiro de la quebrada El Sesteadero, donde se logra evidenciar una de las problemáticas de movilidad que afectan la calidad de vida de las personas que habitan allí.



Figura 13. Recorridos de campo, sector El Beneficio, vereda El Ajizal.

Fuente: Fotografía propia



Figura 14. Recorridos de campo, sector Los Sánchez, vereda El Ajizal.

Fuente: Fotografía propia

En la figura anterior se observa el mal manejo de residuos sólidos y de la cercanía de los asentamientos marginales a las quebradas que en época de lluvia, esto puede generar represamiento del material e inundación.

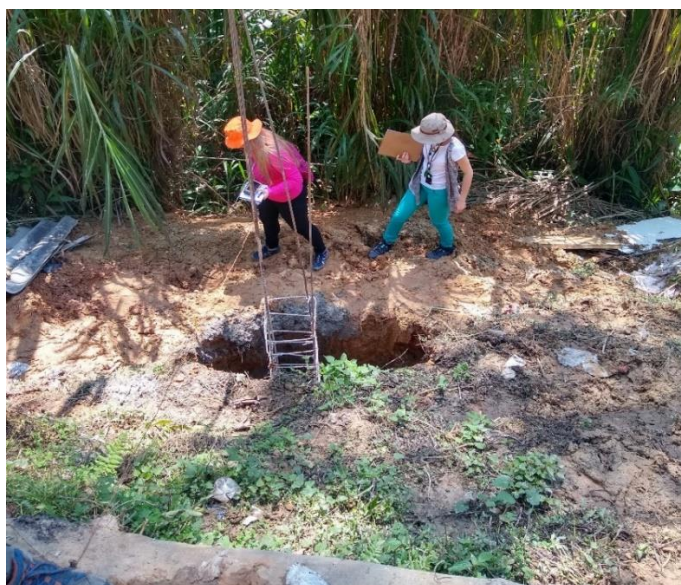


Figura 15. Recorridos de campo, sector Los Sánchez, vereda El Ajizal.

Fuente: Fotografía propia

Es evidente que las construcciones en la zona de retiro de las quebradas crece constantemente y es por esto que la vulnerabilidad a la que se ven expuestas las personas del territorio.

Por otro lado, de las figuras, se logran evidenciar los diferentes tipos de edificaciones de la zona, los cuales exponen información necesaria para consolidar y establecer las variables de vulnerabilidad.



Figura 16. Recorridos de campo, sector Betanía, vereda Los Gómez.

Fuente: Fotografía propia

Durante los recorridos de campo se realizó un reconocimiento general de la zona respecto a las problemáticas de habitabilidad y el aumento de las amenazas presentes debido a las intervenciones antrópicas como los llenos inadecuados y asentamientos marginales a lo largo de las quebradas. Una de las principales afectaciones que se evidenciaron, fue el manejo inadecuado de basuras y residuos sólidos como escombros y restos de materiales, los cuales se encontraban en la margen del cauce o en varias ocasiones obstaculizando el drenaje natural del mismo.



Figura 17. Depósito inadecuado en la margen de la quebrada El Sesteadero, vereda el Ajizal.

Fuente: Fotografía propia.

En la **Figura 17**, se observa un depósito inadecuado de la excavación cerca a la margen de la quebrada para un posible asentamiento de una nueva edificación



Figura 18. Lleno inadecuado en ladera cerca a la Quebrada Los Gómez.

Fuente: Fotografía propia.

Además de los llenos inadecuados, se encontraron deslizamientos y estructuras en mal estado que pueden generar un aumento en las amenazas presentes.



Figura 19. Movimiento en masa en ladera vereda Los Gómez ocurrido en mayo, 2019.

Fuente: Fotografía y elaboración propia.

En la figura anterior se logra evidenciar un movimiento en masa aledaño a la quebrada los Gómez, exactamente en el sector Betania de la vereda. Este deslizamiento ocasiona un represamiento en la quebrada y desvía el cauce natural de la misma, generando así, un aumento en la amenaza por inundación y avenida torrencial para las localidades aguas abajo.



Figura 20. Depósito inadecuado de residuos sólidos vereda El Ajizal. Mayo, 2019.

Fuente: Fotografía y elaboración propia.

En la **figura 20** se observa un depósito inadecuado de residuos sólidos en el lecho de la quebrada que poco a poco van generando un represamiento en la entrada de un boxculvert que a su vez presenta una apertura insuficiente en los tiempos de lluvia, lo cual ha generado afectaciones en las viviendas cercanas y en la vía principal. El represamiento generado por estos residuos sólidos también aumenta la probabilidad de inundación y avenida torrencial aguas abajo, además, se produce un impacto ambiental y social en el lugar, ya que gran parte de estos residuos son basuras y material orgánico.

Todo esto lleva al aumento del peligro de inundación y de avenida torrencial aguas debajo de las quebradas; dichas problemáticas se deben a los incontrollables asentamientos clandestinos en el territorio. Cabe aclarar que estas zonas carecen de lugares apropiados para un adecuado manejo de residuos; la falta de acceso a servicios públicos también lleva a que las quebradas se vean considerablemente afectadas.



Figura 21. evaluación de afluentes en la zona de estudio.

Fuente: Fotografía propia.

Por otro lado, se validaron los afluentes establecidos en la base de datos del municipio, los cuales se habían ubicado en un mapa físico de la zona como ayuda en las salidas de campo; también se evidenciaron abundantes desviaciones del drenaje natural y estructuras hidráulicas de insuficiente capacidad en las quebradas debido a los asentamientos y construcciones inadecuadas.

Por medio de la información obtenida en estos recorridos y con la identificación y calificación anterior, se realizó una ficha técnica con las variables de vulnerabilidad identificadas y un

registro fotográfico para cada una de las edificaciones seleccionadas. En total se desarrollaron 124 fichas con la información mencionada; necesarias para la conformación oficial de la base de datos para la gestión de riesgo en el corregimiento.

Tabla 2. Ficha técnica para el diagnóstico de vulnerabilidad.



FORMATO GESTION DE RIESGO			
ID			
VEREDA			
QUEBRADA			
SECTOR			
USO ACTUAL			
ACCESO VEHICULAR			
ACCESO A TRANSPORTE PUBLICO			
ACCESO PEATONAL			
ACCESO MOVILIDAD REDUCIDA			
VARIABLE VULNERABILIDAD	INFORMACIÓN CAMPO		
Sistema estructural			
Tipo de cerramiento			
Tipo de cubierta			
Número de pisos			
Estado de conservación			
Topografía del sitio			
Ubicación en la zona de retiro			
Estabilidad del terreno			
	Estructural	Inundacion	Mov. Masa
NIVEL VULNERABILIDAD			
OBSERVACIONES			
REGISTRO FOTOGRAFICO			

Análisis de la información:

Con la información obtenida tanto en campo como la bibliográfica (SNGR Ecuador, 2011), se establecieron las variables de vulnerabilidad que se ajustaban a las condiciones de las edificaciones y que generaban mayor influencia ante las amenazas en estudio. Dichas variables son:

- **Sistema estructural:** se evaluó el tipo de sistema estructural de cada edificación de acuerdo al criterio del equipo técnico.
- **Tipo de cerramiento:** el cerramiento de la edificación se estableció como la superficie que envuelve o delimita el espacio de la edificación.
- **Tipo de cubierta:** se evaluó la cubierta como la superficie de recubrimiento principal en la parte superior de las edificaciones.
- **Número de pisos:** se identificó el número de niveles construidos en la edificación.
- **Estado de conservación de los materiales:** el estado actual de los materiales que conforman las edificaciones influye en el comportamiento normal de las construcciones, por esto, se tuvo en cuenta esta variable como una de las más influyentes.
- **Topografía de la zona:** la topografía de la zona donde se encuentra cada edificación se evaluó de acuerdo a la base de datos e información actual sobre las pendientes del municipio.
- **Ubicación en la zona de retiro:** esta variable se obtuvo georreferenciando cada construcción y utilizando la información actual de la red hídrica de El Manzanillo.
- **Estabilidad del terreno:** se basó en el criterio visual del geólogo, los antecedentes de la zona y la información base que se encuentra en el municipio.

Dichas variables se asocian directamente al tipo de amenaza que pueda afectar a la edificación, por tal motivo, no todas las variables influyen en la capacidad de respuesta de la edificación ante las amenazas en estudio, esto se puede evidenciar en la siguiente tabla:

Tabla 3. Influencia de variables en la capacidad de respuesta ante cada amenaza.

AMENAZA VARIABLE	SÍSMICA	INUNDACIÓN	MOVIMIENTO EN MASA
SISTEMA ESTRUCTURAL	✓	✓	✓
TIPO DE CERRAMIENTO	✓	✓	✓
TIPO DE CUBIERTA	✓	✓	✗
NÚMERO DE PISOS	✓	✓	✓
ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS MATERIALES	✓	✓	✓
TOPOGRAFIA DE LA ZONA	✓	✓	✓
UBICACIÓN EN LA ZONA DE RETIRO	✗	✓	✗
ESTABILIDAD DEL TERRENO	✓	✗	✓

Fuente: Elaboración propia

La **tabla 3** muestra que algunas variables no influyen o no representan una afectación significativa en la edificación a la hora de evaluar su vulnerabilidad ante la presencia de alguna amenaza, por ejemplo, la variable “ubicación en la zona de retiro” no influye en la vulnerabilidad sísmica de la edificación debido a que la amenaza por movimientos sísmicos no presenta variación en una escala espacial tan reducida. Esta variable tampoco influye ante la amenaza por movimiento en masa ya que el rango de cercanía a la quebrada no genera una influencia considerable para la capacidad de respuesta de la construcción ante dicha amenaza, ya que, la información de amenaza considera zonas de área considerable donde no se discrimina la cercanía a las quebradas.

La selección de los factores característicos de cada variable se obtuvo de acuerdo a las observaciones realizadas en campo con ayuda de la recopilación de información bibliográfica (SNGR Ecuador, 2011) establecida para la metodología aplicada como se observa a continuación:

Tabla 4. Factores indicadores establecidos para cada variable de vulnerabilidad.

VARIABLE	FACTORES
SISTEMA ESTRUCTURAL	PREFABRICADO
	MADERA, TAPIA
	LADRILLO, BLOQUE, MADERA INMUNIZADA
	CONCRETO
	NO CONVENCIONAL
CERRAMIENTO	MATERIALES DE DESECHOS, ESTERILLA
	BAHAREQUE, ADOBE, TAPIA
	BLOQUE, LADRILLO, MADERA FINA
	MADERA
	CONCRETO PREFABRICADO
CUBIERTA	CONCRETO
	ZINC
	ASFÁLTICA
	FIBROCEMENTO
	TEJA DE BARRO
NÚMERO DE PISOS	1 PISO
	2 PISOS
	3 PISOS
	4 PISOS O MÁS.
ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS MATERIALES	BUENO
	REGULAR
	MALO
TOPOGRAFÍA DEL SITIO	PENDIENTE <15°
	PENDIENTE (15°-30°)
	PENDIENTE (30°-45°)
	PENDIENTE >45°
UBICACIÓN EN LA ZONA DE RETIRO	NIVEL 1
	NIVEL 2
	NIVEL 3
ESTABILIDAD DEL TERRENO	BAJA
	MEDIA
	ALTA

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la vulnerabilidad

Se implementaron las metodologías cualitativa y heurística para el cálculo de la vulnerabilidad que presentan las edificaciones ante las amenazas en estudio dentro de la zona de retiro de las quebradas. Ya definidas las variables y sus respectivos factores de evaluación, se atribuyen ciertos valores a cada factor dependiendo del grado de afectación ante las amenazas y posteriormente se hace una ponderación porcentual para finalmente obtener una puntuación total que varía de cero (0) hasta cien (100).

La calificación de los factores varía entre 0,1,3,5 y 10; siendo 10 el valor más crítico basado en el nivel de vulnerabilidad que aporta a la edificación para cada amenaza. Dichos valores fueron seleccionados a partir de evaluaciones de vulnerabilidad realizadas por las Naciones Unidas en diferentes países (SNGR Ecuador, 2011). A continuación, se presentan las calificaciones de los factores:

Tabla 5. Calificación de factores indicadores.

VARIABLE VULNERABILIDAD	FACTORES INDICADORES	CALIFICACIÓN		
		AMENAZA ESTRUCTURAL	AMENAZA POR INUNDACIÓN	AMENAZA POR M. MASA
SISTEMA ESTRUCTURAL	PREFABRICADO	5	5	5
	MADERA, TAPIA	5	10	10
	LADRILLO, BLOQUE, MADERA INMUNIZADA	5	5	5
	CONCRETO	1	1	5
	NO CONVENCIONAL	10	10	10
CERRAMIENTO	MATERIALES DE DESECHOS, ESTERILLA	10	10	10
	BAHAREQUE, ADOBE, TAPIA	5	7	7
	BLOQUE, LADRILLO, MADERA FINA	5	5	5
	MADERA	3	3	3
	CONCRETO PREFABRICADO	1	1	5
CUBIERTA	CONCRETO	1	1	0
	ZINC	10	10	0
	ASFALTICA	1	1	0
	FIBROCEMENTO	5	5	0
	TEJA DE BARRO	5	5	0
NÚMERO DE PISOS	1 PISO	1	10	1
	2 PISOS	3	5	1
	3 PISOS	5	1	5
	4 PISOS O MÁS	10	1	10
ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS MATERIALES	BUENO	1	1	1
	REGULAR	5	5	5
	MALO	10	10	10
TOPOGRAFÍA DEL SITIO	PENDIENTE <15°	1	10	1
	PENDIENTE (15°-30°)	3	5	3
	PENDIENTE (30°-45°)	5	3	5
	PENDIENTE >45°	10	1	10
UBICACIÓN EN LA ZONA DE RETIRO	NIVEL 1	0	10	0
	NIVEL 2	0	5	0
	NIVEL 3	0	1	0
ESTABILIDAD DEL TERRENO	BAJA	5	0	10
	MEDIA	3	0	5
	ALTA	1	0	1

Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de la calificación establecida, se evaluó el nivel de vulnerabilidad realizando una ponderación porcentual para cada variable dependiendo de la influencia que genera para la construcción al evaluar la capacidad de respuesta y resiliencia ante las amenazas en estudio, siendo la variable con mayor ponderación aquella que genere una influencia más alta sobre la edificación.

Tabla 6. Ponderación ante amenaza sísmica.

AMENAZA SÍSMICA			
VARIABLE	VALORES POSIBLES DE FACTORES	PONDERACIÓN	VALOR MÁXIMO DE VARIABLE
SISTEMA ESTRUCTURAL	0,1,3,5,10	1,70	17,0
TIPO DE CERRAMIENTO	0,1,3,5,10	0,50	5,0
TIPO DE CUBIERTA	0,1,3,5,10	0,50	5,0
NÚMERO DE PISOS	0,1,3,5,10	1,00	10,0
ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS MATERIALES	0,1,3,5,10	5,23	52,3
TOPOGRAFIA DE LA ZONA	0,1,3,5,10	0,53	5,3
ESTABILIDAD DEL TERRENO	0,1,3,5,10	0,53	5,3
Total Vulnerabilidad Sísmica			100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Ponderación ante amenaza de inundación.

AMENAZA INUNDACIÓN			
VARIABLE	VALORES POSIBLES DE FACTORES	PONDERACIÓN	VALOR MÁXIMO DE VARIABLE
SISTEMA ESTRUCTURAL	0,1,3,5,10	0,5	5,0
TIPO DE CERRAMIENTO	0,1,3,5,10	1,1	11,0
TIPO DE CUBIERTA	0,1,3,5,10	0,3	3,0
NÚMERO DE PISOS	0,1,3,5,10	1,1	11,0
ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS MATERIALES	0,1,3,5,10	1	10,0
TOPOGRAFIA DE LA ZONA	0,1,3,5,10	1	10,0
UBICACIÓN EN LA ZONA DE RETIRO	0,1,3,5,10	5	50,0
Total Vulnerabilidad Inundación			100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Ponderación ante amenaza por movimiento. en masa.

AMENAZA MOVIMIENTO EN MASA			
VARIABLE	VALORES POSIBLES DE FACTORES	PONDERACIÓN	VALOR MÁXIMO DE VARIABLE
SISTEMA ESTRUCTURAL	0,1,3,5,10	1	10,0
TIPO DE CERRAMIENTO	0,1,3,5,10	0,5	5,0
NÚMERO DE PISOS	0,1,3,5,10	0,5	5,0
ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LOS MATERIALES	0,1,3,5,10	0,5	5,0
TOPOGRAFIA DE LA ZONA	0,1,3,5,10	1	10,0
ESTABILIDAD DEL TERRENO	0,1,3,5,10	6,5	65,0
Total Vulnerabilidad movimiento en masa			100

Fuente: Elaboración propia

El valor de la calificación de cada variable se obtiene a través del producto entre el valor del factor indicador por la ponderación:

$$VALOR DE LA VARIABLE = VALOR FACTOR INDICADOR * PONDERACIÓN$$

$$TOTAL VULNERABILIDAD = \sum VALOR DE LA VARIABLE$$

Cada edificación puede tener un valor máximo de 100 puntos, los cuales representan el mayor nivel de vulnerabilidad. Se califica la vulnerabilidad en tres niveles : bajo, medio y alto; ya que estos niveles ayudan en la identificación y diferenciación adecuada de la vulnerabilidad en las edificaciones; información pertinente para el proyecto gestión de riesgo del municipio.

Tabla 9. Rangos para el cálculo del nivel de vulnerabilidad.

NIVEL VULNERABILIDAD	RANGO
BAJO	0 - 33
MEDIO	34 - 66
ALTO	67 - 100

Fuente: Elaboración propia

A manera de ejemplo, se presenta el calculo de las vulnerabilidades para una edificación, teniendo en cuenta su ficha técnica y demás información recolectada en campo:

Tabla 10. Ficha técnica de diagnóstico de vulnerabilidad.



FORMATO GESTION DE RIESGO			
ID	4		
VEREDA	El Ajizal		
QUEBRADA	El Sesteadero		
SECTOR	los gatos		
USO ACTUAL	Residencial		
ACCESO VEHICULAR	No Tiene		
ACCESO A TRANSPORTE PUBLICO	No Tiene		
ACCESO PEATONAL	SI-Malo		
ACCESO MOVILIDAD REDUCIDA	No Tiene		
VARIABLE VULNERABILIDAD	INFORMACIÓN CAMPO		
Sistema estructural	NO CONVENCIONAL		
Tipo de cerramiento	BLOQUE, LADRILLO, MADERA FINA		
Tipo de cubierta	ZINC		
Número de pisos	2 pisos		
Estado de conservación	REGULAR		
Topografía del sitio	PENDIENTE (15°-30°)		
Ubicación en la zona de retiro	NIVEL 1		
Estabilidad del terreno	MEDIA		
	Estructural	Inundacion	Mov. Masa
NIVEL VULNERABILIDAD	Medio	Alto	Medio

OBSERVACIONES

El estado de conservación de los materiales es regular y la edificación se encuentra aproximadamente a 6 metros de la quebrada.

REGISTRO FOTOGRAFICO



La ficha anterior es un ejemplo de la representación de los datos obtenidos para una de las edificaciones seleccionadas (edificación # 4) en la margen de la quebrada el sesteadero; la vivienda se encuentra aproximadamente a 4 metros de retiro del afluente, lo cual genera una amenaza considerable a inundación y del mismo modo un aumento en la vulnerabilidad. La cercanía a la quebrada, representa el factor más influyente para evaluar la capacidad de respuesta ante inundación de la edificación, sin embargo, los antecedentes de la zona son indispensables para la toma de decisiones y recomendaciones finales.

El cálculo de las vulnerabilidades se realizó por medio de las metodologías mencionadas anteriormente y la información obtenida en la ficha técnica de cada edificación. A manera de ejemplo, para la edificación # 4, los factores seleccionados generan los siguientes resultados:

Tabla 11. Resultados de factores indicadores, ejemplo edificación # 4.

VARIABLE VULNERABILIDAD	FACTORES	AMENAZA ESTRUCTURAL	AMENAZA POR INUNDACIÓN	AMENAZA POR M. MASA
SISTEMA ESTRUCTURAL	NO CONVENCIONAL	10	10	10
TIPO DE CERRAMIENTO	BLOQUE, LADRILLO, MADERA FINA	5	5	5
TIPO DE CUBIERTA	ZINC	10	10	NA*
NÚMERO DE PISOS	2 PISOS	3	5	1
ESTADO DE CONSERVACIÓN	REGULAR	5	5	5
TOPOGRAFÍA DEL SITIO	PENDIENTE (15°-30°)	3	5	3
UBICACIÓN EN LA ZONA DE RETIRO	NIVEL 1	NA*	10	NA*
ESTABILIDAD DEL TERRENO	MEDIA	3	0	5
NA*: NO APLICA				

Fuente: Elaboración propia.

Para cada una de las edificaciones, se hace el mismo procedimiento y se califican las variables con sus respectivos indicadores. Las ponderaciones para las amenazas se observan a continuación:

Tabla 12. Resultado del nivel de vulnerabilidad sísmica, ejemplo edificación # 4.

AMENAZA SÍSMICA				
VARIABLE	FACTOR INDICADOR	VALOR DEL INDICADOR	PONDERACION	VALOR VULNERABILIDAD
SISTEMA ESTRUCTURAL	NO CONVENCIONAL	10	1,7	17,0
TIPO DE CERRAMIENTO	BLOQUE, LADRILLO, MADERA FINA	5	0,5	2,5
TIPO DE CUBIERTA	ZINC	10	0,5	5,0
NÚMERO DE PISOS	2 pisos	3	1,0	3,0
ESTADO DE CONSERVACIÓN	REGULAR	5	5,2	26,1
TOPOGRAFÍA DEL SITIO	PENDIENTE (15°-30°)	3	0,5	1,6
ESTABILIDAD DEL TERRENO	MEDIA	3	0,5	1,6
Total Vulnerabilidad Sísmica				57,0
Nivel vulnerabilidad				Medio

Fuente: Elaboración propia

La variable “estado de conservación” posee la ponderación más alta ante amenaza sísmica, ya que la capacidad de respuesta de toda la construcción depende directamente del estado de los materiales que la conforman.

Tabla 13. Resultado del nivel de vulnerabilidad de inundación, ejemplo edificación # 4.

AMENAZA INUNDACIÓN				
VARIABLE	FACTOR INDICADOR	VALOR DEL INDICADOR	PONDERACIÓN	VALOR VULNERABILIDAD
SISTEMA ESTRUCTURAL	NO CONVENCIONAL	10	0,5	5
TIPO DE CERRAMIENTO	BLOQUE, LADRILLO, MADERA FINA	5	1,1	5,5
TIPO DE CUBIERTA	ZINC	10	0,3	3
NÚMERO DE PISOS	2 PISOS	5	1,1	5,5
ESTADO DE CONSERVACIÓN	REGULAR	5	1	5
TOPOGRAFÍA DEL SITIO	PENDIENTE (15°-30°)	5	1	5
UBICACIÓN EN LA ZONA DE RETIRO	NIVEL 1	10	5	50
Total Vulnerabilidad Inundación				79
Nivel vulnerabilidad				Alto

Fuente: Elaboración propia

La edificación # 4, se encuentra muy próxima a la quebrada y por tal motivo el factor indicador de la ubicación en la zona de retiro es “NIVEL 1” el cual representa el mayor puntaje de calificación, además, la variable en comento también representa la mayor ponderación, lo cual genera un nivel alto de vulnerabilidad por inundación.

Tabla 14. Resultado del nivel de vulnerabilidad por movimiento en masa, ejemplo edificación # 4.

AMENAZA MOVIMIENTO EN MASA				
VARIABLE	FACTOR INDICADOR	VALOR DEL INDICADOR	PONDERACION	VALOR VULNERABILIDAD
SISTEMA ESTRUCTURAL	NO CONVENCIONAL	10	1	10
TIPO DE CERRAMIENTO	BLOQUE, LADRILLO, MADERA FINA	5	0,5	2,5
NÚMERO DE PISOS	2 PISOS	1	0,5	0,5
ESTADO DE CONSERVACIÓN	REGULAR	5	0,5	2,5
TOPOGRAFÍA DEL SITIO	PENDIENTE (15°-30°)	3	1	3
ESTABILIDAD DEL TERRENO	MEDIA	5	6,5	32,5
Total Vulnerabilidad Movimiento en Masa				51
Nivel vulnerabilidad				Medio

Fuente: Elaboración propia.

La variable que más influye en la ponderación ante la amenaza de movimiento en masa es la estabilidad del terreno, en la cual se obtuvo un criterio desde el punto de vista geológico para cada edificación; también se tuvo en cuenta la información de amenaza por movimiento en masa de la zona establecida. Cada una de las fichas con sus respectivos cálculos de vulnerabilidad se encuentran en los anexos de este documento.

Luego de calcular el nivel de vulnerabilidad de cada edificación, se realizó la cartografía general con la respectiva ubicación y representación de los resultados de la vulnerabilidad física en un mapa de la zona de estudio. A continuación se presenta un detalle de la mapificación para la edificación # 4 partiendo de los resultados de vulnerabilidad:

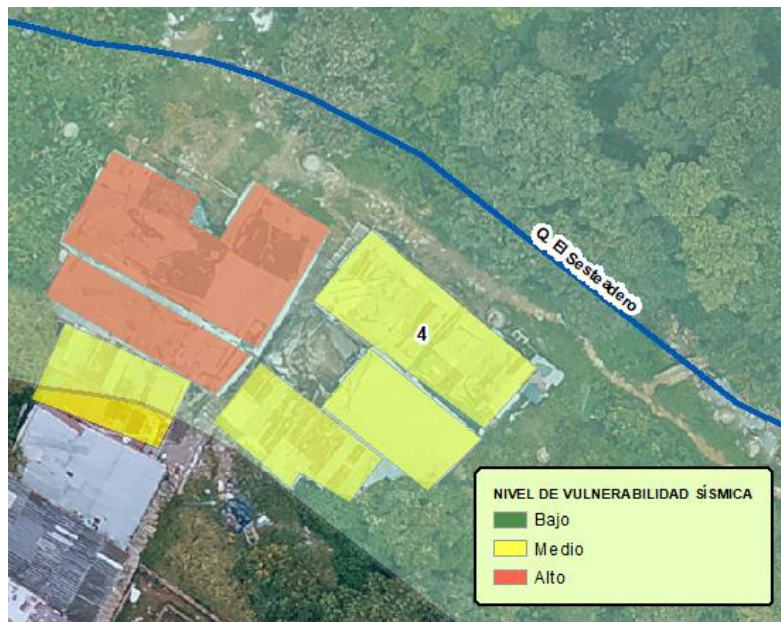


Figura 22. Detalle de mapa para nivel de vulnerabilidad sísmica, edificación # 4.

Fuente: Elaboración propia.

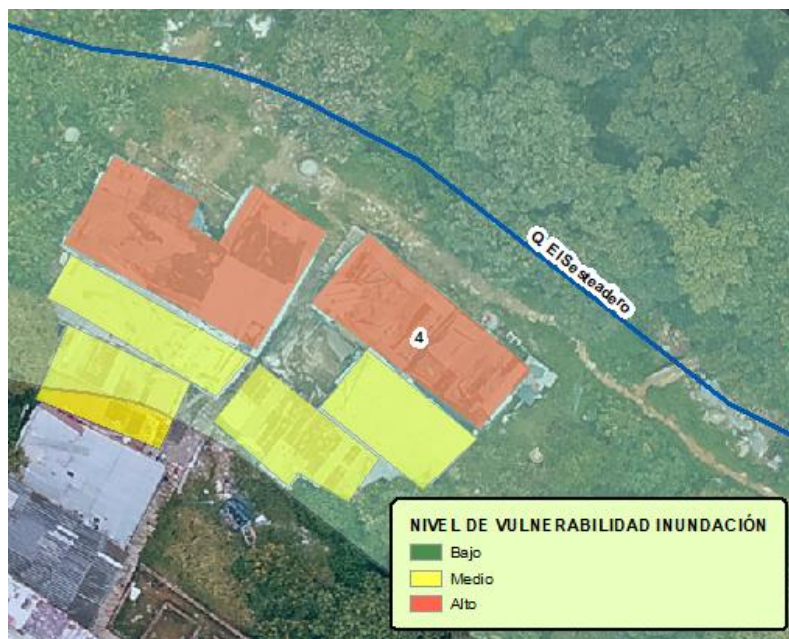


Figura 23. Detalle de mapa para nivel de vulnerabilidad ante inundación, edificación # 4.

Fuente: Elaboración propia.

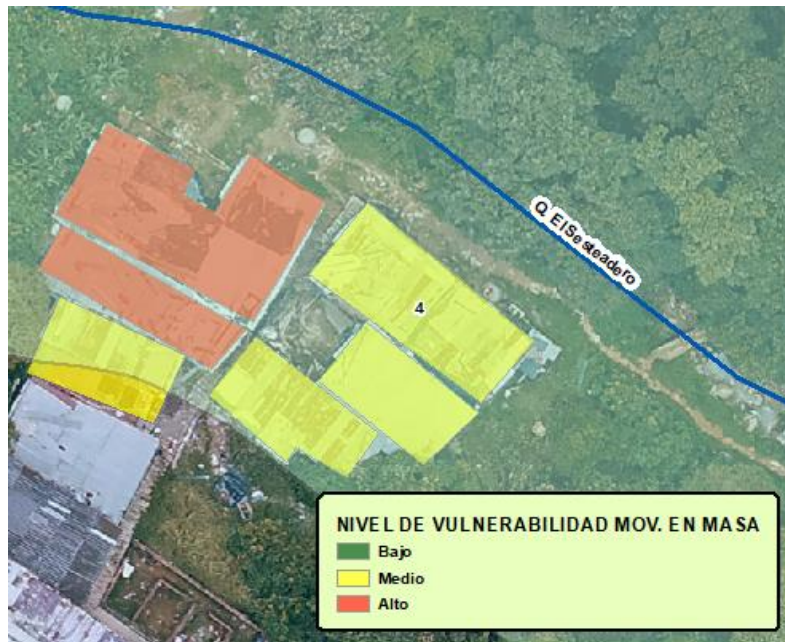


Figura 24. Detalle de mapa para nivel de vulnerabilidad ante movimiento en masa, edificación # 4.

Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento anterior se realizó para todas las edificaciones intervenidas con el fin de calcular numéricamente la vulnerabilidad física. De los resultados totales de vulnerabilidad se realizó un análisis general del valor de los factores indicadores (1, 3, 5, 7, 10) de cada variable, lo cual permite visualizar el aporte del grado de afectación que proporcionó cada variable de vulnerabilidad a las edificaciones ante cada una de las amenazas en estudio.

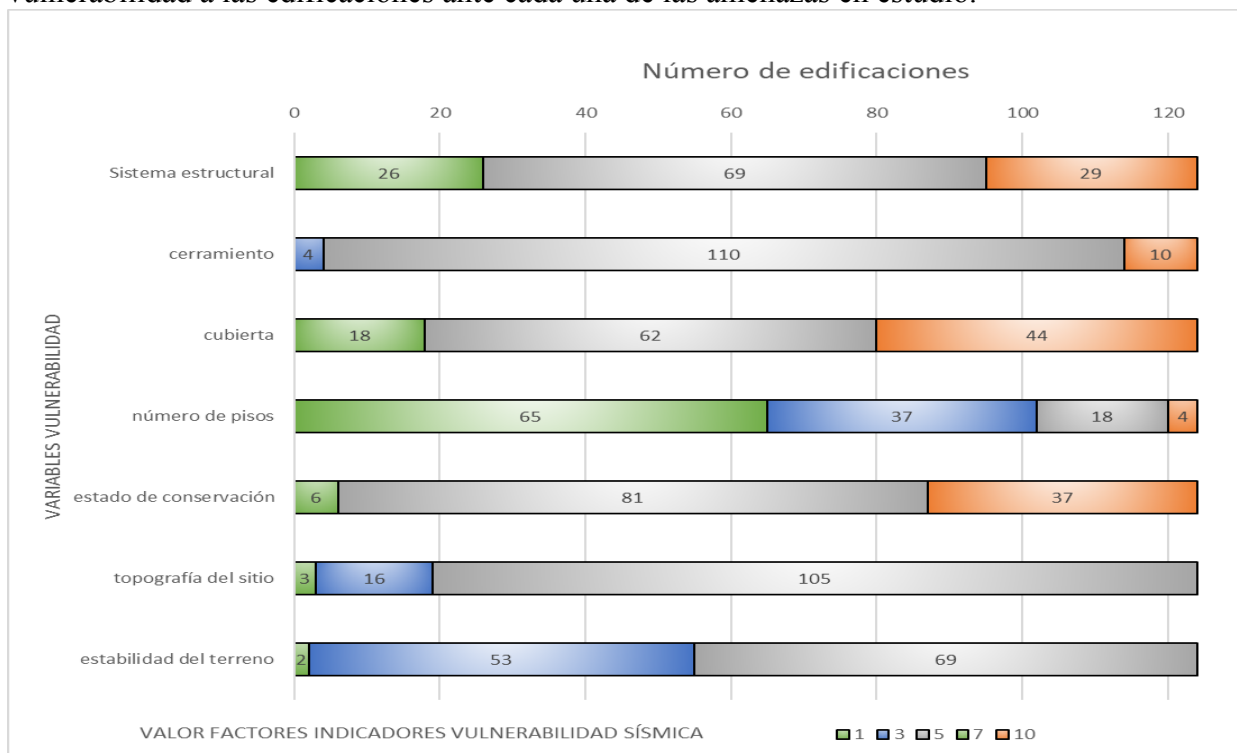


Figura 25. . Representación de los valores de factores indicadores para cada variable de vulnerabilidad ante amenaza sísmica.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura 22, el valor de factor indicador que más veces se repite en el diagnóstico general de la vulnerabilidad sísmica es “5” que es un valor intermedio en la capacidad de respuesta de las edificaciones ante un evento sísmico. Por ejemplo, en la variable “cerramiento”, se obtuvo que 4 edificaciones tienen un valor de factor indicador de 3; que al verificar en la Tabla 22, pertenece a un cerramiento en madera. Por otro lado, se encontraron 110 edificaciones con un valor de 5, lo cual significa que el cerramiento varía entre los factores “BAHAREQUE, ADOBE, TAPIA” y “BLOQUE, LADRILLO, MADERA FINA”. Finalmente, las 10 edificaciones faltantes, obtuvieron un valor indicador de 10 que pertenece a “MATERIALES DE DESECHOS, ESTERILLA”.

Este mismo análisis se ejecutó para las amenazas de inundación y movimientos en masa, las cuales se observan a continuación a manera de información.

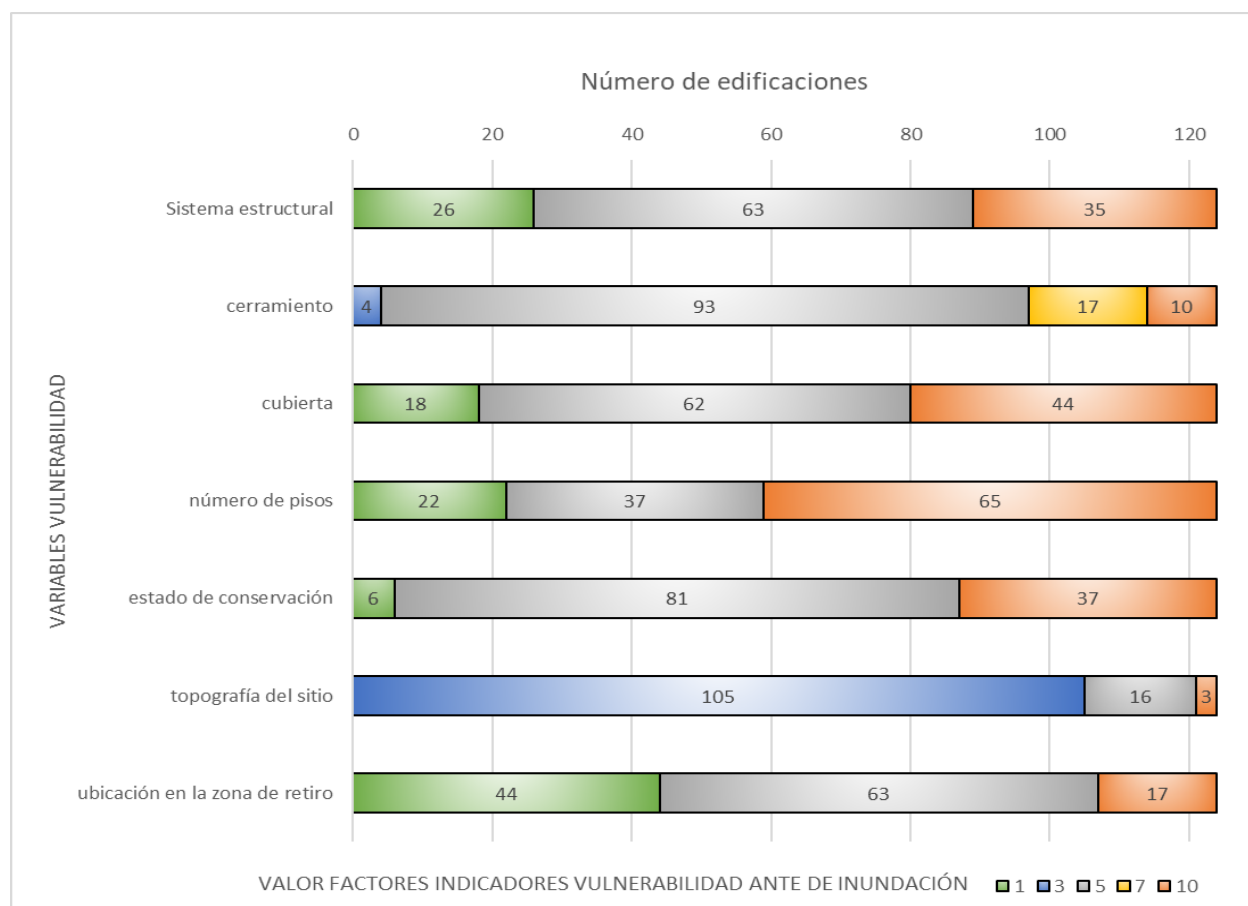


Figura 26. Representación de los valores de factores indicadores para cada variable de vulnerabilidad ante amenaza inundación.

Fuente: Elaboración propia.

La variable “ubicación en la zona de retiro”, es la que mayor valor de ponderación obtuvo para el cálculo de vulnerabilidad ante inundación debido a que es la de mayor influencia en la para la edificación ante dicho evento. Dicho lo anterior, es importante mencionar a partir del gráfico anterior que 17 edificaciones obtuvieron la mayor calificación del indicador (NIVEL 1) que significa que estas construcciones están más cerca a las quebradas y por ende mayor vulnerabilidad ante inundación. Es importante la aclaración de que cada variable posee una ponderación diferente que depende de la influencia para cada construcción, con el fin de contribuir a una interpretación de los resultados más eficaz.

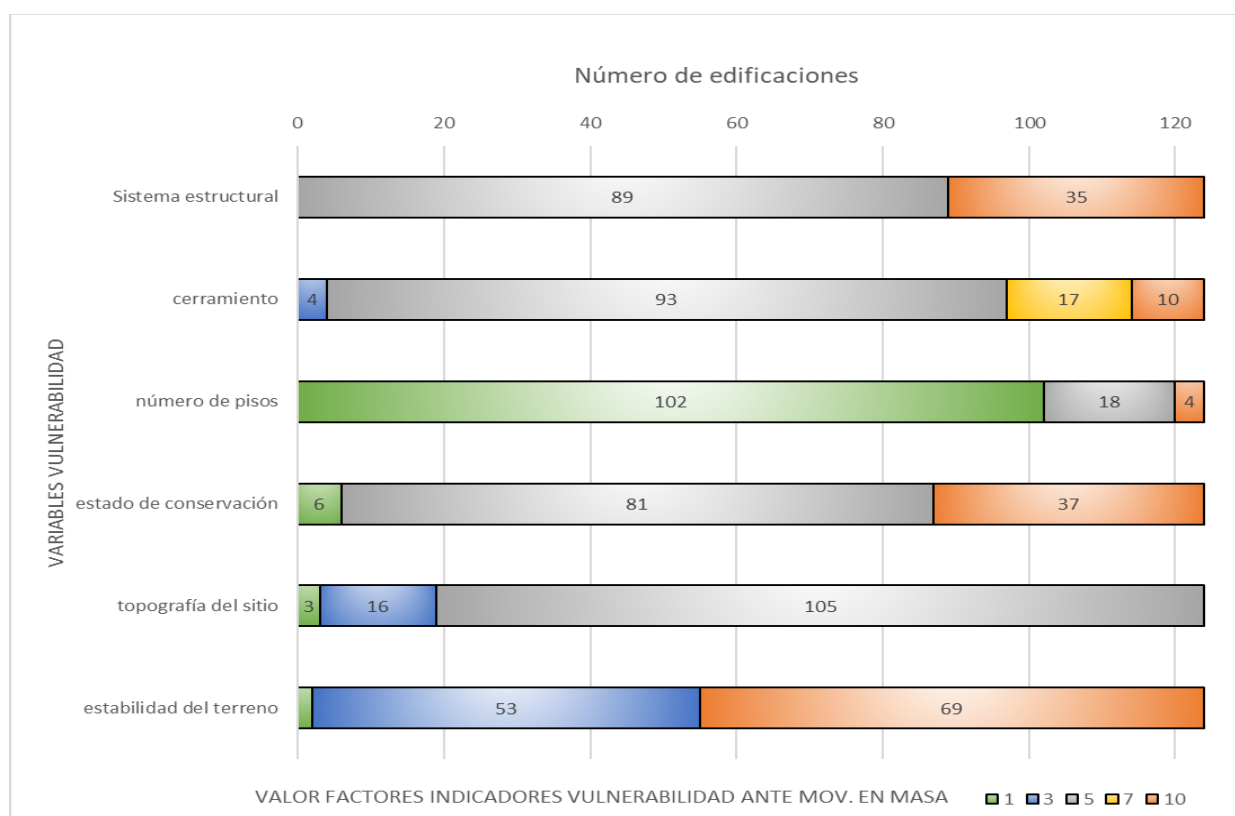


Figura 27. Representación de los valores de factores indicadores para cada variable de vulnerabilidad ante amenaza por mov. en masa..

Fuente: Elaboración propia.

Para la amenaza por movimiento en masa, la variable de vulnerabilidad que tiene más influencia en la vulnerabilidad de la edificación ante este fenómeno es “estabilidad del terreno”; donde 69 construcciones se encuentran sobre un terreno de baja estabilidad. Esto significa que un poco más de la mitad de las edificaciones evaluadas se encuentran en un suelo poco competente.

Por último, se presentan los resultados de vulnerabilidades para cada edificación y con sus respectivos valores totales:

Tabla 15. Resultados totales del nivel de vulnerabilidad.

ID EDIFICACIÓN	VALOR TOTAL DE VULNERABILIDAD			NIVEL DE VULNERABILIDAD		
	SÍSMICA	INUNDACIÓN	MOVIMIENTOS EN MASA	SÍSMICA	INUNDACIÓN	MOVIMIENTOS EN MASA
1	43	22	50	Medio	Bajo	Medio
2	39	45	48	Medio	Medio	Medio
3	75	40	83	Alto	Medio	Alto
4	57	79	51	Medio	Alto	Medio
5	77	85	89	Alto	Alto	Alto
6	77	60	89	Alto	Medio	Alto
7	48	55	48	Medio	Medio	Medio
8	48	55	48	Medio	Medio	Medio
9	48	55	48	Medio	Medio	Medio
10	48	48	81	Medio	Medio	Alto

11	55	56	86	Medio	Medio	Alto
12	49	42	85	Medio	Medio	Alto
13	42	78	81	Medio	Alto	Alto
14	45	34	48	Medio	Medio	Medio
15	45	81	79	Medio	Alto	Alto
16	51	48	48	Medio	Medio	Medio
17	44	36	46	Medio	Medio	Medio
18	19	76	44	Bajo	Alto	Medio
19	42	69	48	Medio	Alto	Medio
20	46	50	46	Medio	Medio	Medio
21	47	28	48	Medio	Bajo	Medio
22	47	28	48	Medio	Bajo	Medio
23	41	26	48	Medio	Bajo	Medio
24	70	41	49	Alto	Medio	Medio
25	28	74	18	Bajo	Alto	Bajo
26	46	50	46	Medio	Medio	Medio
27	28	73	44	Bajo	Alto	Medio
28	34	83	44	Medio	Alto	Medio
29	40	66	24	Medio	Alto	Bajo
30	49	44	50	Medio	Medio	Medio
31	49	69	50	Medio	Alto	Medio
32	75	78	83	Alto	Alto	Alto
33	40	70	81	Medio	Alto	Alto
34	49	44	50	Medio	Medio	Medio
35	28	65	48	Bajo	Medio	Medio
36	54	44	53	Medio	Medio	Medio
37	45	47	48	Medio	Medio	Medio
38	46	34	81	Medio	Medio	Alto
39	44	67	83	Medio	Alto	Alto
40	45	54	48	Medio	Medio	Medio
41	47	57	46	Medio	Medio	Medio
42	71	58	83	Alto	Medio	Alto
43	73	59	83	Alto	Medio	Alto
44	78	68	91	Alto	Alto	Alto
45	48	48	81	Medio	Medio	Alto
46	42	71	81	Medio	Alto	Alto
47	47	87	77	Medio	Alto	Alto
48	86	48	91	Alto	Medio	Alto
49	47	41	85	Medio	Medio	Alto
50	47	73	48	Medio	Alto	Medio
51	49	77	46	Medio	Alto	Medio
52	47	73	48	Medio	Alto	Medio
53	84	40	91	Alto	Medio	Alto
54	48	48	81	Medio	Medio	Alto
55	86	68	91	Alto	Alto	Alto

56	88	88	91	Alto	Alto	Alto
57	46	34	81	Medio	Medio	Alto
58	39	54	79	Medio	Medio	Alto
59	84	90	89	Alto	Alto	Alto
60	84	90	89	Alto	Alto	Alto
61	84	65	89	Alto	Medio	Alto
62	83	92	87	Alto	Alto	Alto
63	83	58	89	Alto	Medio	Alto
64	84	45	89	Alto	Medio	Alto
65	57	85	87	Medio	Alto	Alto
66	84	90	89	Alto	Alto	Alto
67	86	60	89	Alto	Medio	Alto
68	46	44	83	Medio	Medio	Alto
69	86	60	89	Alto	Medio	Alto
70	84	65	89	Alto	Medio	Alto
71	47	48	48	Medio	Medio	Medio
72	72	64	57	Alto	Medio	Medio
73	72	64	57	Alto	Medio	Medio
74	83	65	57	Alto	Medio	Medio
75	45	79	48	Medio	Alto	Medio
76	65	57	51	Medio	Medio	Medio
77	39	52	48	Medio	Medio	Medio
78	39	52	48	Medio	Medio	Medio
79	79	39	55	Alto	Medio	Medio
80	82	41	55	Alto	Medio	Medio
81	72	59	51	Alto	Medio	Medio
82	55	56	86	Medio	Medio	Alto
83	51	50	81	Medio	Medio	Alto
84	49	80	81	Medio	Alto	Alto
85	53	71	83	Medio	Alto	Alto
86	83	61	87	Alto	Medio	Alto
87	46	79	81	Medio	Alto	Alto
88	46	72	81	Medio	Alto	Alto
89	37	33	79	Medio	Medio	Alto
90	39	27	79	Medio	Bajo	Alto
91	44	42	83	Medio	Medio	Alto
92	42	41	83	Medio	Medio	Alto
93	40	52	81	Medio	Medio	Alto
94	48	73	81	Medio	Alto	Alto
95	52	46	50	Medio	Medio	Medio
96	47	43	50	Medio	Medio	Medio
97	33	40	51	Medio	Medio	Medio
98	47	43	50	Medio	Medio	Medio
99	41	46	48	Medio	Medio	Medio
100	48	48	81	Medio	Medio	Alto

101	45	54	48	Medio	Medio	Medio
102	45	47	48	Medio	Medio	Medio
103	45	54	48	Medio	Medio	Medio
104	43	42	50	Medio	Medio	Medio
105	50	50	48	Medio	Medio	Medio
106	19	41	79	Bajo	Medio	Alto
107	46	47	81	Medio	Medio	Alto
108	46	54	81	Medio	Medio	Alto
109	46	54	81	Medio	Medio	Alto
110	86	68	91	Alto	Alto	Alto
111	45	54	48	Medio	Medio	Medio
112	86	68	91	Alto	Alto	Alto
113	45	72	48	Medio	Alto	Medio
114	84	92	91	Alto	Alto	Alto
115	46	79	81	Medio	Alto	Alto
116	84	88	88	Alto	Alto	Alto
117	46	79	81	Medio	Alto	Alto
118	46	79	81	Medio	Alto	Alto
119	56	81	85	Medio	Alto	Alto
120	46	79	81	Medio	Alto	Alto
121	86	93	91	Alto	Alto	Alto
122	86	93	91	Alto	Alto	Alto
123	46	84	87	Medio	Alto	Alto
124	73	84	83	Alto	Alto	Alto

Fuente: Elaboración propia.

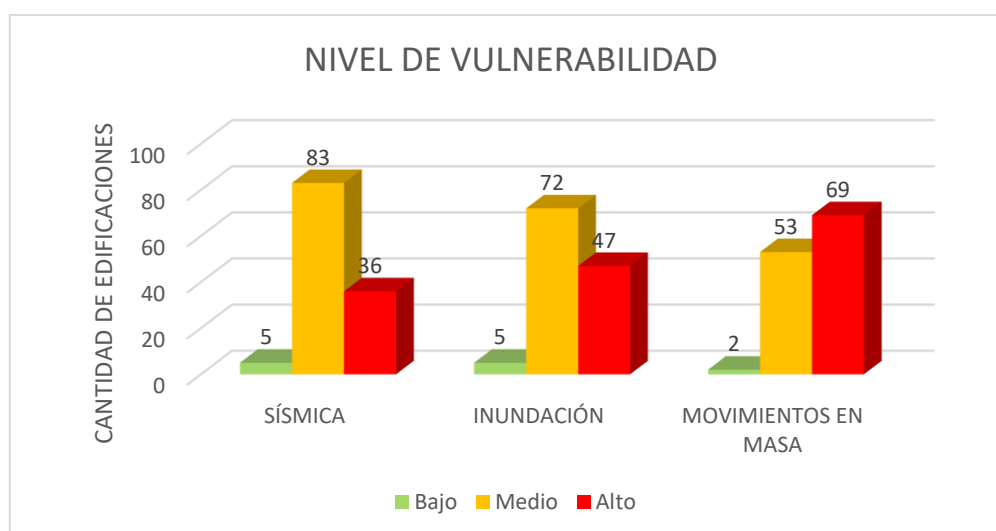


Figura 28. Resultados totales del nivel de vulnerabilidad.

Como se observa en el gráfico anterior, la amenaza que genera mayor peligro para la zona en estudio es la de movimientos en masa, significa que las edificaciones evaluadas presentan menor capacidad de respuesta en caso de ocurrencia de un evento de remoción de masa.

Elaboración del mapa:

Una vez realizado el cálculo de la vulnerabilidad de cada una de las edificaciones, se realizó la georreferenciación de cada una y se estableció toda la información recopilada en Arcmap, software central para visualización y manipulación de datos geográficos (ArcGIS Resources, s.f.).

En primer lugar, se recolectó información acerca de la cartografía establecida en el Municipio de Itagüí, teniendo en cuenta el sistema de coordenadas, los formatos, escalas y demás información necesaria para la cartografía de los mapas. Por otro lado, se estableció la información pertinente que debían contener las capas y elementos elaborados.

Partiendo de las ortofotos y capas georreferenciadas y establecidas en el municipio, se crearon las capas necesarias para la representación de la información.

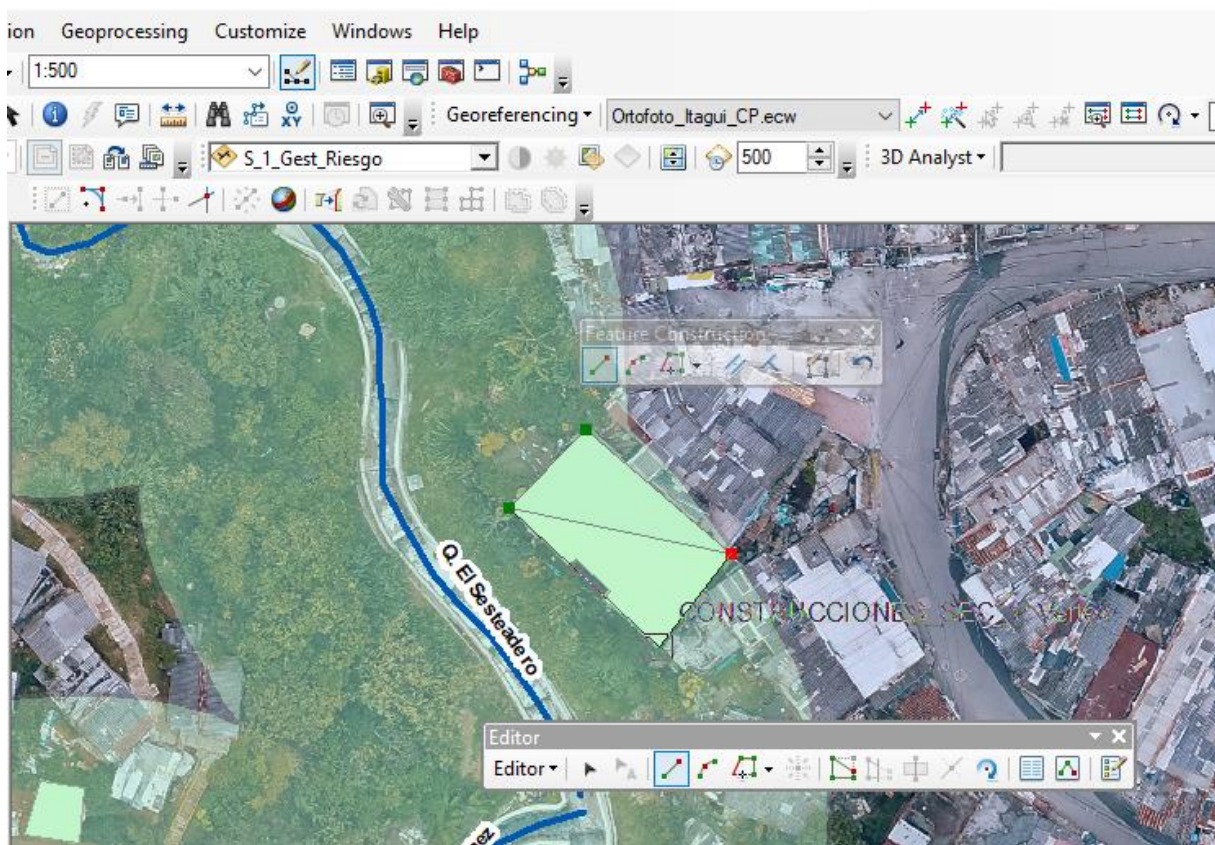


Figura 29. Elaboración de mapa, desarrollo de capa poligonal de cada edificación en Arcmap.

Se observa la elaboración de cada polígono que representa la edificación correspondiente, la cual es georreferenciada en el sistema de coordenadas proyectado Magna Colombia Bogotá ya que es el sistema establecido en el Municipio de Itagüí.

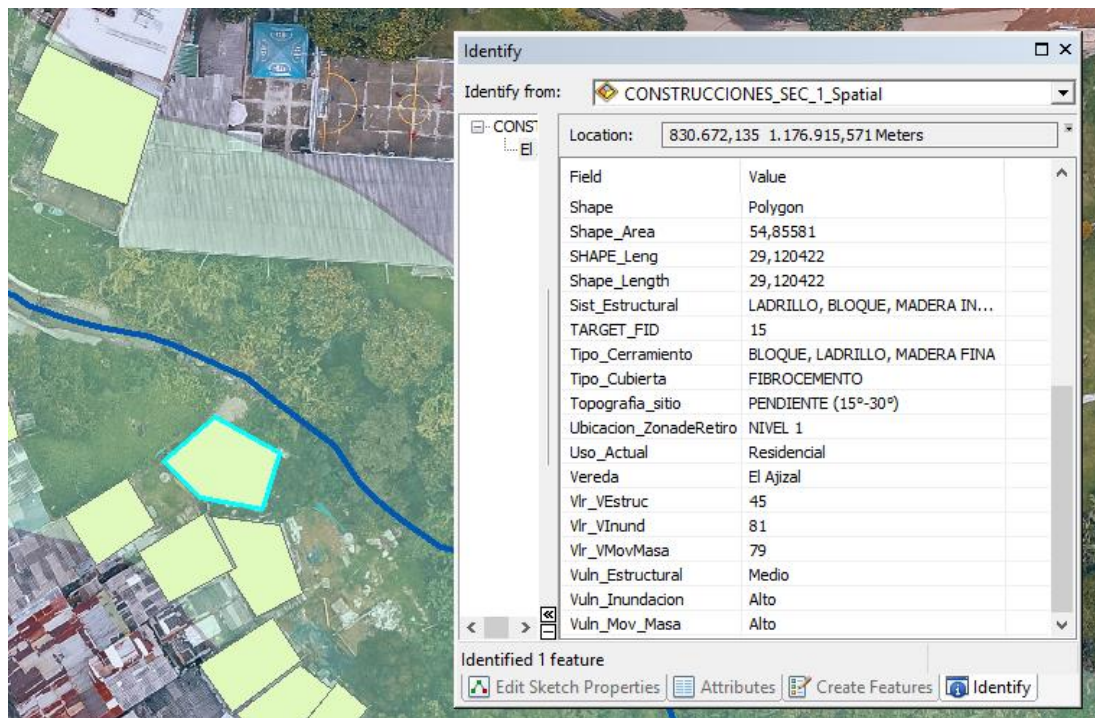


Figura 30. Vinculación de resultados de vulnerabilidad en la tabla de atributos de cada edificación en el mapa.

Luego de que se crearón los 124 poligonos, se establecieron los resultados de vulnerabilidad y la información obtenida en las fichas técnicas en la tabla de atributos de la capa poligonal; se ingresaron los factores indicadores de cada variable de vulnerabilidad, el puntaje total y el nivel de vulnerabilidad obtenido para cada edificación, con el fin de brindar la información pertinente y generar solidez en la base de datos de gestión de riesgo.

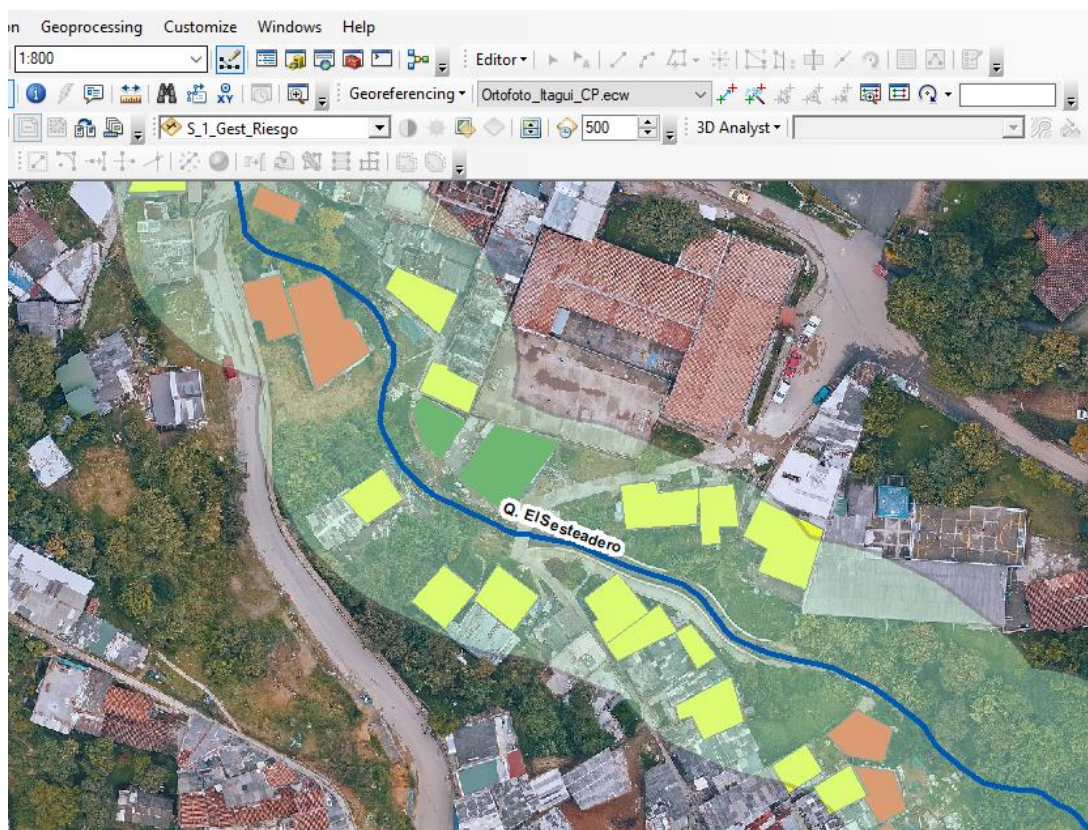


Figura 31. representación de los niveles de vulnerabilidad en el mapa.

Finalmente se generaron 3 mapas con la representación de los tres tipos de vulnerabilidad (sísmica, inundación y movimientos en masa), representando los polígonos de color verde como el nivel de vulnerabilidad baja, de color amarillo el nivel medio y de color rojo el nivel alto de vulnerabilidad. Todo esto con el fin de generar un mejor entendimiento y socializar los resultados en las mesas de trabajo y reuniones de la oficina corregimental.

7 CONCLUSIONES

El análisis y diagnóstico de vulnerabilidades en los territorios rurales es pieza clave para incorporar el plan de gestión de riesgos en el proceso del ordenamiento territorial, ya que busca promover la mitigación de eventos desastrosos en los sectores críticos de riesgo, Es decir, que es un punto de partida para la toma de decisiones de las autoridades gubernamentales, para el control urbano y rural. Además sirve para la programación de proyectos específicos y planes de contingencia.

Los resultados de este estudio son el punto de partida para realizar un análisis técnico y social a detalle de la zona, con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes del corregimiento El Manzanillo; de este modo, se genera un avance positivo en el desarrollo municipal.

A partir de los estudios previos de amenaza y riesgo que se han realizado en el corregimiento El Manzanillo, y por supuesto, el análisis de este diagnóstico de vulnerabilidades, se deben generar proyectos de mejoramiento y recuperación de las quebradas y su retiro, con el fin de encontrar un equilibrio entre el manejo del ecosistema y la calidad de vida de las personas. Algunos proyectos significativos serían la reubicación de las viviendas con un alto nivel de riesgo en la zona, planes de contingencia de amenaza y riesgo, estabilidad de laderas, proyectos sociales frente al manejo de residuos sólidos y basuras, adecuación de obras hidráulicas y proyectos de sensibilización que fomenten el desarrollo y un sentido de pertenencia en el corregimiento.

Las variables de vulnerabilidad que se establecieron durante el desarrollo de este estudio fueron fundamentales para el diagnóstico de vulnerabilidades físicas en las edificaciones; el criterio técnico también influyó en dicha determinación y dado que las metodologías empleadas son de carácter cualitativo y visual, pueden generarse discusiones o pequeñas discrepancias teniendo en cuenta el punto de vista de las demás entidades y operadores técnicos.

Desde un análisis más detallado de los resultados totales de vulnerabilidad, solo un 4 % de las edificaciones evaluadas presentaron un nivel de vulnerabilidad bajo, lo que lleva a pensar en el poco manejo integral y la falta de control de las construcciones de la zona. Por otro lado, la vulnerabilidad más alta que se presenta en dichas construcciones, es ante amenaza por movimiento en masa con un 56% del total de las edificaciones, seguido de la amenaza por inundación que tiene una vulnerabilidad alta de un 38% y por último, la vulnerabilidad sísmica alta con un 29% de las edificaciones.

En síntesis, la vulnerabilidad surge a partir de factores sociales, económicos, físicos y ambientales, que pueden incluir un manejo inadecuado de diseño, construcciones incontroladas, la falta de información y concientización pública, la protección inadecuada de bienes públicos y naturales, entre otros acontecimientos. El territorio siempre estará expuesto a estos y otros factores que pueden influir en la capacidad de adaptación y de respuesta ante algunas amenazas, es allí, donde el plan de gestión de riesgo interviene para mitigar las posibles afectaciones en el territorio.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía de Itagüí. (2007). *Acuerdo No 020. Plan de Ordenamiento Territorial*. Itagüí.

Alcaldía de Itagüí, CMGRD. (2016). *Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres PMGRD*. Itagüí.

SNGR. (2011). guía para implementar el análisis de vulnerabilidades a nivel cantonal. 2019, de PNUD Sitio web:
https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/ID_10464_Redhum-Ec-GUIA_PARA_IMPLEMENTAR_EL_ANALISIS_DE_VULNERABILIDADES_A_NIVEL_CANTONA-SNGR-PNUD-21-SEP-_2011.pdf

AMA, PNUD. (2014). metodologías para la determinación de riesgos de desastres a nivel territorial. 2019, de El PNUD y la evaluación de los riesgos de desastres en Cuba Sitio web:
<http://dipecholac.net/docs/files/475-libro-metodologia-riesgo-ama.pdf>

J. M. Vera Rodríguez y A. P. Albarracín Calderón, "Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas," *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 27, no. 2, p. 109-136. DOI: <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.2309>

Muñoz, W. (2007, agosto). Determinación del índice de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de Ciudad Bolívar evaluadas por el método cualitativo. *Ingeniería y Tecnología*, 9, pp.241-260.

Universidad Nacional de Colombia. (2018). estudios básicos de amenaza por movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales en los municipios de caldas, la estrella, envigado, itagüí, bello, copacabana y barbosa, para la incorporación de la gestión del riesgo en la planificación territorial, documento ii municipio de itagüí. 2019, de área metropolitana del valle de aburrá

Arcgis Resources. (s.f.). ArcGis Resources. Obtenido de:
<http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm>

Vera, J. M., & Albarracin, A. P. (2017). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2), 109–136.
<https://doi.org/10.18359/rcin.2309>

Zaldúa, D. L. C. (2011). *Modelación de vulnerabilidad física de estructuras de uno y dos pisos, asociada a deslizamientos*. 143–193; partie 4.

Mejía, G. J. (2013). Estudio hidrológico y diseño de obras para estabilización del cauce de la Quebrada Peladeros, vereda Los Gómez, Municipio de Itagüí. Itagüí: Secretaría de Infraestructura.

Romero, A. B. (s.f.). Caso de aplicación: "Microcuenca de la Quebrada Doña María".

Medellín.

Fernando, D., Moreno, P., Hugo, J., & Delgadillo, H. (n.d.). *Metodología para el estudio de la vulnerabilidad estructural de edificaciones*. Retrieved from http://tycho.escuelaing.edu.co/contenido/encuentros-suelosyestructuras/documentos/vulnerabilidad/01_diego_paez.pdf

de Jesús Noriega, O., Rojas, Y. G., & Barrios, J. J. R. (2011). Análisis de la vulnerabilidad y el riesgo a inundaciones en la cuenca baja del río Gaira, en el Distrito de Santa Marta. *Prospectiva*, 9(2), 93–102. Retrieved from file:///C:/Users/Maria Jose/Downloads/Dialnet-AnalisisDeLaVulnerabilidadYElRiesgoAInundacionesEn-4208390.pdf

Union Temporal Plan Urbano. (2016). *Informe de diseño Quebrada Sesteadero*. Itagüí.

Torry, William, (1978). “Natural Disasters, Social Structure and Change in Traditional Societies”, *Journal of Asian and African Studies*, XIII, núm. 3-4, pp. 167-183.

Maskrey, Andrew, (1998). “El riesgo”, en Maskrey, Andrew (edit.), *Navegando entre brumas. La aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis del riesgo en América Latina*, Lima, La Red.

9 ANEXOS

Se presentan los mapas de vulnerabilidad física ante amenaza sísmica, inundación y movimientos en masa en formato PDF (A.1), además de las fichas técnicas, registro fotográfico y demás información obtenida en los recorridos de campo para la evaluación de las edificaciones en formato xls.