

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICA POR EXPOSICIÓN AL FENÓMENO
DE SUBSIDENCIA EN EL BARRIO VILLA LUCIA, MUNICIPIO DE PASTO.**

FABIO FERNANDO CAICEDO ROSERO

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE GEOGRAFÍA
SAN JUAN DE PASTO
2018**

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD FÍSICA POR EXPOSICIÓN AL FENÓMENO
DE SUBSIDENCIA EN EL BARRIO VILLA LUCIA, MUNICIPIO DE PASTO.**

FABIO FERNANDO CAICEDO ROSERO

**Trabajo Presentado Como Opción DE Grado Del Programa de Geografía
PARA Optar El Título de Geógrafo**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE GEOGRAFÍA
SAN JUAN DE PASTO
2018**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1ro del Acuerdo N°. 324 de Octubre 11 de 1966 emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Director

Jurado

Jurado

San Juan de pasto, 21 de Mayo de 2018

RESUMEN

La subsidencia del terreno es un riesgo que afecta a zonas del municipio de Pasto. Par nuestro municipio la causa principal de ocurrencia de dicho fenómeno es la construcción de obras subterráneas o de galerías mineras, es así que la subsidencia se manifiestan en la superficie del terreno mediante deformaciones verticales que pueden variar desde pocos milímetros hasta varios metros durante periodos que varían desde minutos hasta años. Esta investigación tiene como objetivo realizar una interpretación de vulnerabilidad física por exposición a un fenómeno, para este caso, dicho fenómeno será la subsidencia, que es un proceso progresivo de hundimiento gradual de una superficie, para este caso en el barrio Villa Lucia en el municipio de Pasto.

Es así que este trabajo contiene, la ubicación geográfica del área de estudio y un modelamiento de lo que representa la amenaza de subsidencia en la zona de estudio. Que puede llegar a la ocurrencia de colapsos de estructuras y la consecuente perdidas de bienes inmuebles y hasta de vidas humanas.

El área de afectación se encuentra ubicado en la zona sur occidente de San Juan de Pasto, dicha zona presenta un desarrollo urbanístico creciente y esta densamente poblada, además tiene una cercanía al área céntrica y comercial de la ciudad de san Juan de Pasto, por lo que es necesario analizar la vulnerabilidad de la zona frente a emergencia por inestabilidad y desplome de edificaciones. Es así que podremos concluir que dicho fenómeno desemboca en una situación compleja de organización pública y social.

Por lo tanto se debe comprender que la población del barrio de Villa Lucia que se localiza sobre zona de socavones, está en una situación de exposición por daño a las construcciones que existen. Por lo que es importante, analizar la vulnerabilidad que se presenta y por lo cual se plantea de manera clara y pronta se realicen estudios encaminados a identificar todo tipo de lesiones estructurales y realizar un seguimiento a su evolución para conjuntamente analizar y definir la clausura de viviendas y el traslado de la población. Este procedimiento debe desarrollarse apoyándose en técnicas de Estudio de Vulnerabilidad sísmica y Patología de la Construcción.

ABSTRACT

The subsidence of the land is a risk that affects areas of the municipality of Pasto. For our municipality the main cause of occurrence of this phenomenon is the construction of underground works or mining galleries, so that the subsidence is manifested on the surface of the land by vertical deformations that can vary from a few millimeters to several meters during periods that vary from minutes to years. This research aims to perform an interpretation of physical vulnerability by exposure to a phenomenon, for this case, this phenomenon will be subsidence, which is a progressive process of gradual subsidence of a surface, for this case in the Villa Lucia neighborhood in the municipality of Pasture. Thus, this work contains the geographical location of the study area and a modeling of what represents the threat of subsidence in the study area. That can lead to the collapse of structures and the consequent loss of real estate and even human lives. The area of affectation is located in the south west area of San Juan de Pasto, this area has a growing urban development and is densely populated, it also has a closeness to the central and commercial area of the city of San Juan de Pasto, so that it is necessary to analyze the vulnerability of the area in the face of an emergency due to instability and the collapse of buildings. So we can conclude that this phenomenon leads to a complex situation of public and social organization. Therefore, it should be understood that the population of the Villa Lucia neighborhood, which is located on a ditch zone, is in a situation of exposure due to damage to existing buildings. Therefore, it is important to analyze the vulnerability that arises and for which it is posed in a clear and prompt manner, studies are carried out to identify all types of structural injuries and monitor their evolution to jointly analyze and define housing closure and the transfer of the population. This procedure must be developed based on techniques of Seismic Vulnerability Study and Construction Pathology.

CONTENIDO

		Pág.
	INTRODUCCIÓN	13
1	PROBLEMA	15
1.1	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2	PLANTEAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
2	JUSTIFICACIÓN	16
3	OBJETIVOS.....	17
3.1	OBJETIVO GENERAL	17
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
4.	LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL ÁREA DE ESTUDIO	18
5.	MARCO CONCEPTUAL	20
6.	MARCO LEGAL	24
7.	METODOLOGIA	26
7.1.	FASE 1 DELIMITAR EL ÁREA DE ESTUDIO.....	27
7.2	FASE 2. DEFINIR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS ESTRUCTURAS DEL BARRIO VILLA LUCIA AMENAZADAS POR SUBSIDENCIA.....	27
7.3	FASE 3 CLASIFICAR ESTRUCTURAS POR EL NIVEL DE VULNERABILIDAD FÍSICA POR EXPOSICIÓN A LA SUBSIDENCIA EN EL BARRIO VILLA LUCIA.....	28
8.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
8.1	ÁREA DE ESTUDIO	29
8.1.1	Información recolectada.....	29
8.2	CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS DEL BARRIO VILLA LUCIA.	34
8.2.1	calificación de estructuras.....	34

8.2.2	Criterios de evaluación.....	34
8.3	DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LOS PREDIOS.....	36
8.3.1	Caracterización física.....	40
8.4	CLASIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS POR NIVEL DE VULNERABILIDAD FISICA EN EL BARRIO VILLA LUCIA	46
8.4.1	Cálculos estadísticos.	46
8.4.2	Ponderación.	47
8.5	VULNERABILIDAD	47
8.5.1	Zonificación de vulnerabilidad física por exposición a la subsidencia en el área de estudio.....	48
	CONCLUSIONES	53
	RECOMENDACIONES	54
	BIBLIOGRAFÍA	55
	CYBERGRAFIA	56
	ANEXOS	57

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cantidad y porcentaje de predios expuestos al fenómeno de subsidencia en el barrio Villa Lucia	30
Tabla 2. Calificación de variables.	34
Tabla 3. Estandarización de las variables.....	35
Tabla 4. Número de predios por estado de la estructura.	40
Tabla 5. Numero de predios por N° de pisos.	42
Tabla 6. Número de pisos.	43
Tabla 7. Numero de predios por Uso del predio	44
Tabla 8. Calificación por elementos década variable.	46
Tabla 9. Peso de Variables	48
Tabla 10. Clasificación de la vulnerabilidad	48

LISTA DE MAPAS

	Pág.
Mapa 1. Ubicación Zona de estudio Barrio Villa Lucia municipio de Pasto.....	19
Mapa 2. Predios Ubicados en zona de exposición a subsidencia en el barrio Villa Lucia municipio de Pasto.	33
Mapa 3. Estado de la estructura	41
Mapa 4. Uso del predio	45
Mapa 5. Vulnerabilidad	52

Lista de IMAGENES

	Pág.
Imagen 1. Procesamiento de información catastral.....	30
Imagen 2. Relleno de zona en hundimiento con material de recebo Cr 20 CI 9	32
Imagen 3. Matriz de Ponderación.....	36
Imagen 4. Fachada de casas Cr. 21ª Cl. 8 barrió Villa Lucia.....	36
Imagen 5. Parqueadero ubicado en Cr 20ª Cl. 8 barrió Villa Lucia.....	37
Imagen 6. Edificio de apartamentos y parqueadero Cr 20ª CI 9 barrió Villa Lucia.	37
Imagen 7. Lotes, viviendas y estructura en obra negra Cr 20b CI 8 barrió Villa Lucia.	38
Imagen 8. Estructuras de 2 y 3 pisos 0b CII 8 barrió Villa Lucia.	38
Imagen 9. 7-8. Presencia de hundimiento en bancada y resquebrajamiento de muro en la Fachada de casas en la Cr 20 con CII 11y CII 9 barrió Villa Lucia.	39
Imagen 10. Hundimiento de placa de concreto en polideportivo barrió Villa Lucia CI9 Cr21a.	39
Imagen 11. Desplome de base estructural por subsidencia barrió Villa Lucia CI 5.	40

LISTA DE GRAFICOS

Pág.

Gráfica 1. Temas para generación del mapa de susceptibilidad por exposición a subsidencia.	26
Gráfica 2. Predios Expuestos a subsidencia en el barrio Villa Lucia	31
Gráfica 3. Porcentaje del área con nula exposición de vulnerabilidad.	49
Gráfica 4. Porcentaje del área con baja exposición de vulnerabilidad.	50
Gráfica 5. Porcentaje del área con alta exposición de vulnerabilidad.	50
Gráfica 6. Porcentaje del área con alta exposición de vulnerabilidad.	51

INTRODUCCIÓN

Los fenómenos naturales de origen geológico, hidrológico y atmosférico como las inundaciones, terremotos, movimientos en masa, erupciones volcánicas, entre otros; o por eventos desastrosos de tipo antrópico provocados por el hombre, representan un peligro o una amenaza latente para el desarrollo económico y social de una región o hasta de un país. Estas amenazas generan un riesgo por la exposición de una comunidad a una de las amenazas antes mencionadas, es así que se debe buscar reducir en la medida de la probabilidad la vulnerabilidad de elementos expuestos o los efectos expuestos, porque la ocurrencia de una emergencia puede ser inesperada aunque puede convertirse en desastre por aparición en desmesura de dicho evento y si no se conoce y planifica los anteriores no se lograra aumentar la capacidad de respuesta frente a una amenaza; lo cual conlleva a un desastre.

En el contexto anterior se debe entender el contexto actual en el municipio de Pasto, el cual atraviesa etapas caóticas en el tema de desarrollo urbano, esto sumado a que no se ejerce un control real sobre la ordenación del territorio por el crecimiento acelerado de las zonas anteriormente rurales o con usos diferentes a los habitacionales o urbanos; de esto podemos establecer, como por dicha desatención a una planificación consiente, o de mejor forma acertada, se presentan diferentes riesgos, en la zonas que actualmente son utilizadas para el crecimiento o desarrollo urbano, porque los procesos de desarrollo se establecen desconociendo la historia y el uso anterior de las áreas que buscan ser ocupadas para uso habitacional, comercial, de transporte u otro que necesite las ciudad para su desenvolvimiento. Este contexto se vuelve determinante y se suma a la vulnerabilidad que puede definirse como la exposición a cualquier tipo de amenaza latente, sin importar su tipo u origen, como: de origen natural, socio natural, antrópica, tecnológica, geológicas, hidrometereologicas, que ponen en riesgo a los pobladores de una zona. Por tal motivo comprender los factores de vulnerabilidad que inciden en la debilidad o susceptibilidad de los asentamientos humanos relativos a sus sistemas socioeconómicos, físico estructurales de las edificaciones, legal, político e institucional; es una acción prioritaria para la toma de decisiones de reducción del riesgo.

Es así que se busca con esta investigación, identificar el grado de susceptibilidad de las estructuras presentes en el barrio Villa Lucia, a Los hundimientos causados por la subsidencia, buscando mostrar cuales son las zonas que se encuentran más expuestas a la amenaza, por eso para esta investigación es importante conocer el tipo de usos que se establecen en la zona y donde se encuentran ubicados los predios que presentan mayor susceptibilidad a sufrir daños o desplome de estructuras por subsidencia.

Todo esto se enmarca en la determinación de que factores componen un riesgo frente a la vulnerabilidad físico-estructural por subsidencia en las viviendas del barrio Villa Lucia, ante; el cual se propone realizar un análisis de las edificaciones contexto de vulnerabilidad por exposición al fenómeno de subsidencia. A esto se le debe sumar que se debe comprender que toda construcción a lo largo de su vida útil, sufre alteraciones originadas por su deterioro normal debido a su exposición ante agentes agresivos encontrados en el medio circundante que pueden ocasionadas por los fenómenos naturales como sismos, deslizamientos y asentamientos diferenciales, o accidentales. Estas alteraciones producen diferentes tipos de lesiones que van desde las más leves afectando la parte estética, hasta las más severas que comprometen la estabilidad estructural de la edificación amenazando la pérdida de vidas humanas. Las lesiones en las estructuras como fisuras, humedades, eflorescencias, asentamientos, pérdida de verticalidad entre otras, además de afectar la armonía visual de un esquema arquitectónico, con el tiempo, pueden avanzar hasta alcanzar un grado severo de afectación estructural sino se ejecuta una oportuna intervención.

El presente trabajo consta de:

Marco Conceptual: en el cual se desarrolla conceptos básicos como vulnerabilidad física, amenaza y riesgo.

Marco Legal: hace referencia a las leyes vigentes en gestión del riesgo.

Descripción y modelamiento de la zona de Vulnerabilidad: se muestra el área de estudio mediante mapas de amenaza e identificación de la zona de vulnerabilidad física por subsidencia.

1 PROBLEMA

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Como se manifiesta la vulnerabilidad por el fenomeno de subcendencia en el barrio de Villa Lucia, Municipio de Pasto?

1.2 PLANTEAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad en Colombia uno de los problemas en los procesos de planificación urbanísticos, han venido siendo el conflicto de usos del suelo, ya que un área pudo a ver sido utilizada para un uso diferente, al de la vocación indicada por el proceso de planificación que lleva a cabo los encargados del manejo administrativo del ente territorial, Es así que donde se ubica la zona anteriormente mencionada. Se pudo venir ejerciendo un uso diferente al cual se le ha dado ahora, que por lo general, es ser una zona urbana de un municipio como o zona de crecimiento urbanístico. Por lo cual esto genera una cantidad de conflictos.

El contexto anterior, enmarca, uno de los problemas que afronta el municipio de Pasto, este es el conflicto de uso de suelos, debido que en la mayoría de los casos, se ha ignorado el uso anterior de los suelos para utilizar dichas zonas como áreas para urbanizaciones, este es el caso del área estudio de este proyecto. El cuál se ubica en el barrio de Villa Lucia.

Este barrio se encuentra posicionado en el área comprendida entre la vía panamericana y la avenida Boyacá, en donde no solo se encuentra este asentamiento, sino que además se localizan varias urbanizaciones; que fueron construidas sin tener en cuenta la explotación de arena por socavones que se realizaba en décadas anteriores y la correspondiente mala forma de clausura de estas minas, siendo los túneles, en la mayoría de los casos estos túneles se rellenaron con residuos. Esto ha generado que dicha área sea vulnerable al fenómeno de subsidencia, lo cual a corto plazo genera que las construcciones puede llegar a sufrir alteraciones, que van en detrimento acelerado de las mismas, ahora es claro que se debe tener en cuenta la fragilidad de los cimientos de la zona que genera un alto riesgo a ocurrencia de un desastre por fenómenos naturales como sismos, deslizamientos y asentamientos diferenciales, o accidentales; dichas afectaciones generan deterioro a la parte estética, hasta cuando los problemas son más graves, comprometiendo la estabilidad estructural de la edificación amenazando la pérdida de vidas humanas.

2 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto investigativo se realiza con la finalidad de optar al título de geógrafo, bajo la modalidad de diplomado en sistemas de información geográfica y gestión del riesgo; y se concibe como un comienzo en la gestión del riesgo frente al riesgo por hundimiento del barrio villa lucia de la ciudad de Pasto. Los alcances de la investigación se vinculan específicamente a la gestión mencionada con anterioridad en la fase de conocimiento del riesgo, además de incluir algunas alternativas en la toma de decisiones, que de manera puntual contribuyen a la disminución del riesgo prospectivo, en el área de estudio.

La importancia de este estudio es proporcional a la necesidad de la población asentada en el barrio Villa Lucia de la ciudad de San Juan de Pasto, buscando conocer el riesgo dado por la presencia del fenómeno de subsidencia y las condiciones de exposición; que implica la posible pérdida de vidas y de inversión en construcciones que en su mayoría son viviendas.

En consecuencia, con el conocimiento del riesgo, y principalmente de la vulnerabilidad por exposición, considerada el componente de intervención más importante del riesgo, se propone un análisis desde el punto de vista geográfico integral, que se espera sirva para la comunidad considerada el principal involucrado en la gestión del riesgo, y otros tomadores de decisiones, interesados en el conocimiento de la dinámica de la vulnerabilidad frente al fenómeno de subsidencia en esta unidad territorial específica, en pro de la toma de decisiones más adecuadas esperando que sean concertadas entre la comunidad y los entes administrativos correspondientes.

Finalmente el presente estudio espera ser un insumo para investigaciones futuras, geográficas o sociales, relacionadas con el área de estudio, o con estudios de vulnerabilidad en zonas urbanas.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer la vulnerabilidad física, por exposición al fenómeno de subsidencia en el Barrio Villa Lucia de la ciudad de Pasto.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar el área de estudio
- Definir las características de las estructuras presentes en la zona.
- Espacializar la susceptibilidad por exposición al fenómeno de subsidencia en el barrio Villa Lucia, en el municipio de Pasto.

4. LOCALIZACION Y DESCRIPCION DEL ÁREA DE ESTUDIO

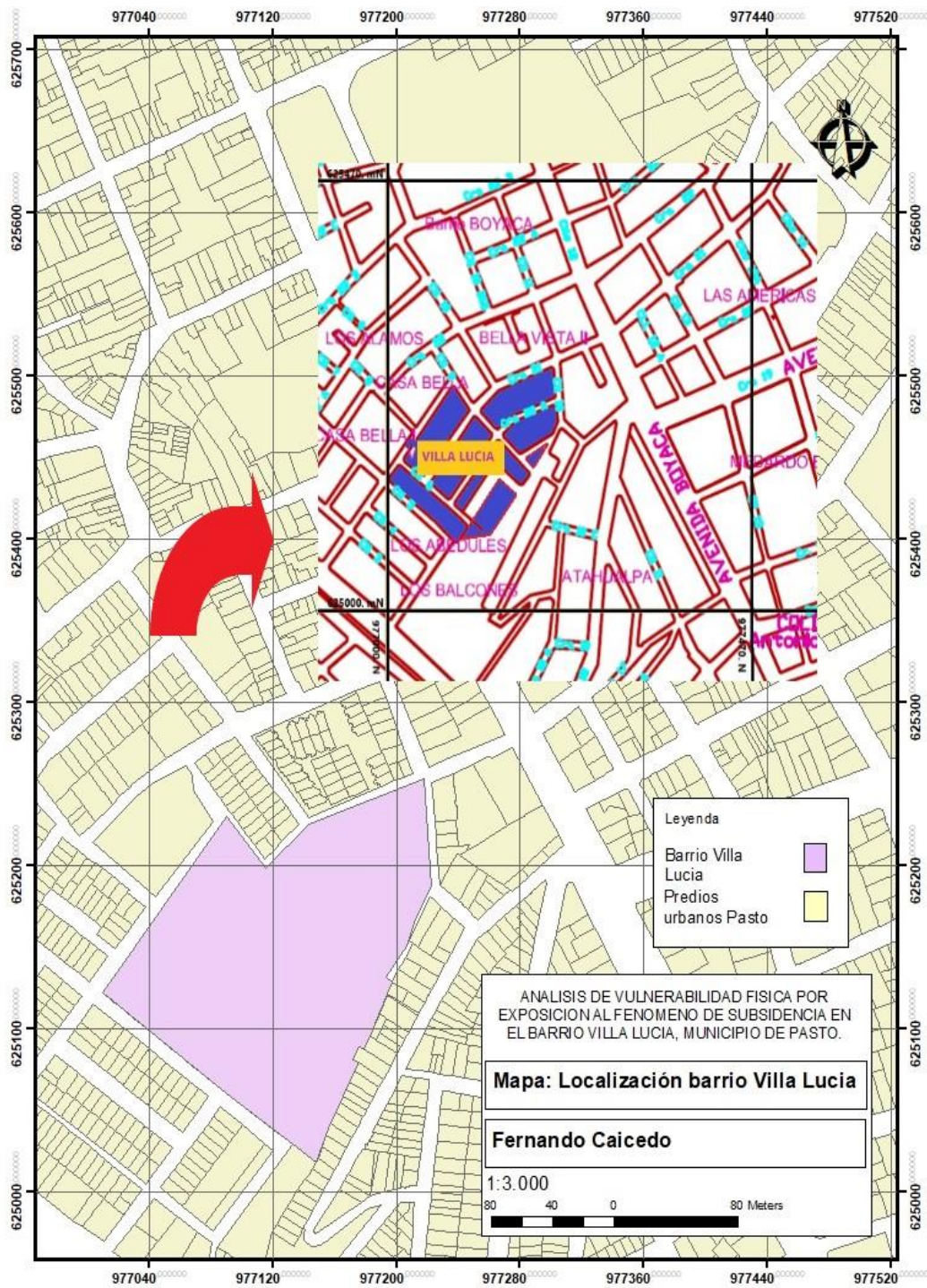
El fenómeno de la construcción de urbanizaciones y otras estructuras en Pasto ha estado ligado a la explotación de subterránea de materiales arenosos. En principio, estos materiales fueron obtenidos en los límites del casco urbano, pero con el crecimiento de la ciudad, esta alcanzo las áreas de minería subterránea, esta situación contrajo una serie de obras de adecuación, como el taponamiento de los antiguos túneles mineros, relleno de cauces naturales, la excavación y explanación de terrenos. Todo ello contribuyó a cambiar las condiciones de estabilidad del subsuelo, aunque de manera desfavorable pues se comenzaron a presentar colapsos y movimientos de terreno que han afectado varios sectores de la ciudad de Pasto.

Una de estas áreas y más claramente el área de estudio de este trabajo se encuentra en El barrio Villa Lucia, Esta zona como casi toda la ciudad de Pasto experimenta cada año, desde diciembre hasta marzo, vientos alisios fuertes provenientes del suroeste (SW) debido a que la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) se encuentra en su posición más meridional, lo cual ocasiona escasas lluvias dado los constantes desplazamientos nubosos hacia el hemisferio norte. Por otra parte, durante abril – agosto una corriente atmosférica muy húmeda llamada masa continental o amazónica; dicho fenómeno físico ocasiona importantes cambios climáticos porque aumenta precipitación y disminuye brillo solar, provocando bajas temperaturas para ese periodo.¹

Villa Lucia es una urbanización abierta con viviendas de uno a cuatro pisos, ubicada en la zona centro occidente de la ciudad de Pasto a una altura promedio entre los 2780 msnm, Departamento de Nariño. Cuenta con la mayoría de sus vías carreteables pavimentadas. Los predios cuentan con todos los servicios de agua, luz y teléfono, para poder utilizar el servicio de transporte público de buses, los habitantes deben acceder a la avenida Boyacá en el repartidor de congruencia con la avenida las Américas y a la calle 22 del sector de Caracha.

¹BIBLIOTECA VIRTUAL, Climate-Data.Org, Clima Pasto, Disponible en: <https://es.climate-data.org/location/3811/>, (Consultado el 10 de febrero de 2018)

Mapa 1. Ubicación Zona de estudio Barrio Villa Lucia municipio de Pasto



Fuente: Este Estudio

5. MARCO CONCEPTUAL

En el campo del estudio de la gestión del riesgo, el entendimiento de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo, se han aproximado con perspectivas que van desde lo científico, es decir, siguiendo un marcado interés positivista con predominio y análisis cuantitativos hasta perspectivas más humanistas que no necesariamente siguen una filosofía positivista y en donde predomina el análisis cualitativo (Muñoz 1997). El resultado es una variedad de propuestas, como las que se presentan a continuación. Amenaza: En terminología UNISDR 2009, amenaza es "...un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos o daños económicos"²

De acuerdo con el marco de acción de Hyogo, las amenazas relevantes en el campo de la reducción del riesgo de desastres son "amenazas de origen natural, desastres y riesgos ambientales y tecnológicos conexos.". Tales amenazas surgen de una gran variedad de fuentes geológicas, meteorológicas, hidrológicas, oceánicas, biológicas y técnicas que algunas veces actúan de forma combinada.³ Para que un evento se constituya en amenaza debe existir una sociedad vulnerable. Hundimiento de tierra: es un movimiento de la superficie terrestre en el que predomina el sentido descendente y que tiene lugar en áreas de distintas características y pendientes. Se diferencia del término subsidencia por sus escalas temporal y espacial mucho más reducidas. Este movimiento puede ser inducido por distintas causas y se puede desarrollar con velocidades muy rápidas o muy lentas según sea el mecanismo que da lugar a tal inestabilidad.

Las causas principales de los hundimientos de tierras es la disolución de la piedra caliza, que es el carbonato de calcio, por la acción del agua subterránea. Aunque el CaCO_3 tiene una constante del producto de solubilidad relativamente pequeña, es muy soluble en presencia de un ácido. Para esto se debe tener en cuenta que El agua de lluvia es ácida por naturaleza con un intervalo de pH de 5 a 6 y se puede volver más ácida en contacto con materia vegetal en descomposición⁴.

² U.N.D.P Web Oficial, Clima en Pasto, Disponible en: <http://www.escuelapnud.org/campusvirtual/course/index.php?categoryid=3>, (Consultado el 10 de febrero de 2018)

³ Ibíd.

⁴ El fenómeno de la subsidencia en la localidad de Puente Aranda/Servicio Geológico Colombiano/ Adaptación Infografía ETCE Por: Nicolás Bustamante Hernández/ 05 de marzo 2018, 06:21 p.m.

La subsidencia: es un proceso en la geología que describe el progresivo hundimiento gradual de una superficie, generalmente de la litosfera, también se presenta en áreas urbanizadas y genera un riesgo geológico inducido, la mayoría de los casos por la extracción de agua subterránea, que afecta edificios e infraestructura urbana y que resulta en consecuencias de vulnerabilidad a la población y en altos costos de mantenimiento y reposición de la infraestructura urbana. Este fenómeno puede desembocar en un continuo daño estructural a casas habitación e infraestructura urbana y también causar fallamiento superficial significativo.

Las causas de la subsidencia pueden ser, entre otras:

- La respuesta de los materiales geológicos ante los esfuerzos tectónicos distensivos, por ejemplo ante la formación de fosas tectónicas o que con el tiempo pueden dar lugar a fisuras.
- Las variaciones en el nivel freático o en el estado de humedad del suelo, por ejemplo como consecuencia de la explotación de acuíferos.
- La actividad minera subterránea, por ejemplo tras el abandono de galerías subterráneas.

Por su parte, las causas de los colapsos implican el fallo de la estructura geológica que sostiene una porción del terreno bajo el cual existe una cavidad, lo que puede venir motivado por la disolución de las rocas, hasta el límite de la resistencia de los materiales o el vaciado de acuíferos o en general el debilitamiento por meteorización física o química de una estructura que alberga una cavidad. El aprovechamiento de los recursos naturales (actividad minera, explotación de acuíferos) también puede inducir a colapsos⁵.

TIPOS DE SUBSIDENCIA: La subsidencia del terreno es únicamente la manifestación en superficie de una serie de mecanismos sub-superficiales de deformación. Prokopovich (1979) define desde un punto de vista genético dos tipos de subsidencia: endógena y exógena.

El primero de estos términos hace referencia a aquellos movimientos de la superficie terrestre asociados a procesos geológicos internos, tales como pliegues, fallas, vulcanismo, etc. El segundo se refiere a los procesos de deformación superficial relacionados con la compactación natural o antrópica de los suelos.

La subsidencia puede también clasificarse en función de los mecanismos que la desencadenan (Scott, 1979). Las actividades extractivas de mineral en galerías

⁵ Chaussard M, UNAM, Facultad de Ingeniería. Teledetección del entorno, Remote Sensing of Environment, 2014, 94-106 p.

subterráneas, la construcción de túneles, la extracción de fluidos (agua, petróleo o gas) acumulados en reservorios subterráneos, el descenso de nivel freático por estiajes prolongados, la disolución natural del terreno y lavado de materiales por efecto del agua, (González Vallejo et al., 2002) .

Vulnerabilidad: “La vulnerabilidad es la propensión de un elemento (o de un conjunto de elementos) a sufrir ataques y daños en caso de manifestación de fenómenos destructores y/o a generar condiciones propicias a su ocurrencia o al agravamiento de sus efectos” (D Ercole 1998).

Otro punto de vista consiste, en observar las vulnerabilidades desde las capacidades establecidas, en este contexto la vulnerabilidad se define como “las características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza (natural)” (Blaikie, Cannon, Davis y Wisner 1994).

Vulnerabilidad física: De acuerdo con FOPAE la vulnerabilidad física establece el grado de afectación de un elemento o conjunto de elementos en riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada. En términos exactos la vulnerabilidad de las edificaciones depende de las características estructurales, más precisamente de la resistencia estructural, condiciones de calidad en el proceso estructural y los materiales empleados en la construcción. Además, las edificaciones son más vulnerables a medida que se incrementa la altura de las aguas y su velocidad.⁶

Capacidades: Son la combinación de todas las fortalezas, medios, habilidades, recursos con que cuentan las personas, disponibles dentro de una comunidad, organización o institución, y que pueden reducir el nivel de riesgos o afrontar los efectos de un evento.⁷

Al igual que la clasificación de las vulnerabilidades, la capacidad puede incluir la infraestructura y los medios físicos, las instituciones y las habilidades de afrontamiento de la sociedad, al igual que el conocimiento humano, las destrezas y los atributos colectivos, tales como las relaciones sociales, el liderazgo y la gestión.

Riesgo: La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. Esta definición es muy similar a la de la guía 73 de la ISO/IEC. La palabra riesgo tiene dos connotaciones distintas: en el lenguaje

⁶ HERNÁNDEZ, Leila. Una metodología de evaluación del riesgo público por inundación por falla del sistema de alcantarillado pluvial: caso de la cuenca del río Salitre, Bogotá. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2012. p. 18-19.

⁷ Escuela virtual PNUD.

popular por lo general se hace énfasis en el concepto de la probabilidad o la posibilidad de algo, tal como el “riesgo de un accidente”, mientras que en un contexto técnico con frecuencia se hace más énfasis en las consecuencias, en términos de pérdidas posibles relativas a cierta causa, lugar y momento en particular. Se puede observar que la gente no necesariamente comparte las mismas percepciones sobre el significado y las causas subyacentes de los diferentes riesgos.⁸

Mitigación: Medidas estructurales y no-estructurales emprendidas para limitar el impacto adverso de las amenazas naturales y tecnológicas y de la degradación ambiental.

ArcGIS ARC/INFO: Software de Sistemas de Información Geográfica desarrollado por el Environmental Research Institute Systems (ESRI).

Base de datos geográficos: Es una representación o modelo de la realidad territorial. Contiene datos sobre posición, atributos descriptivos, relaciones espaciales y tiempo de las entidades geográficas, las cuales son representadas mediante el uso de puntos, líneas, polígonos, volúmenes o también por medio de celdas.⁹

⁸ Terminología sobre reducción del riesgo de desastres, 2009.

⁹ BIBLIOTECA VIRTUAL, Sistemas de información, Análisis del riesgo por inundación utilizando herramientas sig para la cuenca del río quito, Disponible en: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2896/Moreno_Cristian_TrabajodeGrado_2016.pdf.pdf?sequence, (Consultado el 10 de febrero de 2018)

6. MARCO LEGAL

Decreto 1807 de 2014 el cual establece en capítulo 1 y 2 en los artículos desde el 8 hasta el artículo 21; las condiciones técnicas para la elaboración de estudios básicos de amenaza riesgo y como dichos estudios según la Ley 388 de 1997 deben incorporarse en los planes de ordenamiento territorial como una de las acciones urbanísticas, principalmente en la determinación de “las zonas no urbanizables que presenten riesgos para la localización de asentamientos humanos,.....”

Es así que se deben realizar estudios básicos para la revisión o expedición de Planes de Ordenamiento Territorial (POT), dichos estudios se deben elaborar en los suelos urbanos, de expansión urbana y rural para fenómenos como inundación, avenidas torrenciales y movimientos en masa, que contienen:

- a) La delimitación y zonificación de las áreas de amenaza;
- b) La delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza en las que se requiere adelantar los estudios detallados a que se refiere el siguiente artículo;
- c) La delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo en las que se requiere adelantar los estudios detallados a que se refiere el siguiente artículo;
- d) La determinación de las medidas de intervención, orientadas a establecer restricciones y condicionamientos mediante la determinación de normas urbanísticas.

Parágrafo 1°. Para efectos de la aplicación de lo dispuesto en el presente decreto, se adoptan las siguientes definiciones:

Áreas con condición de amenaza, son las zonas o áreas del territorio municipal zonificadas como de amenaza alta y media en las que se establezca en la revisión o expedición de un nuevo POT la necesidad de clasificarlas como suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbana o centros poblados rurales para permitir su desarrollo.

Áreas con condición de riesgo, corresponden a las zonas o áreas del territorio municipal clasificadas como de amenaza alta que estén urbanizadas, ocupadas o edificadas así como en las que se encuentren elementos del sistema vial, equipamientos (salud, educación, otros) e infraestructura de servicios públicos.

Delimitación: consiste en la identificación del límite de un área determinada, mediante un polígono. Debe realizarse bajo el sistema de coordenadas oficial definido por la autoridad cartográfica nacional y su precisión estará dada en función de la escala de trabajo.

Zonificación, es la representación cartográfica de áreas con características homogéneas. Debe realizarse bajo el sistema de coordenadas oficial definido por la autoridad cartográfica nacional y su precisión estará dada en función de la escala de trabajo.¹⁰

Ley 1523 de 2012 LEY DE GESTION DEL RIESGO, Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones, cuyo objetivo es Llevar a cabo el proceso social de la gestión del riesgo con el propósito de ofrecer protección a la población en el territorio colombiano, mejorar la seguridad, el bienestar y la calidad de vida y contribuir al desarrollo sostenible.¹¹

DECRETO 1077 DE 2015 Parágrafo 3°. En las modalidades de adquisición de vivienda nueva o usada, construcción en sitio propio y mejoramiento de vivienda, establecidas por la presente sección, no podrá existir elegibilidad de un plan de vivienda, o aplicarse el subsidio, cuando las unidades habitacionales se localicen en: i) barrios no legalizados por el respectivo municipio; ii) zonas de alto riesgo no mitigable; iii) zonas de protección de los recursos naturales; iv) zonas de reserva de obra pública o de infraestructuras básicas del nivel nacional, regional o municipal; v) áreas no aptas para la localización de vivienda, de acuerdo con los planes de ordenamiento territorial.¹²

¹⁰ DECRETO 1807 de 2014, por el cual se modifica y reglamenta el artículo 189 del Decreto-ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones.<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=59488>. (Consultado el 10 de febrero de 2018)

¹¹ LEY 1523 DE 2012, Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

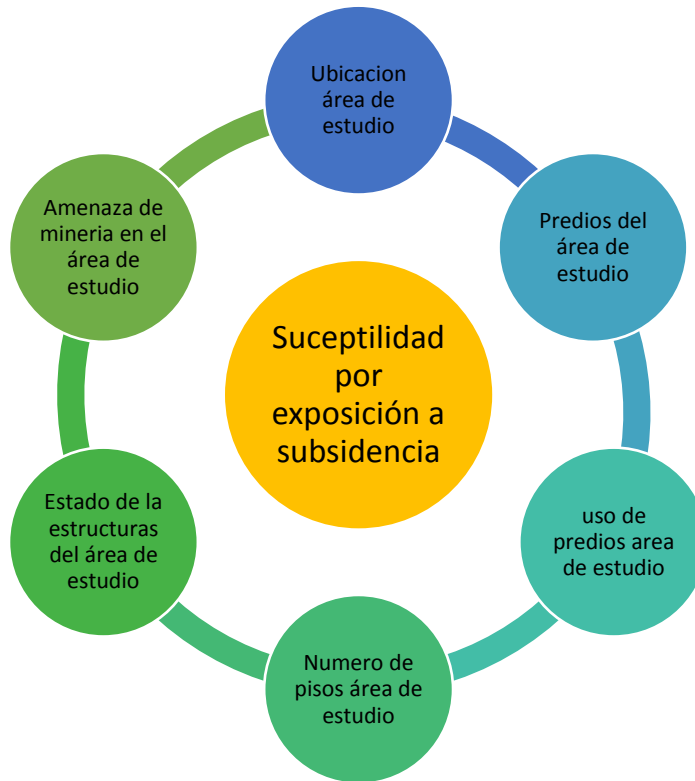
¹² DECRETO 1077 DE 2015, Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. <http://www.minvivienda.gov.co/NormativaInstitucional/1077%20-%202015.pdf>. (Consultado el 10 de febrero de 2018)

7. METODOLOGIA

Este estudio se inscribe en la modalidad de diplomado en sistemas de información geográfica y gestión del riesgo; se inscribe en la línea de investigación de tipo cuantitativa y cualitativa. Siguiendo el lineamiento de la gestión del riesgo apoyados en los sistemas de información geográfica se desarrollan fases que buscan dar como resultado el “Mapa de susceptibilidad por exposición al fenómeno de subsidencia en el barrio Villa Lucia en el municipio de Pasto”.

Dicho producto es de susceptibilidad relativa, dado que se basa en factores relativamente superficiales debido a la falta de un manejo establecido para el tratamiento de la subsidencia urbana producida por el socavamiento del suelo por minería. La escala propuesta de trabajo es 1:3.000 y 1:2.500.

Gráfica 1. Temas para generación del mapa de susceptibilidad por exposición a subsidencia.



Fuente: Este Estudio

Para lograr desarrollar este estudio del área de Villa Lucía en el Municipio de Pasto; se utilizó, la recolección de la información e identificación del área de estudio, por lo cual se convierte en un trabajo soportado en trabajo de campo y su registro y como línea base la utilización de información cartográfica y espacial digital como mapa predial urbano y shapes de localización de amenazas por minería de socavón del municipio de Pasto; Las fases metodológicas para el desarrollo de este estudio se expresan así.

7.1. FASE 1 DELIMITAR EL ÁREA DE ESTUDIO.

📌 Actividad a) Recolección de la información secundaria, Se consiguió cartografía base como la plancha No 429-IIC. que sirvió para la identificación predial y para consulta de amenazas se tomó el ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial 2011 y también otro medio de consulta de información referente a la amenaza por subsidencia fue un shape proporcionado por oficina del Comité Municipal de Gestión del Riesgo y Desastre-CMGRD del municipio de Pasto.

📌 Actividad b) Análisis espacial, para determinar la cantidad de viviendas afectadas por la amenaza: con el mapa de los predios y el de amenaza por subsidencia en Pasto que maneja la oficina del CMGRD, se definió el área de estudio. Se realizó el cruce de información entre el mapa de amenazas y la plancha catastral para identificar los inmuebles que están expuestos a la subsidencia.

Esta información llevo a espacializar el área de estudio y se determinó que el patrón de afectación no sigue un sentido establecido.

7.2 FASE 2. DEFINIR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS ESTRUCTURAS DEL BARRIO VILLA LUCIA AMENAZADAS POR SUBSIDENCIA.

📌 Actividad a) Buscando tener un proceso investigativo acertado se toma como guía la Propuesta metodológica Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Municipal, donde dice que “determinar las metodologías para evaluar la vulnerabilidad estructural de edificaciones varía dependiendo, no solo del tipo de estructura y amenaza considerada, sino del nivel de precisión perseguido, de la información disponible y del propósito del estudio a realizar”¹³. Es así que se estableció utilizar criterios Estado de la estructura y valores de calificación acordes a las características de área de estudio.

¹³ Secretaría Nacional de Gestión del Riesgo, Propuesta Metodológica-Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Municipal Quito, 2012, 29 pág.

📌 Actividad b) definir criterios de evaluación: Se definió criterios de evaluación de la exposición: presencia de subsidencia y sin presencia de fenómenos de subsidencia; con valores de con subsidencia=1 sin subsidencia= 0.

📌 Actividad c) realizar una descripción físico estructural de los predios afectados; al aplicar el formato para la calificación de construcción y junto con la observación directa permite hacer la descripción y caracterizar cada vivienda, por lo tanto nos permitirá estructurar la base de datos para determinar el grado de vulnerabilidad física.

7.3 FASE 3 CLASIFICAR ESTRUCTURAS POR EL NIVEL DE VULNERABILIDAD FÍSICA POR EXPOSICIÓN A LA SUBSIDENCIA EN EL BARRIO VILLA LUCIA.

📌 Actividad a) realizar cálculos estadísticos: Una vez recolectada la información y calificado cada uno de las variables, se hacen las ponderaciones con relación a la amenaza.

📌 Actividad b) Zonificar y caracterizar la vulnerabilidad del área: en esta etapa se le da un valor al peso para cada variable en un rango de 1 a 100%. Para lo cual se multiplica la ponderación de cada una de las variables por el peso.

Estos resultados se procesan mediante la utilización de herramienta Excel y se lo lleva al programa ArcGis que nos permite cruzar los datos tabulados para que nos genere información gráfica en la cual muestre los niveles de vulnerabilidad física del barrio Villa Lucia con respecto a la subsidencia.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 ÁREA DE ESTUDIO

8.1.1 Información recolectada. Se hizo la revisión de documentos acerca de estudios sobre subsidencia y hundimientos e información cartográfica existente para el área de estudio, determinándose que los estudio más adecuados para el análisis son la zonificación de amenazas incluida en el POT de plan de como la base catastral y el shape llamado amenazas por minería que maneja el CMGRD.

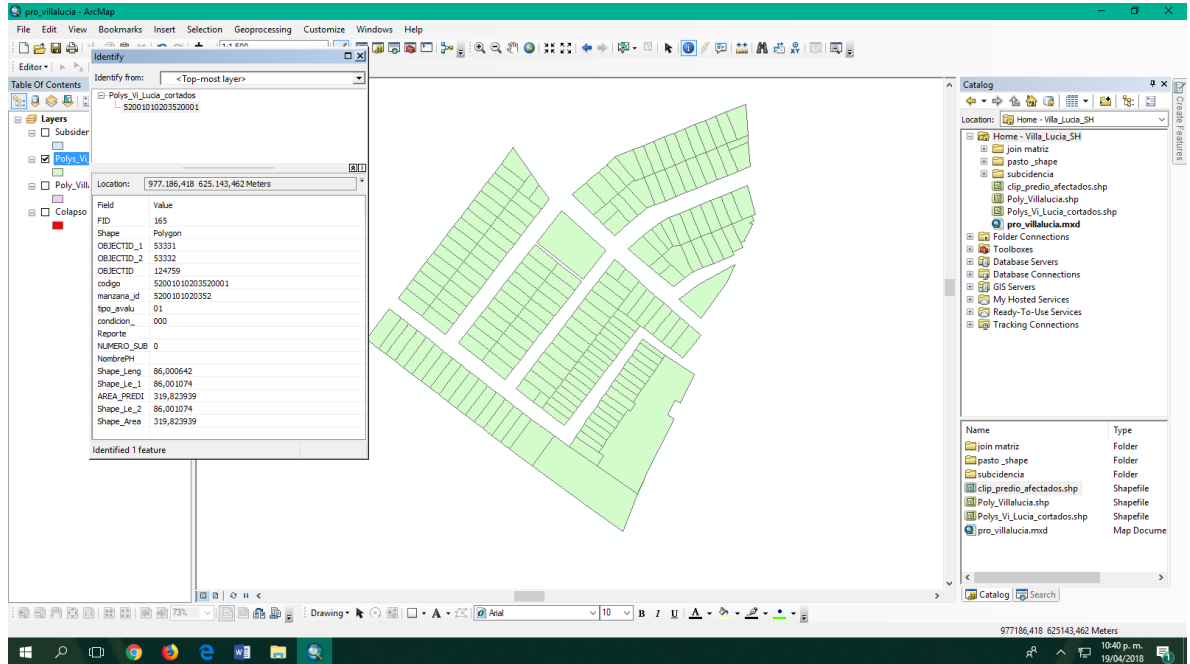
Previo a la revisión del vigente POT “PASTO CON SENTIDO”, se puede determinar que no presenta una zonificación acertada de amenaza por subsidencia. Se recurrió al ajuste ordinario del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Pasto del año 2011 “REALIDAD POSIBLE”. Es así que se pudo establecer que la información contenida en dichas planchas se encuentra desactualizada.

De lo anterior, se logró establecer que existe una la falta de preocupación por parte de los entes territoriales en la realización y actualización de estudios para la zonificación y tipificación de amenaza no solo por colapsos o inundación entre otras por la falta de insumos adecuados como cartografía actualizada, sino que también falta una metodología adecuada de tratamiento para una preparación, o en algunos casos hasta prevención, de las emergencias de acuerdo a su particularidad.

Es así que se desarrollan shapes para tener la ubicación clara de la zona de afectación a nivel predial en el barrio y lograr así identificar cuáles serán los predios a trabajar ya que están expuestos a subsidencia y poder mediante el análisis espacial, determinar la cantidad de viviendas afectadas por la amenaza.

Al desarrollar la identificación predial de villa lucia se identificó que en el barrio existen 6 manzanas y182 predios, siendo este 182 el 100 % de predios.

Imagen 1. Procesamiento de información catastral



Fuente: Este Estudio

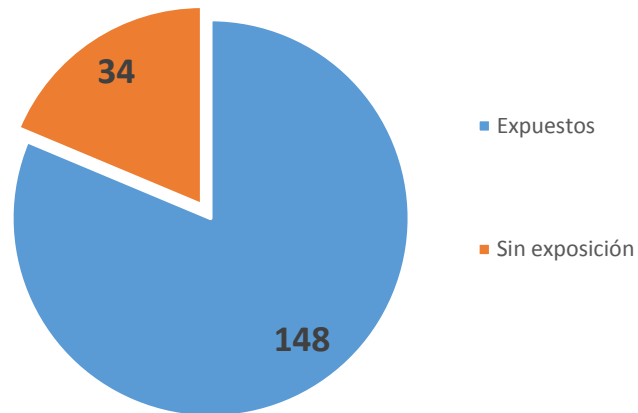
Para continuar con el trabajo en la etapa de recolección de la información en campo, se revisó la metodología de la propuesta metodológica para el análisis de vulnerabilidades a nivel municipal y se la adapto para el estudio de caso, para vulnerabilidad física por subsidencia, de la siguiente manera; con la plancha predial y el mapa de amenazas de subsidencia se realizó y definiendo donde hay amenaza por exposición a la subsidencia para el barrio de Villa Lucia (Ver mapa #); Con esta información se logró establecer cuantos predios están expuestos directamente a la subsidencia (ver tabla ...)

Tabla 1. Cantidad y porcentaje de predios expuestos al fenómeno de subsidencia en el barrio Villa Lucia

Categoría del predio	Cantidad	Porcentaje %
Expuestos	148	81.3
No expuestos	34	17.3

Fuente: Este Estudio

Gráfica 2. Predios Expuestos a subsidencia en el barrio Villa Lucia



Fuente: Este Estudio

Esta información sirve para realizar un trabajo de campo certero entendiendo cuales son los predios que se deben caracterizar. Es así que se desarrolló el trabajo de campo para hacer la respectiva identificación y confirmación por factores a través de calificación de las estructuras. Al verificar y hacer las respectivas caracterizaciones en cada una de las viviendas se pudo establecer que hay nuevas edificaciones y otras que están en construcción y que habían sido valoradas.

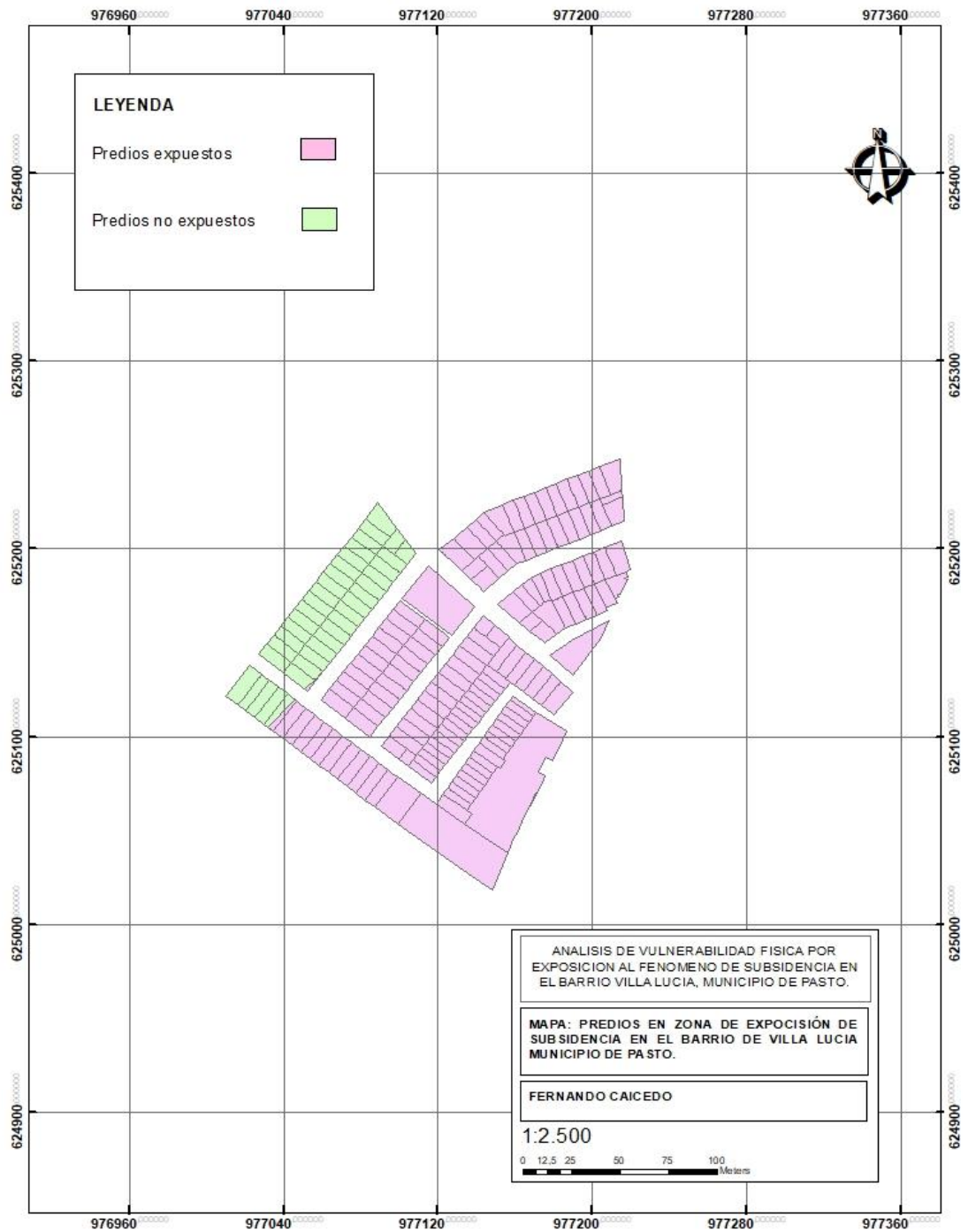
Para enriquecer el estudio se realizaron entrevista casuales con el fin de identificar el área que más ha sido afectada por el hundimiento del suelo. Por medio de conversaciones informales con habitantes del barrio, de ahí se puedo establecer que no hay periodicidad ni rango focal definido en la aparición de subsidencia en la zona. Pero si se logró establecer que los moradores han realizado actividades de relleno de algunas zonas que tuvieron hundimientos sin ningún apoyo de la admiración municipal de turno.

Imagen 2. Relleno de zona en hundimiento con material de recebo Cr 20 CI 9



Fuente: Este Estudio

Mapa 2. Predios Ubicados en zona de exposición a subsidencia en el barrio Villa Lucia municipio de Pasto.



Fuente: Este Estudio

8.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS DEL BARRIO VILLA LUCIA.

8.2.1 calificación de estructuras. Tomando como base el ejemplo del Cuadro No.4 de variables e indicadores en estudios de vulnerabilidad, de la publicación Propuesta Metodológica-Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Municipal Quito; sumado a la información adquirida en clase se construyó una base de datos de indicadores que pueden llegar a aumentar la susceptibilidad de hundimiento de una estructura por a la exposición a la subsidencia afectan y la base de la información que se la cual muse os a las características físicas estructurales que nos presenta el área de estudio con la siguiente información:

 Uso del Predio

 Número de Pisos de la estructura

 Estado de la estructura

Esto se realiza para logara dar un valor a los parámetros que mostraran un coeficiente de cada predio y lograr establecer un análisis sobre la vulnerabilidad física de las estructuras, frente a la subsidencia en el barrio Villa Lucia.

Tabla 2. Calificación de variables.

Código Id. predial	Uso del predio	calificación	Nº de pisos	calificación	Estado de la estructura	calificación
1						
2						
3						
4						
5						

Fuente: Este Estudio

8.2.2 Criterios de evaluación. Aquí según el criterio por exposición a la amenaza y el factor de incidencia se dio una calificación. Para esto se realiza un análisis sobre como la variable, es más o menos susceptible, así se estandariza la calificación de las variables, se debe tener en cuenta el grado de exposición frente a la amenaza, por variable y dar un valor a cada factor de incidencia, Nula: 0 baja: 1, media: 2 y alta: 3 (ver tabla No 2). Los criterios de cada parámetro son los siguientes:

Estado de la estructura: este parámetro sirve para identificar si la estructura puede ser afectada o ya está afectada por subsidencia se dieron las diferentes rangos para la calificación: Sin estructura, bueno, en construcción o reparación y Malo. Esto depende de la edificación.

Número de pisos: Esto se determinó de acuerdo al número de pisos: sin edificación, con 1 piso y 2 pisos o más.

Uso del predio: esta se ordenó para su ponderación así: sin uso, habitacional, recreacional o público, edificio residencial y comercial mixto o servicios.

Así estableciendo las características de cada predio se obtuvo un estándar de calificaciones.

Tabla 3. Estandarización de las variables

Estado de la estructura	Sin estructura	0
	Bueno	1
	En construcción o reparación	2
	Malo	3
Número de pisos	Sin edificación	0
	1 Piso	1
	2 Pisos o mas	2
Uso del predio	Sin uso	0
	Habitacional	1
	Recreacional o público	2
	Edificio residencial o de servicios	3

Fuente: Este Estudio

Entonces con la información recaba, los datos son llevados al programa Excel, con el fin de realizar una base de datos que nos permita cruzar la información; para luego generar características de información de datos que servirán para generar resultados cartográficos de vulnerabilidad por cada una de las variables.

Imagen 3. Matriz de Ponderación

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Cod_predio	Cali. Estado de la estructura	Ponderación Estado	Vulnerabilidad Estado	Cali. N° de pisos	Ponderación Pisos	Vulnerabilidad Pisos	Cali. Uso del predio	Ponderación Uso	Vulnerabilidad Uso	Calificación		
1	Cod Manzana												
2		52001010202460045	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	2	0,01	0,15		
3		52001010202460044	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	3	0,01	0,23		
4		52001010202460043	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	2	0,01	0,15		
5		52001010202460042	2	0,01	0,00	2	0,01	0,10	1	0,00	0,08		
6		52001010202460041	2	0,01	0,00	2	0,01	0,10	1	0,00	0,08		
7		52001010202460040	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	1	0,00	0,08		
8		52001010202460039	2	0,01	0,00	2	0,01	0,10	2	0,01	0,15		
9		52001010202460038	2	0,01	0,00	2	0,01	0,10	2	0,01	0,15		
10		52001010202460037	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	1	0,00	0,08		
11		52001010202460036	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	3	0,01	0,23		
12		52001010202460035	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	2	0,01	0,15		
13		52001010202460034	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	1	0,00	0,08		
14		52001010202460089	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	3	0,01	0,23		
15		52001010202460088	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	1	0,00	0,08		
16		52001010202460053	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	1	0,00	0,08		
17		52001010202460054	1	0,00	0,00	3	0,01	0,15	1	0,00	0,08		
18	5200101020246	52001010202460055	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	1	0,00	0,08		
19		52001010202460056	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	1	0,00	0,08		
20		52001010202460057	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	3	0,01	0,23		
21		52001010202460058	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	3	0,01	0,23		
22		52001010202460059	2	0,01	0,00	2	0,01	0,10	3	0,01	0,23		
23		52001010202460060	3	0,01	0,00	2	0,01	0,10	3	0,01	0,23		
24		52001010202460061	3	0,01	0,00	2	0,01	0,10	3	0,01	0,23		
25		52001010202460062	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	3	0,01	0,23		
26		52001010202460063	2	0,01	0,00	2	0,01	0,10	3	0,01	0,23		
27		52001010202460064	1	0,00	0,00	2	0,01	0,10	2	0,01	0,15		
28		52001010202460065	2	0,01	0,00	2	0,01	0,10	1	0,00	0,08		
29		52001010202460066	2	0,01	0,00	2	0,01	0,10	1	0,00	0,08		

Fuente: Este Estudio

8.3 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LOS PREDIOS

Se realizó la caracterización de las viviendas y se encontró que la mayoría de las construcciones son en ladrillo, con varillas para las columnas de soporte y recubiertas con concreto en paredes y base o planchas para terrazas o segundos o más pisos, por lo cual el material de las casa no se considera una variable en la zona pues un 99,01 % son edificaciones en concreto, ladrillo y varillas con columnas.

Imagen 4. Fachada de casas Cr. 21ª Cl. 8 barrió Villa Lucia.



Fuente: Este Estudio

🇨🇴 Uso del Predio: Principalmente el uso de los predios de la zona es residencial, estableciéndose casas de familia y algunos edificios para apartamentos aprovechando la cercanía a la zona céntrica, también se encuentra predios que prestan servicios como parqueaderos y micro-comercio como tiendas y/o papelerías, también existen predios que no tienen uso y son solo lotes.

Imagen 5. Parqueadero ubicado en Cr 20ª Cl. 8 barrió Villa Lucia.



Fuente: Este Estudio

Imagen 6. Edificio de apartamentos y parqueadero Cr 20ª Cl 9 barrió Villa Lucia.



Fuente: Este Estudio

Imagen 7. Lotes, viviendas y estructura en obra negra Cr 20b CI 8 barrió Villa Lucia.



Fuente: Este Estudio

🏠 Número de Pisos de la estructura: un porcentaje muy alto de las estructuras poseen 2 pisos o más e igualmente son viviendas. Las estructuras de un piso son pocas aunque también predomina su uso como vivienda. Otras estructuras como parqueaderos y canchas no poseen edificaciones por pisos.

Imagen 8. Estructuras de 2 y 3 pisos Ob CII 8 barrió Villa Lucia.



Fuente: Este Estudio

🏠 Estado de la estructura: La mayoría de las estructuras son nuevas, están construidas en concreto, ladrillo y varillas de acero no se encontraron construcciones en materiales artesanales pero el estado de unas estructuras muestra como han sufrido desplazamiento en sus paredes, o están ubicadas frente a desplazamientos o hundimientos de bancadas a pesar de no ser estructuras añejas, de lo cual se deduce que están expuestas a la subsidencia de la zona.

Imagen 9. 7-8. Presencia de hundimiento en bancada y resquebrajamiento de muro en la Fachada de casas en la Cr 20 con Cll 11y Cll 9 barrió Villa Lucia.



Fuente: Este Estudio

Según se estableció a través de charlas con moradores y algunos trabajadores en construcción de la zona al poner las columnas para bases y realizar la preparación del terreno con actividades como planeamiento y nivelación del suelo se encontraron depósitos de material arenoso y pocos residuos de otros materiales por lo cual se procedió a rellenar con recebo y realizar actividades de emparejamiento del suelo. También se les pregunto si se les solicito o algún permiso especial para la construcción o alguna autoridad efectuó alguna visita o control mientras se realizó la construcción y la respuesta fue que no. Se preguntó si ellos sabían sobre los hundimientos en la zona y comentaron que esa zona ya no presenta hundimientos.

Imagen 10. Hundimiento de placa de concreto en polideportivo barrió Villa Lucia C19 Cr21a.



Fuente: Este Estudio

Imagen 11. Desplome de base estructural por subsidencia barrió Villa Lucia CI 5.



Fuente: Este Estudio

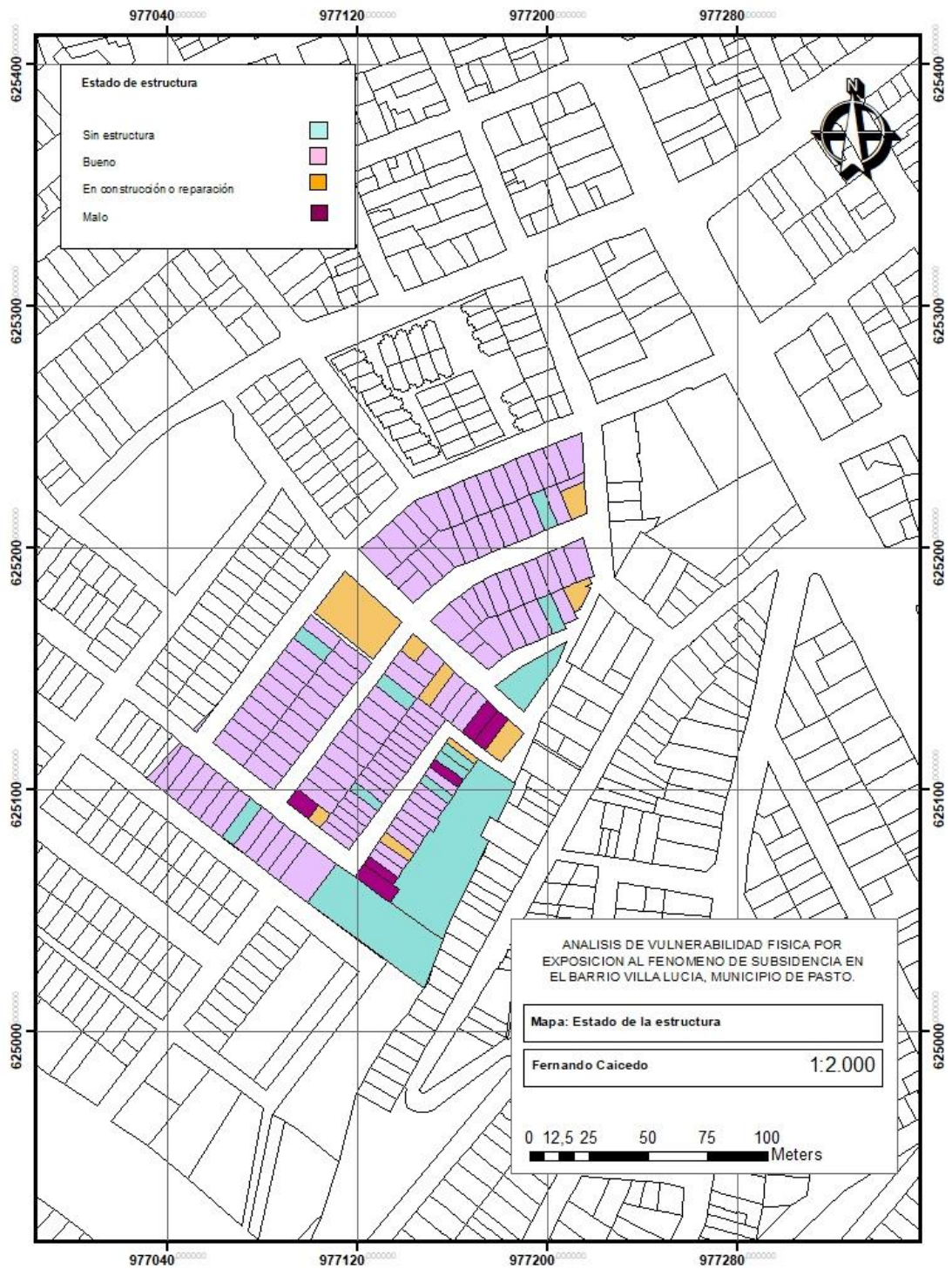
8.3.1 Caracterización física. Estado de la estructura: Este elemento de análisis incide en cómo está la estructura, que es un indicador de que grado de exposición se encuentra la estructura. Cabe anotar que el núcleo del área de estudio comprende 148 predios, que representan el 83.1 % del barrio, y es importante recalcar que todas las edificaciones están construidas son en ladrillo y concreto.

Tabla 4. Número de predios por estado de la estructura.

Número de predios por estado de la estructura		
	Cantidad	% representativo en el área expuesta (148-100%)
Sin estructura	12	8.1
Bueno	121	81.7
En construcción o reparación	9	6.05
Malo	6	4.15

Fuente: Este Estudio

Mapa 3. Estado de la estructura



Fuente: Este Estudio

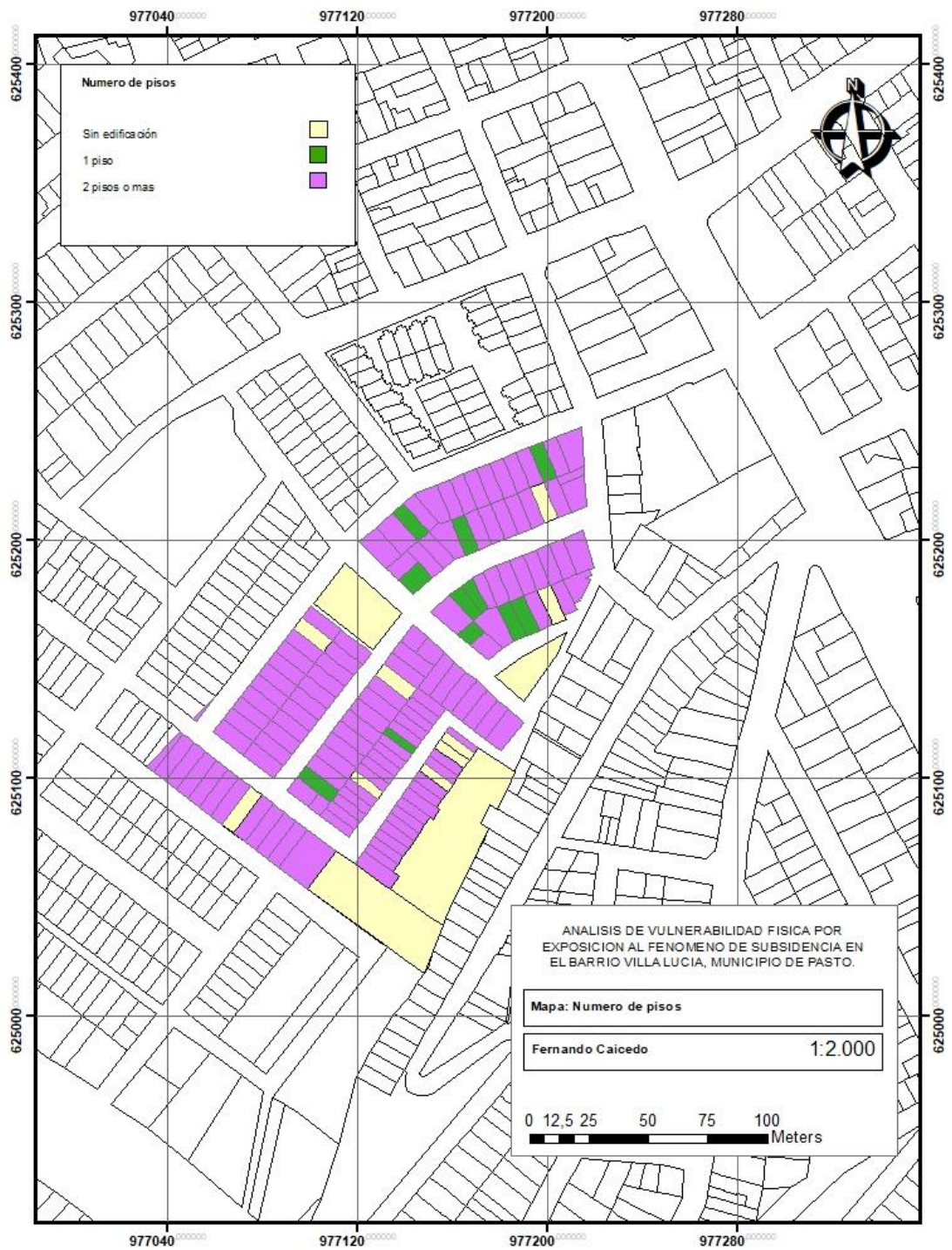
Número de pisos: De acuerdo a esta variable podemos lograr entender el estrés al cual se ve sometido la capacidad de carga del suelo de la zona, como resultado de esta calificación encontramos que la mayoría de las estructuras construidas en el área de exposición son de 2 pisos o más.

Tabla 5. Numero de predios por N° de pisos.

Numero de predios por N° de pisos		
	Cantidad	% representativo en el área expuesta (148-100%)
Sin edificación	13	8.7
1 PISO	11	7.4
2 PISO o mas	124	83.9

Fuente: Este Estudio

Tabla 6. Número de pisos.



Fuente: Este Estudio

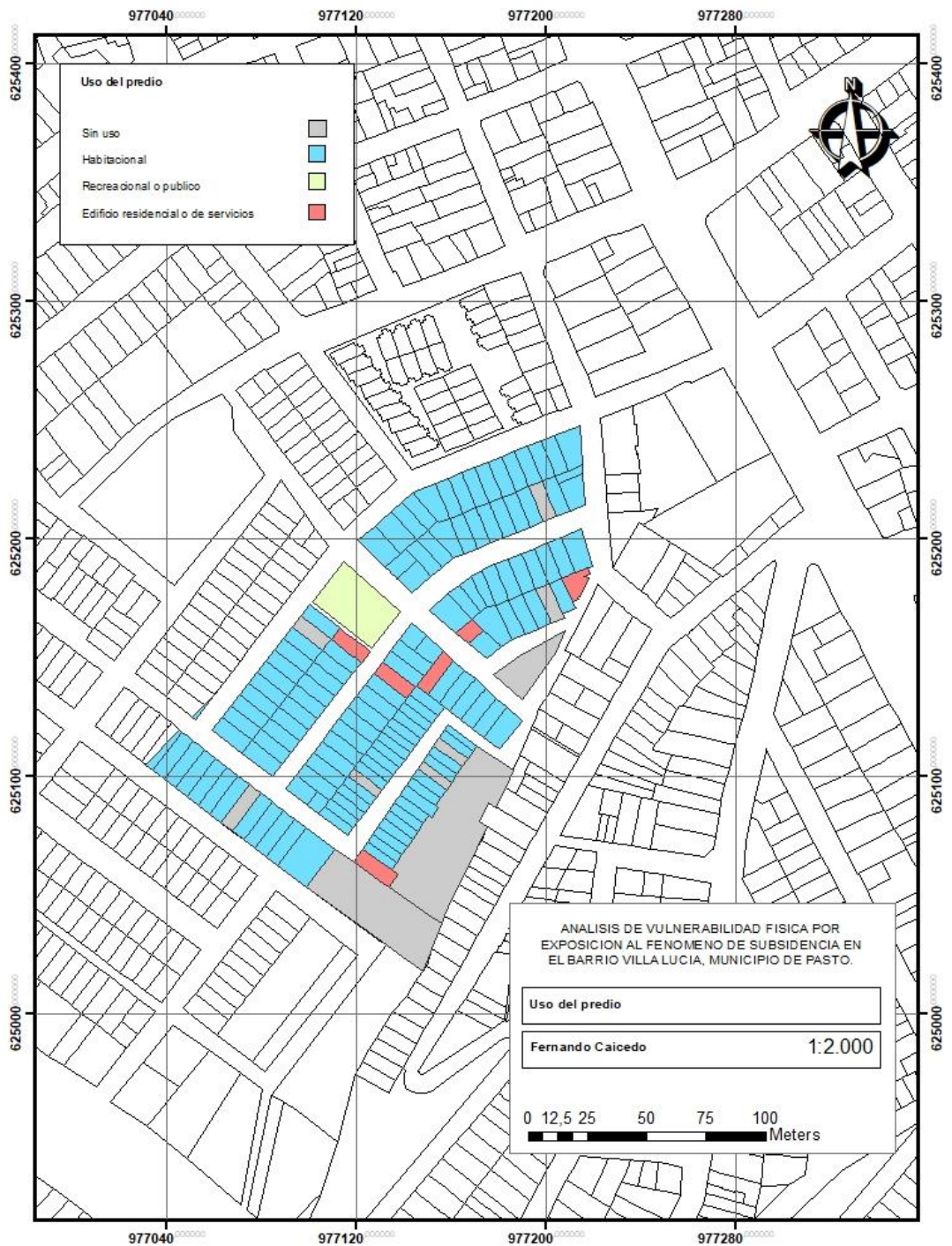
Uso del predio: este elemento nos sirve para indicar en qué grado esta y va aumentando la presión sobre las bases y si de esta forma se acelera la presencia de la subsidencia en dicha estructura.

Tabla 7. Numero de predios por Uso del predio

Numero de predios por Uso del predio		
	Cantidad	% representativo en el área expuesta (148-100%)
Sin uso	10	6.7
Habitacional	131	88.5
Recreacional o público	1	0.7
Edificio Residencial o de Servicios	6	4.1

Fuente: Este Estudio

Mapa 4. Uso del predio







Fuente: Este Estudio

8.4 CLASIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS POR NIVEL DE VULNERABILIDAD FISICA EN EL BARRIO VILLA LUCIA

8.4.1 Cálculos estadísticos. Para esta parte del trabajo, se otorgaron valores numéricos tanto a las variables, como a los atributos de cada variable, con el fin de determinar su mayor, media o baja influencia en la exposición al fenómeno de subsidencia. Se utilizaron programas para el manejo y espacialización de datos, para este caso fueron Excel y Arcgis.

Una vez recolectada la información en campo, se procedió a sistematizar y organizar una base de datos, se elaboró la matriz de acuerdo a los datos recolectados en campo y se le dio una calificación a cada variable. Esta calificación se la da de acuerdo al grado de exposición frente a la amenaza.

-  3 exposición Alta
-  2 exposición Media
-  1 exposición Baja
-  0 exposición Nula

La calificación se la realizo para cada variable de la siguiente manera:

Tabla 8. Calificación por elementos década variable.

Estado de la estructura	Calificación
Sin estructura	0
Bueno	1
En construcción o reparación	2
Malo	3
Nº de pisos	Calificación
Sin edificación	0
1 PISO	1
2 PISO o mas	2
Uso del predio	Calificación
Sin uso	0
Habitacional	1
Recreacional o público	2
Edificio Residencial o de Servicios	3

Fuente: Este Estudio


8.4.2 Ponderación. Por otro lado la ponderación de cada una de las anteriores variables, se concreta de la siguiente manera: Una vez calificada los predios por cada variable, se suma la calificación por variable dando un resultado total. Luego se divide la calificación de la variable por predio con el resultado total de la suma de la variable y obtenemos la ponderación.


Buscando determinar los valores de los ponderados, se otorgó un valor de importancia a cada uno de los datos contenidos en cada variable; de esta manera se logró adaptar e identificar la influencia de cada uno de los atributos en la el grado de susceptibilidad del fenómeno de subsidencia, de manera cuantitativa, esto se desarrolla a través de normalización de la Ponderación: se sumó cada valor de ponderación de cada variable y se dividió cada variable entre ese total. La suma total de la fila de normalización es 1,00, seguidamente, al igual que la ponderación se suma los indicadores ponderados, y la división de cada uno de ellos por el total, que corresponde a 1,00, así logrando obtener campos para agregar en los atributos de los shapes que se van a trabajar. Este proceso se lo realiza para todas las variables (ver anexo1).

8.5 VULNERABILIDAD

Se debe tener en cuenta que para calcular la vulnerabilidad, se debe dar un peso a cada variable, es decir, se da un valor o un porcentaje (%), de 0 a 100%. Este peso o porcentaje (%) se asigna teniendo en cuenta el tipo de terreno, el área expuesta a la amenaza, la ubicación de las estructuras. Analizando y generando supuestos sobre cómo y qué grado de incidencia puede llegar a tener cada elemento en cada variable, en cada caso y cual elemento y variable puede incidir en que exista un mayor o menor grado de exposición al fenómeno que genera la amenaza.

El siguiente paso fue, otorgar un peso a cada variable de acuerdo análisis realizado, el valor o peso en porcentaje (%) se asignó de la siguiente manera:

 El estado de una estructura o edificación; muestra para este caso como dicha estructura, puede llegar a responder frente a la exposición que la misma llegue a tener al fenómeno de subsidencia, por lo cual si una vivienda está en mal estado representa un grado mayor de susceptibilidad a la amenaza del fenómeno establecido. Por lo anterior el peso otorgado es de 40%.

 Para el caso del número de pisos; aquí hay una relación directa con el peso, pues si una estructura tenga más o cuente con más plantas de infraestructura genera más peso, de ahí que dicho peso genere o aumente el estrés de sostenimiento de edificaciones, sobre ese suelo, a lo cual se debe agregar que dicho margen de sostenimiento, es corto debido a que el suelo en esta área no tiene bases sólidas debido al socavamiento y subsidencia. Así que si no se

generan actividades de mitigación las estructuras estarán en alto grado de exposición por la subsidencia. El grado de importancia es de 30%.

En el caso del uso del predio, se recalca que se debe considerar que el elemento más frágil que se tiene en el área es el suelo, ya que este no cuenta con bases solidad y la capa sub-terránea esta socavada por la presencia de túneles mineros de explotación antigua y artesanal que en gran parte fueron abandonados y en otros casos sellados con material inadecuado, por lo cual las bases del suelo están debilitadas o mal sustentadas, es así que si se genera un aumento en la capacidad de carga; se aumenta el grado de exposición del predio a la subsidencia. De tal manera que si a un predio se le da un uso como sostener cargas pesadas, como vehículos automotores y se le suma el trajín del paso por las vías que genera vibración por los mismos vehículos aumenta la exposición a fenómenos como la subsidencia que tiene una gran posibilidad de actuación, en esta área, dicho trajín también está ligado a la construcción sin un control de edificaciones residenciales de más de 2 pisos que saturación en la capacidad de carga del terreno y como se ha aclarado dichos suelos no pueden llegar a responder a ciertas cargas sobre él. Por lo cual se le otorga un peso de 30%.

De acuerdo a lo anterior el valor o grado de importancia de las variables se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Peso de Variables

VARIABLE	PESO %
Estado de la estructura	40
Nº de pisos	30
Uso del predio	30

Fuente: Este Estudio

8.5.1 Zonificación de vulnerabilidad física por exposición a la subsidencia en el área de estudio. Para efectos de análisis de la vulnerabilidad se clasifico en nula, baja, media y alta. Y esta se aplicó para el análisis físico del área de estudio.

Tabla 10. Clasificación de la vulnerabilidad

Vulnerabilidad	Rango
Nula	0
Baja	0.1-1.0
Media	1.1-1.6
Alta	1.7 - 3

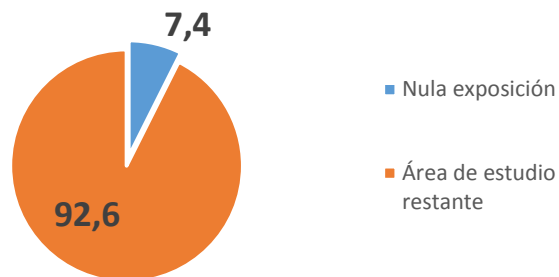
Fuente: Este Estudio

Entonces con la información necesaria se realizó un filtro de la misma con la ayuda del join de información entre Excel y Arcgis, agregando a cada shapefile: los campos descritos para hacer una selección por atributos, se escogió el lugar de salida del nuevo shape, y se guardó. Logrando desarrollar un análisis sistemático de la información; esto como resultado nos generó un mapa de las áreas más susceptibles o vulnerables a la exposición al fenómeno de subsidencia.

Con el mapa de vulnerabilidad concretado se logró tener información detallada de la vulnerabilidad física por exposición a la subsidencia en del barrio Villa Lucia y se otorgaron clasificaciones a las zonas de exposición, las cuales fueron:

Vulnerabilidad Nula: Esta clasificación se otorgó debido a que se considera que no existen elementos que generen alguna susceptibilidad a la subsidencia. También pueden considerarse que estos predios no han presentado indicadores de deterioro. Sumado a que se pudieron haber realizado algunas actividades de contención frente a la subsidencia. También otro factor es el estrés ejercido sobre el suelo debido al bajo peso de las estructuras o la falta de las mismas en los predios. Estos predios conforman un 7.4 % del área de estudio que está expuesta a la amenaza por subsidencia. Ver grafica

Gráfica 3. Porcentaje del área con nula exposición de vulnerabilidad.

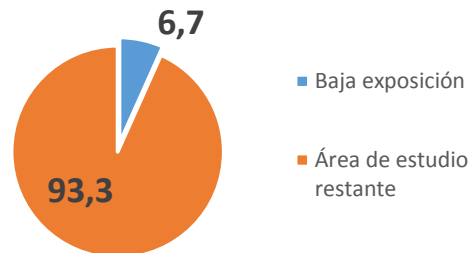


Fuente: Este Estudio

Vulnerabilidad Baja: aquí se puede decir que son predios con una presencia de algunos rasgos de subsidencia en las estructuras, que pueden llegar a generar problemas con el transcurrir del tiempo por la exposición frente a la subsidencia. A pesar de todo esta zona puede llegar a mantenerse o mejorarse realizando actividades de control con personal especializado en procesos de degradación como lo es la subsidencia, las estructuras son bajas por lo general de un piso y son de uso residencial mayoritariamente.

Dicha clasificación está integrada por 10 predios que representan 6.7 % del área de estudio.

Gráfica 4. Porcentaje del área con baja exposición de vulnerabilidad.

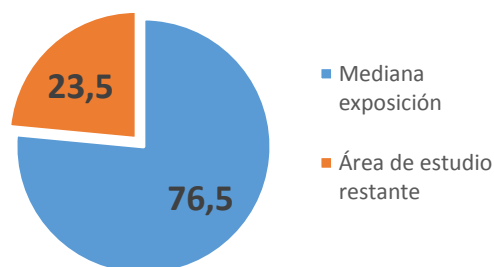


Fuente: Este Estudio

Vulnerabilidad media: la afectación en estas estructuras está latente y además cumplen con requisitos para que se aumente el grado de exposición de de dichas estructuras a la subsidencia, algo que si es importante mencionar es que aunque son en mayoría estructuras de uso residencial esto genera que estos lugares sean sitios de encuentro de concentración de población a lo que se puede sumar y el peso de la cantidad de vehículos, lo cual genera vibraciones y que en un tiempo considerable puede llegar a generar hundimiento.

Esta clasificación cuenta con el más alto rango de conformantes 113 predios que representan el 76.5 % de la zona de estudio.

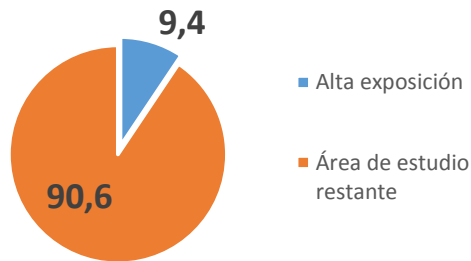
Gráfica 5. Porcentaje del área con alta exposición de vulnerabilidad.



Fuente: Este Estudio

Vulnerabilidad Alta: Aquí en esta calificación están ubicadas las estructuras que cuentan con una afectación notoria, se puede decir que estos predios son los que muestran una estructura más pesada o también una estructura con un estado malo a la cual no se le hacen reparaciones sumado a que la exposición a la subsidencia es alta lo cual generara problemas mayores como hundimientos o hasta colapsos. Esto hace que el suelo pierda rápidamente la poca estabilidad que pueda tener. Geográficamente no ocupa una zona continua sino que registra predios intercalados; dicho conjunto está compuesto por 14 predios que representan el 9.4 % de la zona de estudio.

Gráfica 6. Porcentaje del área con alta exposición de vulnerabilidad.

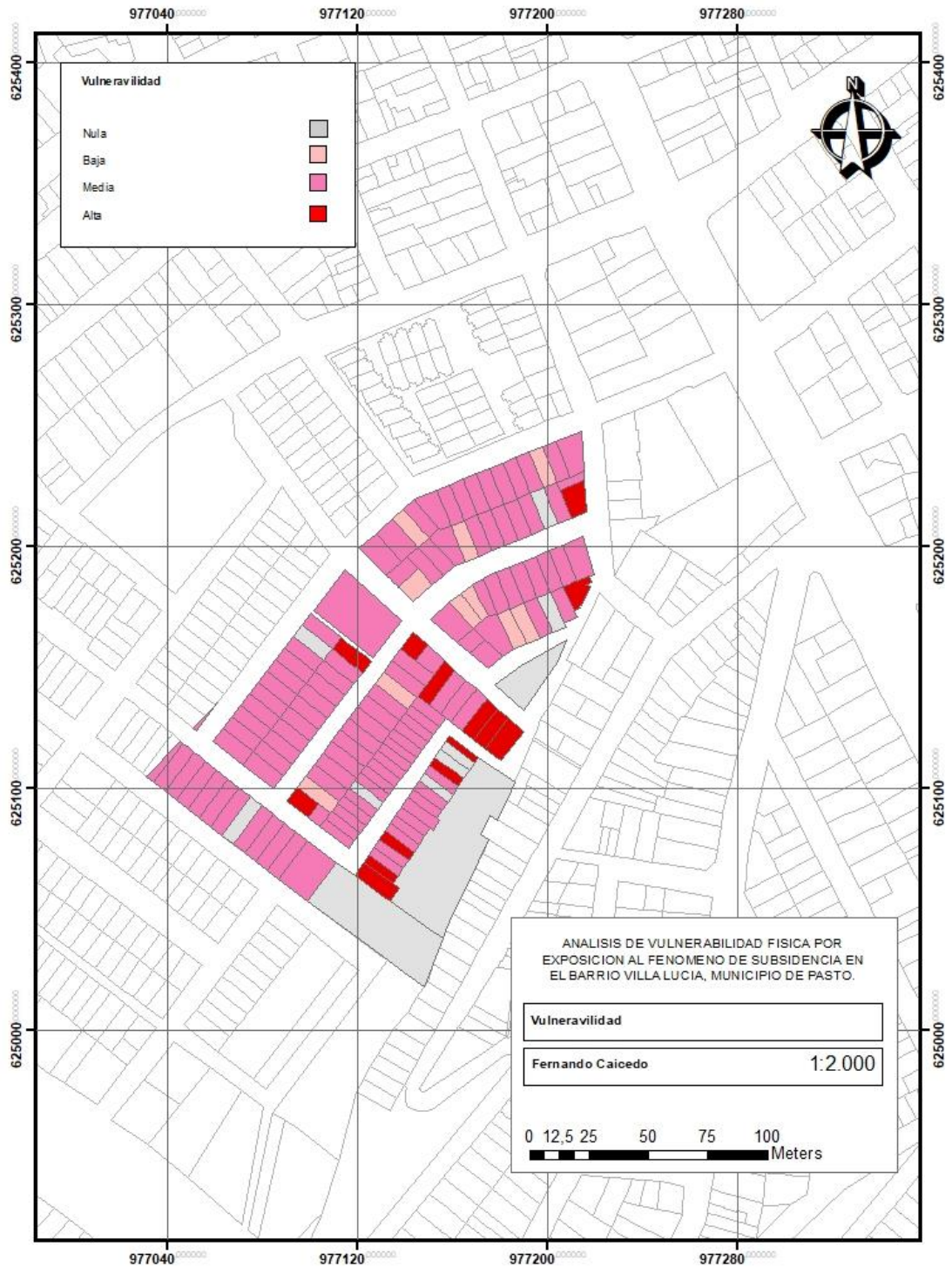


Fuente: Este Estudio

Conociendo el grado de vulnerabilidad es importante lograr establecer procesos de información con los entes, autoridades y comunidad involucradas en este asunto para poder generar estrategias de respuesta o prevención frente a la situación de exposición frente a la subsidencia que hay en el barrio Villa Lucia; así mismo, es conveniente que las autoridades municipales controlen las actividades del barrio para poder dar una posibilidad de mejoramiento de las condiciones frente al riesgo de subsidencia y afrontar la vulnerabilidad que existe en ese sector de Pasto.

Después de desarrollado el proceso se obtiene el siguiente mapa.

Mapa 5. Vulnerabilidad



Fuente: Este Estudio

CONCLUSIONES

El fenómeno de subsidencia puede llegar a crear desestabilizaciones que aunque pueden ser casi pasivas por su acción lenta, son continuas, por lo que es importante realizar acciones de adecuamiento de la zona para mejorar las condiciones de la comunidad.

Según el análisis de vulnerabilidad el área de estudio se encuentra en un grado de exposición media alta, por lo cual hay que desarrollar actividades para mitigar dicha caracterización en la zona.

Los predios que están en alto y mediano de exposición a la subsidencia pueden llegar a convertirse en zonas de desplome y a afectar los sitios aledaños.

En la zona no existe un control de la construcción y la no presencia de la administración municipal, viene generando aumento en los grados de exposición a la subsidencia. Si no se genera un control dichos factores pueden generar una emergencia.

Para superar esas debilidades estructurales, es primordial que los pobladores conozcan la susceptibilidad de la amenaza y el grado de vulnerabilidad a que están sometidos, para de esta manera si hay la posibilidad entrar a corregirlos.

Un elemento que permite plantear estrategias de respuesta ante una posible amenaza es, el análisis físico estructural que debe ser un punto para evaluar dentro de la gestión del riesgo.

Si se mantiene un buen estado de las estructuras se puede lograr contrarrestar el grado de exposición a la amenaza de subsidencia.

Lastimosamente en caso de la ocurrencia de una emergencia en la zona de estudio no existe un plan de mitigación, en el cual este contar con un albergue a donde puedan llegar las familias afectadas y tampoco existe un plan de contingencia o plan de evacuación de viviendas.

RECOMENDACIONES

Se debe analizar este estudio para lograr comprender la situación real de la comunidad frente a la subsidencia y como este fenómeno pone en riesgo la estructura que la comunidad del barrio Villa Lucia, logrando que se convierta en un insumo para la toma de decisiones frente al fenómeno de subsidencia.

Identificación, Los métodos más claros sobre el desarrollo de una tipificación y localización de cuáles son los principales síntomas de la subsidencia en las estructuras que se pueden presentar como lesiones de estructuras, para ya identificadas y localizadas buscar generara procesos de reparación para mejor la situación de exposición frente a la subsidencia.

Buscar desarrollar un diagnostico multidisciplinario para desarrollar un plan de acción frente al riesgo de aumento de exposición del barrio a la subsidencia.

Se debe tratar de controlar los procesos de construcción y de poblamiento en la zona a través de control de las autoridades competentes.

Es importante que se realicen estudios encaminados a identificar todo tipo de lesiones para realizar un seguimiento a su evolución, o definir la clausura de las viviendas.

Buscar actuar para realizar medidas correctivas que van a eliminar las causas o servir de argumento para la no utilización de las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

DECRETO 1077 DE 2015, Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.

Departamento de Prospectiva e Investigación Geocientífica (IGME), Área de Peligrosidad y Riesgos Geológicos. Alenza, Madrid, Spain.

HERNÁNDEZ, Leila. Una metodología de evaluación del riesgo público por inundación por falla del sistema de alcantarillado pluvial: caso de la cuenca del río Salitre, Bogotá. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2012. p. 18-19.

LEY 1523 DE 2012, Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

POT Pasto, ajuste Plan de Ordenamiento Territorial "Pasto Realidad Posible". 2011.

PROPUESTA metodológica análisis de vulnerabilidad a nivel municipal, Quito 2012

Unan, Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, México D.F., México. 2009. (17.3) 295-302

CYBERGRAFIA

<http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20761/>

<http://www.escuelapnud.org/campusvirtual/course/index.php?categoryid=3>

<http://www.minvivienda.gov.co/NormativaInstitucional/1077%20-%202015.pdf>
<https://es.climate-data.org/location/3811/>

Terminologia-

[GRD2017.pdf;jsessionid=4EB9AD8F2C26A3D01F8D6B634C6DF47C?sequence=2](#)

ANEXOS