



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ANÁLISIS DE RIESGO SÍSMICO EN EL BARRIO SOLANDA, SECTOR 4,
DEL CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Ambiental

AUTOR: BYRON RODRIGO GRANDA AGUIRRE

TUTOR: RONNIE XAVIER LIZANO ACEVEDO

Quito-Ecuador

2022

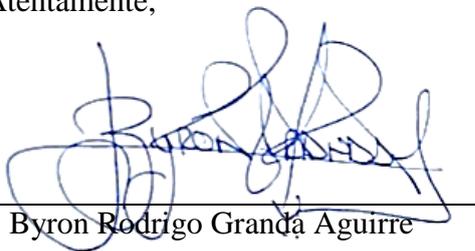
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Byron Rodrigo Granda Aguirre, con documento de identificación N° 1726018102, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 23 de marzo del año 2022

Atentamente,



Byron Rodrigo Granda Aguirre

1726018102

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Byron Rodrigo Granda Aguirre con documento de identificación No. 1726018102, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Trabajo Experimental: “Análisis de Riesgo Sísmico en el Barrio Solanda, Sector 4, del Cantón Quito, Provincia de Pichincha” el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de marzo del año 2022

Atentamente,



Byron Rodrigo Granda Aguirre
1726018102

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ronnie Xavier Lizano Acevedo con documento de identificación N° 1714291588, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **ANÁLISIS DE RIESGO SÍSMICO EN EL BARRIO SOLANDA, SECTOR 4, DEL CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA**, realizado por Byron Rodrigo Granda Aguirre con documento de identificación N° 1726018102, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 23 de marzo del año 2022

Atentamente,



Ing. Ronnie Xavier Lizano Acevedo, M.Sc.
1714291588

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios, quien con su infinito amor me ha cuidado a lo largo de la vida, me ha presentado a personas maravillosas y me ha permitido compartir esta misma línea de tiempo con ellos.

A mis padres Juan Vicente Granda y Elvia María Aguirre, por brindarme su apoyo y cariño incondicional, por inculcarme valores y enseñarme que con esfuerzo ningún sueño es imposible. A mi padre por representar una figura pesada, estricta y dura en mi vida; a pesar de tener un corazón blando y una mirada cálida. A mi madre por ser el amor más serio que he tenido, porque al ver su mirada se refleja todo lo bueno que tiene este mundo, el tiempo se detiene y la inocencia acompañada de su calidez, me hacen sentir siempre como un niño.

A mi hermano Holger, a quien le debo tanto y ha representado una segunda figura paterna en mi vida; a mi hermano Fernando, por representar la calma y la paz; a mi hermana Graciela, por representar el enojo y aún más importante la alegría; a mi hermana Virginia, por representar la perseverancia cuando se busca un sueño; a mi hermana Navela, por representar que, a pesar de la tristeza una sonrisa lo puede cambiar todo; y mi querida hermana Edita que ahora está en el cielo. Sé que ella hubiese querido compartir este momento de felicidad, que hoy se ve empañado con lágrimas. La gran lección de vida que me dejó a mí y a mis hermanos fue: “No importa que tan feroz sea una batalla, hay que aferrarse a la vida y al cariño por las personas que queremos. La bondad, el desinterés y la paciencia están solo en los corazones de las personas buenas”.

Por lo momentos vividos, el cariño y el apoyo de manera incondicional, les doy mis sinceros agradecimientos y sentimientos plasmados en la presente dedicatoria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fortaleza y perseverancia para no rendirme en cada objetivo y etapa de mi vida, por brindarme su infinito amor y cuidado, por presentarme personas maravillosas e irrepetibles; y por permitirme convivir en esta mismo espacio y época con ellos.

A mis padres y hermanos por formar el pilar fundamental en mi vida, por brindarme su cariño, sacrificio y tiempo, por demostrarme que la felicidad se la puede encontrar en las cosas más sencillas de la vida y por apoyarme en cada etapa y paso de mi vida estudiantil y personal.

A los docentes que conforman la Carrera de Ingeniería Ambiental por compartir su experiencia, conocimiento y valores. Aprecio de gran manera los conocimientos transmitidos; pues sin duda, su experiencia fue fundamental para mi aprendizaje, para seguir formando mi carácter y fortalecer los valores buenos.

Al Ing. Ronnie Xavier Lizano Acevedo, M.Sc. por la confianza depositada en mi persona, por su paciencia y por su tiempo. Por darme ánimos y fortaleza en tiempos de adversidad; por su calidez humana, tutorías y demás experiencia compartida.

A mis compañeros de carrera por los momentos compartidos, que sin lugar a duda perdurarán en mi memoria para toda la vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT.....	xx
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema.....	1
1.2. Delimitación	2
1.3. Pregunta de investigación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. General	4
1.4.2. Específicos	4
1.5. Hipótesis	5
1.5.1. Hipótesis nula.....	5
1.5.2. Hipótesis alternativa.....	5
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
2.1. Riesgo	6

2.2.	Amenaza	6
2.3.	Amenaza por Subsistencia	7
2.4.	Amenaza Sísmica	7
2.5.	Vulnerabilidad	8
2.6.	Sistema de Información Geográfica (ArcGis).....	8
2.7.	Patologías Estructurales Dependientes de la Vulnerabilidad Sísmica.....	9
2.8.	Gestión para la Prevención del Riesgo	9
2.9.	Gestión para la Mitigación del Riesgo	9
2.10.	Herramientas para la Gestión de Riesgos Sísmicos.....	10
2.11.	Índice de Daño.....	10
2.12.	Subducción Tectónica.....	10
2.13.	Falla Geológica.....	11
2.14.	Magnitud Sísmica	11
2.15.	Escala MKS	11
2.16.	Velocidad de la Onda de Corte.....	12
2.17.	Planificación territorial	12
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1.1.	Fase de Recopilación Bibliográfica	14
3.1.2.	Fase de Recopilación de Información en Campo a través de Encuestas	15

3.1.3. Fase Computacional del Análisis de los Datos Recolectados en Campo e Interpretación de los Resultados	19
3.1.4. Fase de Establecimiento de Posibles Medidas de Prevención para el Fortalecimiento de la Resiliencia en la Población de la Zona del Proyecto	21
3.2. Población y muestra.....	22
3.3. Variables	22
3.4. Recogida de datos	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1. Fase 1: Fase de Recopilación Bibliográfica	23
4.1.1. Peligrosidad sísmica en el Ecuador	23
4.1.2. Fallas geológicas que presenta el Distrito Metropolitano de Quito	24
4.1.3. Sismos históricos que han afectado a la ciudad de Quito	28
4.1.4. Zonificación geológica – geotécnica de Quito.....	30
4.1.5. Estudios de suelo para la ejecución del Metro de Quito	33
4.1.6. Clasificación para suelos del Distrito Metropolitano de Quito para determinar cargas sísmicas	37
4.1.7. Informalidad en las construcciones del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)	39
4.1.8. Geomorfología	43
4.1.9. Geología local	44
4.1.10. Geología local Formación Machángara	45

4.1.11. Geología local Unidad Vulcano – sedimentaria Guamaní	45
4.1.12. Geología local Unidad Fluvio – Lacustre El Pintado.....	45
4.1.13. Geología local Formación Cangahua	46
4.1.14. Clima	47
4.1.15. Densidad poblacional y vivienda	49
4.1.16. Antecedentes históricos de la conformación del Barrio Solanda, Sector 4	50
4.1.17. Tipos de viviendas del Barrio Solanda, Sector 4	53
4.1.18. Informalidad como consecuencia del crecimiento horizontal y vertical de las viviendas del Barrio Solanda.....	54
4.1.19. Efectos negativos del crecimiento informal del Barrio Solanda y su incidencia en el aumento de la vulnerabilidad sísmica.....	56
4.1.19.1. Informalidad	57
4.1.19.2. Incompatibilidad de materiales	58
4.1.19.3. Golpeteo	59
4.1.19.4. Columna Corta	60
4.2. Fase 2: Fase de Recopilación de Información en Campo a través de Encuestas	60
4.2.1. Cálculo de crecimiento poblacional anual del Barrio Solanda	60
4.2.2. Cálculo de la muestra de viviendas a encuestar para el Sector 4 del Barrio Solanda.....	65

4.3.	Fase 3: Fase Computacional del Análisis de los Datos Recolectados en Campo e Interpretación de los Resultados	66
4.3.1.	Evaluación del riesgo.....	80
4.4.	Fase 4: Fase de Establecimiento de Posibles Medidas de Prevención para el Fortalecimiento de la Resiliencia en la Población de la Zona del Proyecto	122
4.4.1.	Medidas para mitigar daños en sistemas estructurales	125
4.4.2.	Medidas para mitigar daños en sistemas no estructurales	127
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	129
5.1.	CONCLUSIONES.....	129
5.2.	RECOMENDACIONES	132
6.	BIBLIOGRAFÍA	134
7.	ANEXOS	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Encuesta del Riesgo ante la amenaza por Subsistencia de suelo en el Barrio Solanda, Sector 4.....	140
Tabla 2 Encuesta del Riesgo ante la amenaza sísmica en el Barrio Solanda, Sector 4 ..	140
Tabla 3 Encuesta de Vulnerabilidad Global ante Riesgo Sísmico para Barrio Solanda, Sector 4.....	142

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización del Barrio Solanda y Área de estudio en el Sector IV	3
Figura 2 Ponderación para el análisis de riesgo de forma Cuantitativa.....	20
Figura 3 Ponderación para el análisis de riesgo de forma Cualitativa.....	20
Figura 4 Mapa del nivel de amenaza sísmica del Ecuador	23
Figura 5 Volcanes y fallas geológicas que rodean al Distrito Metropolitano de Quito	25
Figura 6 Ubicación de fallas geológicas en 3D que rodean al Distrito Metropolitano de Quito.....	26
Figura 7 Magnitud esperada de sismos en 475 años en segmentos de fallas las ciegas de Quito.....	27
Figura 8 Sismos históricos dados en Quito y parte de la Sierra ecuatoriana	29
Figura 9 Zonificación geológica – geotécnica de los suelos de Quito.....	31
Figura 10 Ubicación de sondeos, fallas geológicas y unidades geológicas para el Metro de Quito.....	34
Figura 11 Velocidad de la onda de corte y periodos de vibración de Quito.....	35
Figura 12 Clasificación de los suelos de Quito.....	37
Figura 13 Descripción de perfiles de los suelos de Quito.....	38
Figura 14 Número de asentamientos informales y superficie en hectáreas ocupadas ilegalmente en Quito	40
Figura 15 Asentamientos informales por Zonas Metropolitanas entre el periodo 2008 – 2014.....	40
Figura 16 Asentamientos informales del DMQ por Zonas Metropolitanas.....	42

Figura 17 Mapa geomorfológico del sur de la ciudad de Quito	44
Figura 18 Mapa Geológico local.....	46
Figura 19 Pluviosidad de Quito y áreas circundantes	48
Figura 20 Crecimiento de población y vivienda del Barrio Solanda desde 1990 al 2010	49
Figura 21 Censos de población y vivienda del Barrio Solanda desde 1990 al 2010	50
Figura 22 Hacienda Solanda, 1976	50
Figura 23 Trazado urbanístico Plan Solanda, Fundación Mariana de Jesús – Junta Nacional de Vivienda, 1978	52
Figura 24 Tipos de vivienda predestinadas en un principio para Solanda, año 1976.....	53
Figura 25 Razones de ampliación de viviendas en Solanda	55
Figura 26 Modificación de viviendas para negocios	56
Figura 27 Informalidad evidenciada en las construcciones del Barrio Solanda	57
Figura 28 Incompatibilidad de los materiales en edificaciones del Barrio Solanda	58
Figura 29 Problemas de golpeteo en edificaciones del Barrio Solanda.....	59
Figura 30 Problemas de columna corta en edificaciones del Barrio Solanda.....	60
Figura 31 Datos poblacionales del INEC para la parroquia Solanda.....	62
Figura 32 Tasa de crecimiento poblacional de Solanda I	63
Figura 33 Proyección del crecimiento poblacional anual de Solanda	63
Figura 34 Mapa de análisis de la amenaza por subsidencia de suelo, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	67
Figura 35 Evaluación de manera cualitativa y cuantitativa de la amenaza por subsidencia de suelo, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	69
Figura 36 Mapa de análisis de la amenaza sísmica, en el Sector 4 del Barrio Solanda....	72

Figura 37 Evaluación de manera cualitativa y cuantitativa de la amenaza sísmica, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	73
Figura 38 Mapa de análisis de vulnerabilidad global, en el Sector 4 del Barrio Solanda	75
Figura 39 Evaluación de manera cualitativa y cuantitativa de la vulnerabilidad global, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	77
Figura 40 Mapa de Edificaciones formales con criterio profesional vs Edificaciones informales y/o artesanales, en el Sector 4 del Barrio Solanda	81
Figura 41 Diagrama de pastel de la construcción de las Edificaciones formales con criterio profesional vs Edificaciones informales y/o artesanales, en el Sector 4 del Barrio Solanda	82
Figura 42 Mapa de número de pisos de edificaciones, en el Sector 4 del Barrio Solanda	83
Figura 43 Diagrama de paste del número de pisos de las viviendas, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	85
Figura 44 Mapa del sistema estructural de las edificaciones, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	86
Figura 45 Diagrama de pastel de la construcción de las Edificaciones formales con criterio profesional vs Edificaciones informales y/o artesanales, en el Sector 4 del Barrio Solanda	87
Figura 46 Mapa de las dimensiones de las columnas de las edificaciones, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	88
Figura 47 Diagrama de pastel dimensiones de las columnas de las edificaciones, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	89

Figura 48 Mapa de la probabilidad de golpeteo de las edificaciones, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	91
Figura 49 Diagrama de pastel de la probabilidad de golpeteo de las edificaciones, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	92
Figura 50 Mapa de la vulnerabilidad ecológica y ambiental, a través de las condiciones ecológicas, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	93
Figura 51 Diagrama de pastel de la vulnerabilidad ecológica y ambiental, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	95
Figura 52 Mapa de la vulnerabilidad económica, a través del acceso al mercado laboral, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	96
Figura 53 Diagrama de pastel de la vulnerabilidad económica, reflejada en la evaluación del acceso al mercado laboral, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	98
Figura 54 Mapa de la vulnerabilidad económica, a través de la situación de pobreza o desarrollo humano, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	99
Figura 55 Diagrama de pastel de la vulnerabilidad económica, reflejada en la de la situación de pobreza o desarrollo humano en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	100
Figura 56 Mapa de la vulnerabilidad social, a través de la evaluación del nivel de organización de los pobladores, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	101
Figura 57 Diagrama de pastel de la vulnerabilidad social, reflejada en la evaluación del nivel de organización de los pobladores en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	103
Figura 58 Mapa de la vulnerabilidad social, a través de la evaluación del grado de relación entre instituciones y organizaciones locales, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	104

Figura 59 Diagrama de pastel de la vulnerabilidad social, a través de la evaluación del grado de relación entre instituciones y organizaciones locales en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	105
Figura 60 Mapa de la vulnerabilidad educativa, a través de la evaluación de Programas educativos formales contra la Prevención y Atención de Desastres - PAD, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	106
Figura 61 Diagrama de pastel de la vulnerabilidad educativa, a través de la evaluación de Programas educativos formales contra la Prevención y Atención de Desastres - PAD en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	107
Figura 62 Mapa de la vulnerabilidad educativa, a través del alcance de programas educativos sobre grupos estratégicos, en el Sector 4 del Barrio Solanda	109
Figura 63 Diagrama de pastel de la vulnerabilidad educativa, a través de la evaluación del alcance de programas educativos sobre grupos estratégicos en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	111
Figura 64 Mapa de la vulnerabilidad cultural e ideológica, a través de la evaluación de la actitud de las personas frente a la ocurrencia de desastres, en el Sector 4 del Barrio Solanda.	112
Figura 65 Diagrama de pastel de la vulnerabilidad cultural e ideológica, a través de la evaluación de la actitud de las personas frente a la ocurrencia de desastres, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	113
Figura 66 Mapa de la vulnerabilidad cultural e ideológica, a través de la evaluación del conocimiento de las personas sobre la ocurrencia de desastres, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	114

Figura 67 Diagrama de pastel de la vulnerabilidad cultural e ideológica, a través de la evaluación del conocimiento de las personas sobre la ocurrencia de desastres, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	116
Figura 68 Mapa de la vulnerabilidad científica y técnica, a través de la evaluación de la existencia de trabajos de investigación sobre desastres naturales, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	117
Figura 69 Diagrama de pastel de la vulnerabilidad científica y técnica, a través de la evaluación de la existencia de trabajos de investigación sobre desastres naturales, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	118
Figura 70 Mapa de la vulnerabilidad científica y técnica, a través de la evaluación de la existencia de instrumentos para medición (sensores) de fenómenos complejos, en el Sector 4 del Barrio Solanda.....	119
Figura 71 Diagrama de pastel de la vulnerabilidad científica y técnica, a través de la evaluación de la existencia de instrumentos para medición (sensores) de fenómenos complejos, en el Sector 4 del Barrio Solanda	121
Figura 72 Procesos clave para la Gestión del Riesgo del Desastre.....	122
Figura 73 Gestión del riesgo del desastre para Solanda	125

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 74 Procesamiento y obtención de resultados para evaluar la amenaza por subsidencia del suelo.....	147
Figura 75 Procesamiento y obtención de resultados para evaluar la amenaza sísmica .	147
Figura 76 Procesamiento y obtención de resultados para la evaluación de la vulnerabilidad global.....	148

RESUMEN

Quito, la capital de Ecuador, es una ciudad con un nivel de alto grado de riesgo sísmico y ha sido afectada por grandes terremotos a lo largo de la historia, dejando en evidencia la vulnerabilidad a la que está expuesta. Gran parte del sur de la ciudad y sus periferias han experimentado asentamientos informales en las últimas décadas. Estos asentamientos se han dado sobre suelos de pésima calidad para construcción como rellenos en el caso de la Parroquia de Solanda. La vulnerabilidad se ahonda cuando se toma en consideración que las personas muchas veces construyen sobre fallas geológicas activas, la pésima combinación de materiales en edificaciones informales, la marginalidad de grupos humanos, la pobreza, la falta de control por Parte del Municipio de Quito, entre otros varios.

El Sector 4 del Barrio Solanda es el lugar donde se desarrolló el presente estudio y dado a que no es posible evaluar el impacto de sismos pasados en el sector, es de vital importancia realizar un análisis del riesgo sísmico, para determinar el grado de riesgo natural del mismo. En este sentido, el presente trabajo de titulación se presenta como una investigación es de tipo correlacional y social; pues abarca el análisis del riesgo sísmico, midiendo la amenaza de la subsidencia del suelo y la amenaza sísmica por la vulnerabilidad global, a partir de una muestra representativa de 77 viviendas, utilizando el método del muestreo. Producto de ello, se evidenció que el sector antes mencionado tiene un nivel de riesgo sísmico alto, con un valor en porcentaje de 60.94 %, graficado en mapas térmicos que ayudan a percibir visualmente la realidad vivida actualmente en este Sector de Solanda.

Palabras clave: Riesgo Sísmico, Amenaza, Vulnerabilidad, Informalidad, Sistema de Información Geográfica (SIG).

ABSTRACT

Quito, the capital of Ecuador, is a city with a high level of seismic risk and has been affected by major earthquakes throughout history, highlighting the vulnerability to which it is exposed. Much of the southern part of the city and its peripheries have experienced informal settlements in recent decades. These settlements have occurred on soils of terrible quality for construction, such as landfills in the case of the Solanda Parish. Vulnerability is exacerbated by the fact that people often build on active geological faults, the poor combination of materials in informal buildings, the marginality of human groups, poverty, and the lack of control by the Municipality of Quito, among others.

Sector 4 of the Solanda neighborhood is the place where the present study was developed and since it is not possible to evaluate the impact of past earthquakes in the sector, it is of vital importance to carry out a seismic risk analysis to determine the degree of natural risk of the sector. In this sense, this degree work is presented as a correlational and social research, since it includes the analysis of the seismic risk, measuring the threat of soil subsidence and the seismic threat by global vulnerability, from a representative sample of 77 houses, using the sampling method. As a result, it became evident that the aforementioned sector has a high level of seismic risk, with a percentage value of 60.94 %, plotted on thermal maps that help to visually perceive the reality currently experienced in this sector of Solanda.

Keywords: Seismic Risk, Hazards, Vulnerability, Informality, Geographic Information System (GIS).

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

El riesgo sísmico latente que vive el Barrio Solanda, evidencia una falta de planificación territorial, traducida en la informalidad de sus construcciones, daños físicos de las mismas, altos niveles de pobreza, impactos ambientales y otros tipos de vulnerabilidades que vive su población actualmente. A estos aspectos se suma la excavación para la construcción del Metro Subterráneo de Quito (Mora Martínez, 2019), reflejando el peligro en el que se encuentran las personas y los inmuebles tanto públicos, como privados. Estos problemas han motivado a la realización del presente estudio sobre el análisis de la amenaza sísmica, subsidencia del suelo y los diferentes tipos de vulnerabilidades que podría llegar a sufrir sus pobladores, con la finalidad de dar posibles respuestas hacia la reducción del riesgo global que viven.

Con la finalidad de fortalecer la resiliencia en la población y evitar daños físico estructurales en las edificaciones que existe en el Sector 4 de Solanda, se desarrolló la presente investigación para evaluar el riesgo sísmico, a través del análisis de la amenaza sísmica y por subsidencia del suelo por la vulnerabilidad global, partir de encuestas a una muestra “n” de viviendas, para caracterizar posibles daños estructurales, afecciones y vulnerabilidad que presenta la población.

Los resultados de esta investigación, beneficiará directamente al Sector 4 del Barrio Solanda, que, aproximadamente cuenta con 36.250 habitantes, según datos del INEC. Sin embargo, el Barrio Solanda al presentar una configuración socio – espacial en sus 4 etapas, la presente investigación podría ser aplicable a todo el Barrio.

Para determinar la viabilidad del proyecto, es necesario partir de la definición de: *Riesgo* = *Amenaza* * *Vulnerabilidad*. Los factores que engloban su realización hacen posible que este sea desarrollado en un período máximo de 6 meses.

El presente trabajo de titulación, tiene la finalidad de servir de ejemplo para un posterior análisis del riesgo de los Sectores 1, 2 y 3 del Barrio Solanda; y otros barrios de la ciudad de Quito. Además, también servirá de base de estudio para otras carreras afines a la Ingeniería Ambiental y personas del Sector público, en la generación de soluciones responsables para la población.

1.2. Delimitación

El área de estudio está situada en el suroeste del Distrito Metropolitano de Quito, en la parroquia Solanda, misma que conforma el Barrio Solanda, en el Sector IV; mismo que se ubica entre las calles: Avenida Solanda (al suroeste), José María Alemán (al sureste), Avenida Hugo Ortiz (al sureste) y José Abarcas (al noreste). Esta parroquia se ubica dentro de las microcuencas del río Grande y río Machángara, sus coordenadas UTM son 774564,396 ESTE (X) y 9970497,762 NORTE (Y), Zona 17, Banda M. Cabe recalcar que, hacia el noreste el río Grande se une al río Machángara para formar un solo drenaje, con el mismo que nombre caracteriza a la subcuenca del río Machángara. Cubre una superficie de aproximadamente 720 m² y tiene una elevación que difiere en algún punto del rango de 2849 a 2857 msnm.

En la figura 1 se muestra la ubicación del Barrio Solanda y más específicamente la delimitación del área de estudio.

Figura 1

Localización del Barrio Solanda y Área de estudio en el Sector IV



Nota: Se detalla la delimitación de la zona de estudio del proyecto en color rojo

Fuente: Google Earth, 2021.

1.3. Pregunta de investigación

¿Cuál es el nivel de riesgo sísmico al cual se encuentran expuestos los habitantes e infraestructura del Sector 4, del Barrio Solanda, ubicado en el Distrito Metropolitano de Quito?

1.4. Objetivos

1.4.1. General

- Analizar el escenario de riesgo sísmico en el Barrio Solanda, Sector 4, perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito, por medio de la realización de mapas térmicos geoespaciales, para la identificación del nivel de amenaza sísmica, de subsidencia y de vulnerabilidad global, al que se encuentran expuestos los habitantes y las infraestructuras en el Sector.

1.4.2. Específicos

- Realizar mapas térmicos en el programa ArcGIS, a fin de analizar diferentes variables que incrementan el riesgo y la vulnerabilidad que viven los habitantes del Sector 4 del Barrio Solanda.
- Determinar el índice de riesgo sísmico, caracterizado por las amenazas sísmicas y de subsidencia de suelo; y vulnerabilidad global, de manera cualitativa y cuantitativa, mediante el análisis datos de encuestas, con la ayuda de Sistemas de Información Geográfica (SIG), para la estimación de los posibles escenarios de riesgo y la comprensión de su magnitud y vulnerabilidad de posible impacto.
- Establecer medidas de prevención generando posibles recomendaciones ante eventos sísmicos, hundimientos verticales de suelo y vulnerabilidad global, para el fortalecimiento de la resiliencia en la población de la zona del proyecto.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis nula

H2: No existe riesgo sísmico en el Sector 4 del Barrio Solanda, que sea considerado una amenaza y, por ende; sus pobladores no van a estar inmersos ante una vulnerabilidad que englobe varios factores.

1.5.2. Hipótesis alternativa

H1: Existe un riesgo sísmico alto en el Sector 4 del Barrio Solanda. Esto implica un nivel alto de la probable amenaza sísmica y consecuencias importantes en la vida de sus habitantes e infraestructuras.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Riesgo

Según el libro de Terminología sobre la Reducción del Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas, UNISDR (2009), definió al riesgo como “la probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas de un resultado de interacciones entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad”. De tal manera que, al riesgo se lo consideraría de naturaleza permanente, considerando la posibilidad de pérdidas a futuro.

Este mismo libro menciona que el riesgo puede determinarse a partir de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{RIESGO = Amenaza \times Vulnerabilidad}$$

El riesgo es directamente proporcional a la amenaza y a la vulnerabilidad según el escenario y las condiciones que se pueden llegar a presentar, por lo cual la alteración de alguno de estos dos elementos, altera directamente al valor del riesgo (CUPUERÁN, 2016). En ese sentido, el grado de amenaza de un sismo es directamente proporcional a su intensidad y a su magnitud, alterando el nivel de riesgo que se puede presentar ante un evento adverso.

2.2. Amenaza

A la amenaza se la entiende como la probabilidad de que ocurra y se repita un evento o suceso, con una fuerza específica, en un lugar y en un momento determinado. Puede ocasionar muertes, lesiones, daños en bienes inmuebles, interrupción de actividades económicas, retroceso en el avance de una sociedad y afecciones al medio ambiente. (CUPUERÁN, 2016;

UNISDR, 2009). Eso significa que, ante esta clase de eventos adversos es necesario trabajar en la prevención, fortaleciendo la resiliencia en la población, para que de esta manera los daños y pérdidas humanas puedan reducirse considerablemente.

Según menciona Lavell (2001), en su libro para la gestión del riesgo “desde el contexto técnico se puede llegar a conocer a la amenaza de forma cuantitativa, a partir del análisis científico y de datos históricos de eventos suscitados en el pasado de un determinado sitio” (p. 4). En este sentido, es necesario la recopilación y el posterior análisis de datos para poder estimar el nivel de amenaza latente al que se puede llegar a enfrentar una determinada sociedad.

2.3. Amenaza por Subsistencia

La subsidencia es un fenómeno geológico y se la define como el asentamiento paulatino de la corteza terrestre, corteza submarina o corteza continental. Este asentamiento puede ser causado por factores naturales o por actividades humanas de gran impacto, generalmente no suelen causar víctimas mortales; sin embargo, su impacto traducido a daños materiales en las estructuras, puede llegar a ser muy considerable. (Aguaiza, 2020). Ante esto, es necesario que las autoridades a nivel del país generen un mayor control sobre las construcciones informales, a través de planes de ordenamiento territorial proyectados a las necesidades presentes y futuras de la población.

2.4. Amenaza Sísmica

Según menciona Parra Cárdenas (2016), el Ecuador al estar ubicado en pleno cinturón de fuego, lo convierte en un país activo debido a que posee un grado de sismicidad muy grande, siendo el principal origen de estos la subducción de la placa Oceánica de Nazca y las fallas activas locales. Precisamente la ciudad de Quito, al encontrarse localizada en una zona sismo-tectónica importante, es una motivación importante para evaluar y valorar el riesgo al que se

encuentra inmerso, teniendo también en consideración que gran parte del sur de la ciudad es un relleno, aumentando el nivel de peligro y vulnerabilidad de las personas e inmuebles.

Los sismos son medidos de acuerdo a su intensidad, misma que se refiere al efecto que puede llegar a tener un temblor en el suelo, el ser humano y las construcciones en la Escala de Mercalli. De igual manera, son medidos por su magnitud, la cual tiene por finalidad el medir la cantidad de energía liberada durante el temblor en la Escala de Richter (Suarez, 2017). Es importante también conocer la forma en la se producen, es decir, si estos se dan horizontal o verticalmente, para estimar su efecto sobre las estructuras de las superficies.

2.5. Vulnerabilidad

“Se la define como el nivel de pérdida de componente o grupo de componentes en peligro, debido a la posibilidad de ocurrencia de un evento grave que pueda causar daños significativos” (Suarez, 2017.p. 3). De tal manera, la vulnerabilidad se presenta como la tendencia que tiene una determinada sociedad a sufrir daño y encontrar dificultad para recuperarse, siendo las autoridades los principales grupos encargados en la generación de planes, programas y proyectos para reducir el grado de vulnerabilidad mediante la prevención.

2.6. Sistema de Información Geográfica (ArcGis)

Es un Software que permite la recopilación, recopilación, administración, organización, creación, análisis y la distribución de información geográfica; por través de uso de sistemas de información geográfica (SIG). El sistema está disponible en todo el mundo y los beneficios del mismo son muchos, entre ellos están: el crear, utilizar y compartir mapas inteligentes (SIG); crear y administrar base de datos geográficos; compilar información Geográfica; entre muchos otros. (ArcGIS Resources, 2012)

2.7. Patologías Estructurales Dependientes de la Vulnerabilidad Sísmica

Hace referencia a la informalidad en las construcciones, la incompatibilidad de materiales de construcción debido a la combinación ineficaz de los mismos, el piso blando sobre el cual se levantan las edificaciones, las columnas cortas que provocan deformaciones en la parte libre de la columna y golpeteo que puede producir el desplazamiento en estructuras adyacente ante la presencia de un determinado sismo, generando patologías estructurales y mayor grado de vulnerabilidad de las estructuras ante un determinado evento sísmico (Aguaiza, 2020). Todas estas patologías generan que una infraestructura sea más vulnerable ante un evento sísmico y colapse eventualmente, por lo cual es importante políticas enfocadas a la formalidad en construcciones y combinación correcta de materiales de construcción, basándose en el tipo de terreno y la zona en la que se encuentren para su posterior construcción.

2.8. Gestión para la Prevención del Riesgo

Son el conjunto de acciones y medidas tomadas por medio de la gestión de planes, programas, proyectos, leyes, entre otros para su posterior ejecución. Busca evitar por completo los posibles impactos adversos de un determinado fenómeno físico, con la finalidad de evitar pérdidas y daños sobre la población e infraestructura tanto pública como privada y el medio ambiente (Aguaiza, 2020).

2.9. Gestión para la Mitigación del Riesgo

Según el libro de la UNISDR (2009), la mitigación del riesgo “Es la planificación, preparación y ejecución de diversas medidas de intervención encaminadas a reducir o mitigar el riesgo”. En este sentido, se entiende que va a existir casos en que será imposible evitar totalmente los daños producidos por un evento adverso; sin embargo, se podrían reducir considerablemente.

2.10. Herramientas para la Gestión de Riesgos Sísmicos

Se caracteriza por ser la metodología global pertinente para gestionar de manera oportuna, eficaz y eficiente las situaciones de emergencia. El Plan de Contingencia, tiene la finalidad de actuar en caso de un evento adverso y el Plan Comunitario de Gestión de Riesgos, el cual menciona las actividades, los tiempos y las herramientas necesarias para su implementación. (Suarez, 2017). Siendo así, el plan de contingencia es visto como un instrumento orientador y preparador de acciones de respuesta, como reacción ante un evento adverso.

2.11. Índice de Daño

Según menciona Arteaga Mora (2016), evalúa el grado de degradación del sistema estructural de las edificaciones y la conducta potente no lineal de una estructura bajo la actividad de fuerzas verticales y/o fuerzas laterales ocasionadas por fenómenos de origen sísmico. Se formula pensando y teniendo en consideración la tipología estructural primaria de la edificación y las propiedades de sus materiales. En ese sentido, conocer el índice de daño sirve como predicción para estimar la vulnerabilidad, basándose en las patologías que presenta las estructuras.

2.12. Subducción Tectónica

Se lo define como el choque entre dos placas tectónicas, debido a sus movimientos en direcciones opuestas. Durante este fenómeno la placa más densa tiende a hundirse debajo de la menos densa a lo largo de una capa que se encuentra por debajo de las capas, llamada zona de subducción. Es decir, la placa que tiende a hundirse va hacia el interior de esta zona; resultado de ello se calienta y se funde parcialmente, generando un magma que posteriormente ascenderá

hacia la superficie y con el pasar del tiempo formará montañas, volcanes, minerales de importancia, entre otros. (Servicio Geológico Mexicano, 2017)

2.13. Falla Geológica

Se la define como la fractura de la corteza terrestre, debido a la interacción de fuerzas terrestres, provocando el desplazamiento de la corteza a lo largo de bloques rocosos a ambos lados de ella. El evento se produce en el momento en que la aspereza no soporta más de presión de la fractura; consecuencia de ello se da un desplazamiento abrupto producto de la liberación de energía acumulada en forma de ondas sísmicas. (Universidad de Costa Rica, 2014)

2.14. Magnitud Sísmica

Según menciona el Servicio Sismológico Nacional de México (2018) a la magnitud sísmica se la define como el número que caracteriza el tamaño de un sismo y de la energía que libere, este número se lo mide en una escala logarítmica, de manera que a cada unidad de magnitud le corresponde un incremento de 1000 en su raíz cuadrada. En ese sentido, se pone de ejemplo que un sismo con número de magnitud 8, es 32 veces mayor a uno de número 7.

2.15. Escala MKS

Es una escala de intensidad micro sísmica, misma que es utilizada para evaluar y determinar las fuerzas de movimiento de la tierra. la determinación de la intensidad se la realiza basándose en los efectos destructivos de las edificaciones de origen antrópico, el cambio del aspecto del suelo y la afectación hacia la población. La clasificación de los daños en edificaciones puede ir desde la clase 1 (ligeros), hasta la clase 4 (destrucción). (Intituto Cartográfico y Geológico de Catalunya, 2021)

2.16. Velocidad de la Onda de Corte

Según define Tenesaca et al. (2017) los efectos externos producidos en la corteza terrestre generarán ondas sísmicas en el epicentro terreno; consecuencia de ello liberará energía de tipo elástico durante el proceso de ruptura y se propagará en el interior y en la superficie de la tierra. Las velocidades de onda de corte dependen de las manifestaciones ondulatorias, elasticidad y densidad de los materiales que la ayudarán a propagarse.

2.17. Planificación territorial

Es el conjunto de acciones que toma el estado con la finalidad de implementar una ocupación de territorio sostenible y ordenada a corto y futuro plazo. Este conjunto de acciones se encarga de regular la localización en uno o varios puntos geográficos a la población, enmarcando el desarrollo de sus necesidades humanas y económicas de manera sostenible dentro de los criterios ambientales, socioculturales, económicos, geopolíticos e institucionales. Los principales retos de la planificación territorial es el mantener y mejorar la vida de su población, el de dar buen uso a los recursos naturales que posee y el de integrar a la sociedad en el territorio. (Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial de Uruguay, 2008)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es de tipo correlacional, pues se establecerá relaciones entre las variables a analizar, tales como: lo son la tipología estructural y el índice global de vulnerabilidad. Según menciona el Centro Universitario Interamericano, (2017) las investigaciones de este tipo son indicadas para evaluar y determinar el grado de semejanza y relación que pueda existir entre dos o más variables, sin pretender establecer una explicación completa causa – efecto de un evento suscitado, sino más bien aportar con posibles causas sobre el origen de un acontecimiento. Para el análisis del Riesgo Sísmico en el Barrio Solanda, Sector 4; se pretende identificar las posibles causas que incrementan el índice de Vulnerabilidad Global, el nivel de Amenaza y consecuentemente el nivel de riesgo, al que se ve sometido el mismo, de manera cualitativa y cuantitativa.

Según menciona Moreno, (2017) la ciencia no puede ser meramente cuantitativa; pues existen fenómenos y peculiaridades que no pueden ser explicados únicamente con datos empíricos, sino que deben ser observacionales desde un encuadre comprensivo, que acerque al investigador a otros aspectos y realidades, para entender la manera en que se conciben los fenómenos sociales, culturales e históricos. Por ello, esta investigación se presenta también como una investigación de tipo social, pues se recopilará bibliográficamente antecedentes históricos de los sismos suscitados en la ciudad de Quito, debido a las fallas geológicas que presenta y sus principales afectaciones al sur de la ciudad. Así también, presentará la conformación informal del Barrio Solanda, evidenciando una falta de planificación territorial y los efectos negativos que esto ha conllevado en la actualidad.

A continuación, se describe la metodología empleada para el desarrollo de la investigación, dividido en tres fases:

1. Fase de Recopilación Bibliográfica
2. Recopilación de Información en Campo a través de Encuestas
3. Fase Computacional del Análisis de los Datos Recolectados en Campo e Interpretación de los Resultados
4. Fase de Establecimiento de Posibles Medidas de Prevención para el Fortalecimiento de la Resiliencia en la Población de la Zona del Proyecto

3.1.1. Fase de Recopilación Bibliográfica

La recopilación bibliográfica contendrá los siguientes aspectos:

- Peligrosidad sísmica en el Ecuador
- Fallas geológicas que presenta el Distrito Metropolitano de Quito
- Sismos históricos que han afectado a la ciudad de Quito
- Zonificación geológica – geotécnica de Quito
- Estudios de suelo para la ejecución del Metro de Quito
- Clasificación para suelos del Distrito Metropolitano de Quito para determinar cargas sísmicas
- Informalidad en las construcciones del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)
- Caracterización del área de estudio
 - Localización
 - Geomorfología
 - Geología local

- Geología local Formación Machángara
- Geología local Unidad Vulcano – sedimentaria Guamaní
- Geología local Unidad Fluvio – Lacustre El Pintado
- Geología local Formación Cangahua
- Clima
- Densidad poblacional y vivienda
- Antecedentes históricos de la conformación del Barrio Solanda
- Tipos de viviendas del Barrio Solanda
- Informalidad como consecuencia del crecimiento horizontal y vertical de las viviendas del Barrio Solanda
- Efectos negativos del crecimiento informal del Barrio Solanda y su incidencia en el aumento de la vulnerabilidad sísmica
 - Informalidad
 - Incompatibilidad de los materiales
 - Golpeteo
 - columna corta

3.1.2. Fase de Recopilación de Información en Campo a través de Encuestas

Para esta fase, se tomó en consideración la problemática en base a aspectos sociales, culturales e históricos que ha presentado configuración del Barrio Solanda, Sector 4. El crecimiento considerable de su población, informalidad en sus construcciones, falta de planificación territorial y los efectos negativos que esto ha conllevado en la actualidad reflejado en el aumento del riesgo.

Cálculos para la muestra

Para el cálculo de la muestra se partió de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N\sigma^2z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2z^2}$$

Fuente: Mora, 2019

Donde:

- N = Número de habitantes del Sector 2 del Barrio Solanda
- e = Límite de error 6% =0,06
- σ = Constante 0,50
- Z = Nivel de confianza =95% =1,96

A partir de la muestra “n”, se realizó 3 encuestas, mismas que después de la recolección de datos en campo, permitió determinar de manera cualitativa y cuantitativa, la amenaza sísmica, la amenaza por subsidencia y la vulnerabilidad global a la que se ve sometida esta muestra “n” del Sector 4, del Barrio Solanda.

Para las encuestas del análisis de la amenaza por sismos y subsidencia del suelo, se utilizó las encuestas empleadas por Aguaiza Jaramillo, (2020); mismo que usó entre 6 y 9 variables. Por otro lado, para la creación de la encuesta del análisis de la vulnerabilidad global, se utilizó la metodología empleada por el Instituto Nacional de Defensa Civil, (2006); mismo que excedió las 9 variables, con justificación a los más de 6 tipos de vulnerabilidades que existen.

El objetivo principal de las encuestas es estimar el nivel de riesgo, a través de la identificación de la amenaza ante eventos sísmicos y de la subsidencia del suelo. Así también,

como del análisis de la vulnerabilidad global, para finalmente crear mapas temáticos del riesgo total, de la mano del programa ArcGIS.

La encuesta de Amenaza ante la Subsistencia del Suelo, contará principalmente con las siguientes variables:

- Manzana
- Número de Edificación o Predio
- Formalidad de la edificación
- Número de pisos
- Sistema Estructural
- Dimensiones de Columnas
- Probabilidad de golpeteo en edificaciones

En base a la evaluación realizada la amenaza de la edificación por subsidencia del suelo, se determinó de manera cualitativa y cuantitativa el nivel de amenaza que presenta.

La encuesta de amenaza ante sismos, contará principalmente con las siguientes variables:

- Manzana
- Número de Edificación o Predio
- Formalidad de la edificación
- Número de pisos
- Sistema Estructural
- Dimensiones de Columnas

- Probabilidad de golpeteo en edificaciones
- Dependiendo de las respuestas anteriores, responder otras preguntas

En base a la evaluación realizada para la amenaza de la edificación para sismos, se determinó de manera cualitativa y cuantitativa el nivel de amenaza que presenta.

La encuesta para determinar la Vulnerabilidad Global, incluirá los siguientes tipos de vulnerabilidades:

- Vulnerabilidad Ecológica y Ambiental
- Vulnerabilidad Económica
- Vulnerabilidad Social
- Vulnerabilidad Educativa
- Vulnerabilidad Cultural e ideológica
- Vulnerabilidad Política Institucional
- Vulnerabilidad Científica y tecnológica

La encuesta para la vulnerabilidad global, contará además con las siguientes variables, agrupadas de acuerdo a los tipos de vulnerabilidades mencionadas anteriormente:

- Composición y calidad del aire y el agua
- Condiciones Ecológicas
- Actividad económica
- Acceso al mercado laboral
- Nivel de ingresos
- Situación de pobreza o Desarrollo humano

- Nivel de organización
- Participación de la población en trabajos comunales
- Grado de relación entre instituciones y organizaciones locales
- Programas educativos formales (Prevención y Atención de Desastres PAD)
- Campañas de difusión (Tv, radio y prensa) sobre PAD
- Alcance de los programas educativos sobre grupos estratégicos
- Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres
- Actitud frente a la ocurrencia de desastres
- Liderazgo político
- Participación local ciudadana
- Existencia de trabajos de investigación sobre desastres naturales en la localidad
- Existencia de instrumentos para medición (sensores) de fenómenos completos.
- Conocimiento sobre la existencia de estudios

3.1.3. Fase Computacional del Análisis de los Datos Recolectados en Campo e

Interpretación de los Resultados

En esta fase se analizó computacionalmente los siguientes aspectos valiéndose de softwares informáticos como lo es Excel:

- Los resultados de las encuestas de la amenaza ante la subsidencia del suelo, de forma cualitativa y cuantitativa.
- Los resultados de las encuestas de la amenaza ante sismos, de forma cualitativa y cuantitativa.
- Los resultados de las encuestas de la vulnerabilidad global de forma cualitativa y cuantitativa

Ponderación para el análisis del Riesgo de forma Cuantitativa: Para fines de la estimación del riesgo, se dio ponderaciones en rangos del 1 al 5, dependiendo el nivel de riesgo, tal como se explica en la figura 2.

Figura 2

Ponderación para el análisis de riesgo de forma Cuantitativa

Nivel	Amenaza o Vulnerabilidad	Nivel por Color
(0 - 20)	1	
(20 - 40)	2	
(40 - 60)	3	
(60 - 80)	4	
(80 - 100)	5	

Elaborado por: El Autor, 2021.

Ponderación para el análisis del Riesgo de forma Cualitativa: Para fines de la estimación del riesgo, se dio ponderaciones con 5 niveles, mismos que van desde niveles Bajos (B), hasta Muy Altos (MA), tal como lo indica la figura 3.

Figura 3

Ponderación para el análisis de riesgo de forma Cualitativa

Nivel	Amenaza o Vulnerabilidad	Nivel por Color
(B)	Bajo	
(MD)	Medio	
(MDA)	Medio Alto	
(A)	Alto	
(MA)	Muy Alto	

Elaborado por: El Autor, 2021.

- Para la determinación del riesgo, se empleó la ecuación descrita en el libro de Terminología sobre la Reducción del Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas, UNISDR (2009)

“Riesgo = Amenaza * Vulnerabilidad”

- Con la ayuda del Software Excel, se desglosó con estadística descriptiva los resultados obtenidos en campo
- Con la ayuda del programa ArcGIS, se realizó los mapas térmicos, mismos que van a describir el nivel de amenaza, de vulnerabilidad y riesgo global que presenta la muestra “n” del Barrio Solanda, Sector 4

3.1.4. Fase de Establecimiento de Posibles Medidas de Prevención para el

Fortalecimiento de la Resiliencia en la Población de la Zona del Proyecto

Finalmente, para el fortalecimiento de la resiliencia en la población de la zona del proyecto del Sector 4, del Barrio Solanda; mediante el presente trabajo se representaron las vulnerabilidades que presentan, el nivel de amenaza y factores que incrementan el nivel riesgo global al que se ven sometidos los moradores; tal como lo ha sido la falta de planificación territorial e informalidad en la construcción. A demás, se dio posibles recomendaciones para la disminución del riesgo, pues tal y como lo menciona el libro de Terminología sobre la Reducción del Riesgo de Desastres de las Naciones Unidas, UNISDR, (2009) “la prevención reduce considerablemente las pérdidas tanto humanas, como materiales”.

- **Materiales**

Encuestas

Cámara

Software Excel

software ArcGIS

3.2. Población y muestra

Para el cálculo de la población, se utilizó datos del INEC de la población de Solanda de los años 1990, 2001 y 2010; con la finalidad de calcular la población futura para el año 2021. El valor obtenido fue de 145.007 habitantes.

Para el cálculo de la muestra, se utilizó los 145.007 habitantes obtenidos anteriormente y se utilizó la fórmula de cálculo de muestra, visto en la fase de recolección de datos en campo. El valor obtenido fue de 265 viviendas; sin embargo; según el INEC el promedio de personas que habitan una vivienda a nivel parroquial de Quito es de $3.43 \frac{hab}{vivienda}$, por lo cual se dividió las 265 viviendas para 3.43, con lo cual finalmente se obtuvo un valor total de viviendas a encuestar de 77.

3.3. Variables

Dependiente: Riesgo

Independiente: Amenaza (Subsistencia de suelo y Sísmica) y vulnerabilidad

3.4. Recogida de datos

La recolección de datos fue enteramente bibliográfica y mediante la realización de encuestas para la fase de campo; mismas que arrojaron una muestra representativa de viviendas a ser encuestas de 77 para la evaluación del análisis del riesgo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Fase 1: Fase de Recopilación Bibliográfica

4.1.1. Peligrosidad sísmica en el Ecuador

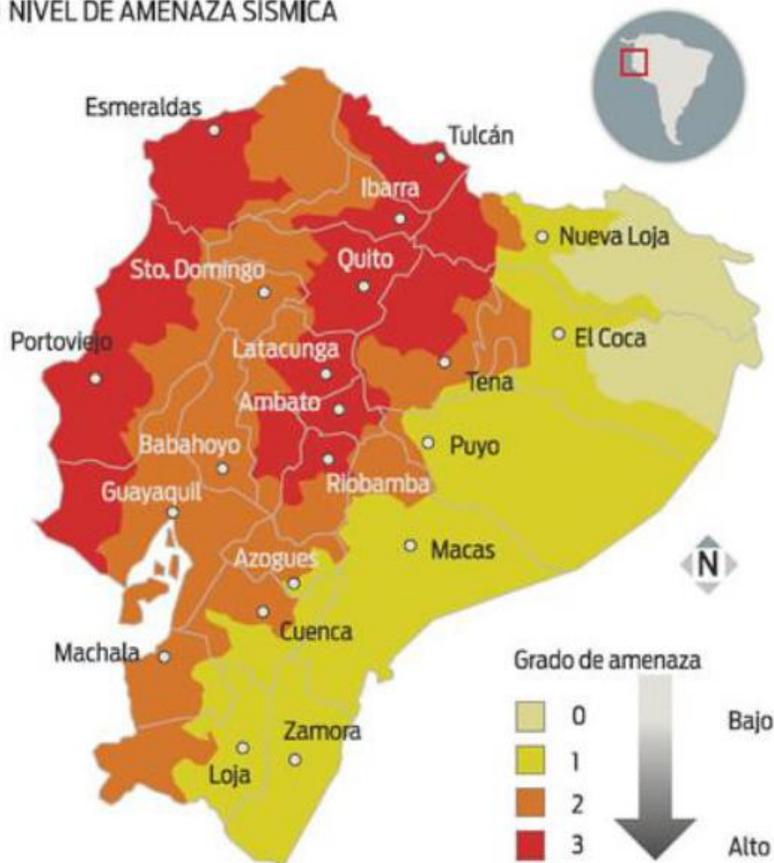
El Ecuador es un país situado en el cinturón de fuego del Océano Pacífico, al noroeste de Sudamérica, siendo uno de los países latinoamericanos más pequeños; sin embargo, uno de los países más densamente poblados de la región. La subducción que presenta la Placa Oceánica de Nazca y la presencia de un sistema de fallas geológicas activas en el Distrito Metropolitano de Quito, son justificantes de su gran actividad sísmica. (Parra, 2016)

Según mencionan Valverde et al. (2016) el territorio ecuatoriano es vulnerable a los siguientes terremotos: los terremotos superficiales en la sierra y terremotos que guardan relación con la actividad volcánica por la subducción que se producen en superficies cerca de la costa; teniendo un promedio anual de 300 sismos de magnitud 4 o superior a este. Sin embargo, en promedio cada 12 años ocurre un sismo destructivo, con una intensidad de destrucción de VIII o mayor a este en la escala MSK. Los mismos autores mencionan que el número de muertes de personas a causa de terremotos desde 1541 es de aproximadamente 80.000. El mapa del nivel de amenaza sísmica para Ecuador, se lo presenta a continuación en la figura 4.

Figura 4

Mapa del nivel de amenaza sísmica del Ecuador

▫ NIVEL DE AMENAZA SÍSMICA



Nota: El grado de amenaza varía con ponderaciones de 0 hasta 3, en dependencia de la zona del país. **Tomado de:** Repositorio.cientifica.edu.pe (p. 15), Flores, 2018.

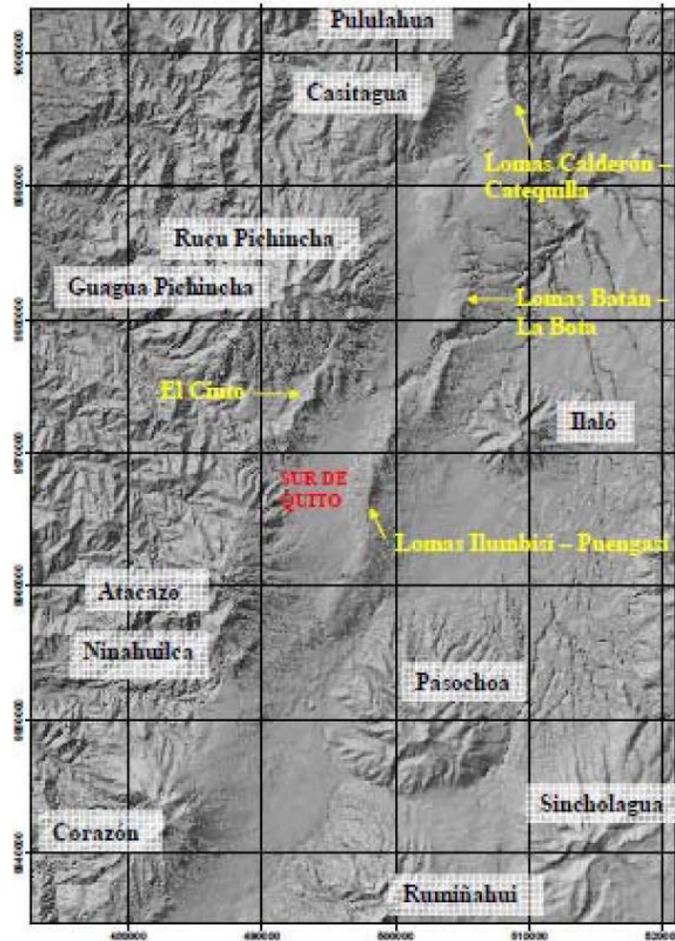
4.1.2. Fallas geológicas que presenta el Distrito Metropolitano de Quito

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra atravesado por varias fallas geológicas de norte a sur. La ciudad corre un inminente peligro sísmico, debido a que se encuentra muy próxima o encima de lugares en las cuales se presentan las fallas ciegas de Quito. Según menciona Aguiar (2016), Quito es una ciudad alargada y densamente poblada, esta se ve limitada por el lado izquierdo (Oeste) por el volcán Pichincha y por el lado derecho (Este), por el sistema de fallas ciegas de Quito, mismas que se encuentran aproximadamente a 300 metros sobre el Valle Interandino conformado por los Valles de Tumbaco y de los Chillos. A

continuación, se presenta la figura 5 que describe los volcanes y fallas geológicas que rodea al Distrito Metropolitano de Quito.

Figura 5

Volcanes y fallas geológicas ciegas que rodean al Distrito Metropolitano de Quito



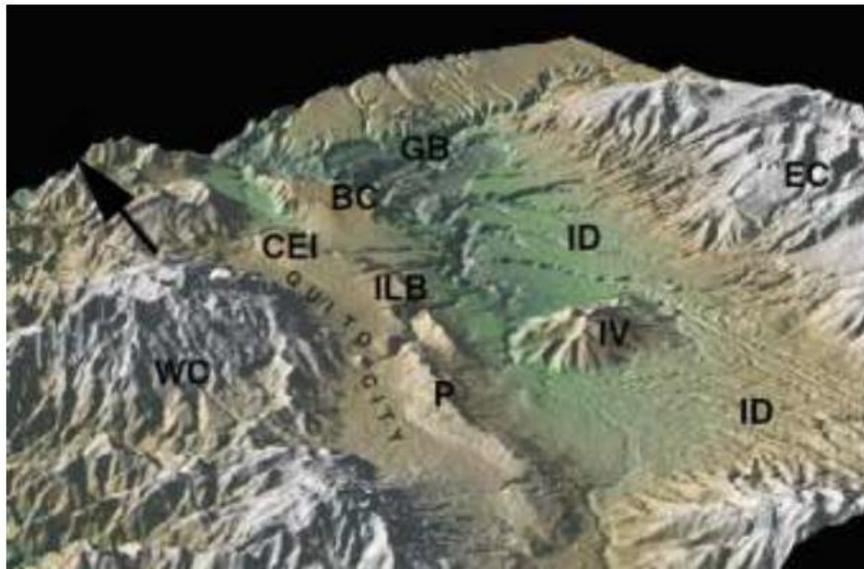
Nota: La figura señala también volcanes y fallas geológicas extintas. Tomado de: Researchgate.net (p. 22), Aguiar, 2016.

Se puede apreciar en la figura 5 que, de norte a sur, Quito se encuentra rodeada por los siguientes volcanes activos: Pilulahua, Rucu Pichincha, Guagua Pichincha, Atacazo y Ninahuilca. Por otro lado, también presenta los siguientes volcanes extintos: Casitagua, Corazón, Ilaló, Pasochoa, Sincholagua y Rumiñahui.

Las fallas geológicas ciegas de Quito se las identifica en las lomas Ilumbisi – Puengasi, en el Sector sur; Batán – La Bota, en el Sector centro norte; y Calderón – Catequilla en el Sector norte. Por otro lado, las fallas geológicas se las identifica en la figura 6; se presentan en sentido sur – norte, empezando con Puengasí (P), Ilumbisí - La Bota (ILB), Carcelén - El Inca (CEI), Bellavista - Catequilla (BC), y Tangahuilla (T). (Gualoto & Querembas, 2019). Las fallas ciegas mencionadas anteriormente, son motivo de preocupación porque los sismos impulsivos que podrían generarse, podrían llegar a tener un alto índice de poder destructivo, ocasionando daños severos en la infraestructura de la ciudad, pérdidas humanas y económicas.

Figura 6

Ubicación de fallas geológicas en 3D que rodean al Distrito Metropolitano de Quito



Nota: Las fallas geológicas presentadas se las presente en sentido sur-norte y mediante abreviaciones. **Tomado de:** Repositorio.espe.edu.ec (p. 19), Gualoto & Querembas, 2019.

El autor del libro “Microzonificación sísmica de Quito”, Aguiar (2016); considera que la magnitud máxima que podría darse en las fallas ciegas de Quito es de $M_w = 6.6$, asociada con

un periodo de recurrencia de 475 años y de una magnitud de $M_w = 7$, en un periodo de recurrencia de 970 años. Sin embargo, Aguiar-Falconí et al. (2017) mencionan que en cada uno de los segmentos se podría suscitar un sismo de magnitud $M_w = 6$; en caso de llegar a romperse todas las fallas el sismo podría tener una magnitud $M_w = 7$.

El autor mencionado anteriormente, planteó como hipótesis la ocurrencia de sismos considerados para 745 años, en cinco segmentos del sistema de fallas ciegas de Quito. La magnitud de los probables sismos la obtuvo aplicando la ecuación de Well y Coppersmith, presentada en la figura 7.

Figura 7 Magnitud esperada de sismos en 475 años en segmentos de fallas ciegas de Quito

Segmento	Identificación	Magnitud
Falla 1	Segmento de Fallas de Ilumbisí – Puengasí II	5.88
Falla 2		6.20
Falla 3		6.62
Falla 4	Segmentos de Fallas: Lomas Batán – La Bota – Calderón – Catequila	6.06
Falla 5		6.42

Nota: Las fallas geológicas presentadas se las presente en sentido sur-norte y mediante abreviaciones. **Tomado de:** Researchgate.net (p. 14-17), Aguiar, 2016.

Elaborado por: El Autor, 2021.

En conclusión, se puede deducir que debido a que en los últimos 50 años no ha habido movimientos sísmicos fuertes, que hayan afectado al Distrito Metropolitano de Quito; las personas no toman y carecen de plena conciencia del gran peligro sísmico que los rodea y que evidencia la ciudad. Debido a que la gran mayoría de personas construyen de manera informal y sin una norma técnica, las estructuras y edificaciones se tornan muy vulnerables y en general la población desconoce que está construyendo sobre fallas geológicas activas.

4.1.3. Sismos históricos que han afectado a la ciudad de Quito

Según menciona Alfonso (2010), “La ciudad de Quito es vulnerable a un alto grado de riesgo sísmico debido a las fallas geológicas que presenta la ciudad y por grandes sismos ocurridos en el valle interandino o cordilleras” (p.2). En este sentido, es necesario que las autoridades de la ciudad tomen acciones; creando planes, proyectos y políticas que ayuden a disminuir el riesgo en la población e infraestructura de la ciudad; pues el crecimiento desmesurado de ciudad, la falta de planificación territorial histórica y actual, las construcciones de calidad baja y edificaciones en sitios inestables como quebradas, rellenos o sobre las mismas fallas geológicas activas, son factores a considerar en la ocurrencia de un sismo grande al igual que los daños que este produciría.

A partir del año 1541 datan los primeros registros históricos de sismos que se sintieron en la capital y siete de ellos superaron una magnitud de $M_w = 7$ en los años 1587, 1627, 1698, 1755, 1797, 1859 y 1868; sin embargo, los terremotos que más daño produjeron en Quito con una mayor magnitud, fueron el de Guayllabamba, 1587 y el de Quito 1859. (Alfonso, 2010). Así también se tiene reseñas de sismos provenientes de las fallas geológicas de Quito, como en el año 1990 que se suscitó un temblor con una magnitud de $M_w = 5.3$, en el 2014 con una magnitud de $M_w = 5.1$. Estos eventos sísmicos fueron estrechamente relacionados con las fallas de Pomasquí y Pusuquí; fallas inversas que van en contra de la fuerza de la gravedad debido al bloque de sobre el cual se levanta la ciudad de Quito respecto al bloque de los valles y por fuerzas de compresión tectónica que empujan al continente desde el occidente. (Yepes, 2014).

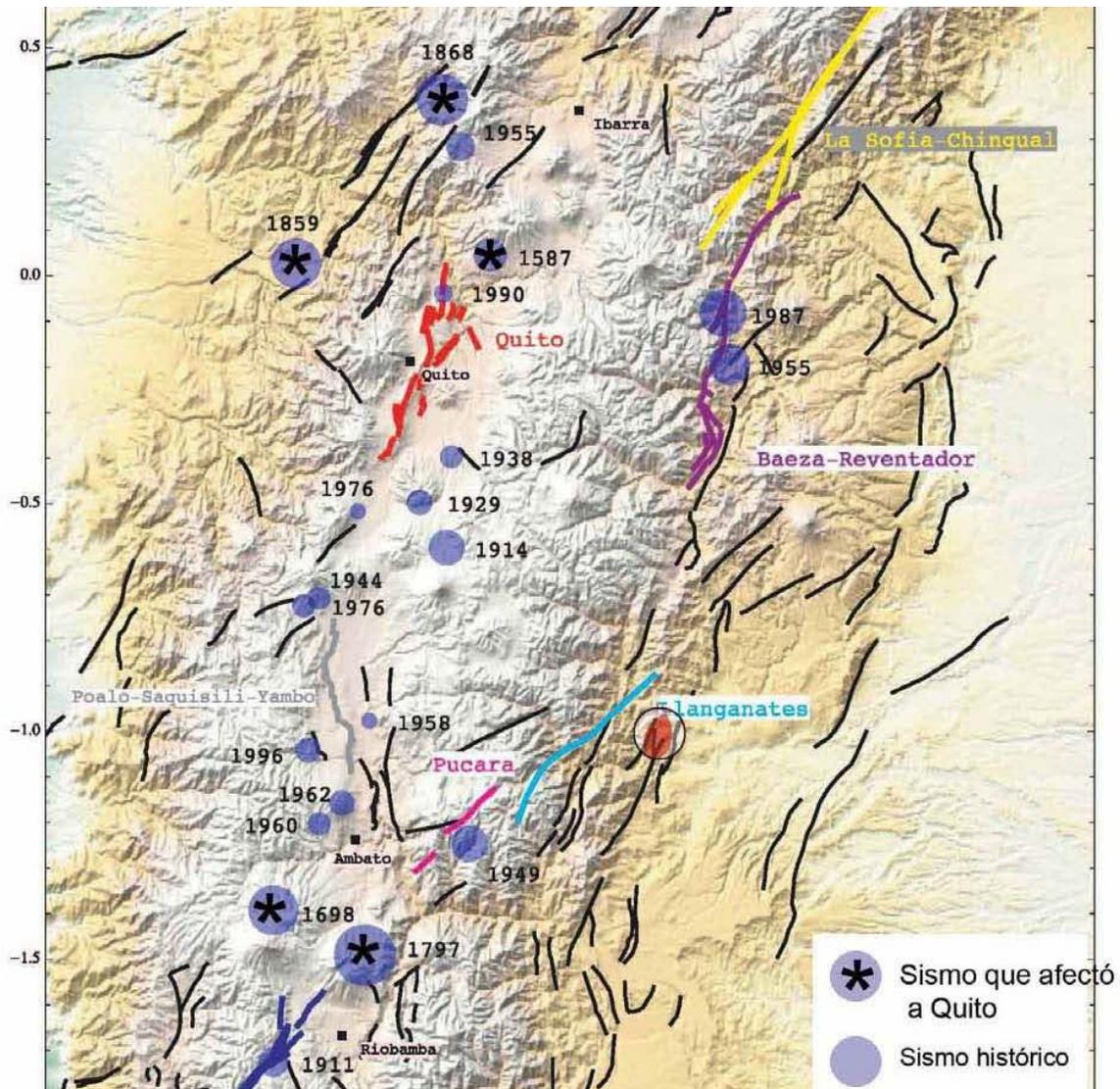
El 16 de mayo de 1923, un sismo proveniente de la falla geológica del segmento de Ilumbisí sacudió gran parte del centro histórico de Quito. Sin embargo, la descripción de los sismos producidos en siglos pasados en la capital pierde claridad debido a las varias décadas

transcurridas. En 1755 se reportó un evento que salió del patrón de comportamiento típico de los sismos que se producen en la ciudad por las fallas geológicas que presenta; pues el 26 de abril de ese año, los habitantes de Quito empezaron a sentir temblores sólidos y regulares, acompañados de réplicas de menor intensidad por varios días. Dos días después de haber empezado la secuencia sísmica, gran parte de la energía acumulada fue liberada, dañando los santuarios y lugares de Quito de aquel entonces, producto de ello varios pobladores salieron de la ciudad, buscando refugio en el campo. Según como indican los informes, las réplicas menores perduraron al menos por ocho semanas más. (Yepes, 2014).

Finalmente, dentro de los registros iniciales de la sismicidad histórica de la ciudad, se encuentra el terremoto de agosto de 1587, con epicentro en el extremo Norte de la ciudad, las últimas investigaciones de sismología señalan que la magnitud de este sismo fue alrededor de $M_w = 6.4$; convirtiéndolo en uno de los más fuertes que se tiene registro y que haya sido suscitado en la ciudad. (Yepes, 2014). Por otro lado Alfonso (2010) menciona que. en los siguientes años se puede esperar un sismo de magnitud de $M_w = 7.1$ y aproximadamente a 100 km de la ciudad. Esta magnitud la justifica la misma historia de sismicidad de Quito; los sismos históricos dados en la ciudad y parte de la Sierra ecuatoriana, se los aprecia a continuación en la figura 8:

Figura 8

Sismos históricos dados en Quito y parte de la Sierra ecuatoriana



Nota: El tamaño del disco azul se relaciona con la magnitud, el disco azul con un asterisco en el centro se relaciona con los sismos suscitados en otros lados de la Sierra ecuatoriana; sin embargo, afectaron a Quito. Tomado de: horizon.documentation.ird.fr/exl-doc (p. 4), Alfonso, 2010

4.1.4. Zonificación geológica – geotécnica de Quito

“La ciudad de Quito al encontrarse asentada en la cordillera Occidental, en el callejón interandino, se ve constituida por un relleno sedimentario de materiales mezclados y sobrepuestos entre sí; esto debido a productos volcánicos, erosión pluvial, eólica y glacial”

(Valverde et al., 2016, p. 18). En este sentido, la zonificación geológica – geotécnica como aporte de la Empresa Metropolitana de Agua Potable – Quito, clasificó a los suelos de Quito en zonas que van del I al V. Las características de las mismas se las aprecia a continuación en la figura 9.

Figura 9

Zonificación geológica – geotécnica de los suelos de Quito

Zonificación	Características de las zonas	Tipos de suelos
Zona I	Se presentan excelentes condiciones de suelos, no existe presencia de nivel freático, suelos recomendables para cimentación en la construcción de viviendas, capacidad portante competente, plasticidad baja a nula, contenido de humedad bajo.	Se encuentran tres tipos de suelo: <ul style="list-style-type: none"> - suelos granulares (arena limosa), - suelos, cohesivos (limo arenoso), - (arcilla limo arenosa).
Zona II	Se presentan buenas condiciones de suelos, no existe presencia de nivel freático. Son suelos recomendables para cimentación en la construcción de viviendas, capacidad portante competente, plasticidad baja a nula, contenido de humedad medio.	Se encuentran cinco tipos de suelo: <ul style="list-style-type: none"> - arena fina limosa, - arena pobremente graduada, - limo de baja compresibilidad, - suelos arcillosos, - arcilla y limo arenoso”
Zona III	Catalogada como una Zona Regular, debido a la composición heterogénea de sus suelos que comprenden cangahuas y rellenos de origen antrópico como rellenos de quebradas, carreteras y botaderos. La capacidad portante se ve reducida y la cimentación se debe hacer con criterio técnico debido a la humedad, plasticidad presente y al nivel freático existente.	Se encuentran cuatro tipos de suelo: <ul style="list-style-type: none"> - arena limosa de grano grueso, - limo arenoso de color variable de verde oscuro a verde, - arcilla arenosa café, con arena, - arcilla y limo arenoso gris verdoso, con pómez
Zona IV	Catalogada como zona mala con alta presencia de nivel freático superficial, baja capacidad portante y elevada humedad, suelos depositados en ambientes fluvio lacustres y zonas de rellenos, suelo no recomendado para cimentaciones superficiales.	Se encuentran dos tipos de suelo: <ul style="list-style-type: none"> - arena fina limosa, con de granos gruesos de pómez, - limo arenoso, negruzco, saturado, con vetas o niveles de arena fina
Zona V	Catalogada como zona muy mala, presencia de pantanos con alta concentración de materia orgánica depositados en ambientes fluvio lacustres y pertenecen a secuencias de limos-arenosos, zonas de rellenos, pésima capacidad portante, humedad elevada y alta plasticidad, no se recomienda para cimentaciones superficiales.	Se encuentran un tipo de suelo: <ul style="list-style-type: none"> - limo orgánico color negruzco, saturado con abundantes raíces, materia orgánica, consistencia muy blanda.

Nota: Se muestra la zonificación detallada de los tipos de suelos que existen en el Distrito Metropolitano de Quito. **Tomado de:** Researchgate.net/ (p. 14-17), Aguiar, 2016.

Elaborado por: El Autor, 2021.

Debido a que el presente estudio se desarrolla en el Barrio Solanda, se investigó estudios de zonificación del suelo que presenta; en este sentido Valverde et al. (2016) señala que,

Solanda se sitúa en la Zona III, siendo una región con zonificación de suelo regular debido a la disposición heterogénea de sus suelos, que incorporan rellenos de origen antrópico como: botaderos, carreteras y rellenos de quebradas; y cangahuas. La capacidad portante del suelo se ve disminuida y la cimentación de edificaciones debe realizarse con el criterio técnico de un profesional, debido a factores que presenta como la plasticidad, humedad y nivel freático existente.

Esta zona también se caracteriza por estar formada con sedimentos finos depositados en ambientes fluvio lacustres, materiales de origen antrópico para la ejecución de obras de ingeniería, y rellenos de quebradas con residuos de materiales de construcción, escombros, basura, entre otros. (Aguiar, 2016).

Una de las cuestiones más importantes a señalar es la capacidad portante del suelo.

La capacidad portante del suelo es de (2.5 – 5.0) ton/m² a los 3 metros de profundidad, de 3.0 a 6.0 metros su capacidad aumenta a (5.0 – 10) ton/m² y de 6.0 a 10.0 metros la consistencia del suelo aumenta considerablemente con una capacidad portante de (10.0 – 20.0) ton/m². (Aguiar, 2016, p. 35).

Esto indica que, según las características del suelo, este no es apto para la construcción de viviendas de más de dos pisos.

4.1.5. Estudios de suelo para la ejecución del Metro de Quito

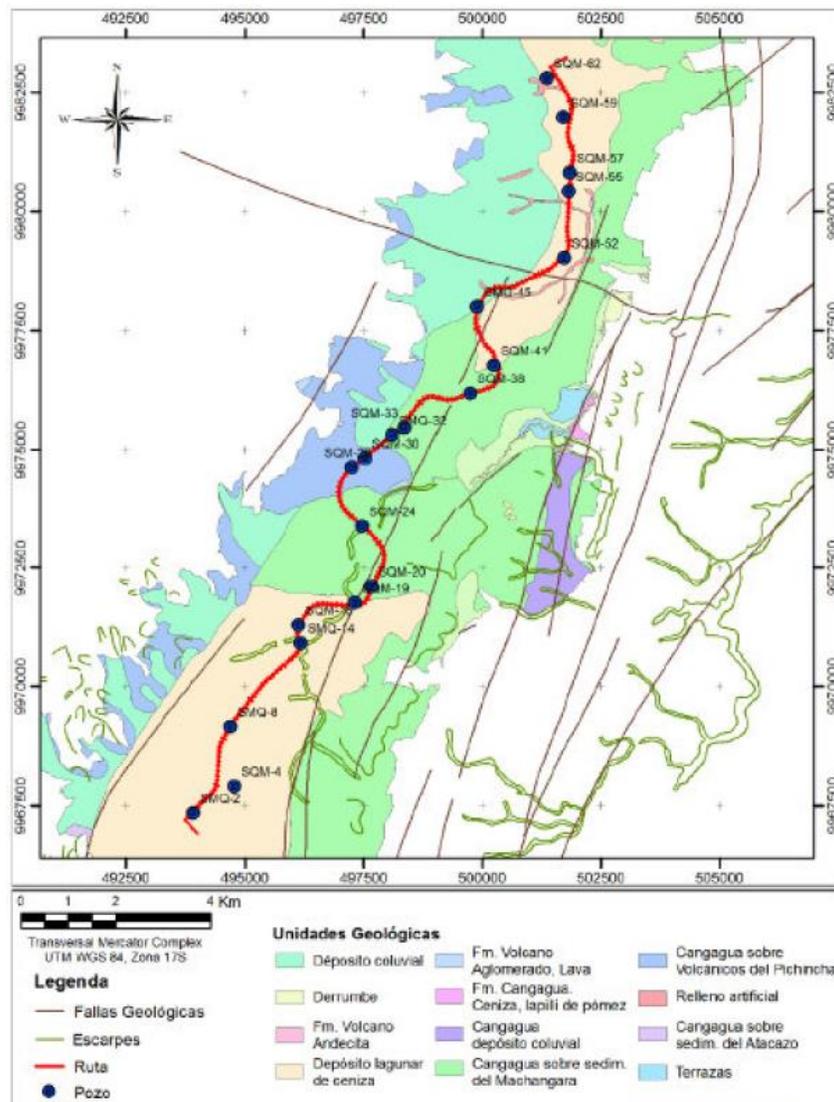
Según menciona Aguiar (2016) los estudios de suelos en Quito, en especial el realizado para el Metro de Quito llegan hasta unos 60 metros de profundidad, en unas partes más alcanzando valores mayores o menores a este; alcanzando el estudio una media de 50 metros.

De este estudio se obtuvieron espectros de diseño, utilizando ecuaciones del espectro del NEC – 11.

Después de esto se presentó la ruta para el Metro de Quito, en la misma se indican 20 sondeos realizados, además de también indicar las fallas geológicas que atraviesan la ciudad y unidades geológicas. Esto se lo aprecia a continuación, en la figura 10:

Figura 10

Ubicación de sondeos, fallas geológicas y unidades geológicas para el Metro de Quito

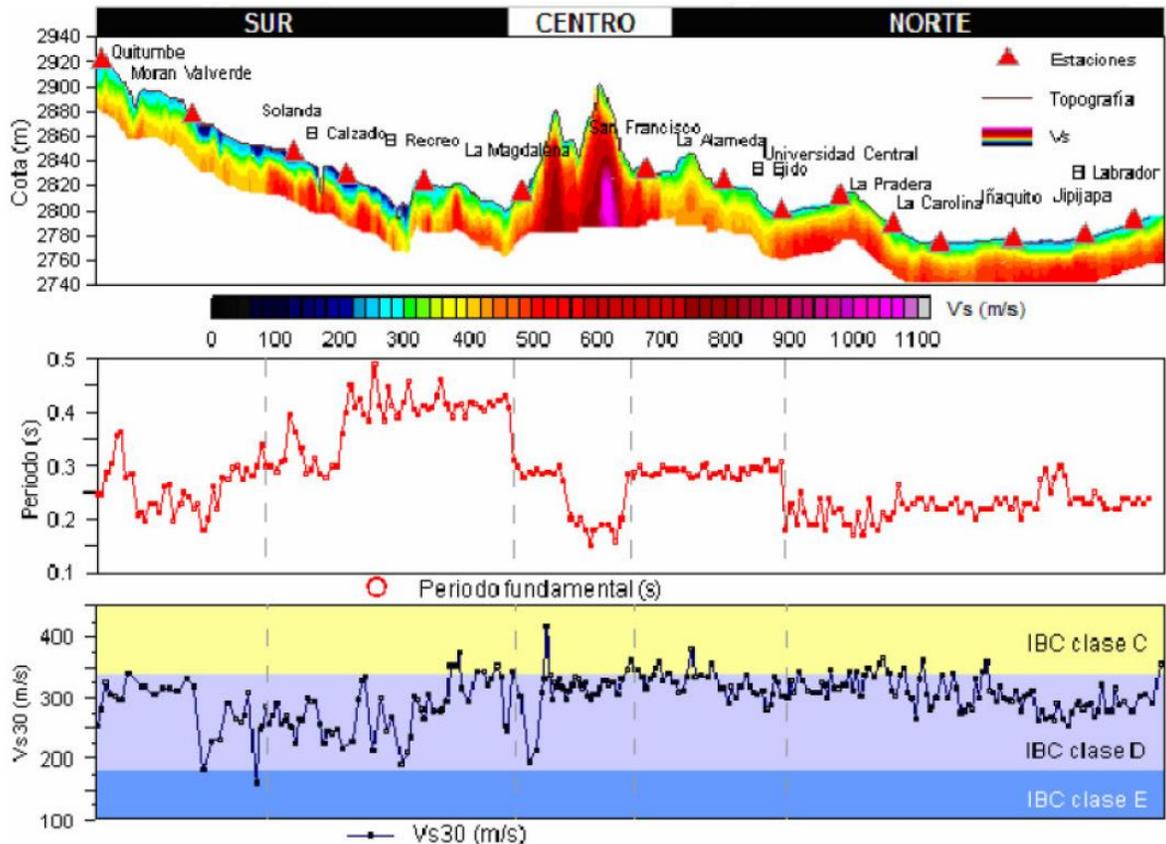


Nota: Se muestran los estudios por parte del Metro de Quito y las fallas geológicas encontradas en sentido norte-sur. **Tomado de:** Researchgate.net/ (p. 26), Aguiar, 2016.

En la figura 11 se presenta la velocidad de onda de corte V_s representada en la parte superior; es importante resaltar que, parte del Centro de Quito, específicamente en el Sector de San Francisco la roca ($V_s > 1000$ m/seg), alrededor de los 90 metros de profundidad. Por otro lado, en el Sector de La Magdalena, a la misma profundidad no se aprecia la roca ($V_s > 1000$ m/seg), en este sentido, se puede decir a que profundidad se encuentra la roca en Quito; sin embargo, se piensa que la roca competente ($V_a > 1000$ m/seg) y muy probablemente se encuentre a más de unos 150 metros de profundidad.

Figura 11

Velocidad de la onda de corte y periodos de vibración de Quito



Nota: Se muestran los estudios y ondas de corte y periodos de la vibración por parte del Metro de Quito. **Tomado de:** Researchgate.net/ (p. 27), Aguiar, 2016.

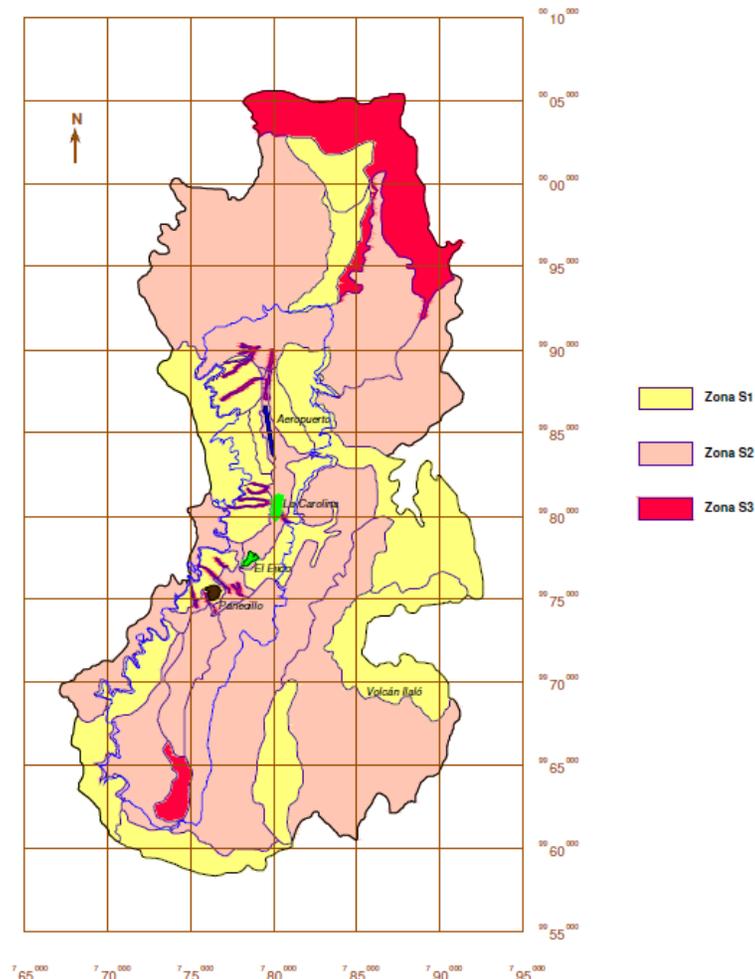
En la figura 11 se indican valores de los puntos de sondeo que fueron determinados partiendo del parámetro de la velocidad de onda de corte en los primeros 30 metros ($V_s 30$). Este último, según mencionan Gualoto & Querembas (2019) evidencia que gran parte de los suelos del Distrito Metropolitano de Quito son de Tipo “D” acorde a la clasificación propuesta por el IBC (Council International Code, 2003). Estos suelos presentan un rango en sus velocidades de onda corte entre 180 y 340 m/seg; demostrando así que el suelo del DMQ tiene una capacidad media.

4.1.6. Clasificación para suelos del Distrito Metropolitano de Quito para determinar cargas sísmicas

En el estudio geológico de suelos realizada por Valverde et al. (2016) para el DMQ da a conocer la naturaleza de los mismos, a este estudio se le sumó estudios referentes a sondeos para la construcción del Metro de Quito, resultado de ello calcularon el parámetro de la velocidad de onda de corte a los 30 metros ($V_s 30$), finalmente a continuación se indica una gráfica que indica la división del Distrito Metropolitano de Quito con sus diferentes zonas y simbología del tipo de los tipo de suelo que presenta.

Figura 12

Clasificación de los suelos de Quito



Nota: La clasificación de las ondas de Quito están en función de las velocidades de ondas encontradas. **Tomado de:** Inocar.mil.ec (p. 22), Valverde et al., 2016.

La clasificación de suelos mostrada anteriormente la realizaron de acuerdo al Código Ecuatoriano de la Construcción, CEC-2000. Actualmente, este ya no se encuentra vigente, motivo por el cual es conviene describir a que corresponde cada perfil de suelo.

Figura 13

Descripción de perfiles de los suelos de Quito

Perfil	Características del perfil del suelo
Suelo S1	Suelos cuya velocidad de la onda de corte, V_s es mayor a 750 m/s, con período de vibración menor a 0.2 seg. Se incluyen: <ul style="list-style-type: none"> - Roca sana o parcialmente alterada - Gravas arenosas, limosas o arcillas densas o secas - Suelos cohesivos duros con resistencia al corte en condiciones no drenadas mayores a 100 KPa, con espesores menores a 20 m., y que se encuentran sobre roca u otro material cuyo V_s es mayor a 750 m/seg.
Suelo S2	Suelos correspondientes a cangahuas de poco espesor no muy consolidados, depósitos lacustres y depósitos laharíticos sobreyacentes a potentes estratos de toba y cangahuas.
Suelo S3	Se trata de suelos cohesivos (blandos, semiblandos, duros, muy duros) y suelos granulares (suelos sueltos, semidensos, densos). La velocidad de corte V_s (m/seg) para los suelos cohesivos varía entre los <200 para los suelos blandos y los >750 para los suelos muy duros. Para los suelos granulares, la velocidad de corte V_s (m/seg) para los suelos sueltos es de <200 y >750 para los suelos densos.
Suelo S4	Suelos con condiciones especiales, incluyen suelos donde las condiciones geológicas y/o topográficas son especialmente desfavorables y que requieran estudios geotécnicos no rutinarios para determinar sus características mecánicas. Entre sus ellos tenemos: <ul style="list-style-type: none"> - Suelos con alto potencial de licuación, susceptibles de colapso y sensitivos. - Turbas, lodos y suelos orgánicos. - Rellenos colocados sin control técnico. - Arcillas y limos de alta plasticidad. - Arcillas suaves y medio duras con espesores mayor a 30 m.

Nota: La clasificación y descripción de suelos fue tomada de la nueva clasificación de la NEC. **Tomado de:** Researchgate.net/ (p. 27-30), Aguiar, 2016.

Elaborado por: El Autor, 2021.

Finalmente, es importante destacar que existe una nueva clasificación de suelos, donde se recomienda su simbología en tres tipos de suelo en la NEC-15, respecto a su antigua clasificación vista en la CEC-2000: El tipo "C" es el equiparable a la zona S2 propuesta antiguamente, que tiene como principal característica la presencia de cangahuas de bajo espesor y mínimamente solidificadas con restos lacustres. El suelo tipo "D" se compara con la zona S3 propuesta antiguamente, posee como característica principal periodos de vibración más prominentes y mayores a 0.6 s. El tipo de suelo "E" se compara con la zona S4 propuesta antiguamente, que ha sido catalogada como suelos especiales por su alta sensibilidad, lo que los hace vulnerables al colapso, así como de tener un alto riesgo de licuefacción, estos atributos se pueden encontrar en suelos orgánicos, rellenos realizados, turbas y lodos sin supervisión técnica especializada. (Gualoto & Querembas, 2019).

4.1.7. Informalidad en las construcciones del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)

La accesibilidad a tierras o terrenos más económicos por medio de la informalidad, han producido efectos con consecuencias negativas; tanto para la calidad de vida de los habitantes, como para el crecimiento del Distrito Metropolitano de Quito. Los asentamientos informales provocan conflictos a corto y futuro plazo con la planificación territorial de las ciudades, ya que son lugares ofertados no destinados para el uso residencial, sin primero tener una aprobación técnica. (Vélez, 2016). En este sentido la autogestión de los quiteños en la construcción y crecimiento de la ciudad ha derivado en la edificación y crecimiento desmesurado de una ciudad de cemento.

Según Vélez (2016) el crecimiento urbano de la ciudad de Quito se ha visto marcado por la construcción informal desde los años sesenta; sin mencionar que desde el año 2000, el 90 % de las construcciones se ejecutaron sin la aprobación del Municipio de Quito. Del

porcentaje mencionado anteriormente, la mitad se han realizado en asentamientos de Barrios informales o periféricos y la otra mitad en los Barrios legalizados.

Las principales causas de asentamientos informales en la ciudad han sido las coyunturas sociales y la pobreza. Según el estudio realizado por Mena Hernández (2002) basado en datos de la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda; entre los años 2001 – 2008 existió un incremento de 98 asentamientos informales, por otro lado, dentro del periodo 2010 – 2014 el incremento se evidencio más notablemente, pues se registró 135 nuevos asentamientos en el DMQ.

Figura 14

Número de asentamientos informales y superficie en hectáreas ocupadas ilegalmente en Quito

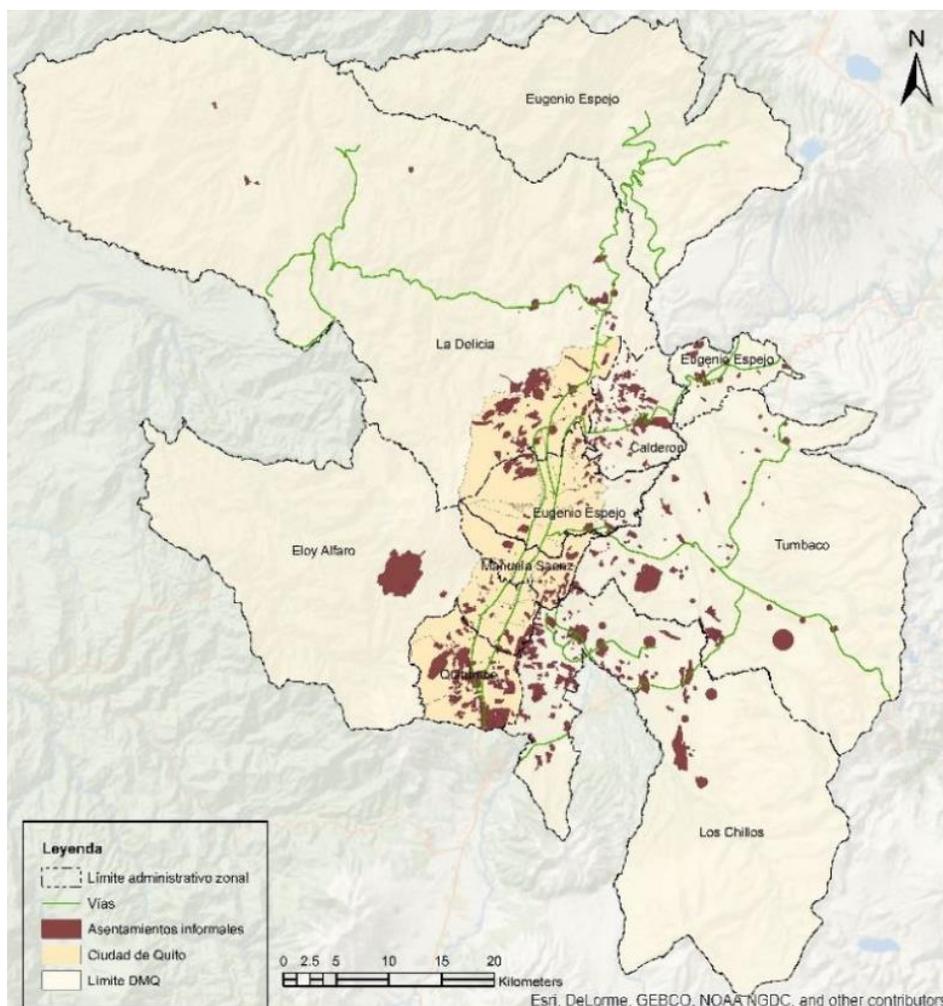
Años	Número de asentamientos informales	Superficie de los asentamientos informales (Ha)
2001	280	4000
2008	378	4015,84
2014	751	11614,12

Nota: Se detalla los asentamientos informales en el DMQ del periodo 2001-2014. Tomado de: Bssaonline.org (p. 48), Vélez, 2016.

Elaborado por: El Autor, 2021.

Figura 15

Asentamientos informales por Zonas Metropolitanas entre el periodo 2008 – 2014



Nota: Se detalla los asentamientos informales en el DMQ del periodo 2008-2014. **Tomado de:** Bssaonline.org (p. 49), Vélez, 2016.

De las cifras expuestas anteriormente, tanto el nivel de hectáreas, como el nivel de asentamientos la crecido desmesuradamente en la capital, lo cual conlleva a cuestionar si las políticas públicas propuestas por la Alcaldía y Municipio de Quito han frenado la aparición de asentamientos informales o si el DMQ continúa en el círculo vicioso de la informalidad y falta de regularización.

A pesar de que desde el año 2000 hasta el 2014, 574 asentamientos informales se regularizaron a formales, los asentamientos informales han aumentado en todas las zonas del Distrito Metropolitano Quito, especialmente en las áreas rurales y periferias, debido a que en el área urbana resulta más complejo el apropiarse de un territorio y consecuentemente asentarse sobre él. (Vélez, 2016, p. 50)

Los asentamientos informales identificados en el DMQ en el año 2014, se las indica en la figura 16:

Figura 16

Asentamientos informales del DMQ por Zonas Metropolitanas

Zonas del DMQ	Número de asentamientos	Porcentaje %	Superficie (Ha)	Porcentaje
Calderón	136	18%	902.86	8%
Eloy Alfaro	54	7%	1746.39	15%
Eugenio Espejo	83	11%	833.07	7%
La Delicia	91	12%	1780.57	15%
Los Chillos	137	18%	2689.00	23%
Manuela Sáenz	43	6%	305.88	3%
Quitumbe	134	18%	1883.72	16%
Tumbaco	73	10%	1472.63	13%
TOTAL	751	100%	11614.12	100%

Nota: Se detalla los asentamientos informales en el DMQ del periodo 2008-2014. Tomado de: Bssaonline.org (p. 50), Vélez, 2016.

Elaborado por: El Autor, 2021.

La falta de control por parte del municipio, la falta de normativas, el desconocimiento por parte de las personas de la construcción sobre fallas geológicas activas, la marginalidad de ciertos grupos humanos, entre otros factores; castigan a corto y largo plazo el sistema estructural del DMQ, esto se ve evidenciado en las deficiencias estructurales que presentan viviendas y

edificios, como la torsión en planta, pisos blandos, elevaciones e irregularidades en plantas bajas, armados insuficientes, corrosión del acero y carbonatación del hormigón.

Según mencionan en su investigación Gualoto & Querembas (2019) el 60% de las edificaciones en Quito son catalogadas como informales, el principal problema recae en la necesidad de una vivienda, pero a bajo presupuesto. Es decir, que el problema en gran mayoría de las veces recae sobre grupos de bajo poder adquisitivo. En este sentido, el peligro que viven los quiteños es inminente, pues las viviendas que han sido edificadas sin un proceso de control que garantice la obra, pueden dar origen a asentamientos de alto riesgo.

4.1.8. Geomorfología

Según mencionan Bucheli & Realpe (2018) el nacimiento de la cuenca de Quito está directamente relacionada con la actividad sísmica de las fallas geológicas de Quito en dirección Norte – Noreste. Su morfología se ve dada por un conjunto de lomas alargadas situadas al este de la ciudad. Morfológicamente la dispersión topográfica de la cuenca de la ciudad se divide en dos: Centro – Norte y Sur, separadas por el río Machángara y el domo El Panecillo.

Solanda geomorfológicamente es un relleno fluvio lacustre con condiciones topográficas que corresponden a una superficie plana y pendientes menores a 5%; sin embargo, las pendientes en las zonas de quebradas pueden llegar a ser mayores a 30°. Por esta razón, en épocas de invierno el drenaje natural se hace presente y puede llegar a transportar caudales que van desde moderados a intensos, esto último en dependencia de la pluviosidad reinante. (Casco & Parra, 2020).

Pichincha y Atacazo. Estos depósitos a través de los años se han agrupado dentro de las formaciones Cangahua y Machángara en el sur de la ciudad; además de dar paso a la configuración actual del terreno, con pendientes muy variadas en zonas de quebradas. (Avilés, 2013).

4.1.10. Geología local Formación Machángara

Según mencionan Bucheli & Realpe (2018) la formación Machángara se ve constituida por el miembro volcánico Basal, mismo que se encuentra constituido por avalanchas de escombros y lavas andesíticas intercaladas con depósitos piroclastos del Atacazo y Pichincha de la edad de Pleistoceno Medio. Por otro lado, también se ve constituido por el miembro volcánico Quito, mismo que se encuentra formado por flujos intercalados de lodos con arena pómez que va de media a gruesa, presentando estratos de granos decrecientes y variación de facies en dirección oeste, con sedimentos gruesos aluviales y conglomerados; al este con depósitos finos palustres y lacustres; al sur con depósitos de debris Flow; y finalmente al norte con depósitos distales.

4.1.11. Geología local Unidad Vulcano – sedimentaria Guamaní

Se encuentra constituida por depósitos de flujos piroclásticos poco compactados, mismos que cuentan con excelentes características hidrogeológicas. Además, presenta oleadas piroclásticas y al tope caídas de ceniza; sin embargo, en su base consta de depósitos de tobas blancas altamente porosas y de densidad baja con presencia de materia orgánica. (Peñañiel, 2009)

4.1.12. Geología local Unidad Fluvio – Lacustre El Pintado

Se encuentra situado en el Sector del Pintado, al sur de la ciudad; presenta un área por donde transita de 12.09 km² con una recarga de 15.57 Km², la profundidad a la cual fue

estudiada es de 100 m, donde se han hallado depósitos de tobas, con un espesor que varía entre un rango de 5 a 15m. Se ve formada por depósitos de ambiente lacustre y fluvial; su base está conformada por aberturas volcánicas intercaladas con arcillas y finas areniscas con espesores entre 0.3 – 1 metros y estratos de arena y arcilla de color verde. Al tope de la unidad se identifica tobas que sobreyacen arenas de color verde y arcillas, con un espesor de 20 metros. (Peñañiel, 2009).

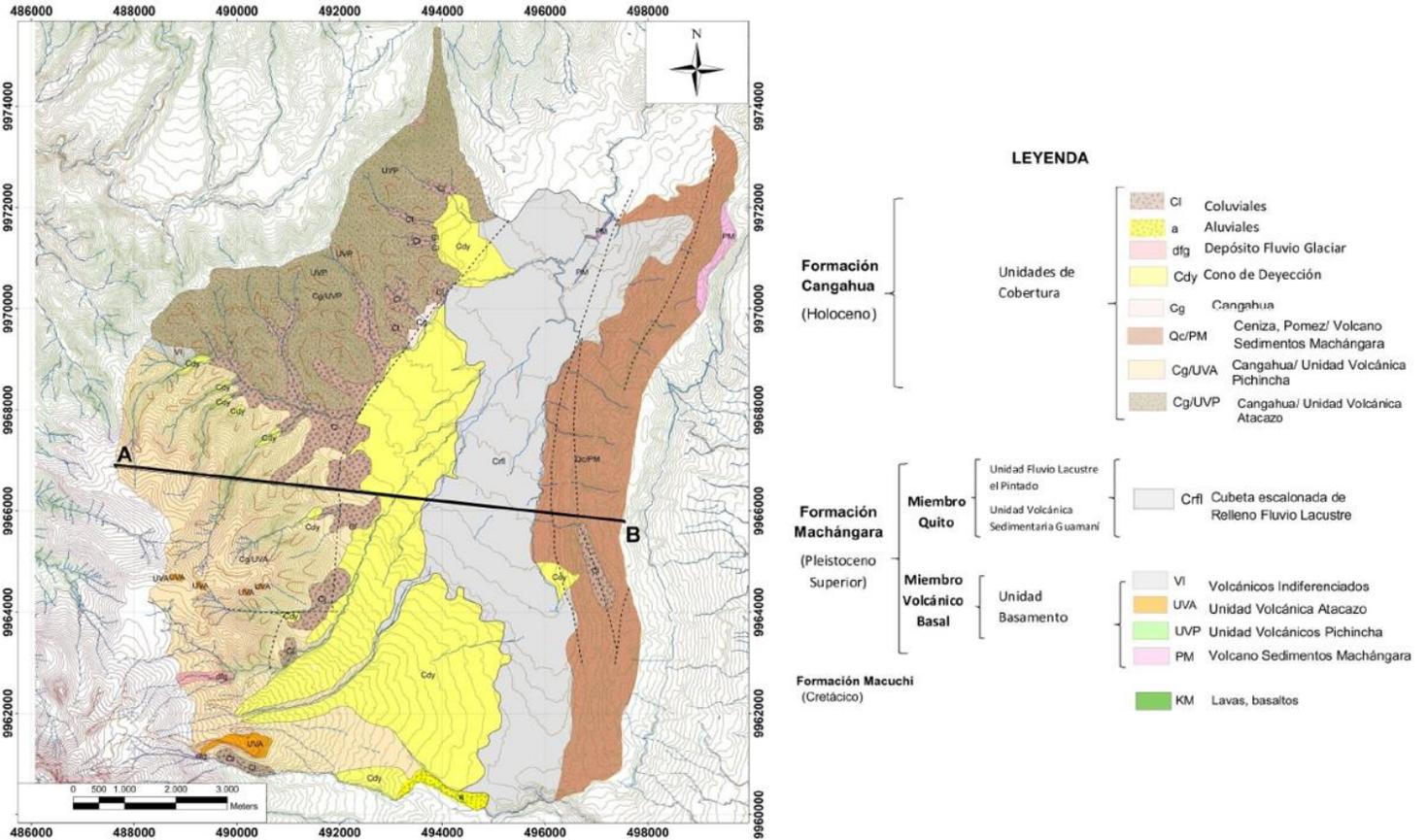
4.1.13. Geología local Formación Cangahua

Por varios autores la formación de la Cangahua es considerada como producto de vulcanismo, se ve conformada por depósitos alterados de cobas, con colores marrones a amarillentos y caídas de polvo volcánico y ceniza de origen piroclástico, pómez presentando en reducidas ocasiones canales aluviales y flujos de lodos. (Bucheli & Realpe, 2018).

Se trata de una toba arenosa limosa semi compacta con presencia de pómez de hasta 20 mm., presenta interpolaciones de capas de grava, arena y arcilla con espesores de hasta 2 metros. Presenta una estratificación pseudo horizontal con arenas limosas que varía según el contenido de humedad. Presenta también niveles de pómez y lapilli, identificados en los primeros 15 metros de profundidad de la zona de estudio, corresponden a la Unidad Fluvio-Lacustre El Pintado. (Peñañiel, 2009).

Figura 18

Mapa Geológico local



Nota: Se detalla mapa de la formación Cangahua y Machángara del sur de la ciudad del DMQ. Tomado de: Dspace.uce.edu.ec (p. 32), Avilés, 2013.

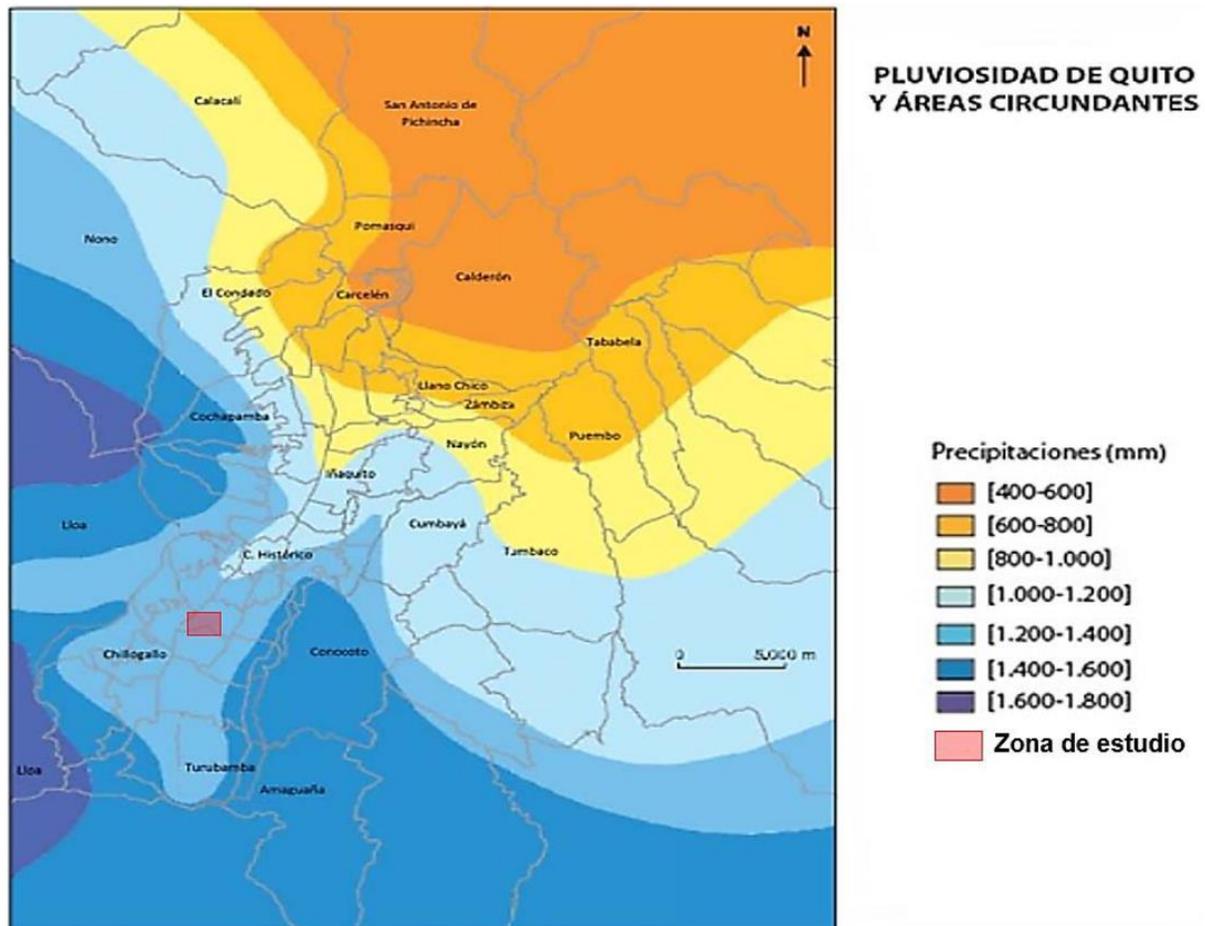
4.1.14. Clima

Según menciona Peñafiel (2009) el clima que se presenta sobre Quito se caracteriza por tener una temperatura media anual que varía entre los 12 y 20 °C y un régimen pluviométrico en la cual dominan las estaciones secas y lluviosas. Por un lado, las estaciones secas se dan en los meses de junio, julio, agosto, septiembre diciembre y enero; mientras que las estaciones lluviosas se presentan en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, octubre y noviembre. La autora además menciona que este clima de alta montaña se presenta sobre los 3200 msnm.

Para el área de estudio se identifica un clima se oscila desde semi – húmedo a húmedo, presentando una pluviosidad promedio de entre 1200 a 1400 mm y una temperatura promedio de 14 °C. Estos datos son característicos del área de estudio, pues cabe mencionar que su elevación varía entre los 2857 a los 2849 msnm. (Bucheli & Realpe, 2018).

Figura 19

Pluviosidad de Quito y áreas circundantes



Nota: Se detalla mapa de pluviosidad del DMQ y áreas circundantes. Tomado de: Quito.gob.ec (p. 42), Bucheli & Realpe, 2018.

Cabe destacar que el sur de la ciudad carece de áreas verdes y vista espacialmente puede denominarse como una “Ciudad de Concreto”, carece de drenajes naturales y los suelos cubiertos por el asfalto incrementan el problema de suelos saturados en agua. Este problema se

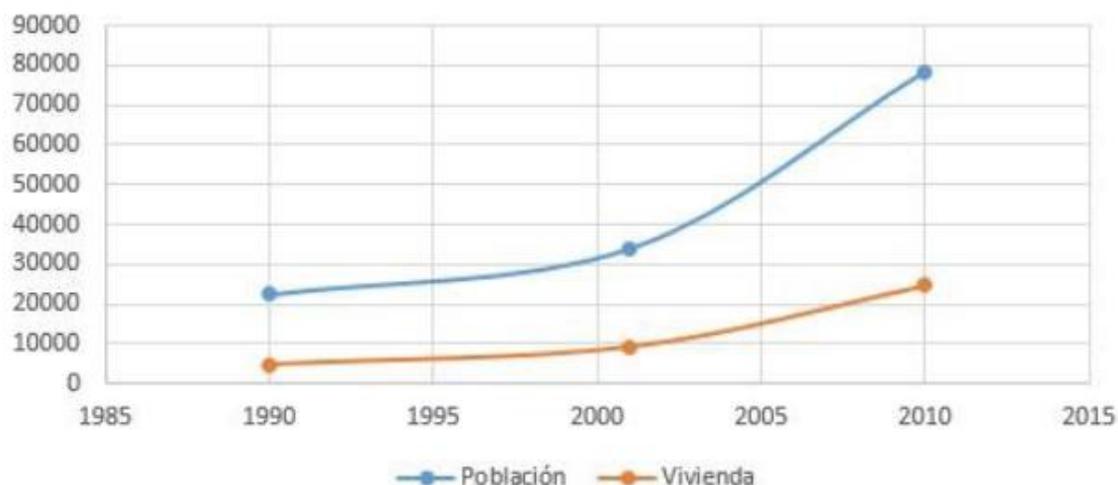
torna más grave debido a los rellenos antrópicos que generan efectos negativos en las estructuras subyacentes del área de estudio.

4.1.15. Densidad poblacional y vivienda

Según indican los datos del último censo, la densificación poblacional y vivienda ha modificado las condiciones iniciales sobre las cuales cimentaron el crecimiento en un principio planificado del Barrio Solanda. En este sentido, el crecimiento de poblacional se ha dado en un orden del 350% entre el censo de 1990 y 2010; por otro lado, las modificaciones y crecimiento horizontal de las viviendas para alquiler registran un crecimiento mayor al 500% en unidades de vivienda. Estos datos se los evidencia a continuación en la figura 13 y tabla 8.

Figura 20

Crecimiento de población y vivienda del Barrio Solanda desde 1990 al 2010



Nota: Se detalla el crecimiento poblacional desmesurado del Barrio Solanda en las últimas 3 décadas. **Tomado de:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, (2010).

Figura 21

Censos de población y vivienda del Barrio Solanda desde 1990 al 2010

VARIABLES	Censo del año 1990	Censo del año 2000	Censo del año 2010
Población	22361	33934	78279
Vivienda	4817	9254	24526

Nota: Se detalla el crecimiento poblacional desmesurado del Barrio Solanda en las últimas 3 décadas. **Tomado de:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, (2010).

Elaborado por: El Autor, 2021.

4.1.16. Antecedentes históricos de la conformación del Barrio Solanda, Sector 4

Según menciona Cacuangó (2013) los primeros antecedentes del Plan de Vivienda Solanda datan del año 1971, cuando se realizó una investigación socioeconómica de manera física a cerca de 1600 familias de escasos recursos; es así que, para el año de 1976 María Augusta Urrutia donó 150 Ha que pertenecían a la Hacienda Marquesa de Solanda a la fundación Mariana de Jesús y en alianza con la Junta Nacional de Vivienda empezarían el Plan de Vivienda Solanda.

Figura 22

Hacienda Solanda, 1976



Nota: Se muestra las condiciones iniciales de la Hacienda Solanda. Tomado de: repositorio.puce.edu.ec (p. 17), Kueva, 2018.

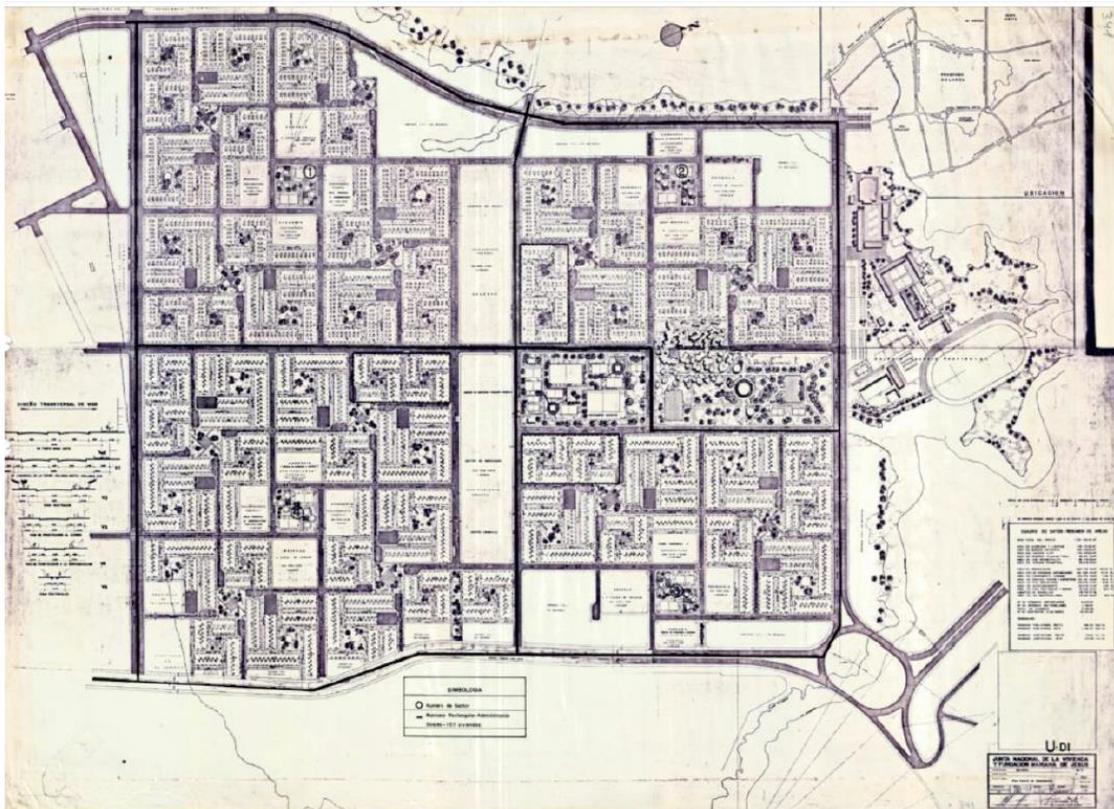
En el año de 1980 el Municipio de Quito aprobó el anteproyecto de Urbanización “Solanda” siendo organizada por manzanas en un principio por manzanas, mismas que a su vez se ven conformadas por pasajes y lotes, que contribuyen a una condición más pensada a nivel peatonal que vehicular en el Barrio. Para la planificación del Barrio los técnicos de aquel entonces, tomaron a consideración condiciones topográficas y asoleamiento. (Cacuango, 2013)

El Plan de Vivienda Solanda consta de cuatro zonas, que inicialmente alojarían a 5.407 familias, con una población total de 32.652 habitantes y una densidad urbana promedio de 58.10 viviendas/Ha. Para el año de 1986, se inició la entrega de 5.600 viviendas planificadas en Solanda, el Sector 1 fue el primero en ser ocupado. (Bucheli & Realpe, 2018)

Es de suma importancia el recalcar que la donación de la hacienda estaba preliminarmente dirigida a personas de muy escasos recursos económicos; sin embargo, debido a la avanzada edad de la Sra. Urrutia la donación no se dio y finalmente la hacienda pasó a manos del Banco Ecuatoriano de Vivienda. Este banco dio posibilidades de compra a familias de bajos recursos. El costo de las viviendas en relación con los ingresos de su población creciente, fue motivo para reducir la construcción a las áreas mínimas necesarias de alojamiento por persona, asentando las necesidades humanas fundamentales en las viviendas, que iban desde los 24 m² hasta los 72 m² de construcción, dichas viviendas fueron estudiadas y construidas estructural y funcionalmente para permitir el desarrollo progresivo y uniforme de la vivienda tanto en sentido horizontal, como ascendente. (Bucheli & Realpe, 2018)

Figura 23

Trazado urbanístico Plan Solanda, Fundación Mariana de Jesús – Junta Nacional de Vivienda, 1978



Nota: Se detalla mapa de trazado urbanístico inicial para el Barrio Solanda. Tomado de: Quito.gob.ec (p. 12), Bucheli & Realpe, 2018.

4.1.17. Tipos de viviendas del Barrio Solanda, Sector 4

Los primeros antecedentes que hacen referencia a los diseños originales de las viviendas en Solanda, mencionan que estas eran de los siguientes tipos y de acuerdo a la capacidad de crédito de los demandantes:

- **Tipo LUS:** Lote con unidad básica sanitaria, con un área de construcción de 10.46 m², con posibilidad de ampliación.
- **Tipo Piso – techo:** Vivienda entregada con columnas, unidad sanitaria, pero sin paredes ni techo. La superficie de construcción entregada al comprador es de 24.11 m², con posibilidad de ampliación.
- **Viviendas Trifamiliares:** Viviendas construidas con un área de 9.60 x 9.60 m² y de 9.60 x 12.80 m², entregados con 3 departamentos, pero sin posibilidad de ampliación.
- **Vivienda Tipo Puente:** Viviendas construidas en un área de 24.09 m², destinada a oficinas, negocios, consultorios, entre otros. Debido a sus características estas viviendas no permiten ampliación.

Figura 24

Tipos de vivienda predestinadas en un principio para Solanda, año 1976



Nota: Se detalla mapa de tipo de viviendas iniciales para el Barrio Solanda. Tomado de: Quito.gob.ec (p. 15), Bucheli & Realpe, 2018.

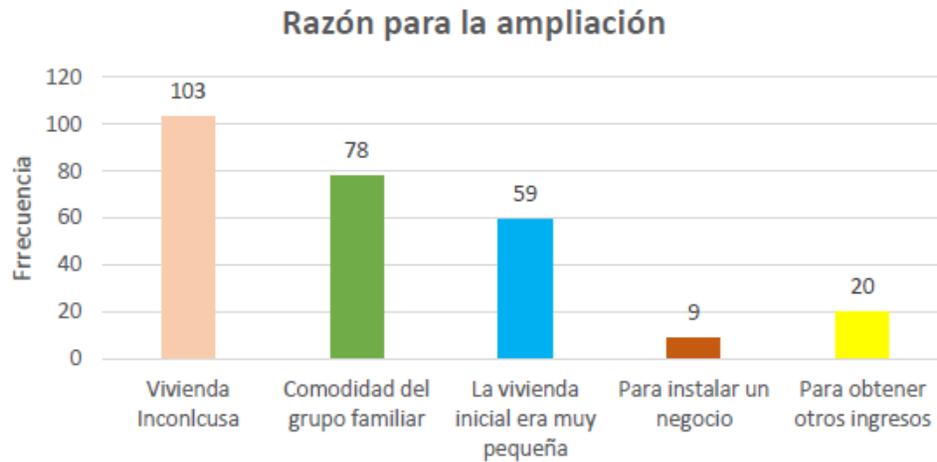
Cabe recalcar que las casas originales en el Barrio constaban de uno o dos niveles con proyección horizontal, un espacio con jardín y cubierta a dos aguas. Los materiales constaban de bloques, hormigón, zinc, madera, con estructuras mixtas de hormigón y acero. (Bucheli & Realpe, 2018)

4.1.18. Informalidad como consecuencia del crecimiento horizontal y vertical de las viviendas del Barrio Solanda

Pocos años después de la adjudicación de las viviendas en el Barrio Solanda, los dueños se vieron en la necesidad de un cambio en sus edificaciones, las razones fueron diversas, entre las principales se mencionan en la figura 16:

Figura 25

Razones de ampliación de viviendas en Solanda



Nota: Se detalla el tipo de viviendas las cuales fueron ampliadas por densificación poblacional para el Barrio Solanda. Tomado de: Quito.gob.ec (p. 19), Bucheli & Realpe, 2018.

Notoriamente las viviendas fueron mejoradas poco a poco, con base a préstamos informales ahorros, cambios de tamaño y crecimiento del núcleo familiar. Como consecuencia de estos factores, las viviendas muchas veces incluso incorporaron un tipo de comercio en la planta baja, posteriormente los dueños construyeron más pisos de los permitidos, existiendo a lo largo del tiempo un mejoramiento de la economía local, sin embargo, trayendo un gran problema de informalidad y un crecimiento poblacional no planificado y desmesurado.

Como se mencionó anteriormente, la densificación poblacional y de vivienda modificó drásticamente las condiciones iniciales del Barrio Solanda, pues este sufrió un crecimiento poblacional del 350 % para el año 2010, respecto a sus condiciones originales. De la misma manera, las viviendas aumentaron en un 500 % para el 2010; cabe recalcar que esta cifra sigue en aumento de manera drástica.

Cuarenta años más tarde, Solanda evidencia un notorio crecimiento poblacional e infraestructural no planificado, al igual que muchos otros barrios de la capital. En este sentido, la alta densificación poblacional se vio caracterizada por construcciones informales y una falta de ordenamiento territorial, que no cumplen con las condiciones básicas de habitabilidad, como ventilación e iluminación adecuada, espacios mínimos de áreas verdes por cada habitante de la vivienda, falta de políticas, entre otras; que a la par incrementaron el índice de amenaza y vulnerabilidad en el Barrio. (Bucheli & Realpe, 2018)

Figura 26

Modificación de viviendas para negocios



Fuente: Google Earth, 2022.

4.1.19. Efectos negativos del crecimiento informal del Barrio Solanda y su incidencia en el aumento de la vulnerabilidad sísmica

Son diversos los efectos negativos que ha acarreado el crecimiento informal, en la gran mayoría de Barrios del Distrito Metropolitano de Quito. La falta de planificación y

ordenamiento territorial en la ciudad, la falta de control sobre una población aceleradamente creciente, la pobreza, la ubicación geográfica de la ciudad, las construcciones sobre fallas geológicas activas, el desconocimiento de las personas, entre otros factores; aumentan el índice de riesgo sísmico en la ciudad.

4.1.19.1. Informalidad

Hablando de la informalidad, según menciona el periódico El Comercio (2019) el 70% de las edificaciones en el Distrito Metropolitano de Quito son informales, de ese porcentaje el 80% de ellas estarían propensas a sufrir daños y el 45% podrían colapsar ante un eventual sismo de alta magnitud. Debido a ello, es necesario que las autoridades realicen un control en los barrios no regularizados, actualizar y endurecer el cumplimiento de la normativa de construcción, el concientizar a la ciudadanía, entre muchas otras acciones, con la finalidad de reducir el nivel de riesgo sísmico en la capital. Este mismo escenario se replica para el Barrio Solanda.

Figura 27

Informalidad evidenciada en las construcciones del Barrio Solanda



Fuente: El autor, 2022.

4.1.19.2. Incompatibilidad de materiales

Otro de los problemas que aqueja a la gran mayoría de barrios y viviendas de la capital, es la incompatibilidad de los materiales a la hora de edificar las construcciones, pues según menciona Valverde et al. (2016) la combinación ineficaz de los materiales en una construcción, hace que en el área de la casa se genere diferentes fuerzas de resistencias y esto es perjudicial ante un eventualmente sismo, pues la vulnerabilidad de la edificación aumenta debido a las deficientes características mecánicas de los materiales, tanto en elementos no estructurales, como en los estructurales.

Figura 28

Incompatibilidad de los materiales en edificaciones del Barrio Solanda



Fuente: El autor, 2022.

4.1.19.3. Golpeteo

Además de los problemas mencionados anteriormente, las viviendas colindantes usualmente sufren de problemas de golpeteo o martilleo, siendo esta una de las patologías más comunes que presentan las edificaciones informales. Este problema se da entre estructuras colindantes y adyacentes, provocando desplazamientos que se producirán durante la presencia de un eventual sismo. Por ende, cada estructura al presentar su propia rigidez y masa, da como resultado que los desplazamientos máximos y sus periodos de vibración sean distintos. (Valverde et al., 2016)

Es por esta razón que, el autor citado anteriormente menciona que es necesario dejar juntas de construcción entre edificaciones, para que de esta manera la estructura pueda desplazarse, sin afectar a las edificaciones colindantes.

Figura 29

Problemas de golpeteo en edificaciones del Barrio Solanda



Fuente: El autor, 2022.

4.1.19.4. Columna Corta

Finalmente, otro de los problemas que presentan las edificaciones es el de columna corta, misma que según menciona Aguaiza (2020) es la restricción parcial del desplazamiento lateral de la columna, lo cual provoca que se concentre la demanda de deformaciones en la parte libre de la columna, existiendo casos representativos como el de paredes que no abarcan toda la altura del piso, quedando un espacio hueco para la colocación de ventanas.

Figura 30

Problemas de columna corta en edificaciones del Barrio Solanda



Fuente: El autor, 2022.

4.2. Fase 2: Fase de Recopilación de Información en Campo a través de Encuestas

4.2.1. Cálculo de crecimiento poblacional anual del Barrio Solanda

Para el cálculo del crecimiento poblacional del Barrio Solanda, se utilizó la fórmula de proyección de población futura para el año 2021; debido a que el INEC realizó los censos de población y vivienda únicamente hasta el año 2010, porque para el siguiente censo

correspondiente al año 2020, el mundo fue atacado por la pandemia del SAR-CoV-2 “Covid – 19”. Consecuencia de ello, el INEC no pudo realizar el censo correspondiente.

La fórmula de proyección de crecimiento de la población futura, se la detalla a continuación:

$$Pf = Po * (1 + i)^n$$

Fuente: Mora, 2019

Donde:

- **Pf:** Población futura
- **Po:** Población inicial
- **i:** Tasa de crecimiento poblacional
- **n:** Número de años

Es necesario conocer la tasa de crecimiento poblacional (i); por ende, se la despeja a continuación:

$$\frac{Pf}{Po} = * (1 + i)^n$$

$$i = \sqrt[n]{\frac{Pf}{Po}} - 1$$

Para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional (i), tanto en años transcurridos (11 años), como anualmente, es necesario partir de los datos del INEC:

Figura 31

Datos poblacionales del INEC para la parroquia Solanda

Población en años	Habitantes
Población Solanda 1990	22361
Población Solanda 2001	33934
Población Solanda 2010	78279

Elaborado por: El Autor, 2022.

Tasa de crecimiento poblacional para el periodo 1990 – 2001 (11 años)

$$i = \sqrt{\frac{33934}{22361}} - 1$$

$$i = 0.23189$$

Tasa de crecimiento poblacional anual

$$i = \frac{0.23189}{11}$$

$$i = 0.02108$$

Tasa de crecimiento poblacional para el periodo 2001 – 2010 (9 años)

$$i = \sqrt{\frac{78279}{33934}} - 1$$

$$i = 0.51882$$

Tasa de crecimiento poblacional anual

$$i = \frac{0.51882}{9}$$

$$i = 0.05765$$

Figura 32

Tasa de crecimiento poblacional de Solanda I

Periodo	Tiempo Transcurrido (años)	Tasa de crecimiento poblacional (i) en 11 años	Tasa de crecimiento poblacional anual (i)
Periodo 1990 - 2001	11	0,23189	0,02108
Periodo 2001 - 2010	9	0,51882	0,05765

Elaborado por: El Autor, 2022.

Finalmente, con las tasas de crecimiento poblacional, se procede a realizar la proyección del crecimiento poblacional anual de Solanda para el año 2021, según indica la fórmula:

$$Pf = Po * (1 + i)^n$$

Figura 33

Proyección del crecimiento poblacional anual de Solanda

Año	Población Solanda Habitantes	DATO REAL
1990	22361	22361
1991	22832	
1992	23314	
1993	23805	
1994	24307	
1995	24819	
1996	25343	
1997	25877	
1998	26422	
1999	26979	
2000	27548	
2001	28129	33934
2002	35890	
2003	37959	
2004	40147	
2005	42462	
2006	44909	
2007	47498	
2008	50236	
2009	53132	
2010	56195	78279
2011	82791	
2012	87564	
2013	92612	
2014	97951	
2015	103597	
2016	109569	
2017	115885	
2018	122566	
2019	129631	
2020	137104	
2021	145007	

Elaborado por: El Autor, 2022.

Para el año 2021, se obtuvo una proyección poblacional de 145.007 habitantes, evidenciando una tasa de crecimiento poblacional de 50% en un periodo de 10 años.

4.2.2. Cálculo de la muestra de viviendas a encuestar para el Sector 4 del Barrio Solanda

Para el cálculo de la muestra “n” de viviendas a encuestar se partió de la fórmula:

$$n = \frac{N\sigma^2 z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 z^2}$$

Fuente: Mora, 2019

Donde:

- **N** = Número de habitantes del Sector 4 del Barrio Solanda (145.007 habitantes)
- **e** = Límite de error 6% =0,06
- **σ** = Constante 0,50
- **Z** = Nivel de confianza =95% =1,96

Debido a que Solanda tiene una configuración similar entre sus cuatro Sectores, el número de habitantes se lo dividió entre sus cuatro Sectores:

$$\text{Habitantes con sector} = \frac{145.007}{4}$$

$$\text{Habitantes con sector} = 36.252$$

A continuación, se calcula la muestra “n” de viviendas a encuestar

$$n = \frac{36252 * (0.50^2) * (1.96^2)}{(36252 - 1) * (0.06^2) + (0.50^2) * (1.96^2)}$$

$$n = 265 \text{ viviendas}$$

Según el INEC el promedio de personas que habitan en una vivienda a nivel parroquial de Quito es de $3.43 \frac{hab}{vivienda}$; por lo tanto, es necesario dividir la muestra “n” para el promedio de personas que habitan en una vivienda.

$$Total\ de\ viviendas\ a\ encuestar = \frac{265}{3.43}$$

$$Total\ de\ viviendas\ a\ encuestar = 77$$

Una vez obtenido el valor de la muestra, empezaron las encuestas en campo, para culminar con las mismas se requirieron 3 días.

4.3. Fase 3: Fase Computacional del Análisis de los Datos Recolectados en Campo e

Interpretación de los Resultados

Los resultados de las encuestas en campo después de ser desglosados mediante estadística descriptiva en el software Excel, se procedió a la creación de los mapas térmicos en el software ArcGIS, mismos que se encargan de describir visualmente el nivel de amenaza, de vulnerabilidad y el riesgo global al que se encuentra sometido el Sector 4 del Barrio Solanda. Además, describen otras variables, las cuales se ha considerado importantes dentro del estudio.

Cabe recalcar que, para delimitar el Barrio Solanda, se estableció en función a la población y al número de viviendas; para después utilizar la técnica estadística de la muestra, dando como resultado, que la muestra de viviendas a encuestar en Solanda sea representativa, siendo un número total de 77 viviendas, mismas que se evidencian graficadas en los mapas térmicos.

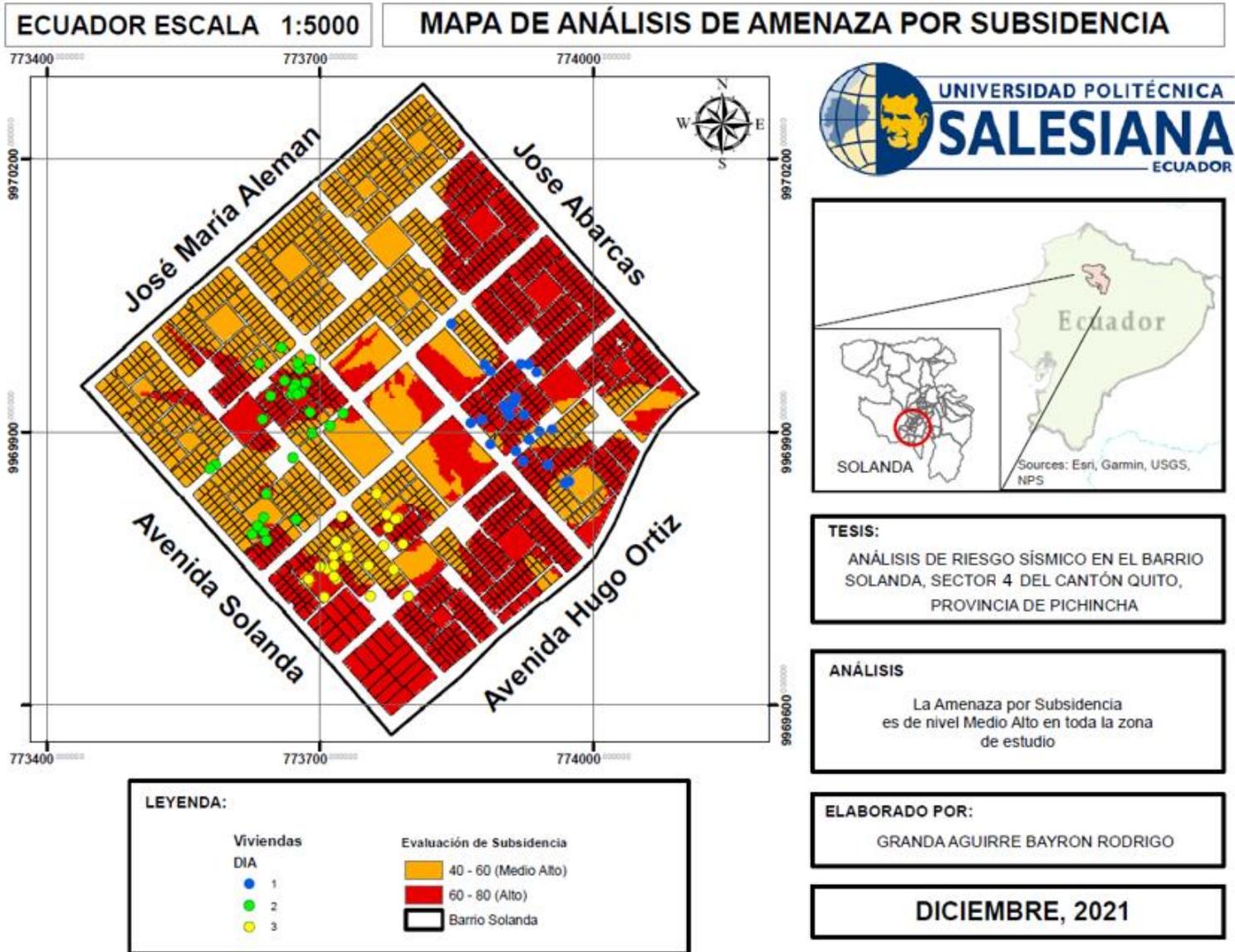
Por esta razón, el valor de muestra representativa puede extrapolarse a los demás Sectores de Solanda, debido a que se utilizó una métrica estadística, pues todo fue realizado aleatoriamente.

En software Excel se dio las ponderaciones a cada variable de amenaza y de vulnerabilidad global, con la finalidad de determinar los resultados para el riesgo. Se utilizaron funciones de suma, promedio, máximos, mínimos, conteo, atributos, entre otras. Con la finalidad de obtener una estadística descriptiva. Finalmente, se exportaron todos los datos al software ArcGis, donde se procedió con la realización de los mapas térmicos, utilizando técnicas como la interpolación y extrapolación.

A continuación, se muestran los resultados de la amenaza analizada a través de la subsidencia de suelo y el riesgo sísmico; los resultados de la vulnerabilidad global y finalmente los el valor medio del riesgo evaluado en el Sector 4 del Barrio Solanda.

Figura 34

Mapa de análisis de la amenaza por subsidencia de suelo, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 34 se puede observar que la amenaza por subsidencia que evidencia el Sector 4 del Barrio Solanda, después de hacer la extrapolación refleja que el promedio de viviendas amenazadas por una eventual subsidencia del suelo es de 60.72 %, encontrándose el Sector 4 en un nivel Alto (Alto) de amenaza.

Los valores máximos y mínimos encontrados fueron de 77 y 42 respectivamente. Es decir que, se evidencia que la amenazas por subsidencia de suelo, va desde niveles Medios altos (MDA), hasta altos (A).

A continuación, se representa la evaluación de la amenaza por subsidencia de suelo de manera cualitativa y cuantitativa:

Figura 35

Evaluación de manera cualitativa y cuantitativa de la amenaza por subsidencia de suelo, en el Sector 4 del Barrio Solanda

Número de vivienda	Propietario / Número de Teléfono	Evaluación de Amenaza por Subsistencia (Cuantitativa)	Evaluación de Amenaza por Subsistencia (Cuantitativa)
1	Lidia Garcia Martinez /0998066551	51,99	MEDIO ALTO
2	Maria Carrillo Lema / 2731888	69,33	ALTO
3	Fernando Arrollo Gomez / 099711661	73,33	ALTO
4	Gloria Jaramillo Luna / 3060640	52,66	MEDIO ALTO
5	Jhon Paz Vargas / 0987367293	72,00	ALTO
6	Angel Alquina Vela/ 0958959390	47,33	MEDIO ALTO
7	Mishell Carrera Terrazas/ 0995792798	57,33	MEDIO ALTO
8	Jessica Rojas Chavez / 0991639641	66,00	ALTO
9	Gloria Taipe Rivera / 0995789971	51,33	MEDIO ALTO
10	Maria Jose Sanchez / 0986373191	65,33	ALTO
11	estaban Aldaz Trujillo / 0999924892	59,33	MEDIO ALTO
12	Blanca Guaman Guamanzara / 0984165727	59,33	MEDIO ALTO
13	Luis Fernandez Torres / 0988828193	73,33	ALTO
14	Nelly Bonilla Guamán / 0994092377	51,99	MEDIO ALTO
15	Nancy Alvarez Gonzales/ 0999017916	62,66	ALTO
16	Guillermo Cazas/ 0999416025	66,00	ALTO
17	Rosa Orosco / 2681699	69,33	ALTO
18	MarianaCatota / 3061083	63,33	ALTO
19	Erika Moncayo / 0992540104	62,66	ALTO
20	Maria Toapanta / 2677800	54,66	MEDIO ALTO
21	Isabel Arias / 2683616	69,33	ALTO
22	Montufar Herman / 2689564	58,66	MEDIO ALTO
23	Sandra Roales / 2732718	69,33	ALTO
24	Isabel García / 2670335	65,33	ALTO
25	Teran Villacorto Felix / 2733348	58,66	MEDIO ALTO
26	Herman Jimenez Maza / 0999686438	69,33	ALTO
27	Arellano Silvia / 2687652	63,33	ALTO
28	Eva Rosario Jaime / 2686545	69,33	ALTO
29	Sylvia Altamirano Altamirano/ 0984530181	65,33	ALTO
30	gabriela Simbaña Cadena / 099253248	41,99	MEDIO ALTO
31	Benito Dea Dagua / 2732741	55,33	MEDIO ALTO
32	Evelyn gallardo / 0995675974	52,66	MEDIO ALTO
33	Lorena Pantoja Rosero / 0995866473	48,66	MEDIO ALTO
34	Francisco Segovia Alba/ 0983996855	51,33	MEDIO ALTO
35	Santiago Andrade Quilzaimba/ 0958780430	48,66	MEDIO ALTO
36	Jesus Pinto / 5148425	48,66	MEDIO ALTO
37	Segundo Arce Garcia / 0992608196	51,99	MEDIO ALTO
38	Clara Benalcazar / 2733344	51,99	MEDIO ALTO
39	Jorge Jacome / 2683911	66,66	ALTO
40	Victoria Ortega / 0978763160	58,66	MEDIO ALTO
41	Natalia Palacios / 0960215122	52,66	MEDIO ALTO
42	Gloria Escobar /0996165478	77,33	ALTO
43	Jorge Zanchez / 2681604	69,33	ALTO
44	Blanca Melida Rodas Medina /2670424	59,33	MEDIO ALTO

45	Sergio Burbanno / 2685634	69,33	ALTO
46	Fernanda Acosta / 022733598	66,66	ALTO
47	Karina Collaguazo / 0984670065	51,33	MEDIO ALTO
48	Karina Campos / 0961819955	73,33	ALTO
49	Carlos Nuñez / 0998515883	62,66	ALTO
50	Cesar pilco / 0994767662	72,00	ALTO
51	Andres Arciniega / 0984708365	62,00	ALTO
52	Santiago Callanselo / 0987569314	59,33	MEDIO ALTO
53	Piedad Suarez / 0992043751	59,33	MEDIO ALTO
54	Ricardo Agama / 0996002004	56,66	MEDIO ALTO
55	Luis Rodriguez Carvajal / 0991178158	73,33	ALTO
56	Monica Arciniega / 0987049694	55,33	MEDIO ALTO
57	Irene Bonillo Garcia / 27312439	59,33	MEDIO ALTO
58	Nicol Benítez Carrera / 0962041906	70,66	ALTO
59	Luid Felipe Ibiguez Franco / 0979428580	62,00	ALTO
60	Jaime Molla Landazuri / 0988462060	62,00	ALTO
61	Edgar Ramirez Toctaguano / 3060307	69,33	ALTO
62	francilin Baquero / 3060252	44,66	MEDIO ALTO
63	Lorena Minango Florea / 0992709188	69,33	ALTO
64	Delia Yuxi Velastegui / 0981660093	62,00	ALTO
65	Diana Mendez / 0996131388	66,66	ALTO
66	Maria Vera / 352094	41,99	MEDIO ALTO
67	Edgar Cueva / 2672648	59,99	MEDIO ALTO
68	Hipatia zuares / 2689858	62,66	ALTO
69	Alexandra Pullas / 672690	52,66	MEDIO ALTO
70	Gustavo Fernandez / 0998725139	66,66	ALTO
71	Santiago Utreras / 0994604264	58,66	MEDIO ALTO
72	GABRIELA LEMA / 0987483849	65,33	ALTO
73	Carmen Gaibor / 2733647	47,99	MEDIO ALTO
74	ALEX gomez / 0967956813	62,66	ALTO
75	Zenaida Pulla / 3060249	69,33	ALTO
76	Alejandra Osorio / 0995736337	58,66	MEDIO ALTO
77	Segundo Benitez / 0969497181	48,66	MEDIO ALTO

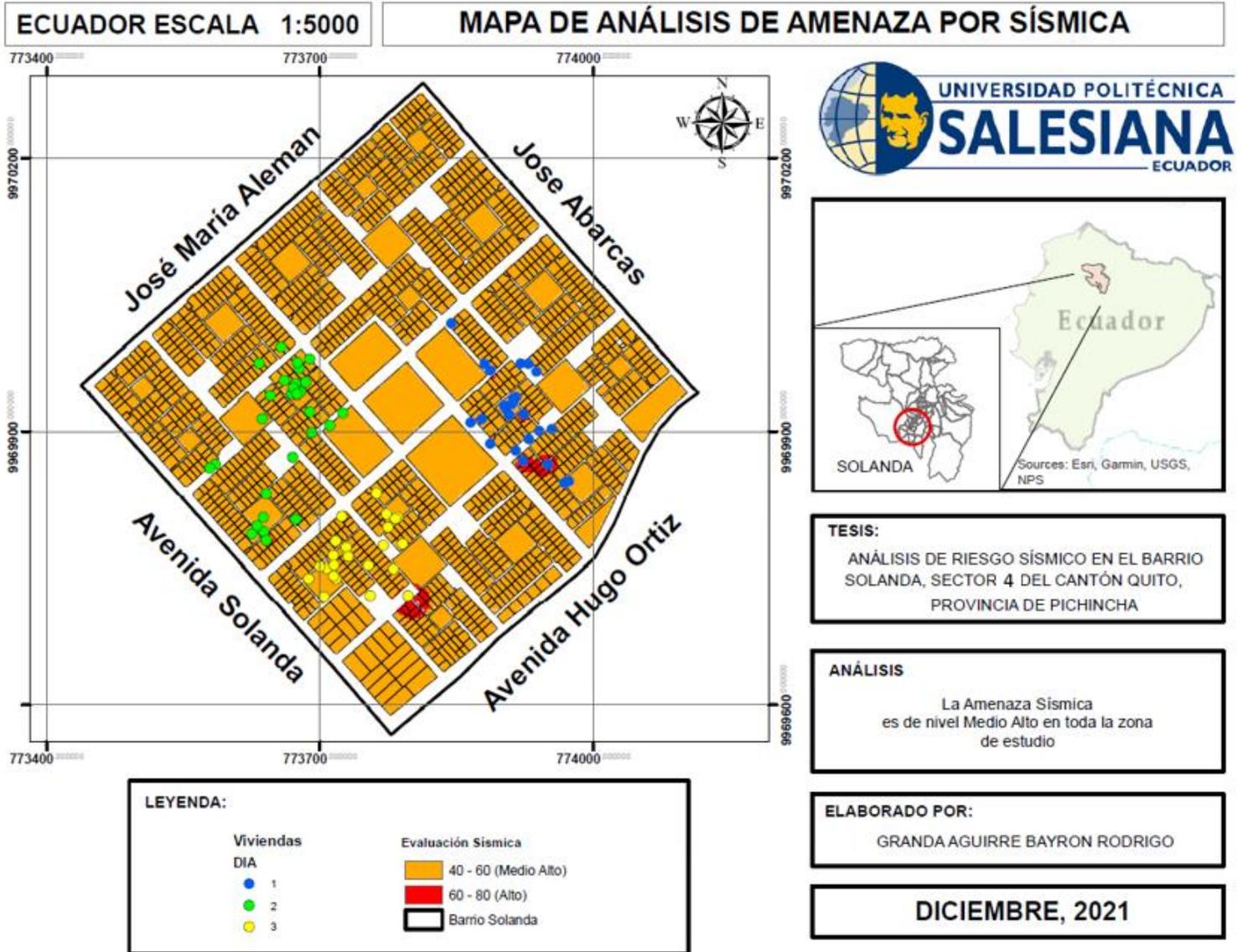
Elaborado por: El autor, 2022.

De acuerdo a la investigación realizada por Aguaiza (2020) en el Sector 1 de Solanda para la subsidencia de suelo, encontró una amenaza mayoritariamente de niveles de rangos medios altos, hasta altos. Por ende, se evidencia concordancia con los valores arrojados en la presente investigación para el Sector 4.

Por otro lado, se procedió a analizar la amenaza sísmica en el Sector 4, para lo cual se realizó el siguiente mapa:

Figura 36

Mapa de análisis de la amenaza sísmica, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 36 se puede observar que la amenaza sísmica que evidencia el Sector 4 del Barrio Solanda, después de hacer la extrapolación refleja que el promedio de

viviendas amenazadas por un eventual sismo es de 53.82 %, encontrándose el Sector 4 en un nivel medio alto (MDA) de amenaza.

Los valores máximos y mínimos encontrados fueron de 72 y 37 respectivamente. Es decir que se evidencia amenazas que van desde niveles Medios (MD), hasta altos (A).

A continuación, se representa la evaluación de la amenaza sísmica de manera cualitativa y cuantitativa:

Figura 37

Evaluación de manera cualitativa y cuantitativa de la amenaza sísmica, en el Sector 4 del Barrio Solanda

Número de vivienda	Propietario / Número de Teléfono	Evaluación de Amenaza Sísmica (Cuantitativa)	Evaluación de Amenaza Sísmica (Cuantitativa)
1	Lidia Garcia Martinez /0998066551	50,66	MEDIO ALTO
2	Maria Carrillo Lema / 2731888	61,33	ALTO
3	Fernando Arrollo Gomez / 099711661	65,33	ALTO
4	Gloria Jaramillo Luna / 3060640	55,33	MEDIO ALTO
5	Jhon Paz Vargas / 0987367293	64,00	ALTO
6	Angel Alquina Vela/ 0958959390	50,00	MEDIO ALTO
7	Mishell Carrera Terrazas/ 0995792798	49,33	MEDIO ALTO
8	Jessica Rojas Chavez / 0991639641	58,00	MEDIO ALTO
9	Gloria Taipe Rivera / 0995789971	39,33	MEDIO
10	Maria Jose Sanchez / 0986373191	68,00	ALTO
11	estaban Aldaz Trujillo / 0999924892	51,33	MEDIO ALTO
12	Blanca Guaman Guamanzara / 0984165727	51,33	MEDIO ALTO
13	Luis Fernandez Torres / 0988828193	65,33	ALTO
14	Nelly Bonilla Guamán / 0994092377	54,66	MEDIO ALTO
15	Nancy Alvarez Gonzales/ 0999017916	54,66	MEDIO ALTO
16	Guillermo Cazas/ 0999416025	54,00	MEDIO ALTO
17	Rosa Orosco / 2681699	57,33	MEDIO ALTO
18	MarianaCatota / 3061083	55,33	MEDIO ALTO
19	Erika Moncayo / 0992540104	50,66	MEDIO ALTO
20	Maria Toapanta / 2677800	57,33	MEDIO ALTO
21	Isabel Arias / 2683616	61,33	ALTO
22	Montufar Herman / 2689564	46,66	MEDIO ALTO
23	Sandra Roales / 2732718	61,33	ALTO
24	Isabel García / 2670335	53,33	MEDIO ALTO
25	Teran Villacorto Felix / 2733348	50,66	MEDIO ALTO
26	Herman Jimenez Maza / 0999686438	61,33	ALTO
27	Arellano Silvia / 2687652	55,33	MEDIO ALTO
28	Eva Rosario Jaime / 2686545	54,33	MEDIO ALTO
29	Sylvia Altamirano Altamirano/ 0984530181	57,33	MEDIO ALTO
30	gabriela Simbaña Cadena / 099253248	44,66	MEDIO ALTO
31	Benito Dea Dagua / 2732741	47,33	MEDIO ALTO
32	Evelyn gallardo / 0995675974	44,66	MEDIO ALTO
33	Lorena Pantoja Rosero / 0995866473	40,66	MEDIO ALTO
34	Francisco Segovia Alba/ 0983996855	43,33	MEDIO ALTO
35	Santiago Andrade Quilzaimba/ 0958780430	47,33	MEDIO ALTO
36	Jesus Pinto / 5148425	47,33	MEDIO ALTO
37	Segundo Arce Garcia / 0992608196	50,66	MEDIO ALTO
38	Clara Benalcazar / 2733344	54,66	MEDIO ALTO
39	Jorge Jacome / 2683911	58,66	MEDIO ALTO
40	Victoria Ortega / 0978763160	50,66	MEDIO ALTO
41	Natalia Palacios / 0960215122	55,33	MEDIO ALTO
42	Gloria Escobar /0996165478	69,33	ALTO
43	Jorge Zanchez / 2681604	61,33	ALTO
44	Blanca Melida Rodas Medina /2670424	47,33	MEDIO ALTO
45	SergioBurbanno / 2685634	57,33	MEDIO ALTO

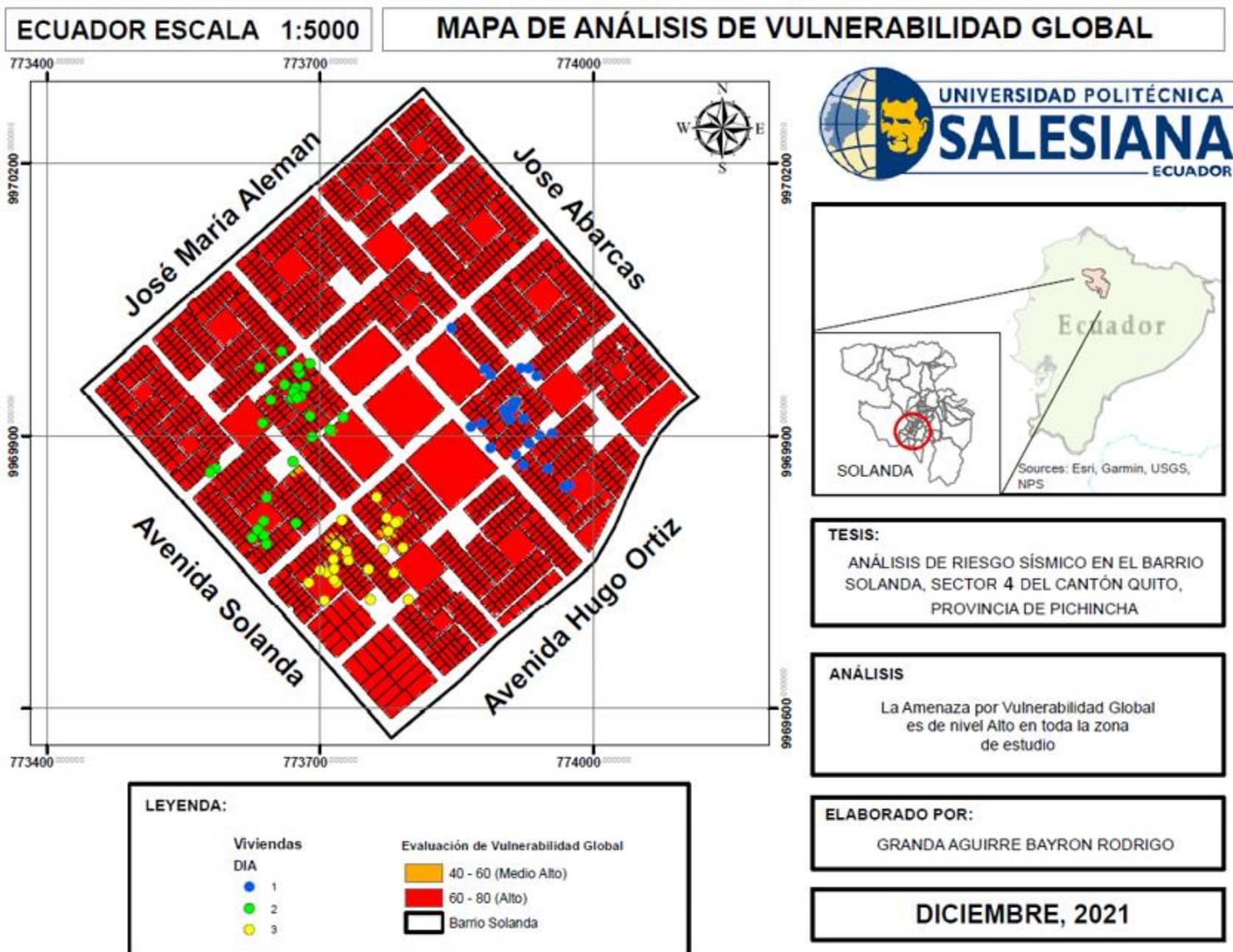
46	Fernanda Acosta / 022733598	54,66	MEDIO ALTO
47	Karina Collaguazo / 0984670065	39,33	MEDIO
48	Karina Campos / 0961819955	65,33	ALTO
49	Carlos Nuñez / 0998515883	50,66	MEDIO ALTO
50	Cesar pilco / 0994767662	64,00	ALTO
51	Andres Arciniega / 0984708365	50,00	MEDIO ALTO
52	Santiago Callanselo / 0987569314	58,00	MEDIO ALTO
53	Piedad Suarez / 0992043751	47,33	MEDIO ALTO
54	Ricardo Agama / 0996002004	48,66	MEDIO ALTO
55	Luis Rodriguez Carvajal / 0991178158	65,33	ALTO
56	Monica Arciñega / 0987049694	47,33	MEDIO ALTO
57	Irene Bonillo Garcia / 27312439	51,33	MEDIO ALTO
58	Nicol Benítez Carrera / 0962041906	58,66	MEDIO ALTO
59	Luid Felipe Ibiguez Franco / 0979428580	54,00	MEDIO ALTO
60	Jaime Molla Landazuri / 0988462060	54,00	MEDIO ALTO
61	Edgar Ramirez Toctaguano / 3060307	72,00	ALTO
62	franclin Baquero / 3060252	47,33	MEDIO ALTO
63	Lorena Minango Florea / 0992709188	57,33	MEDIO ALTO
64	Delia Yuxi Velastegui / 0981660093	54,00	MEDIO ALTO
65	Diana Mendez / 0996131388	58,66	MEDIO ALTO
66	Maria Vera / 352094	44,66	MEDIO ALTO
67	Edgar Cueva / 2672648	58,66	MEDIO ALTO
68	Hipatia zuares / 2689858	54,66	MEDIO ALTO
69	Alexandra Pullas / 672690	44,66	MEDIO ALTO
70	Gustavo Fernandez / 0998725139	58,66	MEDIO ALTO
71	Santiago Utreras / 0994604264	50,66	MEDIO ALTO
72	GABRIELA LEMA / 0987483849	53,33	MEDIO ALTO
73	Carmen Gaibor / 2733647	50,66	MEDIO ALTO
74	ALEX gomez / 0967956813	54,66	MEDIO ALTO
75	Zenaida Pulla / 3060249	57,33	MEDIO ALTO
76	Alejandra Osorio / 0995736337	46,66	MEDIO ALTO
77	Segundo Benitez / 0969497181	36,66	MEDIO

Elaborado por: El autor, 2022.

De acuerdo a la investigación realizada por Aguaiza (2020) en el Sector 1 de Solanda para la amenaza sísmica, encontró una amenaza mayoritariamente de niveles de rangos medios altos, hasta altos. Por ende, se evidencia concordancia con los valores arrojados en la presente investigación para el Sector 4.

Figura 38

Mapa de análisis de la vulnerabilidad global, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 38 se puede observar que la vulnerabilidad global que evidencia el Sector 4 del Barrio Solanda, después de hacer la extrapolación refleja que el promedio de del 64.66 %, encontrándose este Sector en un nivel Alto (A) de vulnerabilidad.

Los valores máximos y mínimos encontrados fueron de 75 y 52 respectivamente. Es decir que se evidencia una vulnerabilidad global que van desde niveles Medios (MD), hasta altos (A).

A continuación, se representa la evaluación de la vulnerabilidad global de manera cualitativa y cuantitativa.

Figura 39

Evaluación de manera cualitativa y cuantitativa de la vulnerabilidad global, en el Sector 4 del Barrio Solanda

Número de vivienda	Propietario / Número de Teléfono	Evaluación de la vulnerabilidad global (Cuantitativa)	Evaluación de la vulnerabilidad global (Cuantitativa)
1	Lidia Garcia Martinez /0998066551	71,68	ALTO
2	Maria Carrillo Lema / 2731888	67,20	ALTO
3	Fernando Arrollo Gomez / 099711661	75,04	ALTO
4	Gloria Jaramillo Luna / 3060640	59,36	MEDIO ALTO
5	Jhon Paz Vargas / 0987367293	63,84	ALTO
6	Angel Alquina Vela/ 0958959390	66,08	ALTO
7	Mishell Carrera Terrazas/ 0995792798	64,96	ALTO
8	Jessica Rojas Chavez / 0991639641	67,20	ALTO
9	Gloria Taipe Rivera / 0995789971	70,56	ALTO
10	Maria Jose Sanchez / 0986373191	71,68	ALTO
11	estaban Aldaz Trujillo / 0999924892	68,32	ALTO
12	Blanca Guaman Guamanzara / 0984165727	61,60	ALTO
13	Luis Fernandez Torres / 0988828193	60,48	ALTO
14	Nelly Bonilla Guamán / 0994092377	69,44	ALTO
15	Nancy Alvarez Gonzales/ 0999017916	72,80	ALTO
16	Guillermo Cazas/ 0999416025	56,00	MEDIO ALTO
17	Rosa Orosco / 2681699	60,48	ALTO
18	Mariana Catota / 3061083	63,84	ALTO
19	Erika Moncayo / 0992540104	60,48	ALTO
20	Maria Toapanta / 2677800	68,32	ALTO
21	Isabel Arias / 2683616	63,84	ALTO
22	Montufar Herman / 2689564	63,84	ALTO
23	Sandra Roales / 2732718	63,84	ALTO
24	Isabel García / 2670335	56,00	MEDIO ALTO
25	Teran Villacorto Felix / 2733348	72,80	ALTO
26	Herman Jimenez Maza / 0999686438	69,44	ALTO
27	Arellano Silvia / 2687652	69,44	ALTO
28	Eva Rosario Jaime / 2686545	70,56	ALTO
29	Sylvia Altamirano Altamirano/ 0984530181	66,08	ALTO
30	gabriela Simbaña Cadena / 099253248	56,00	MEDIO ALTO
31	Benito Dea Dagua / 2732741	63,84	ALTO
32	Evelyn gallardo / 0995675974	66,08	ALTO
33	Lorena Pantoja Rosero / 0995866473	61,60	ALTO
34	Francisco Segovia Alba/ 0983996855	63,84	ALTO
35	Santiago Andrade Quilzaimba/ 0958780430	67,20	ALTO
36	Jesus Pinto / 5148425	64,96	ALTO
37	Segundo Arce Garcia / 0992608196	68,32	ALTO
38	Clara Benalcazar / 2733344	68,32	ALTO
39	Jorge Jacome / 2683911	66,08	ALTO
40	Victoria Ortega / 0978763160	57,12	MEDIO ALTO
41	Natalia Palacios / 0960215122	59,36	MEDIO ALTO
42	Gloria Escobar /0996165478	59,36	MEDIO ALTO

43	Jorge Zanchez / 2681604	68,32	ALTO
44	Blanca Melida Rodas Medina /2670424	70,56	ALTO
45	Sergio Burbanno / 2685634	66,08	ALTO
46	Fernanda Acosta / 022733598	69,44	ALTO
47	Karina Collaguazo / 0984670065	69,44	ALTO
48	Karina Campos / 0961819955	63,84	ALTO
49	Carlos Nuñez / 0998515883	68,32	ALTO
50	Cesar pilco / 0994767662	60,48	ALTO
51	Andres Arciniega / 0984708365	59,36	MEDIO ALTO
52	Santiago Callanselo / 0987569314	64,96	ALTO
53	Piedad Suarez / 0992043751	56,00	MEDIO ALTO
54	Ricardo Agama / 0996002004	68,32	ALTO
55	Luis Rodriguez Carvajal / 0991178158	67,20	ALTO
56	Monica Arciñega / 0987049694	61,60	ALTO
57	Irene Bonillo Garcia / 27312439	61,60	ALTO
58	Nicol Benítez Carrera / 0962041906	64,96	ALTO
59	Luid Felipe Ibiguez Franco / 0979428580	67,20	ALTO
60	Jaime Molla Landazuri / 0988462060	68,32	ALTO
61	Edgar Ramirez Toctaguano / 3060307	67,20	ALTO
62	franclin Baquero/ 3060252	68,32	ALTO
63	Lorena Minango Florea / 0992709188	53,76	MEDIO ALTO
64	Delia Yuxi Velastegui / 0981660093	61,60	ALTO
65	Diana Mendez / 0996131388	66,08	ALTO
66	Maria Vera / 352094	64,96	ALTO
67	Edgar Cueva / 2672648	52,64	MEDIO ALTO
68	Hipatia zuares / 2689858	59,36	MEDIO ALTO
69	Alexandra Pullas / 672690	62,72	ALTO
70	Gustavo Fernandez / 0998725139	60,48	ALTO
71	Santiago Utreras / 0994604264	64,96	ALTO
72	GABRIELA LEMA / 0987483849	68,32	ALTO
73	Carmen Gaibor / 2733647	66,08	ALTO
74	ALEX gomez / 0967956813	57,12	MEDIO ALTO
75	Zenaida Pulla / 3060249	66,08	ALTO
76	Alejandra Osorio / 0995736337	62,72	ALTO
77	Segundo Benitez / 0969497181	63,84	ALTO

Elaborado por: El autor, 2022.

De acuerdo a la investigación realizada por Aguaiza (2020) en el Sector 1 de Solanda para la vulnerabilidad global, encontró que mayoritariamente los niveles de vulnerabilidad van de rangos altos, hasta muy altos. Por ende, se evidencia concordancia con los valores arrojados en la presente investigación para el Sector 4.

4.3.1. Evaluación del riesgo

Para la evaluación del riesgo se valió de los mapas de amenaza y vulnerabilidad, específicamente se tomó sus promedios y posteriormente se los multiplicó, con la finalidad de obtener el porcentaje del riesgo que se vive en el Sector 4 del Barrio Solanda. La ecuación para la evaluación del riesgo y el cálculo de la misma se las muestra a continuación:

$$\mathbf{RIESGO = Amenaza \times Vulnerabilidad}$$

Promedio de las amenazas por subsidencia de suelo y sísmica:

- **Subsidencia de suelo:** 0.6072 %
- **Sísmica:** 0.5382 %

$$Promedio\ Amenaza = \frac{0.6072 + 0.5372}{2}$$

$$Promedio\ Amenaza = 0.5722 \%$$

Promedio de la vulnerabilidad global:

- **Vulnerabilidad global:** 0.6466 %

$$Riesgo = \frac{(0.5722\% * 1) + (0.6466 \% * 1)}{2}$$

$$Riesgo = 0.6094 \% \quad \mathbf{Alto}$$

$$Riesgo = 60.94 \%$$

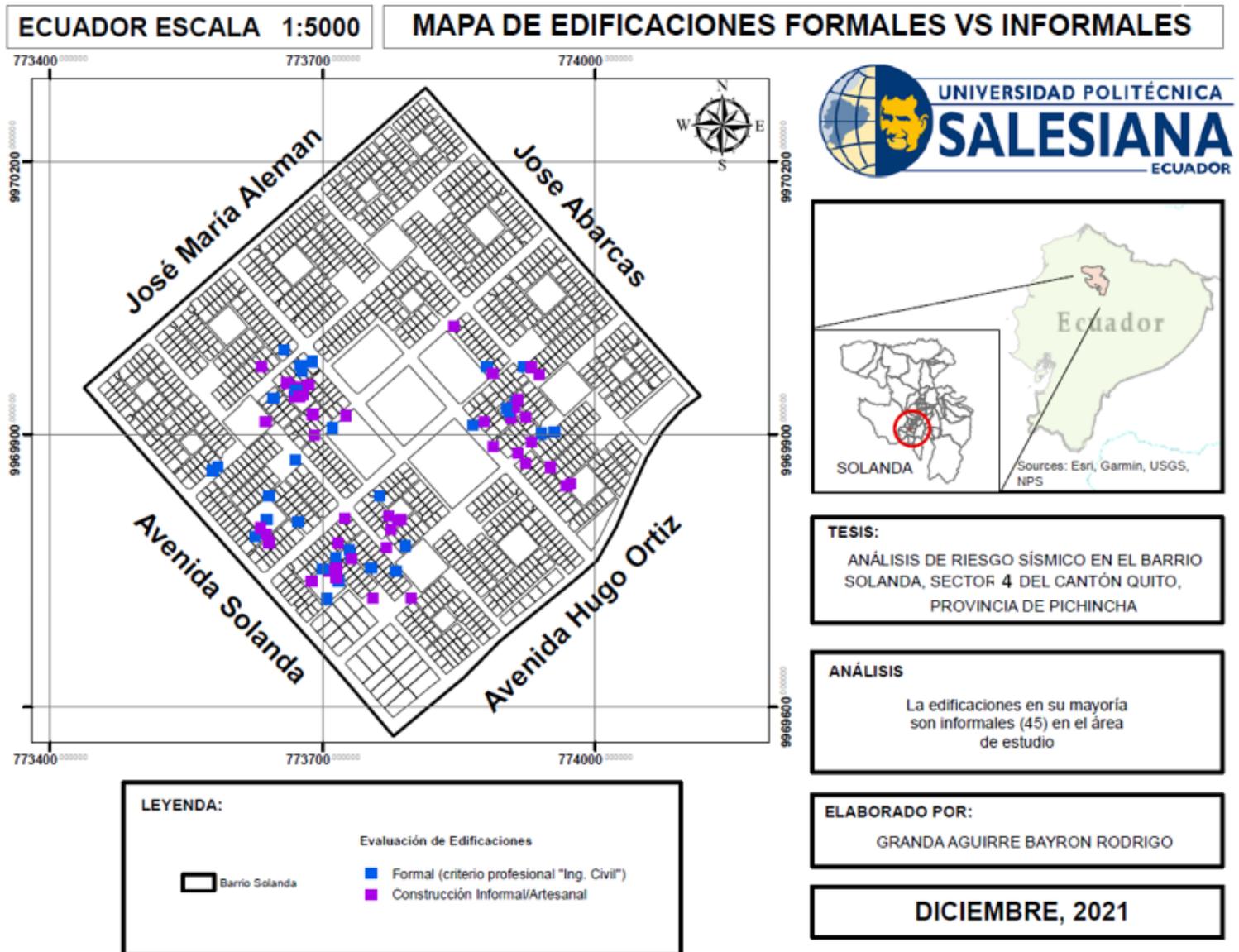
Finalmente, obtenemos que el porcentaje del riesgo sísmico en el Sector 4 del Barrio Solanda, es de 60.94 %. Es decir que, el Sector se encuentra un nivel de riesgo Alto (A), lo cual es alarmante debido a que, los habitantes no toman plena conciencia del riesgo al cual están

inmersos. Es por esta razón que a continuación se analizará más a profundidad las variables que definen la magnitud de la amenaza.

Como primer punto tenemos el análisis de las edificaciones formales con criterio profesional versus las edificaciones informales o artesanales representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 40

Mapa de Edificaciones formales con criterio profesional vs Edificaciones informales y/o artesanales, en el Sector 4 del Barrio Solanda



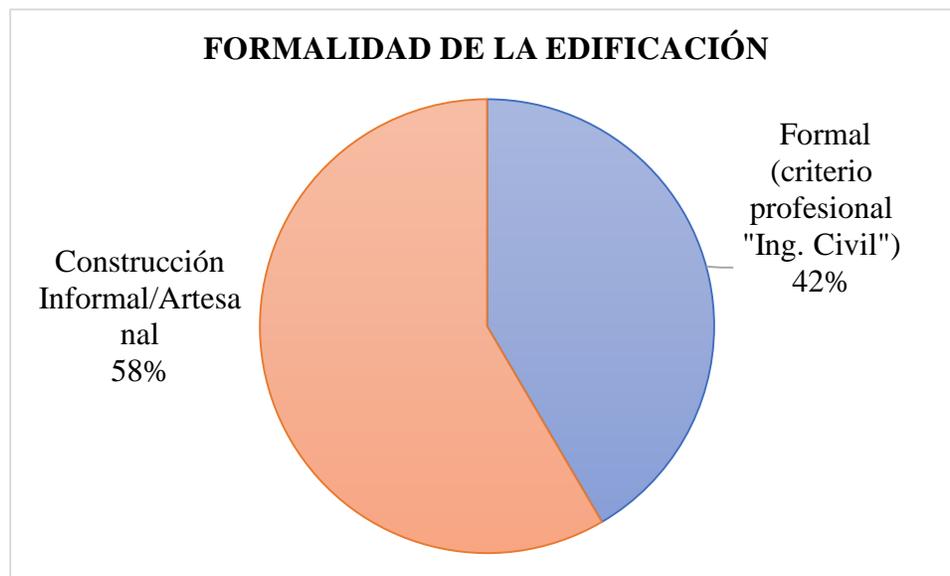
Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 40 se puede observar que ha predominado la informalidad a la hora de edificar en el Sector 4 del Barrio Solanda. A partir de la muestra se obtuvo como resultado que el 58% de las construcciones son informales. Esto es un problema, pues muchas veces no existe una combinación de los materiales adecuados para la construcción. A esto se le suman varios problemas que aumentan el riesgo, como lo es la mala calidad del suelo, altura de las viviendas, columna corta, entre otros factores vistos a lo largo del presente trabajo.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún mejor este problema de la informalidad en las construcciones:

Figura 41

Diagrama de pastel de la construcción de las Edificaciones formales con criterio profesional vs Edificaciones informales y/o artesanales, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

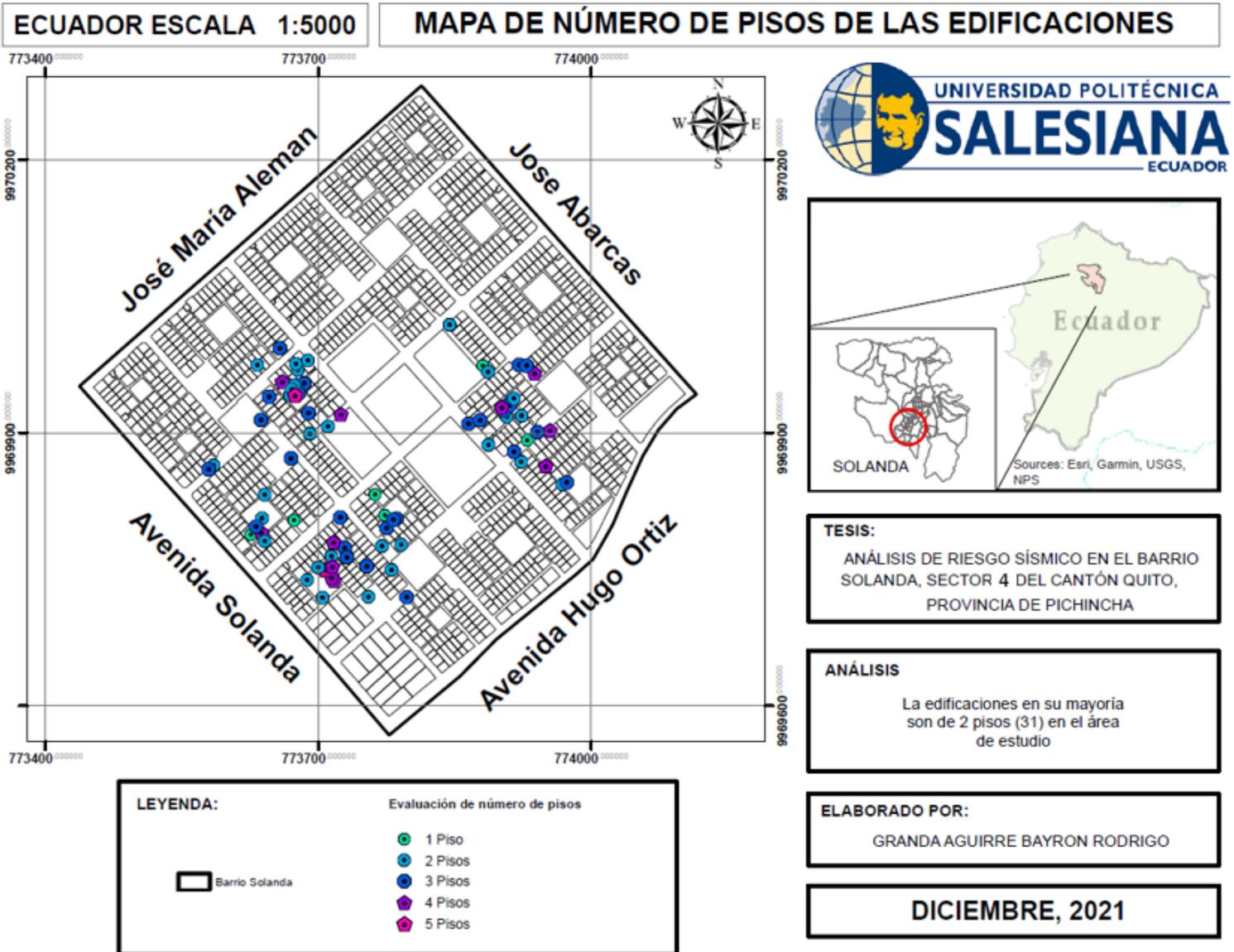
Como se observa en la figura 41, el 42% de las viviendas encuestadas muestran una construcción hecha de manera formal, acompañada con criterios técnicos y profesionales. Por otro lado, el 58% de las viviendas encuestadas demostraron construcciones artesanales o informales, en las mismas se evidenció varias patologías como el de columna corta, golpeteo o martillero, hundimientos, cuarteos, entre otros.

De acuerdo a la investigación realizada por Aguaiza (2020) en el Sector 1 de Solanda para investigar la formalidad de las edificaciones, encontró que el 78% de las edificaciones encuestadas fueron informales. Por otro lado, en la presente investigación fue del 58%, variando un 20% los resultados; se halla justificación en que la muestra fue hecha completamente al azar en el Sector 4.

Como segundo punto tenemos el análisis del número de pisos de las edificaciones, representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 42

Mapa de número de pisos de las edificaciones, en el Sector 4 del Barrio Solanda



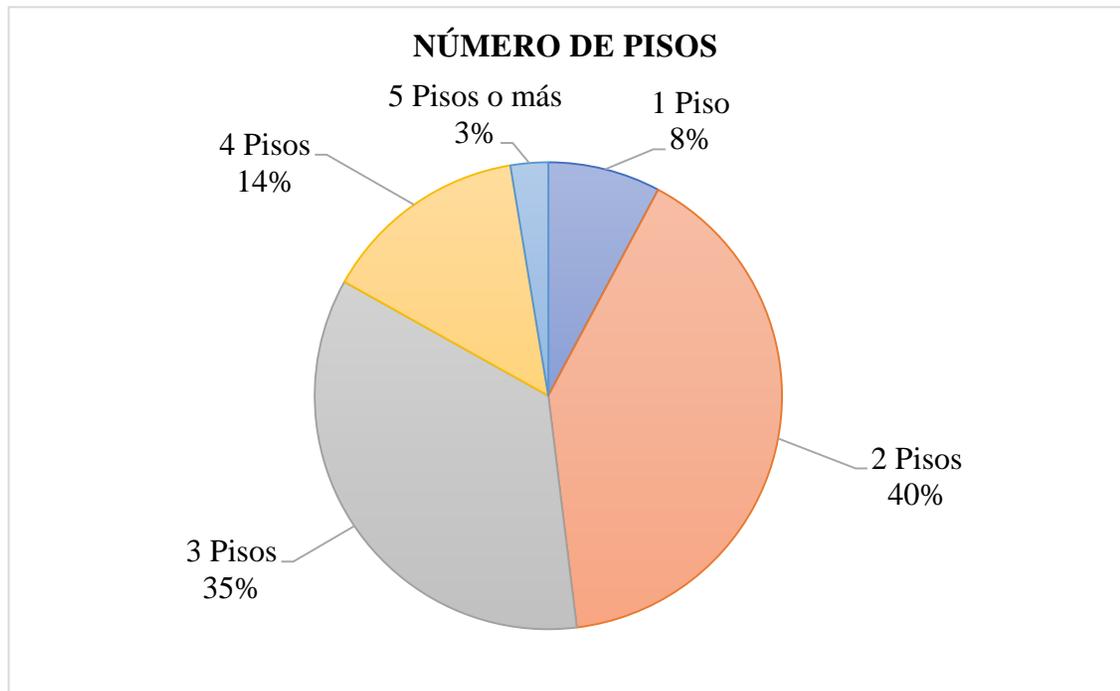
Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 42 se puede observar que ha predominado las viviendas de 2 y 3 pisos, en el Sector 4 del Barrio Solanda. A partir de la muestra se obtuvo como resultado que el 40% y el 35% de las construcciones son de 2 y 3 pisos, respectivamente. Sin embargo, y aunque en porcentajes más pequeños, también se evidenció viviendas de 4, 5 o más pisos. Esto es un problema, pues al existir el problema de piso blando en Solanda, genera que, a mayor altura de las viviendas, mayor será el peligro al que esta esté expuesta.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún mejor el número de pisos en las construcciones:

Figura 43

Diagrama de paste del número de pisos de las viviendas, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

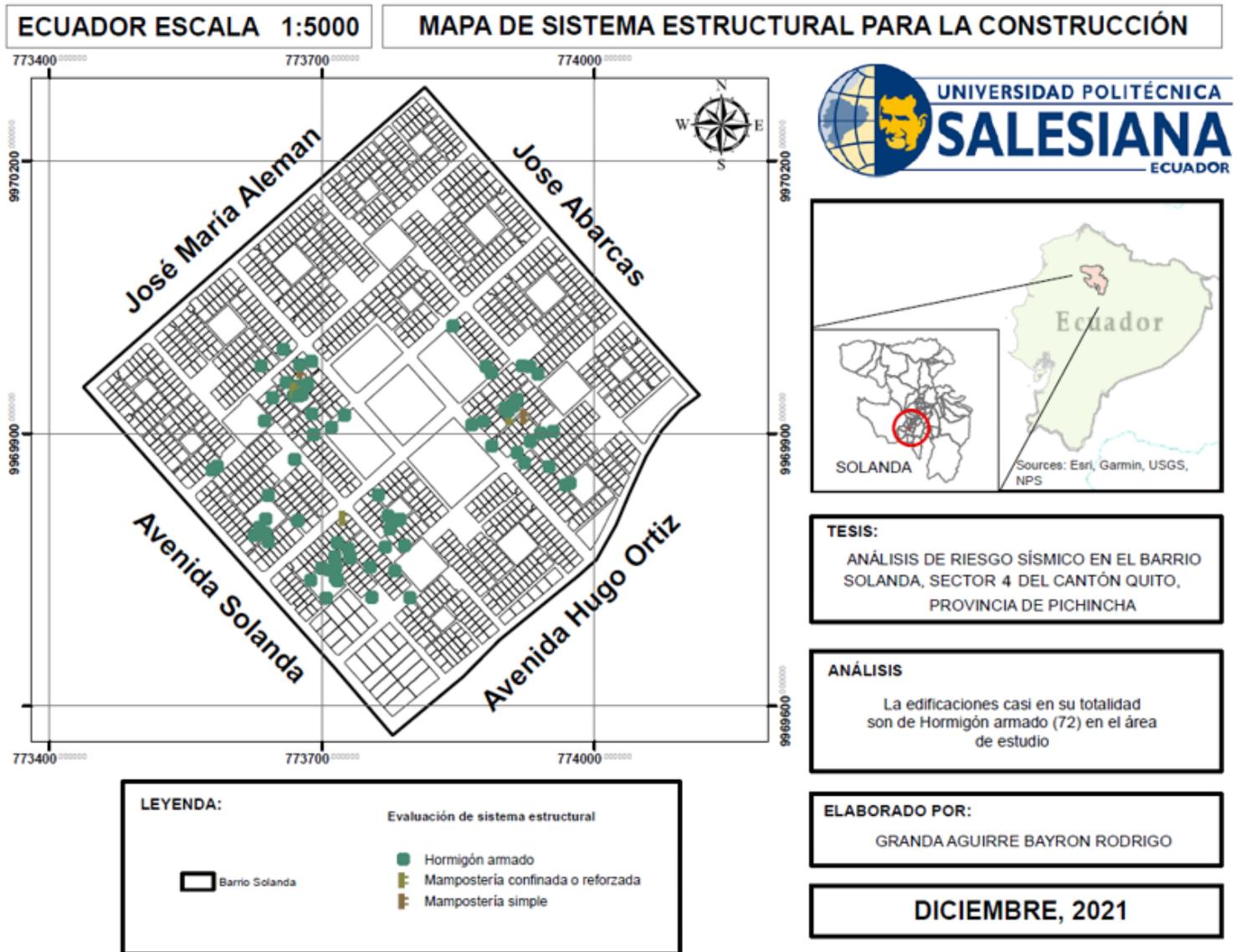
Como se observa en la figura 43, el 40% de las viviendas encuestadas muestran tener 2 pisos; seguidas del 35% que mostraron tener 3 pisos; el 14% fueron de 4 pisos; el 3% de 5 pisos o más y finalmente el 8% fueron de 1 piso.

De acuerdo a la investigación realizada por Aguaiza (2020) en el Sector 1 de Solanda para investigar el número de pisos de las edificaciones, encontró que el 42% de las edificaciones encuestadas fueron de 3 pisos, mientras que el 35% fueron de 2 pisos. Por ende, se evidencia similitud con los valores arrojados en la presente investigación para el Sector 4.

Como tercer punto tenemos el análisis sistema estructural de las edificaciones, representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 44

Mapa del sistema estructural de las edificaciones, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

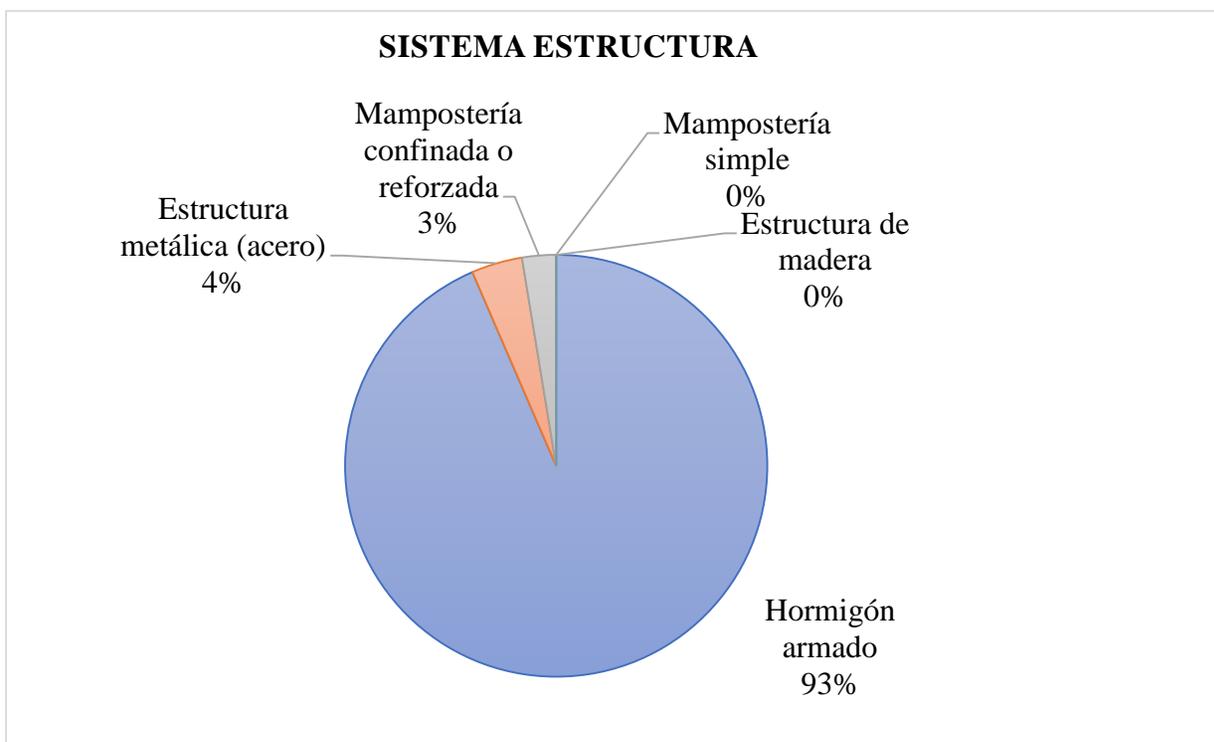
En el mapa de la figura 404 se puede observar que ha predominado el sistema estructural de hormigón armado en el Sector 4 del Barrio Solanda. A partir de la muestra se obtuvo como

resultado que el 93% de las construcciones son de hormigón armado. Esto es un aspecto positivo, pues este tipo de viviendas son más reforzadas en comparación a la construcción con sistemas estructurales de mampostería, mampostería simple o madera.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún mejor el sistema estructural en las construcciones:

Figura 45

Diagrama de pastel de la construcción de las Edificaciones formales con criterio profesional vs Edificaciones informales y/o artesanales, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

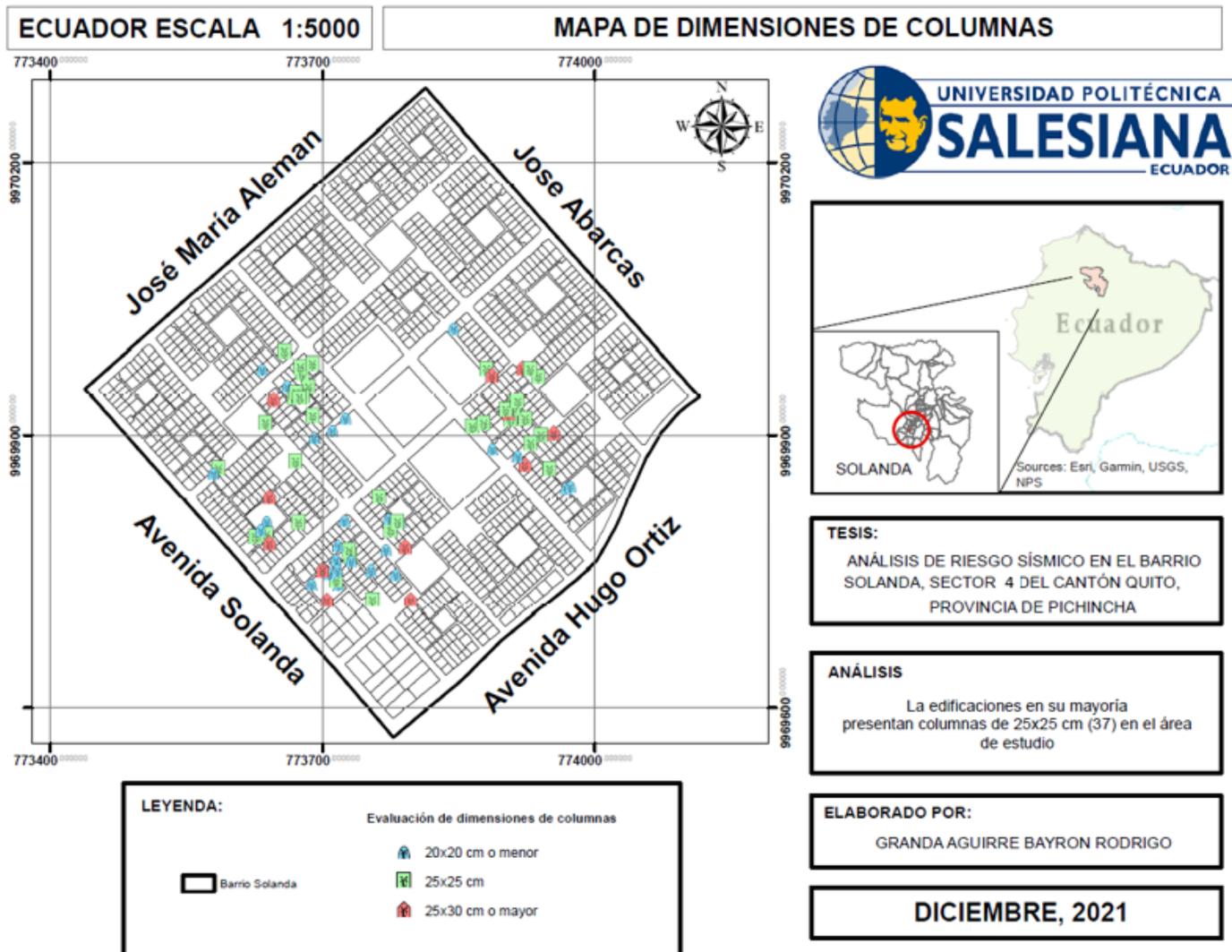
Como se observa en la figura 45, el 93% de las viviendas constan con un sistema estructural de hormigón armado, lo que refleja que es el material más utilizado en el Sector 4, del Barrio de Solanda. Se tiene con porcentajes menores al 5% a las estructuras metálicas (acero) y mampostería confinada o reforzada.

De acuerdo a la investigación realizada por Aguaiza (2020) en el Sector 1 de Solanda para investigar el sistema estructural de las edificaciones, encontró que casi el 100% de las edificaciones encuestadas fueron hormigón armado. Por ende, se evidencia similitud con los valores arrojados en la presente investigación para el Sector 4.

Como cuarto punto tenemos el análisis de las dimensiones de las columnas de las edificaciones, representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 46

Mapa de las dimensiones de las columnas de las edificaciones, en el Sector 4 del Barrio Solanda



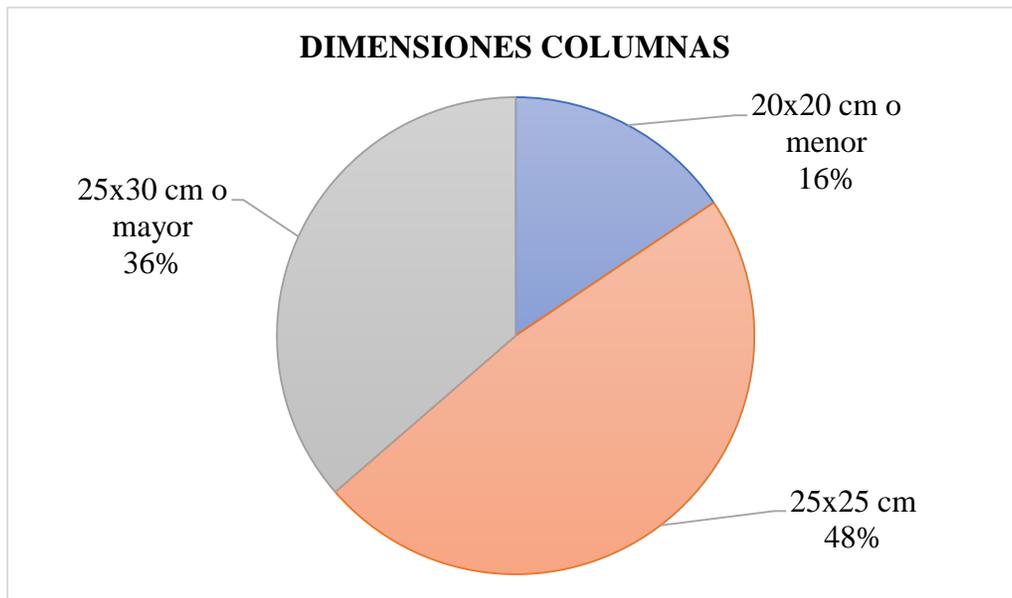
Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 46 se puede observar que ha predominado las dimensiones de columnas de 25x25 cm, en el Sector 4 del Barrio Solanda. A partir de la muestra se obtuvo como resultado que el 48% de las columnas son de 25x25 cm. Esto es un aspecto positivo, pues este tipo de viviendas son más reforzadas en comparación con las que tienen dimensiones de columnas de 20x20 cm o menor.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún mejor las dimensiones de las columnas en las construcciones:

Figura 47

Diagrama de pastel dimensiones de las columnas de las edificaciones, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

Como se observa en la figura 47, el 48% de las viviendas constan con dimensiones de columnas de 25x25 cm, lo que refleja que son las columnas más usadas en las construcciones en el Sector 4, del Barrio de Solanda. Por otro lado, el 36% muestra tener columnas de 25x30

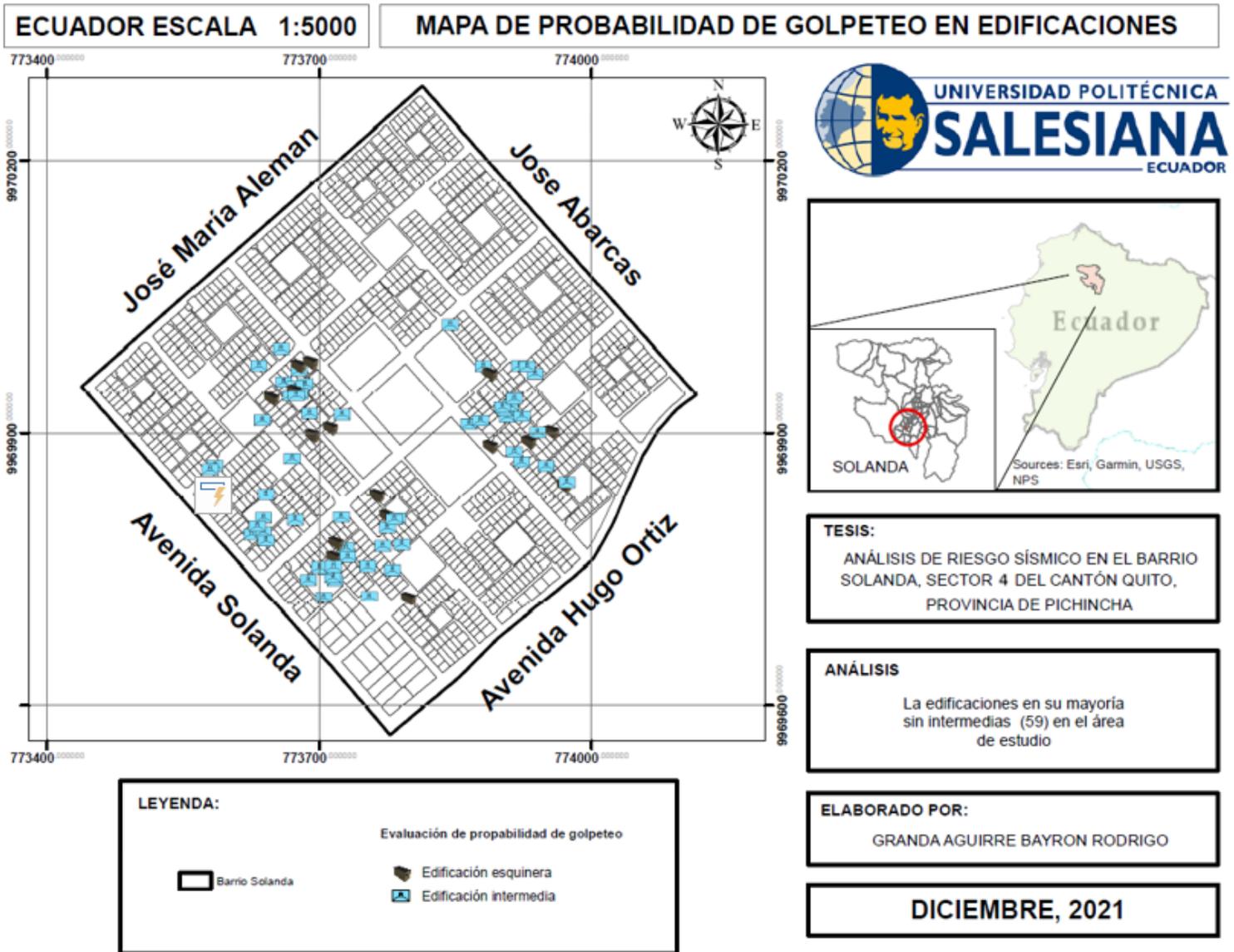
cm o mayor. Finalmente, con porcentajes menores al 16%, se evidenció viviendas con dimensiones de columnas de 20x20 cm o menos a ellas.

De acuerdo a la investigación realizada por Aguaiza (2020) en el Sector 1 de Solanda para investigar el sistema estructural de las edificaciones, encontró 55% de las edificaciones encuestadas constaron de dimensiones de 25x25 cm. Por ende, se evidencia similitud con los valores arrojados en la presente investigación para el Sector 4.

Como quinto punto tenemos el análisis de la probabilidad de golpeteo de las edificaciones, representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 48

Mapa de la probabilidad de golpeteo de las edificaciones, en el Sector 4 del Barrio Solanda



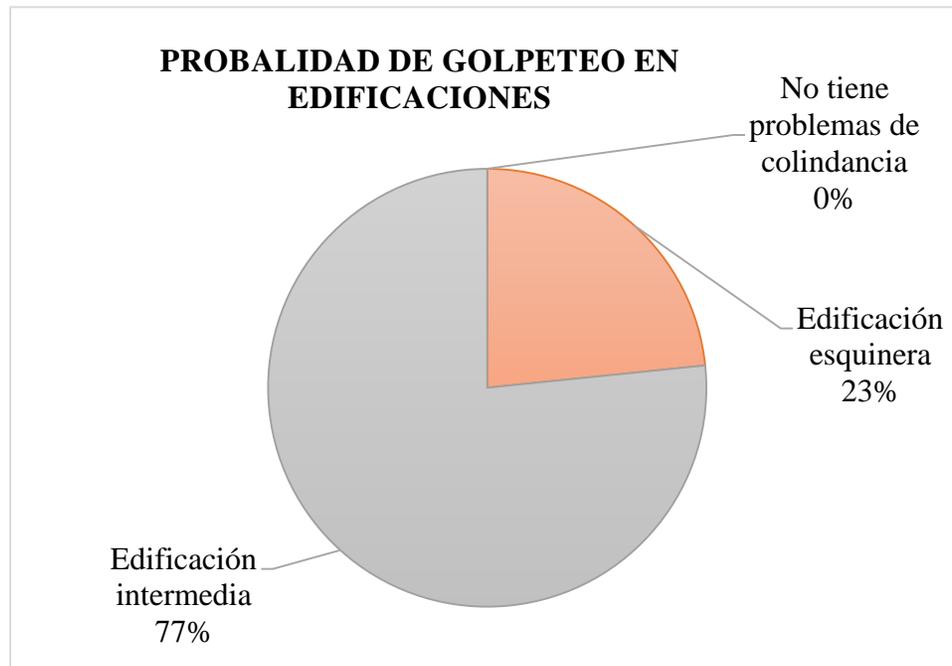
Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 48 se puede observar que ha predominado el golpeteo en edificaciones intermedias colindantes entre sí con un porcentaje del 77%, en el Sector 4 del Barrio Solanda. Este problema se da entre estructuras colindantes y adyacentes, en el caso de un eventual sismo provocará; por ende, cada estructura al presentar su propia rigidez y masa, da como resultado que los desplazamientos máximos con periodos de vibración sean distintos.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún la problemática de la probabilidad de golpeteo en las edificaciones:

Figura 49

Diagrama de pastel de la probabilidad de golpeteo de las edificaciones, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

Como se observa en la figura 49, el 77% de las edificaciones son intermedias. Por otro lado, el 23% muestran ser edificaciones esquineras. Finalmente, con un porcentaje del 0%, no se evidenciaron edificaciones que no tengan problemas de colindancia

De acuerdo a la investigación realizada por Aguaiza (2020) en el Sector 1 de Solanda para investigar los problemas de golpeteo en de las edificaciones, encontró que 85% de las edificaciones encuestadas fueron de edificaciones intermedias. Por ende, se evidencia similitud con los valores arrojados en la presente investigación para el Sector 4.

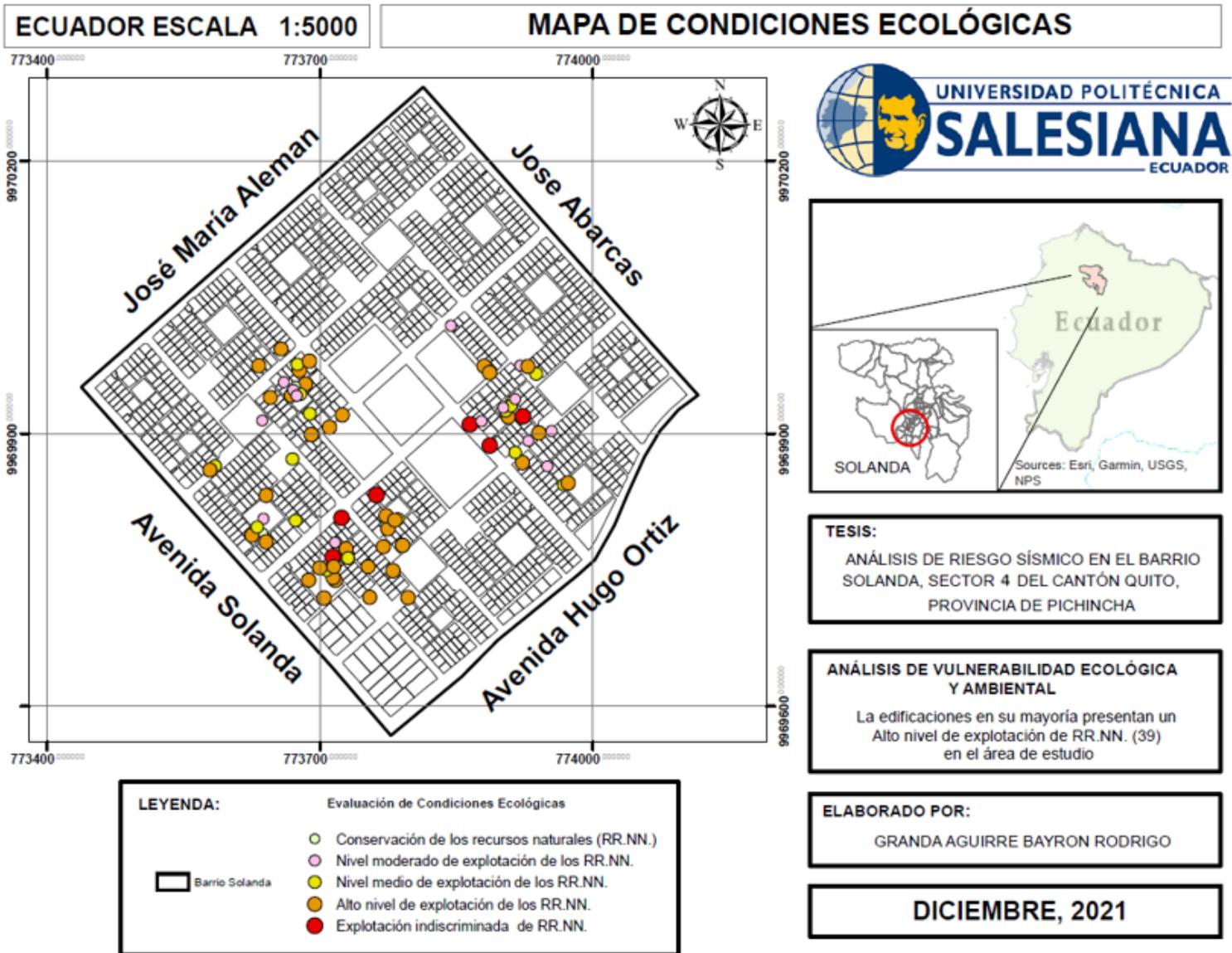
Cabe mencionar que, dentro de la investigación se encontraron otros problemas con las edificaciones, como lo es que el 66% de las edificaciones no coinciden con las columnas de las viviendas contiguas, además de presentan problemas de columna corta.

Por otro lado, cabe recalcar que el valor obtenido en el análisis de la vulnerabilidad global en el Sector 4 del Barrio Solanda, fue de 64.66 %. Es decir que, el Sector se encuentra un nivel de vulnerabilidad Alto (A), lo cual es alarmante debido a que, los habitantes no toman plena conciencia de la vulnerabilidad al cual están inmersos. Es por esta razón que a continuación se analizará más a profundidad las variables que definen la magnitud de la vulnerabilidad.

Como primer punto tenemos el análisis de vulnerabilidad ecológica y ambiental, a través de las condiciones ecológicas vividas en el Sector 4 del Barrio Solanda, representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 50

Mapa de la vulnerabilidad ecológica y ambiental, a través de las condiciones ecológicas, en el Sector 4 del Barrio Solanda



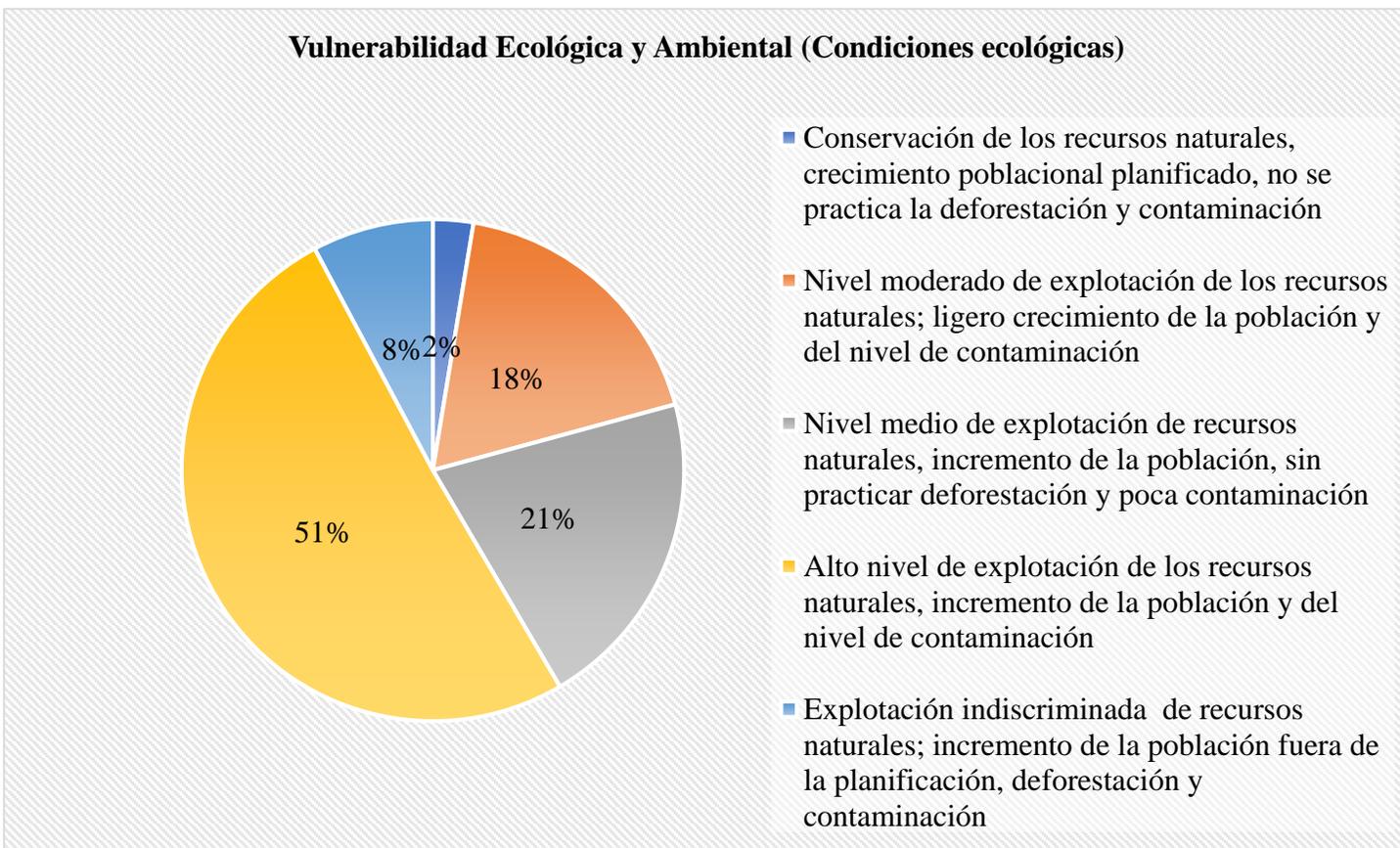
Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 50 se puede observar los encuestados son conscientes que ha predominado un alto nivel de explotación de recursos naturales, incremento de la población y nivel de la contaminación con un valor del 51%, en el Sector 4 del Barrio Solanda. Esto evidencia una falta de planificación territorial por parte de las autoridades, mostrada a través de la deforestación abrupta, el crecimiento poblacional desmesurado y la pronta contaminación del Sector.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún mejor la vulnerabilidad ecológica y ambiental, reflejada en las condiciones ecológicas del Sector 4 del Barrio Solanda:

Figura 51

Diagrama de pastel de la vulnerabilidad ecológica y ambiental, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

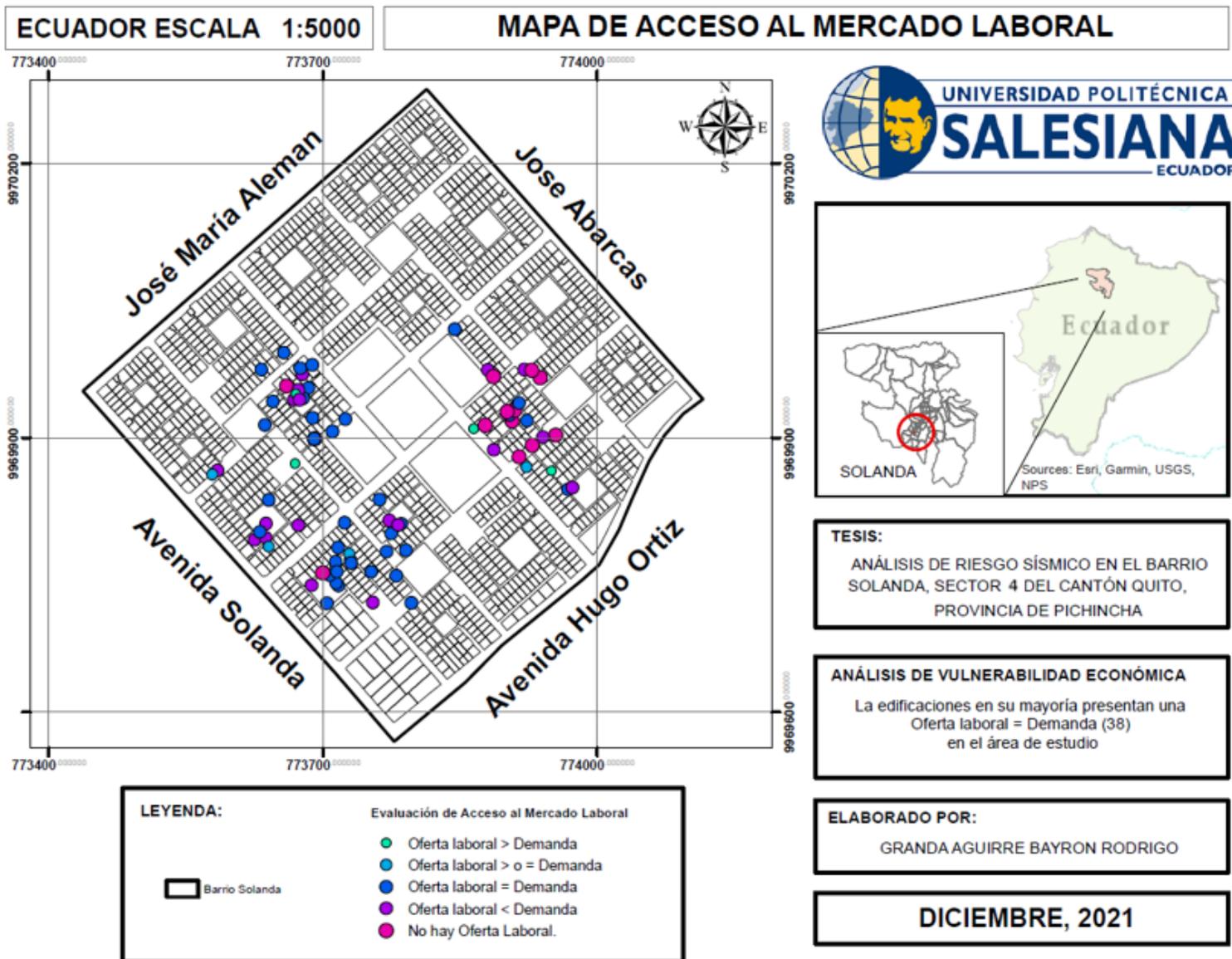
Como se observa en la figura 51, el 51% de los encuestados son conscientes que ha existido un alto nivel de explotación de los recursos naturales, incremento de la población y nivel de la contaminación en el Sector 4, del Barrio de Solanda. Por otro lado, el 21% menciona que el nivel medio de explotación ha sido medio; el 18% un nivel moderado y finalmente menos del 10% son conscientes de la explotación indiscriminada de los recursos naturales, un incremento de la población fuera de la planificación, deforestación y contaminación.

De acuerdo a la investigación realizada por Bucheli & Realpe (2018) mencionan que, originalmente las viviendas a ser entregadas en Solanda inicialmente alojarían a 5.407 familias, con una población total de 32.652 habitantes. Para el año 1990 la población era de 22.361 personas; hoy en día se evidencia una población aproximada de 145.007 habitantes, confirmando el nivel alto de explotación de recursos naturales, población fuera de planificación y contaminación.

Como segundo punto tenemos el análisis de vulnerabilidad económica, a través de las condiciones de acceso al mercado laboral en el Sector 4 del Barrio Solanda, representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 52

Mapa de la vulnerabilidad económica, a través del acceso al mercado laboral, en el Sector 4 del Barrio Solanda



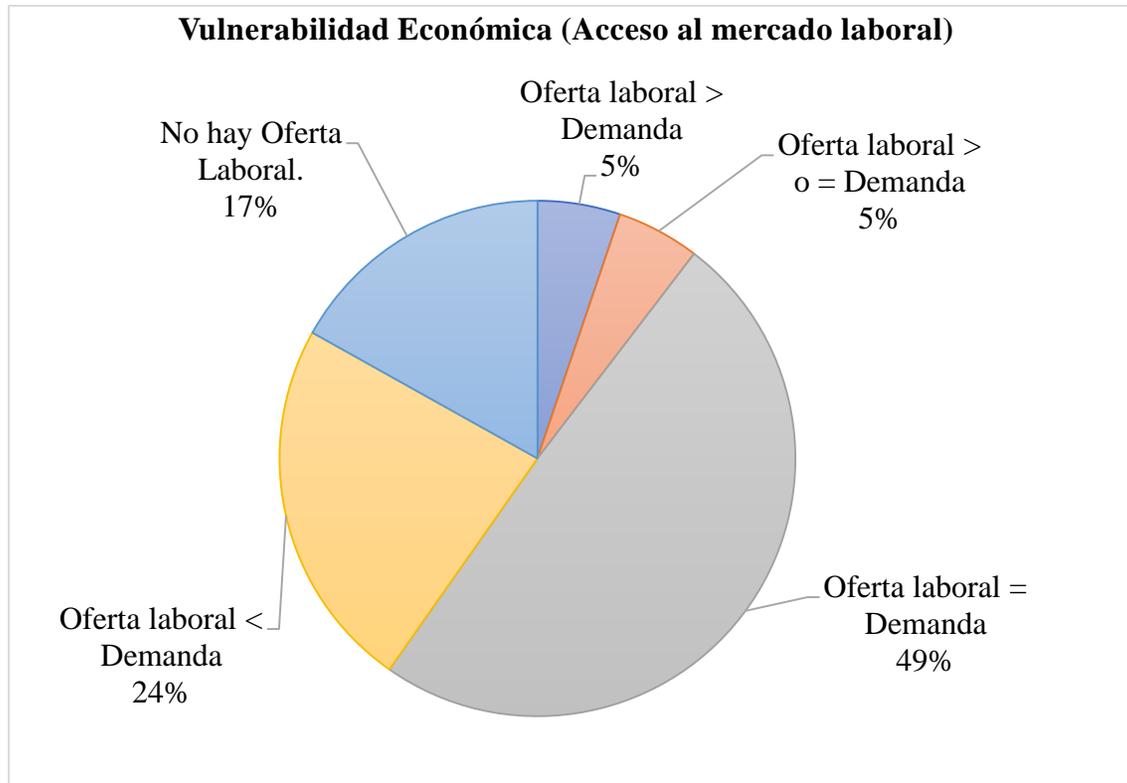
Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 52 se puede observar que un 49% de los encuestados mencionan que la oferta laboral es igual a la demanda, en el Sector 4 del Barrio Solanda.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún mejor la vulnerabilidad económica, reflejada en la evaluación del acceso al mercado laboral Sector 4 del Barrio Solanda:

Figura 53

Diagrama de pastel de la vulnerabilidad económica, reflejada en la evaluación del acceso al mercado laboral, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

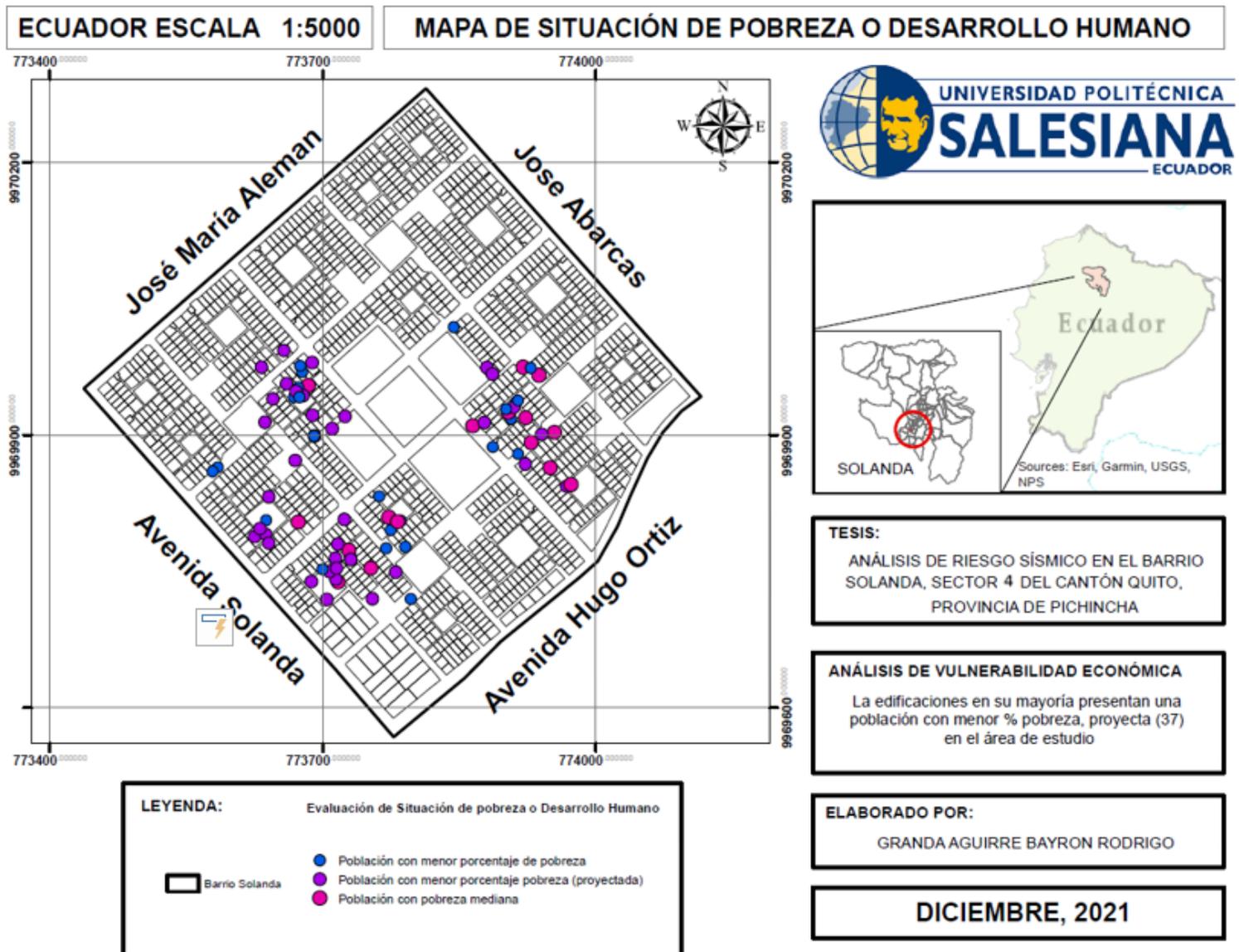
Como se observa en la figura 54, el 49% de los encuestados mencionan que la oferta laboral es igual a la demanda; un 24% menciona que la oferta laboral es menor que la demanda y un 17% menciona que no existe oferta laboral. Cabe mencionar que Solanda es una zona altamente comercial, por lo cual existen altas plazas de trabajo; sin embargo, su alta densidad poblacional, sumado a las inmigraciones de ciudadanos venezolanos, han hecho que se reduzcan considerablemente las plazas de trabajo.

No se encontraron documentos ni autores que hayan determinado la vulnerabilidad económica, a través de la evaluación del acceso al mercado laboral en Solanda.

Como tercer punto tenemos el análisis de vulnerabilidad económica, a través de la situación de pobreza o desarrollo humano en el Sector 4 del Barrio Solanda, representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 54

Mapa de la vulnerabilidad económica, a través de la situación de pobreza o desarrollo humano, en el Sector 4 del Barrio Solanda



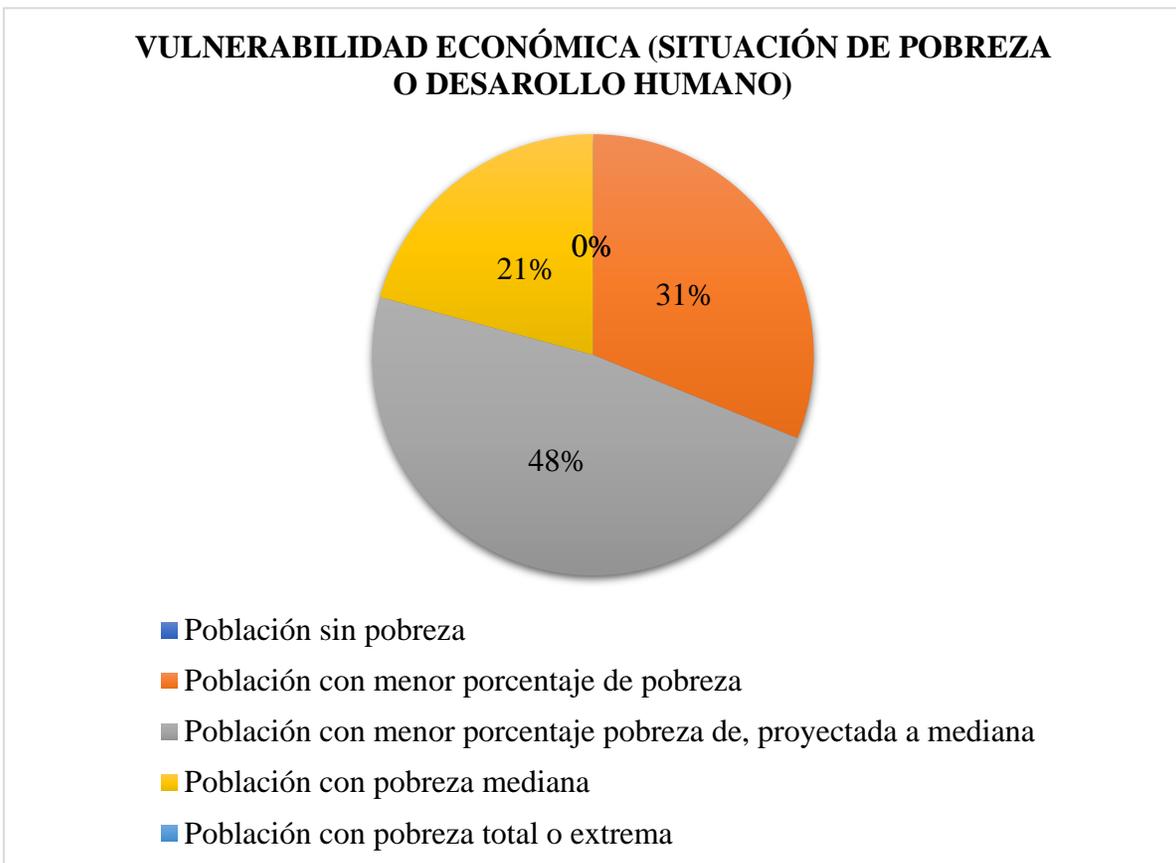
Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 54 se puede observar que un 48% de los encuestados mencionan que la población refleja un menor porcentaje de pobreza, proyectada a mediana, en el Sector 4 del Barrio Solanda.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún mejor la vulnerabilidad económica, reflejada a través de la situación de pobreza o desarrollo humano en el Sector 4 del Barrio Solanda:

Figura 55

Diagrama de pastel de la vulnerabilidad económica, reflejada en la de la situación de pobreza o desarrollo humano en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

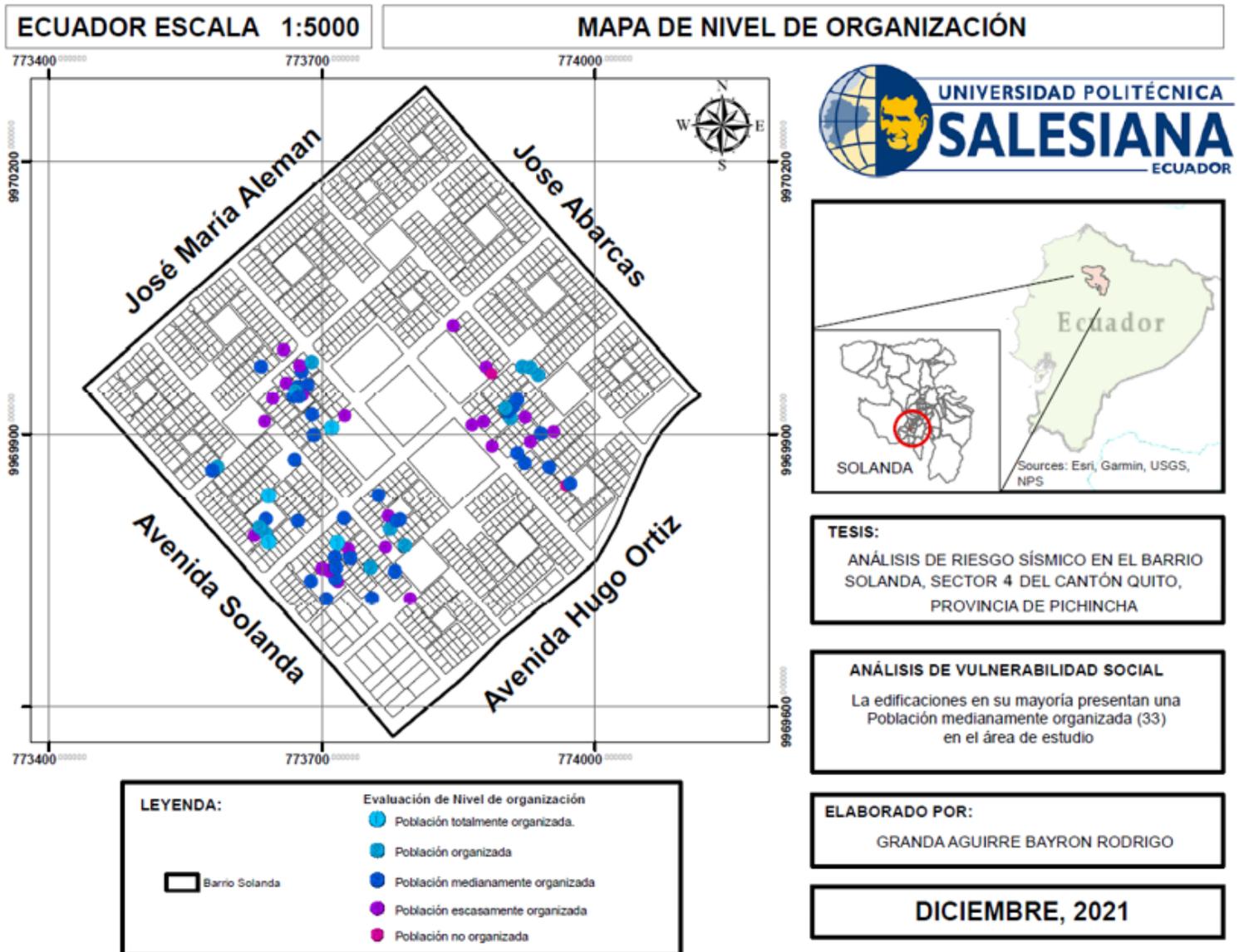
Como se observa en la figura 55, el 48% de los encuestados mencionan que la población tiene un porcentaje menor de pobreza, proyectada a mediana; el 31% menciona que la población tiene un menor porcentaje de pobreza y el 21% con una población de pobreza mediana.

No se encontraron documentos ni autores que hayan determinado la vulnerabilidad social, a través de la evaluación del grado de relación entre instituciones y organizaciones locales.

Como cuarto punto tenemos el análisis de vulnerabilidad económica, a través de la evaluación del nivel de organización de los pobladores del Sector 4 del Barrio Solanda, representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 56

Mapa de la vulnerabilidad social, a través de la evaluación del nivel de organización de los pobladores, en el Sector 4 del Barrio Solanda



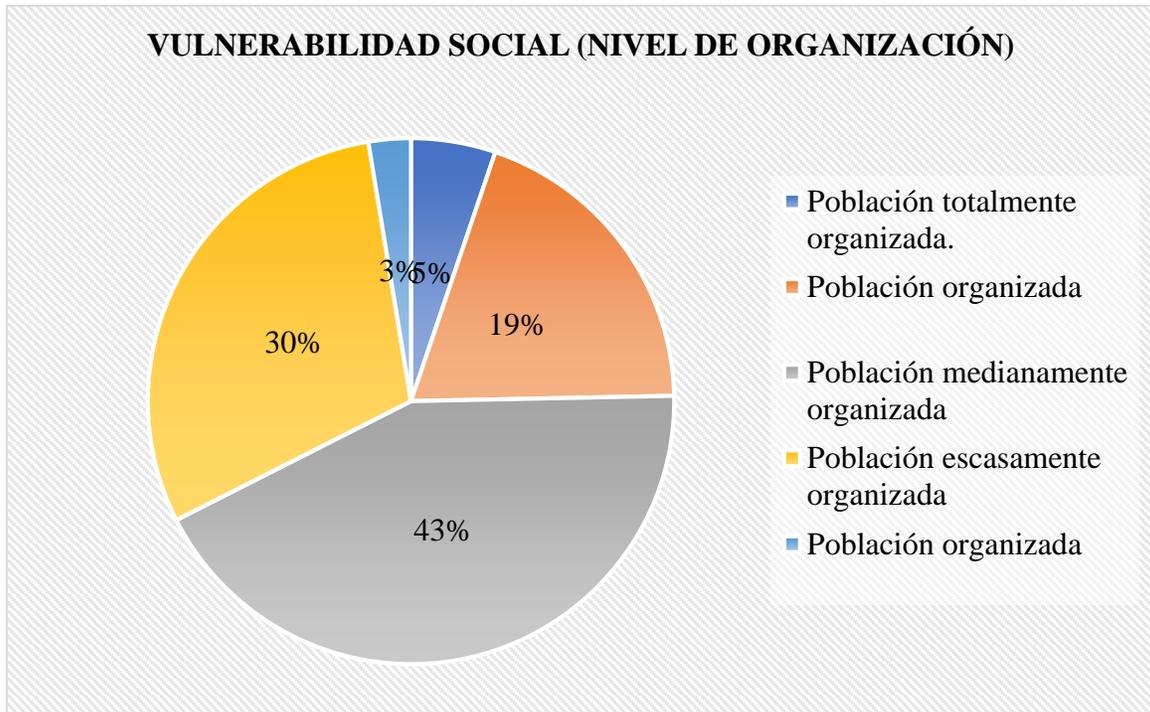
Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 56 se puede observar que un 43% de los encuestados mencionan que la población refleja una mediana organización, en el Sector 4 del Barrio Solanda.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún mejor la vulnerabilidad social, a través de la evaluación del nivel de organización de los pobladores, en el Sector 4 del Barrio Solanda:

Figura 57

Diagrama de pastel de la vulnerabilidad social, reflejada en la evaluación del nivel de organización de los pobladores en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

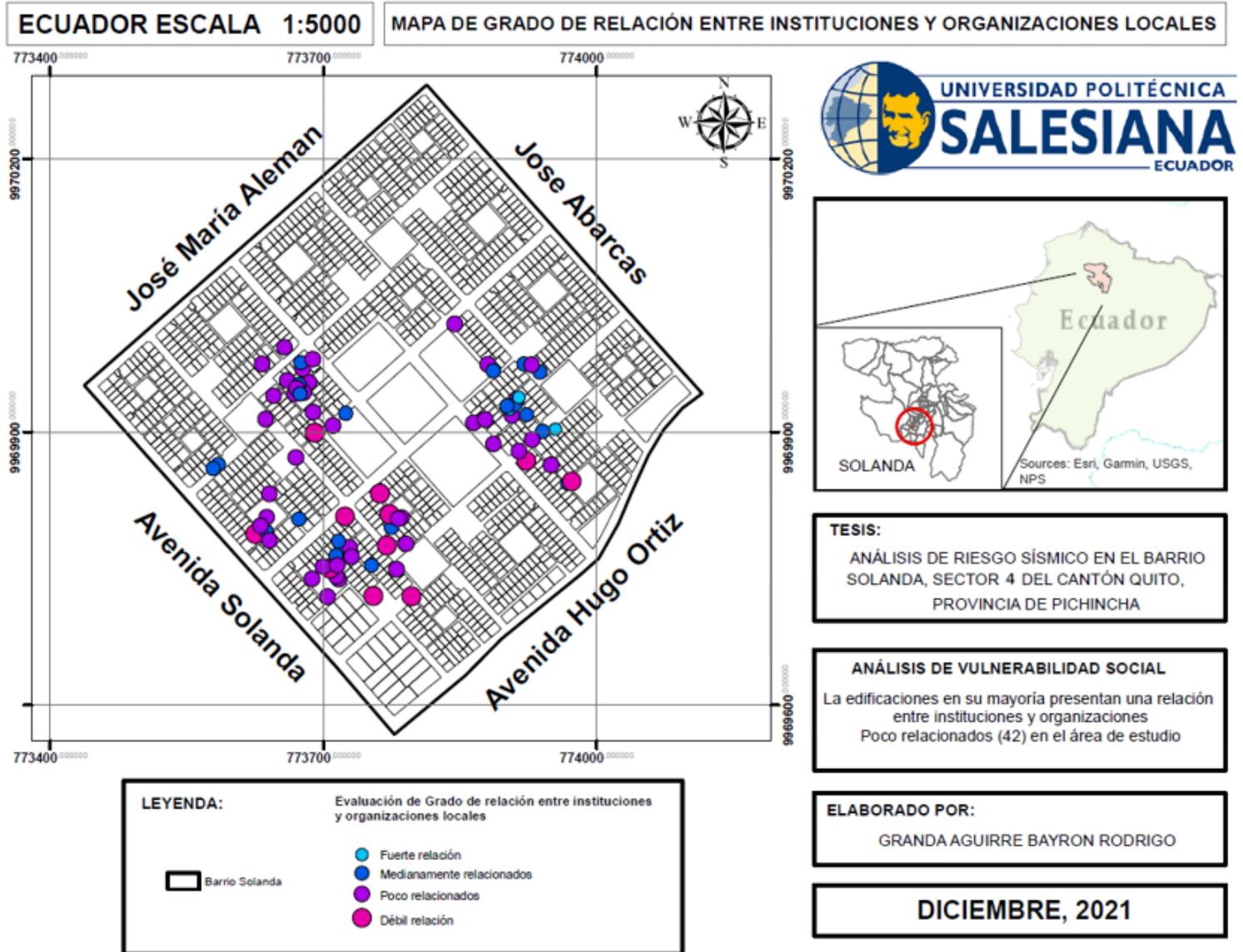
Como se observa en la figura 57, el 43% de los encuestados mencionan que la población es medianamente organizada, un 30 % que es escasamente organizada, un 19% que es organizada y menos del 8% que es organizada.

De acuerdo a la investigación realizada por Aguaiza (2020) en el Sector 1 de Solanda, encontró que 57% de la población menciona ser organizada. Por ende, se evidencia similitud con los valores arrojados en la presente investigación para el Sector 4.

Como quinto punto tenemos el análisis de vulnerabilidad social, a través de la evaluación del grado de relación entre instituciones y organizaciones locales en el Sector 4 del Barrio Solanda, representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 58

Mapa de la vulnerabilidad social, a través de la evaluación del grado de relación entre instituciones y organizaciones locales, en el Sector 4 del Barrio Solanda



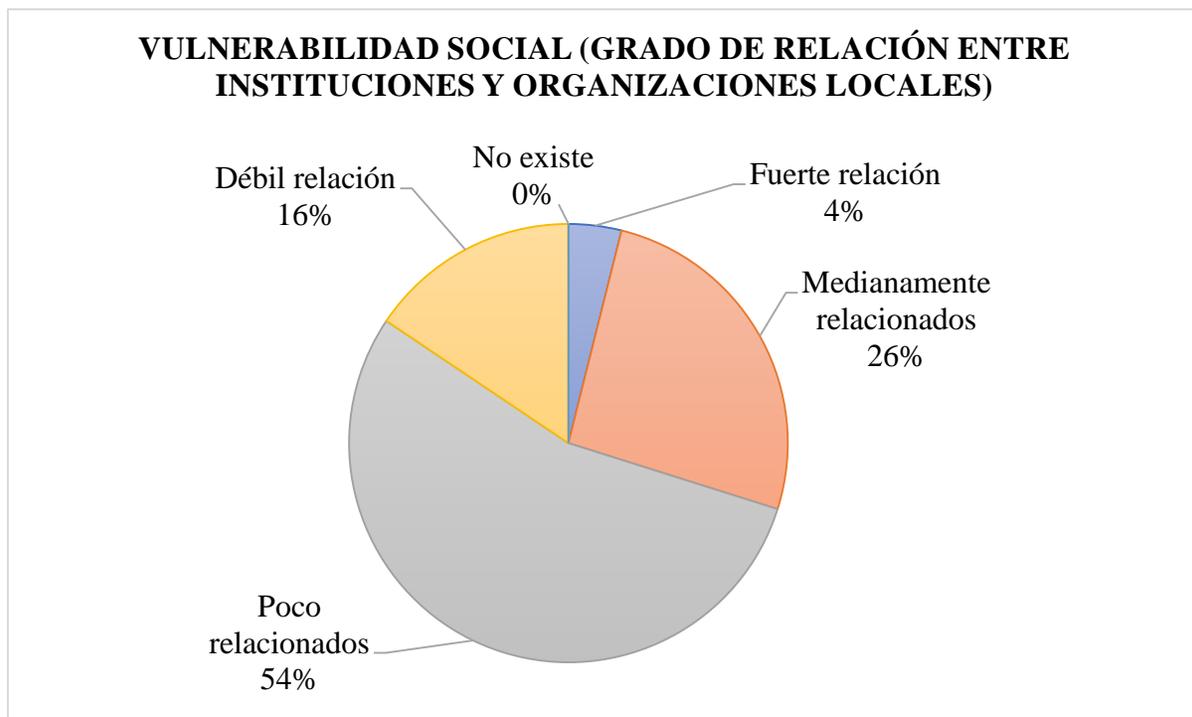
Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 58 se puede observar que un 54% de los encuestados mencionan que la población tiene una poca relación entre instituciones locales y organizaciones locales, en el Sector 4 del Barrio Solanda.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún mejor la vulnerabilidad social, a través de la evaluación del grado de relación entre instituciones y organizaciones locales, en el Sector 4 del Barrio Solanda:

Figura 59

Diagrama de pastel de la vulnerabilidad social, a través de la evaluación del grado de relación entre instituciones y organizaciones locales en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

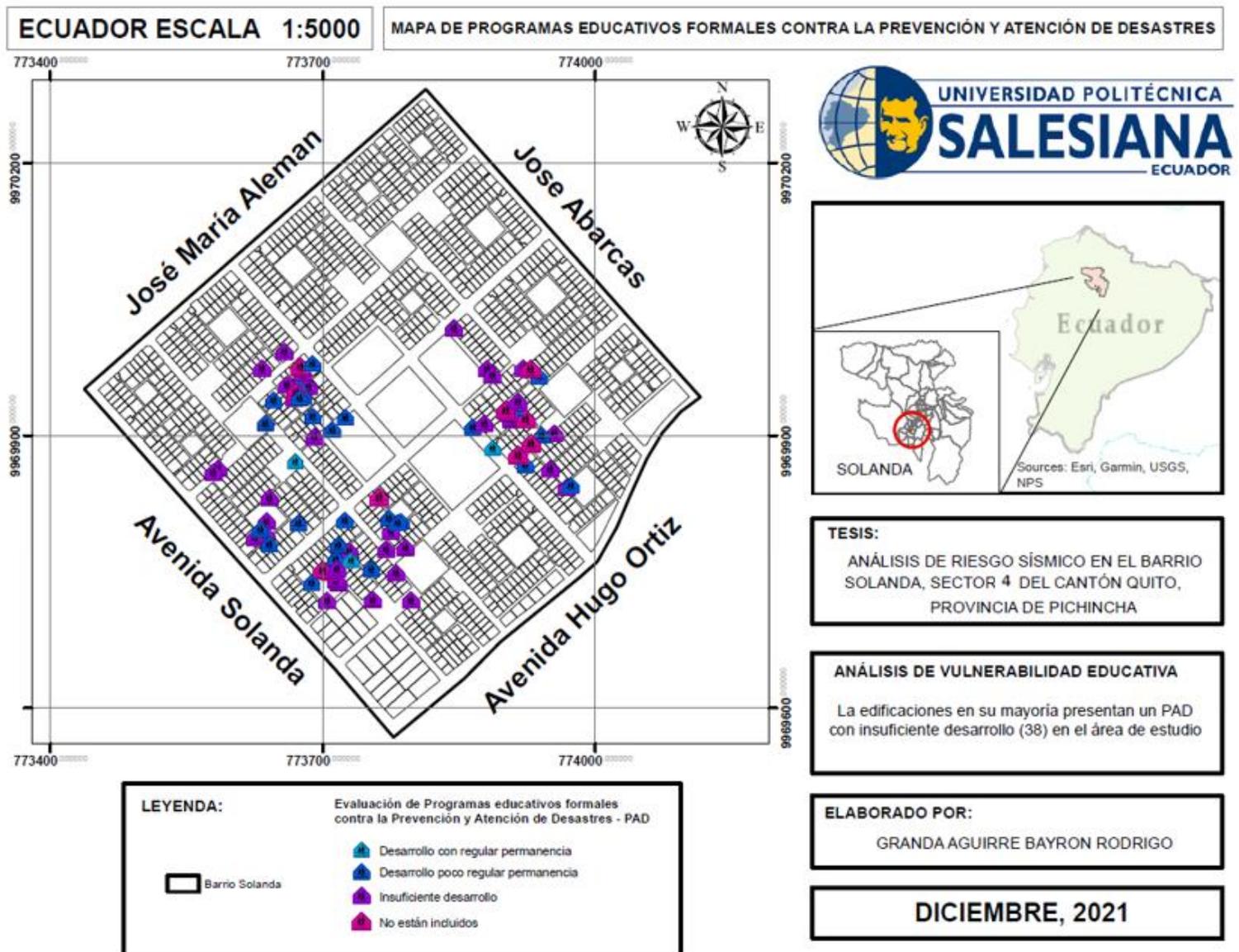
Como se observa en la figura 59, el 54% de los encuestados mencionan tener poca relación entre el grado entre instituciones y organizaciones locales, el 26% menciona estar medianamente relacionados y menos del 20% menciona prácticamente no tener relación alguna.

No se encontraron documentos ni autores que hayan determinado la vulnerabilidad social, a través de la evaluación del grado de relación entre instituciones y organizaciones locales.

Como sexto punto tenemos el análisis de Vulnerabilidad Educativa, a través de la evaluación de Programas educativos formales contra la Prevención y Atención de Desastres - PAD en el Sector 4 del Barrio Solanda, representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 60

Mapa de la vulnerabilidad educativa, a través de la evaluación de Programas educativos formales contra la Prevención y Atención de Desastres - PAD, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

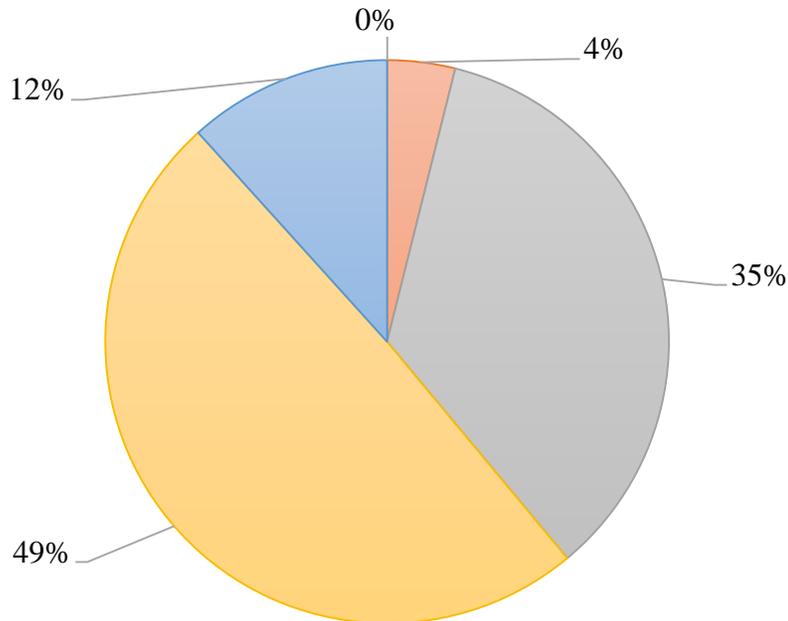
En el mapa de la figura 60 se puede observar que un 49% de los encuestados mencionan que ha existido un insuficiente desarrollo de temas sobre prevención de desastres por parte de las autoridades, en el Sector 4 del Barrio Solanda.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún mejor la Vulnerabilidad Educativa, a través de la evaluación de Programas educativos formales contra la Prevención y Atención de Desastres - PAD en el Sector 4 del Barrio Solanda, en el Sector 4 del Barrio Solanda:

Figura 61

Diagrama de pastel de la vulnerabilidad educativa, a través de la evaluación de Programas educativos formales contra la Prevención y Atención de Desastres - PAD en el Sector 4 del Barrio Solanda

VULNERABILIDAD EDUCATIVA (PROGRAMAS EDUCATIVOS FORMALES CONTRA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES-PAD)



- Desarrollo permanente de temas relacionados con prevención de desastres
- Desarrollo con regular permanencia sobre temas de prevención de desastres
- Desarrollo poco regular permanencia sobre temas de prevención de desastres
- Insuficiente desarrollo de temas sobre prevención de desastres
- No están incluidos los temas de PAD en el desarrollo de programas educativos.

Elaborado por: El autor, 2022.

Como se observa en la figura 61, el 49% de los encuestados mencionan un insuficiente desarrollo de temas sobre la prevención del riesgo, un 35% un desarrollo con regular permanencia sobre estos temas, mientras que el 12% menciona que no están incluidos estos temas de PAD en el Sector. Esto evidencia una realidad de una población la cual no está

preparada ante un desastre sísmico, mucho menos posee un conocimiento sobre cómo actuar o sobre su situación de peligro actual.

No se encontraron documentos ni autores que hayan determinado la vulnerabilidad educativa, a través de la evaluación de Programas educativos formales contra la Prevención y Atención de Desastres – PAD en Solanda.

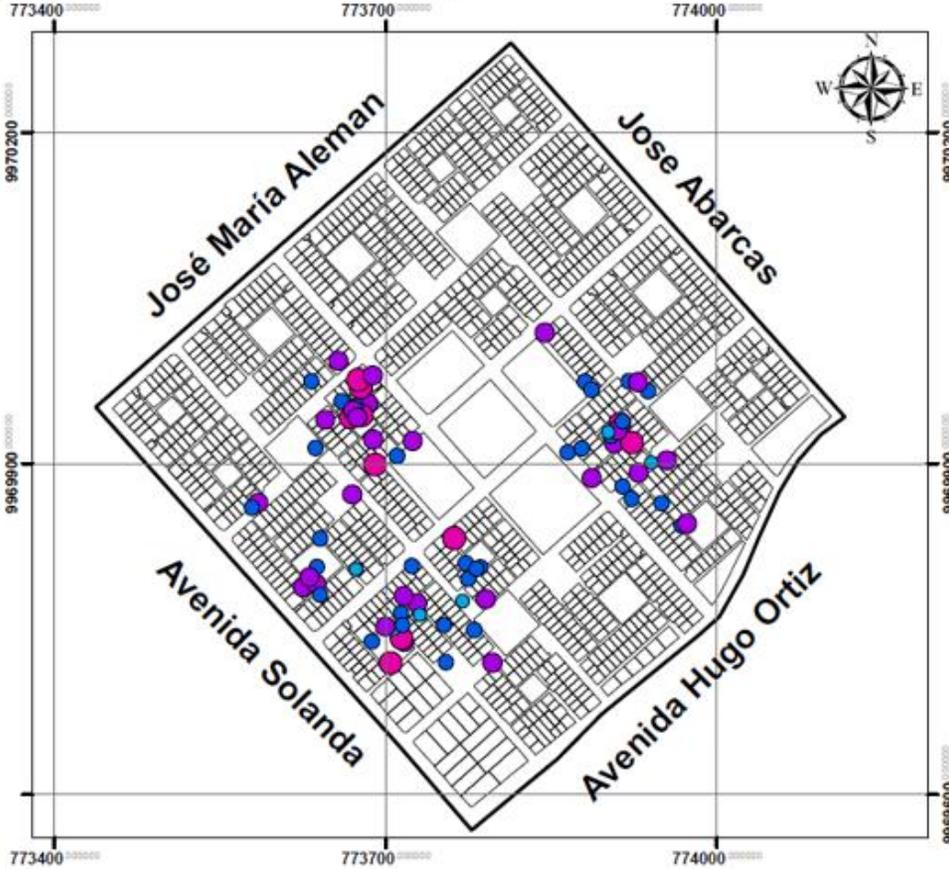
Como séptimo punto tenemos el análisis de Vulnerabilidad Educativa, a través de la evaluación del alcance de programas educativos sobre grupos estratégicos en el Sector 4 del Barrio Solanda, representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 62

Mapa de la vulnerabilidad educativa, a través del alcance de programas educativos sobre grupos estratégicos, en el Sector 4 del Barrio Solanda

ECUADOR ESCALA 1:5000

MAPA DE ALCANCE DE PROGRAMAS EDUCATIVOS SOBRE GRUPOS ESTRATÉGICOS



TESIS:

ANÁLISIS DE RIESGO SÍSMICO EN EL BARRIO SOLANDA, SECTOR 4 DEL CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA

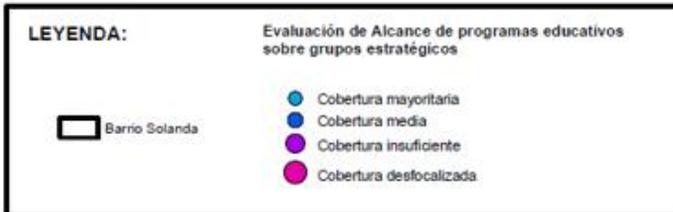
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD EDUCATIVA

La edificaciones en su mayoría presentan un alcance a programas educativos con Cobertura insuficiente (28) en el área de estudio

ELABORADO POR:

GRANDA AGUIRRE BAYRON RODRIGO

DICIEMBRE, 2021



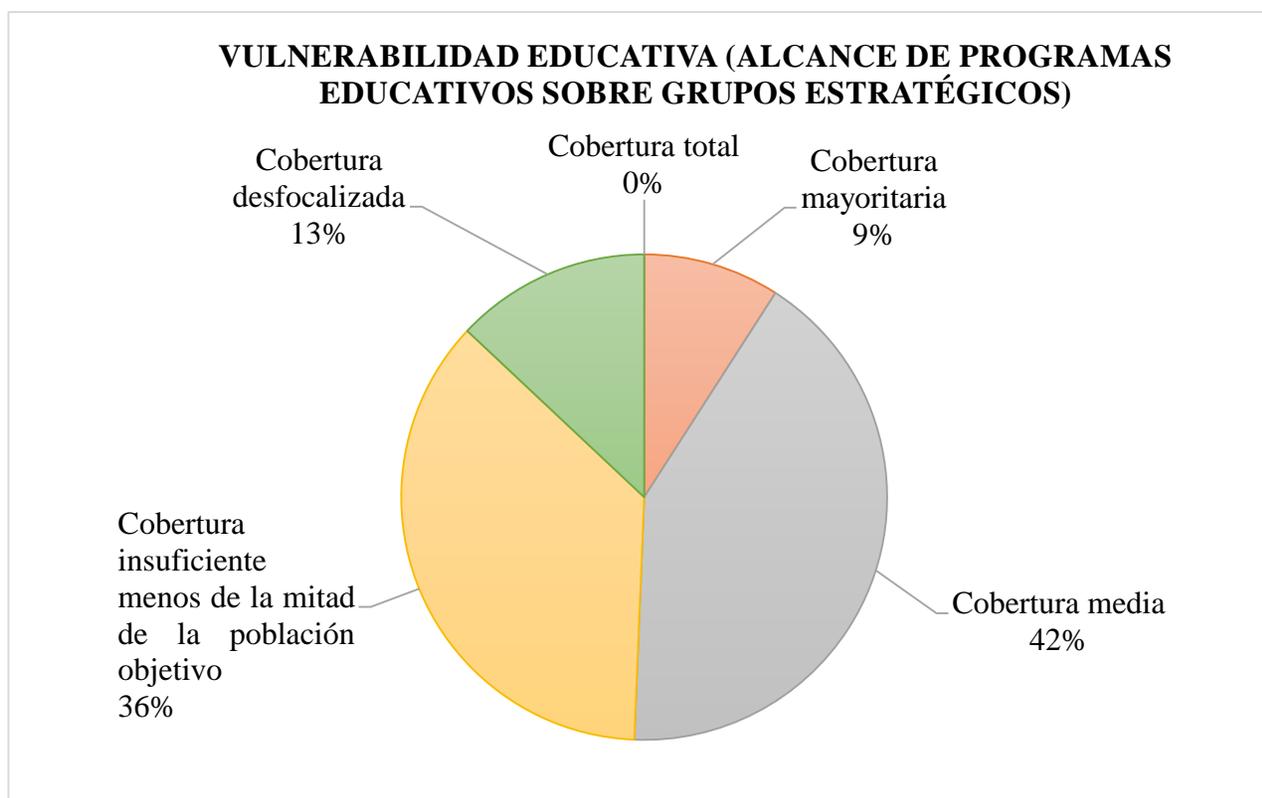
Elaborado por: El autor, 2022.

En la el mapa de la figura 62 se puede observar que un 42% de los encuestados mencionan que ha existido una cobertura media de programas educativos sobre grupos estratégicos como niños, ancianos, personas con alguna capacidad especial, entre otras personas, en el Sector 4 del Barrio Solanda.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún mejor la Vulnerabilidad Educativa, a través de la evaluación del alcance de programas educativos sobre grupos estratégicos en el Sector 4 del Barrio Solanda:

Figura 63

Diagrama de pastel de la vulnerabilidad educativa, a través de la evaluación del alcance de programas educativos sobre grupos estratégicos en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

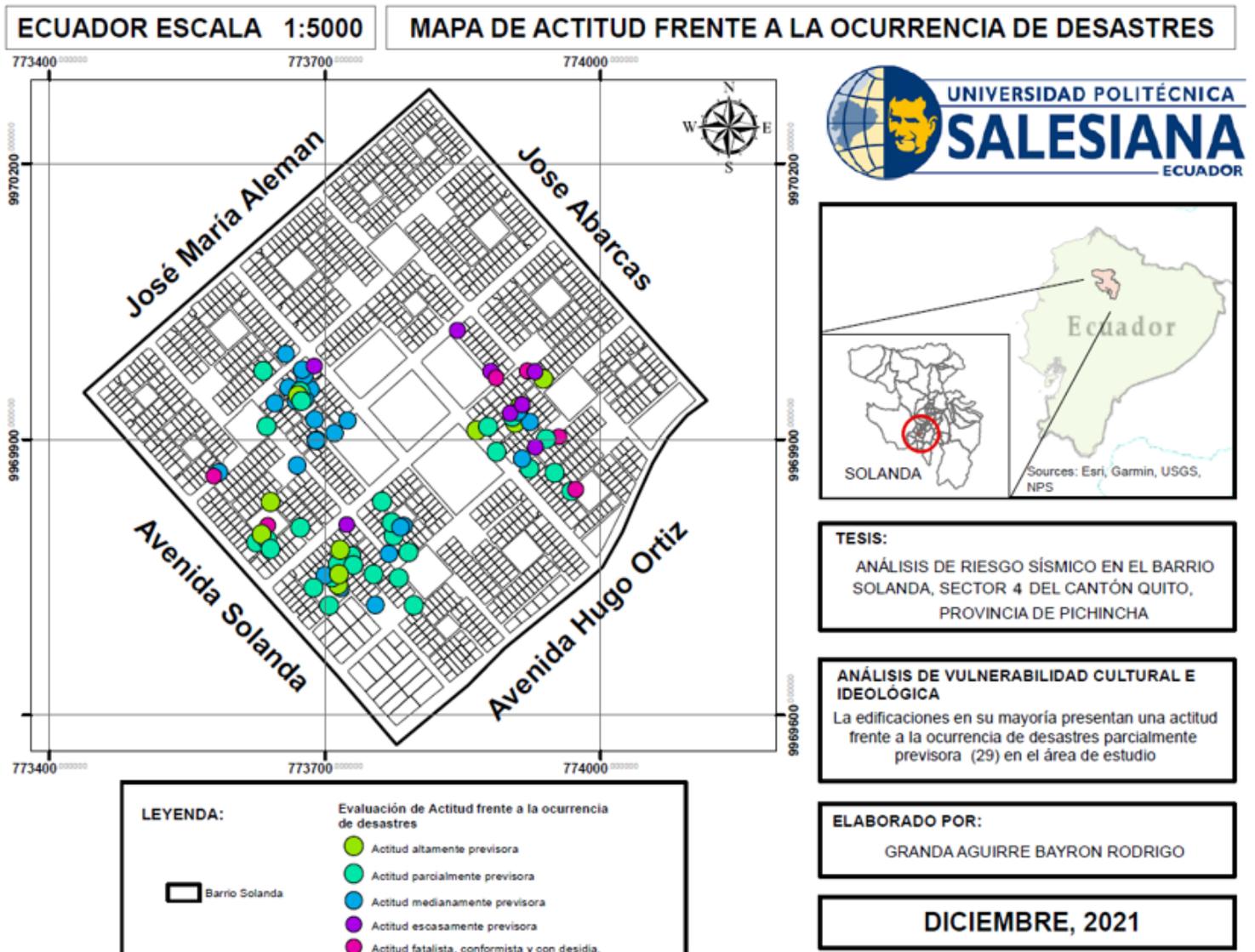
Como se observa en la figura 63, el 42% de los encuestados mencionan que existe una cobertura media del alcance de programas educativos sobre grupos estratégicos, siendo este porcentaje mayormente abarcados por niños; un 36% menciona que la cobertura es insuficiente, es decir que abarca a menos de la mitad de la población. El 13% menciona que la cobertura sobre estos grupos es totalmente desfocalizada.

No se encontraron documentos ni autores que hayan determinado la vulnerabilidad educativa, a través del alcance de programas educativos sobre grupos estratégicos en Solanda.

Como octavo punto tenemos el análisis de Vulnerabilidad Cultural e Ideológica, a través de la evaluación de la actitud de las personas frente a la ocurrencia de desastres en el Sector 4 del Barrio Solanda, representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 64

Mapa de la vulnerabilidad cultural e ideológica, a través de la evaluación de la actitud de las personas frente a la ocurrencia de desastres, en el Sector 4 del Barrio Solanda.



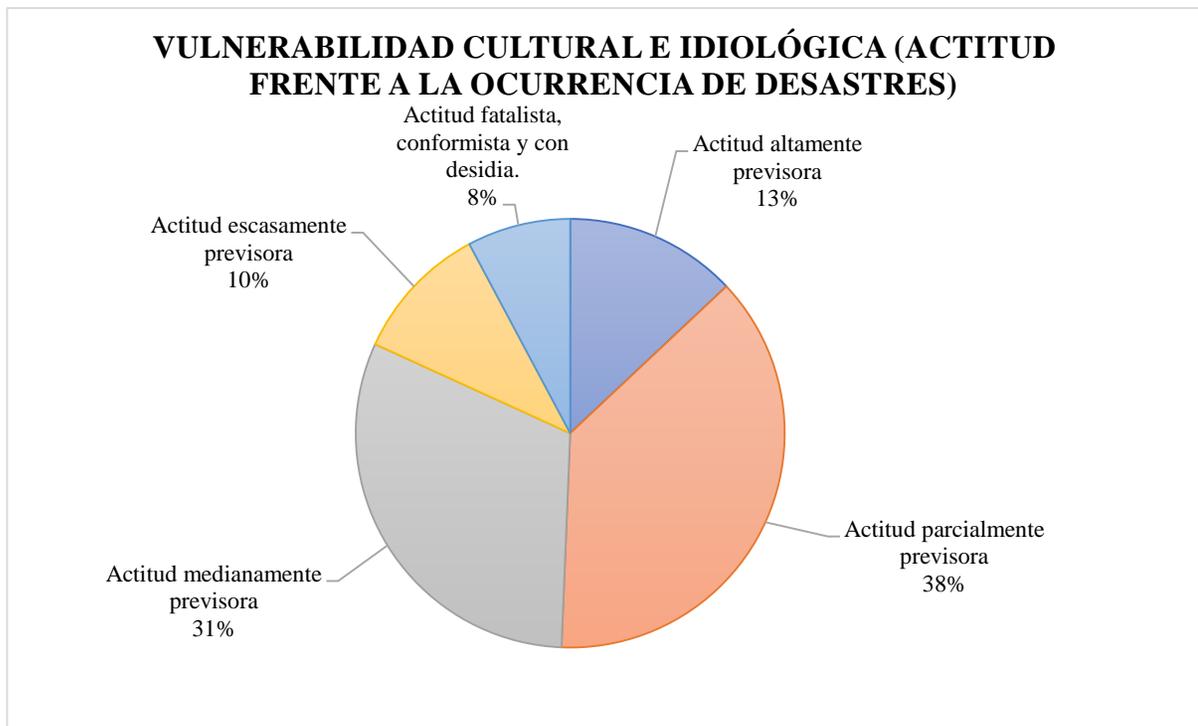
Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 64 se puede observar que un 38% de los encuestados mencionan tener una actitud parcialmente previsoras frente a la ocurrencia de un desastre, en el Sector 4 del Barrio Solanda.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún mejor la Vulnerabilidad Cultural e Ideológica, a través de la evaluación de la actitud de las personas frente a la ocurrencia de desastres, en el Sector 4 del Barrio Solanda:

Figura 65

Diagrama de pastel de la vulnerabilidad cultural e ideológica, a través de la evaluación de la actitud de las personas frente a la ocurrencia de desastres, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

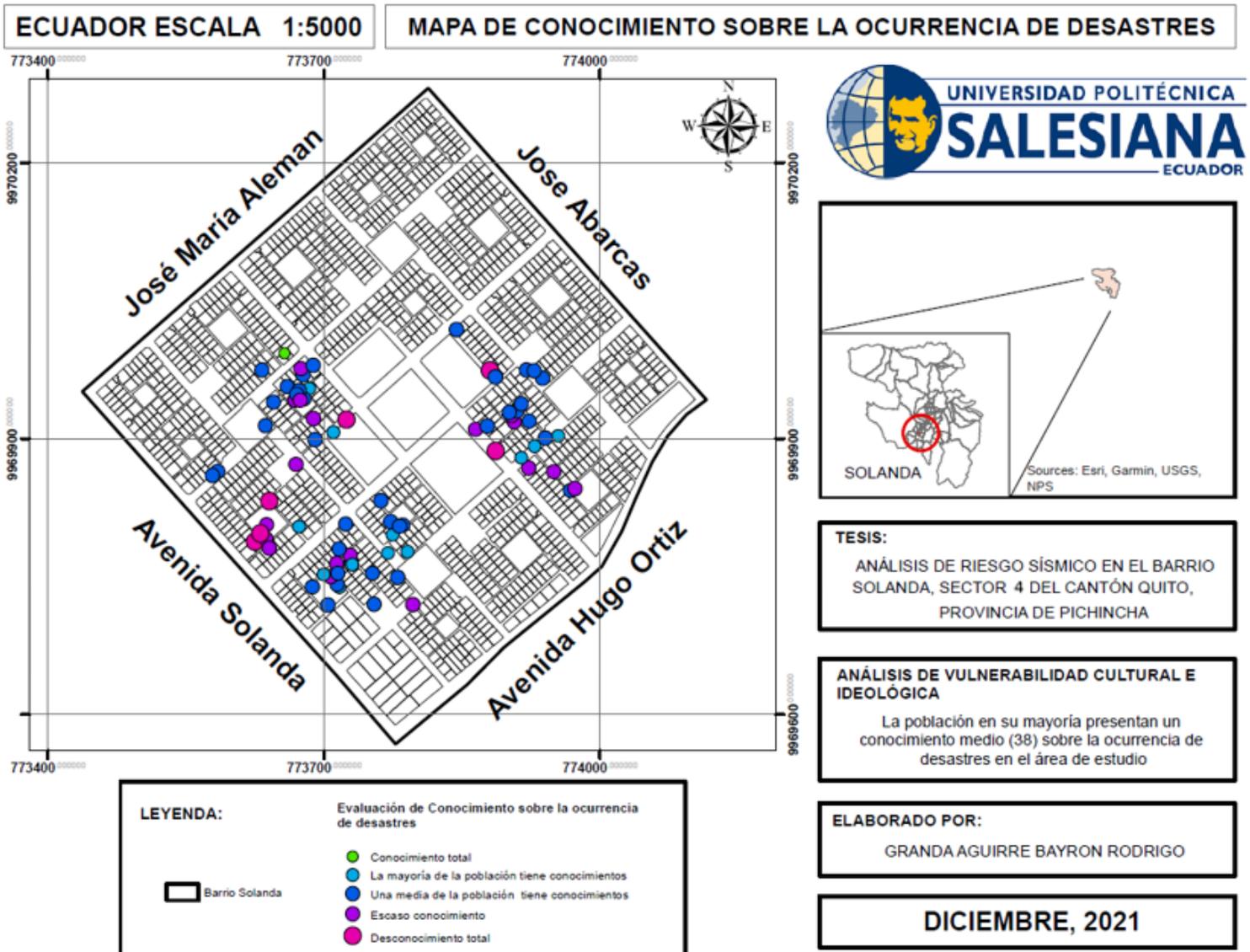
Como se observa en la figura 65, el 38% de los encuestados mencionan tener una actitud parcialmente previsoras ante la ocurrencia de un desastre, el 38% una actitud medianamente previsoras, un 18% una actitud escasamente previsoras y conformistas. Tan solo un 13% mencionó tener una actitud altamente previsoras frente a la ocurrencia de un desastre. Este último dato es alarmante, pues se nota una confianza ciega de las personas sobre sus edificaciones; sin saber que, el nivel de riesgo sísmico evaluado en la zona del proyecto fue alto.

No se encontraron documentos ni autores que hayan determinado la Vulnerabilidad Cultural e Ideológica, a través de la evaluación de la actitud de las personas frente a la ocurrencia de desastres en Solanda.

Como noveno punto tenemos el análisis de Vulnerabilidad Cultural e Ideológica, a través de la evaluación del conocimiento de las personas sobre la ocurrencia de desastres en el Sector 4 del Barrio Solanda, representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 66

Mapa de la vulnerabilidad cultural e ideológica, a través de la evaluación del conocimiento de las personas sobre la ocurrencia de desastres, en el Sector 4 del Barrio Solanda



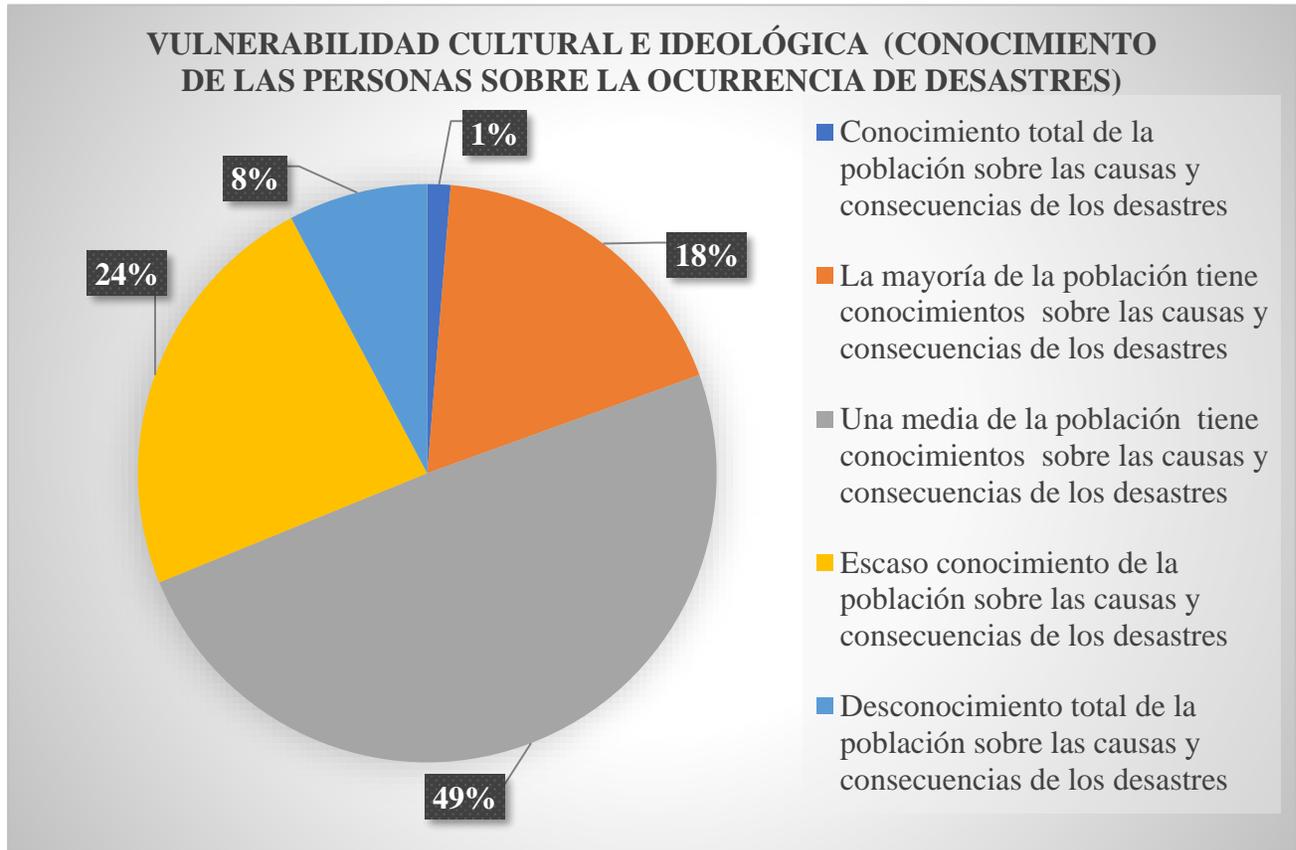
Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 66 se puede observar que un 49% de los encuestados mencionan que una media de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres, en el Sector 4 del Barrio Solanda.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún mejor la Vulnerabilidad Cultural e Ideológica, a través de la evaluación del conocimiento de las personas sobre la ocurrencia de desastres, en el Sector 4 del Barrio Solanda:

Figura 67

Diagrama de pastel de la vulnerabilidad cultural e ideológica, a través de la evaluación del conocimiento de las personas sobre la ocurrencia de desastres, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

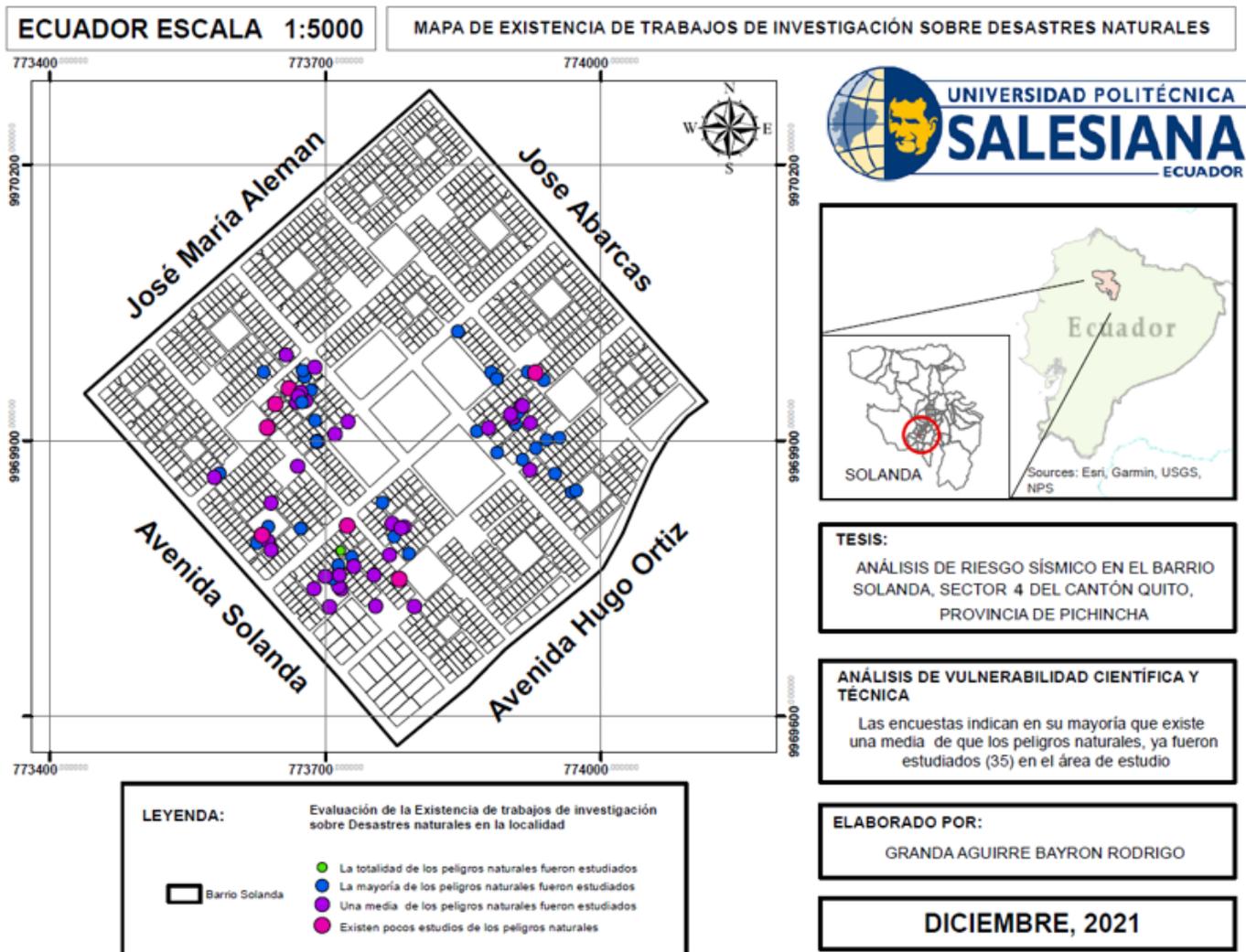
Como se observa en la figura 67, el 49% de los encuestados mencionan que una media de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres, un 24% menciona tener escaso conocimiento del tema, seguido de un 18% que afirma que la mayoría de la población tiene conocimientos plenos del tema. Finalmente, un 8% afirma que la población tiene un desconocimiento total sobre las causas y consecuencias de los desastres. Evidentemente el conocimiento sobre estos temas va de niveles medios a escasos, lo cual incrementa la vulnerabilidad en de la población e infraestructura en el Sector.

No se encontraron documentos ni autores que hayan determinado la Vulnerabilidad Cultural e Ideológica, a través de la evaluación del conocimiento de las personas sobre la ocurrencia de desastres en Solanda.

Como décimo punto tenemos el análisis de Vulnerabilidad Científica y Técnica, a través de la evaluación de la existencia de trabajos de investigación sobre desastres naturales en el Sector 4 del Barrio Solanda, representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 68

Mapa de la vulnerabilidad científica y técnica, a través de la evaluación de la existencia de trabajos de investigación sobre desastres naturales, en el Sector 4 del Barrio Solanda



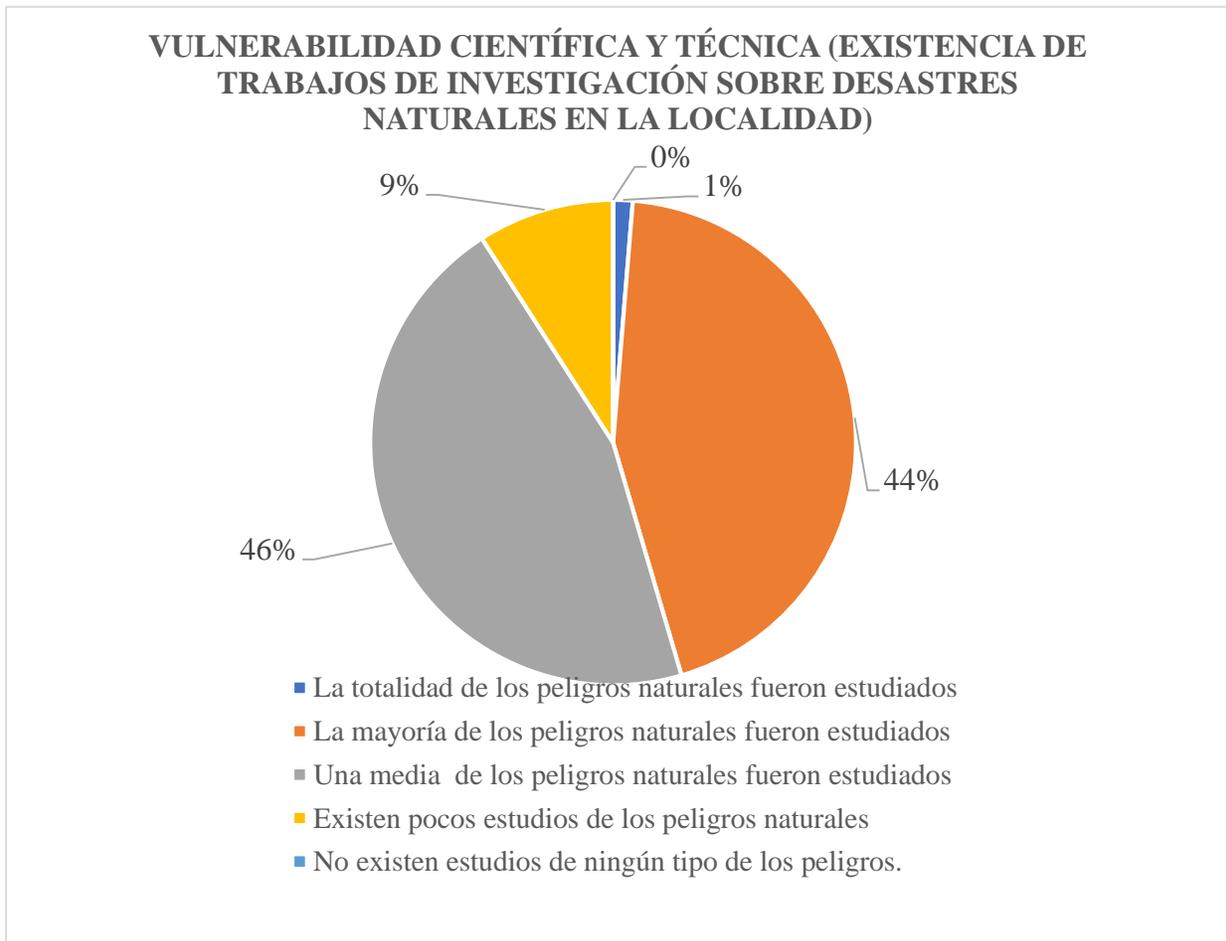
Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 68 se puede observar que un 46% de los encuestados mencionan que una media de los peligros naturales fue estudiada y tienen ciertos conocimientos sobre ellas, en el Sector 4 del Barrio Solanda.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún mejor la Vulnerabilidad Científica y Técnica, a través de la evaluación de la existencia de trabajos de investigación sobre desastres naturales, en el Sector 4 del Barrio Solanda:

Figura 69

Diagrama de pastel de la vulnerabilidad científica y técnica, a través de la evaluación de la existencia de trabajos de investigación sobre desastres naturales, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

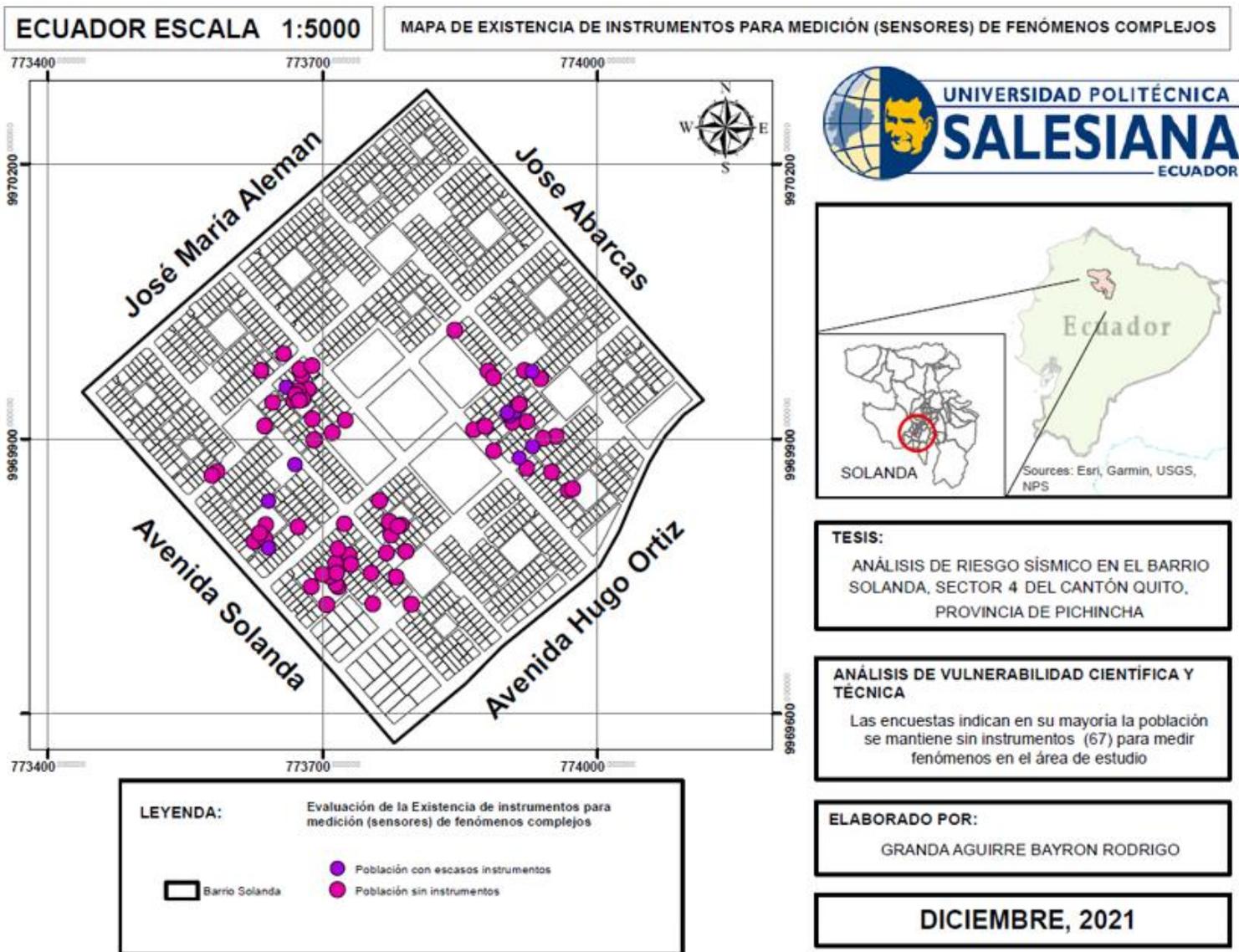
Como se observa en la figura 69, el 46% de los encuestados tener conocimiento sobre la existencia de estudios de peligro natural en la zona del proyecto, el 44% menciona que la mayoría de desastres han sido estudiados. Finalmente, menos del 10% menciona existen pocos estudios de los peligros naturales en Sector.

Según estudios realizados por Gualoto & Querembas (2019), menciona que gran parte de Solanda varios estudios de la ocurrencia de distintos desastres naturales y socio naturales. Tal como lo es el hundimiento de suelo, el relleno sobre el cual se encuentra Solanda, Fallas geológicas activas, taponamiento de drenajes naturales como quebradas, inundaciones, entre varios otros.

Como décimo primero y último punto tenemos el análisis de Vulnerabilidad Científica y Técnica, a través de la existencia de instrumentos para medición (sensores) de fenómenos complejos en el Sector 4 del Barrio Solanda, representadas en la siguiente gráfica de mapa:

Figura 70

Mapa de la vulnerabilidad científica y técnica, a través de la evaluación de la existencia de instrumentos para medición (sensores) de fenómenos complejos, en el Sector 4 del Barrio Solanda



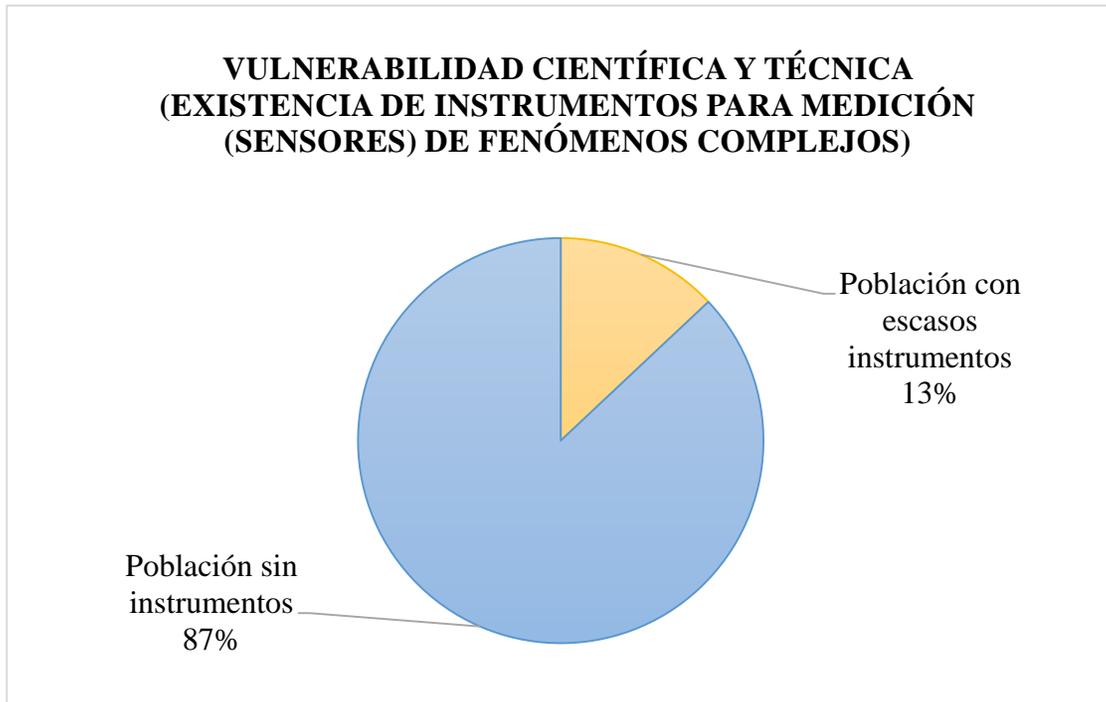
Elaborado por: El autor, 2022.

En el mapa de la figura 70 se puede observar que un 87% de los encuestados mencionan ser una población sin instrumentos para medir fenómenos complejos, en el Sector 4 del Barrio Solanda.

En la siguiente gráfica de pastel se evidencia aún mejor la Vulnerabilidad Científica y Técnica, a través de la evaluación de la existencia de instrumentos para medición (sensores) de fenómenos complejos, en el Sector 4 del Barrio Solanda:

Figura 71

Diagrama de pastel de la vulnerabilidad científica y técnica, a través de la evaluación de la existencia de instrumentos para medición (sensores) de fenómenos complejos, en el Sector 4 del Barrio Solanda



Elaborado por: El autor, 2022.

Como se observa en la figura 71, el 87% de los encuestados mencionan ser una población sin instrumentos para la medición de fenómenos complejos; ni siquiera el UPC de Solanda contaba con esta clase de instrumentos, reflejando ser una población totalmente vulnerable y desprevenida ante algún evento sísmico.

No se encontraron documentos ni autores que hayan determinado la Vulnerabilidad Científica y Técnica, a través de la evaluación de la existencia de instrumentos para medición (sensores) de fenómenos complejos, en Solanda.

4.4. Fase 4: Fase de Establecimiento de Posibles Medidas de Prevención para el Fortalecimiento de la Resiliencia en la Población de la Zona del Proyecto

Según menciona la UNISDR (2009) la gestión para abarcar el riesgo, contempla la evaluación, análisis y ejecución de medidas para reducirlo; mediante la realización de estrategias y acciones en específico que permitan controlar, reducir y generar una mayor resiliencia en una determinada zona; tanto en las personas, como a nivel estructural, a fin de minimizar la afectación del riesgo.

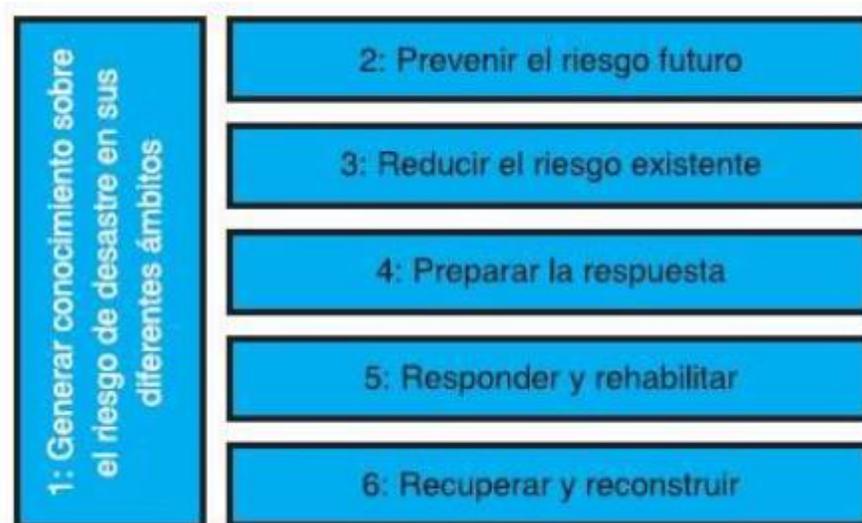
Para el caso de la zona del proyecto en Solanda, se contempla posibles medidas de prevención para el fortalecimiento de la resiliencia del mismo. Para ello, es importante hablar de los siguientes aspectos:

- Comprensión del riesgo sísmico
- Fortalecimiento de la gobernanza del riesgo sísmico, para gestionarlo de manera oportuna
- Inversión en la reducción del riesgo para fortalecer la resiliencia en la zona del proyecto
- Preparación de las personas y entes públicos para casos de eventos sísmicos, a fin de dar una respuesta rápida y eficaz a la población, ámbitos de recuperación, rehabilitación y reconstrucción de las zonas afectadas

A continuación, se presenta los procesos clave para la Gestión del Riesgo del Desastre

Figura 72

Procesos clave para la Gestión del Riesgo del Desastre



Nota: Se detalla el conjunto de procesos clave para la reducción del riesgo. **Tomado de:** *cidbimena.desastres.hn* (p. 30), Lavell, 2001.

1. Generar conocimiento sobre el riesgo de desastre en sus diferentes ámbitos

Los directivos del Barrio en conjunto con las principales autoridades del DMQ, deben generar información y difundir el conocimiento que facilite y permita reducir el riesgo, generando planes, programas y proyectos que reduzcan el riesgo y fortalezcan la resiliencia. Cabe recordar que el ámbito político es la primera prioridad del Marco de Acción Sendai.

2. Prevenir el riesgo futuro

Para cumplir con la prevención del riesgo a futuro, es necesario la inversión pública en el fortalecimiento, rehabilitación y cuidado de infraestructuras; por ello se debería dar préstamos a intereses del 1% con un plazo de 5 años, para que las personas rehabiliten sus edificaciones. Además, es necesario el desarrollo de capacidades y habilidades de planificación

futura, especialmente al hablar de ordenamiento territorial y poblacional, para de esa manera anticiparse ante la aparición de nuevos riesgos.

3. Reducir el riesgo existente

Implementar planes, programas y proyectos; y posteriormente ejecutarlos para reducir el riesgo, estos deben ser planificados y ejecutados en conjunto con proyectos de desarrollo y mejora integral. Cada plan, programa y proyecto debe incluir la reducción de la vulnerabilidad de manera presente y futura.

4. Preparar la respuesta

Mantener monitoreos constantes de los desastres, con el fin de fortalecer los conocimientos y capacidades desarrolladas por entidades públicas, privadas y otras organizaciones barriales, que ayuden a prepararse a dar respuesta ante condiciones de emergencia frente a la ocurrencia de desastres.

5. Responder y rehabilitar

Implementar medidas para salvar el mayor número de vidas humanas, garantizar la pronta y continua habilitación de la operación de servicios básicos, rescate de bienes de los inmuebles de las personas, mediante la generación de planes de emergencia y contingencia.

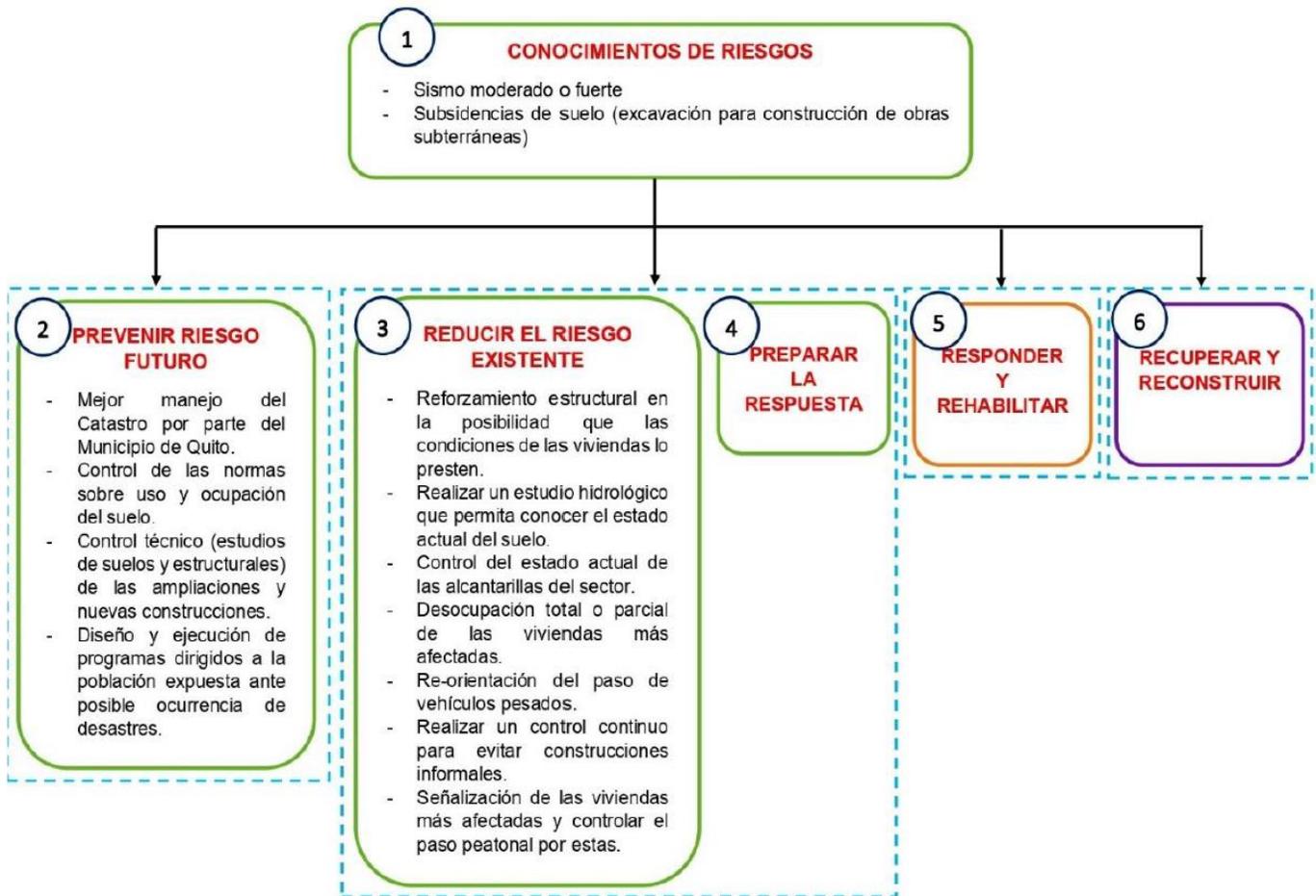
6. Recuperar y reconstruir

Restablecer las condiciones adecuadas, que permitan sostener a la reparación de servicios destruidos y la reconstrucción y rehabilitación de la infraestructura afectada, con el fin de lograr la mejora social y la reactivación económica del área local impactada, disminuyendo el riesgo a un nivel inferior al actual antes del desastre.

La gestión del riesgo del desastre se la muestra a continuación:

Figura 73

Gestión del riesgo del desastre para Solanda



Nota: Se detalla el conjunto de procedimiento a seguir para la reducción del riesgo.

Tomado de: bibdigital.epn.edu.ec (p. 120), Aguaiza, 2020.

4.4.1. Medidas para mitigar daños en sistemas estructurales

Como primer punto se puede abordar el reforzamiento estructural de paredes de mampostería a través de la técnica del enchapado, la cual consiste en recubrir la pared de

mampostería de la edificación con una malla electrosoldada, disminuyendo de esta manera la vulnerabilidad física de las estructuras ante un evento sísmico y hundimientos de suelo, pues al actuar como muro estructural se consigue una mayor resistencia en los verticales y laterales del pórtico.

La segunda medida consiste en reubicar a los pobladores que tienen viviendas en condiciones precarias, en otro espacio con mejor planificación y mejor calidad de suelo, fuera de las fallas geológicas de Quito, pues se debe considerar que el proyecto original de la entrega de las viviendas en Solanda, únicamente eran para viviendas de máximo 2 pisos.

Como tercera medida, se debe considerar seriamente el control continuo y monitoreado sobre los hundimientos que presentan las viviendas, mediante el estudio hidrológico y geotécnico, identificando las estructuras más afectadas.

La cuarta medida es la prohibición de las ampliaciones de las viviendas, debido a la mala calidad del suelo para la construcción de Solanda; pues al existir ampliaciones, se genera mayores cargas gravitacionales al momento de un evento sísmico.

La quinta medida tiene relación con el estado actual del alcantarillado del Sector, por lo cual se recomienda hacer limpiezas continuas, con la finalidad de que el agua lluvia pueda recolectarse a través de estos sistemas, para así evitar otros problemas socio naturales como las infiltraciones.

Prohibir obras subterráneas, como las del Metro del Quito, pues el suelo de por sí es sumamente débil, debido a que Solanda se encuentra sobre un relleno. Por otro lado, el prohibir la extracción de agua en el Sector sería recomendable, para evitar el cambio del nivel freático.

La última medida sería la prohibición del transporte pesado en el Sector, para evitar problemas de desniveles en las vías de adoquines y de asfalto. Cabe señalar que el transporte pesado afecta a las viviendas, pues generan cargas gravitacionales subyacentes en las edificaciones.

4.4.2. Medidas para mitigar daños en sistemas no estructurales

La primera medida consta de realizar estudios técnicos estructurales y de resistencia de suelo, por otro lado, el Municipio debe generar un estricto control sobre la informalidad en los Barrios y edificaciones, obligándolos a ser regulados, con la finalidad de generar una mejor planificación de territorio actual y futuro.

Como segunda medida está en que el municipio ejerza un mejor control sobre el uso y ocupación del suelo capitalino, pues muchas veces se lo usa al suelo para fines comerciales, haciendo que exista una eliminación de paredes, consecuencia de ellos se ve reflejado la alteración de la configuración estructural existente.

La tercera medida es el diseñar y ejecutar planes, programas y proyectos por parte de entidades públicas y metropolitanas, dirigidas a la población expuesta ante riesgos naturales y socio naturales.

La cuarta medida es el capacitar a los Comités y sus brigadas de riesgo para brindar los primeros auxilios y evacuar a las personas, los mismos que pueden ser integrados por voluntarios de la ciudadanía.

La quinta medida es el determinar los puntos seguros y de encuentro. Estos pueden ser casas barriales, escuelas, iglesias, entre otros.

Con la ayuda de los simulacros hechos anteriormente en el Barrio, la sexta medida es el estimar tiempos de respuesta y afinar otros detalles que garanticen la integridad física y moral de los ciudadanos, en el momento que se suscite un sismo.

La séptima medida es el llevar a cabo la revalorización de los predios de las personas afectadas después del sismo y dependiendo el estado de vulnerabilidad, tanto de la persona como del predio, restituir su vivienda.

Antes y después de la emergencia sísmica, es necesario facilitar obras como:

- Vías

- Zonas de recreación

- Zonas de Desarrollo Cultural y Social

- Mantenimiento de servicios públicos con la ayuda de la Administración Zonal Eloy Alfaro, Alcaldía del Distrito Metropolitano de Quito, EPMMOP - Q, EMAPS - Q, EMASEO – Q, EMPRESA ELÉCTRICA - Q, entre otros. (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito., 2015)

Por último, es necesario que la Alcaldía de Quito tenga reservado un fondo de emergencia, para cubrir las afecciones. Es necesario mencionar que, la inversión pública es pieza clave para disminuir la fragilidad ante un escenario sísmico, pues este a largo plazo representará ahorro de dinero y fortalecerá la resiliencia de Solanda.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Una vez finalizada la investigación se concluye el Sector 4 del Barrio Solanda, se encuentra en un nivel de riesgo alto (A), con un valor obtenido del 60.94%, lo cual es alarmante debido a que, los habitantes no toman plena conciencia del riesgo al cual están inmersos.

El valor del porcentaje encontrado para la amenaza por subsidencia de suelo fue del 60.72%, ubicándolo en nivel de riesgo alto (A), evidenciando que el suelo sobre el cual se presentan las construcciones, es de pésima calidad; esto debido a que, lo que hoy se conoce como la Parroquia Solanda, se edificó sobre un relleno. El suelo se torna aún más frágil por la construcción subterránea del Metro de Quito y la amenaza de hundimiento vertical de las edificaciones es evidente. El valor del porcentaje encontrado para la amenaza sísmica fue de 53.82%, encontrándose las construcciones del sector en un nivel de riesgo medio alto (MDA), evidenciando la informalidad en las mismas, la expansión, la incompatibilidad de los materiales, entre otros problemas que aquejan a las edificaciones.

Finalmente, el valor del porcentaje encontrado para la vulnerabilidad global fue de 64,66%, ubicándolo en un nivel de Riesgo Alto (A). Los principales problemas de vulnerabilidad que aquejan al sector tienen relación con las condiciones ecológicas que viven actualmente, la situación de pobreza o desarrollo humano entre sus pobladores, el grado de relación entre instituciones públicas y organizaciones locales, la falta de programas educativos formales contra la prevención y atención de desastres socio naturales, la falta de alcance de programas educativos sobre grupos estratégicos, la actitud facilista de los pobladores frente a la ocurrencia de un desastre y la inexistencia de instrumentos que permitan medir fenómenos naturales complejos.

Hablando de las condiciones ecológicas, se evidenció que han sido altamente vulneradas, existiendo una deforestación total de esta zona respecto a cómo era originalmente la zona, existen también altos niveles de contaminación y un incremento desmesurado de la población fuera de la planificación.

Por otro lado, el grado de relación entre instituciones y organizaciones locales es mínima, reflejando una vulnerabilidad de índole social y una discriminación espacial, invisibilizando los derechos de sus pobladores. También se constató a través de las encuestas un insuficiente desarrollo en temas sobre prevención de desastres, provocando una mayor vulnerabilidad por el desconocimiento entre sus habitantes.

Los grupos estratégicos, especialmente ancianos y personas con capacidades especiales han sido invisibilizados prácticamente en su totalidad, pues no ha existido una cobertura de educación sobre programas de prevención y mitigación del riesgo y desastres sobre ellos. Algo alarmante entre la población del Sector 4 del Barrio Solanda, es su actitud escasamente previsoras ante la ocurrencia de un eventual sismo. De hecho, se evidenció un nivel elevado de confianza, sobre cómo han sido construidas sus edificaciones.

Finalmente, se evidenció que la población y las principales autoridades públicas del barrio carecen de instrumentos como sensores, para la medición de fenómenos complejos, demostrando que, ante un eventual sismo la población no está preparada para actuar y de esta manera reducir el riesgo.

En conclusión, se puede deducir que debido a que en los últimos 50 años no ha habido movimientos sísmicos fuertes, que hayan afectado al Distrito Metropolitano de Quito; las personas no toman y carecen de plena conciencia del gran peligro sísmico que los rodea al

construyendo sobre fallas geológicas activas, suelos inestables como rellenos, entre otros. Gran parte de la población construyen de manera informal y sin una norma técnica, consecuencia de ello las estructuras y edificaciones se tornan muy vulnerables y en general la población desconoce que está construyendo sobre fallas geológicas activas.

Otro factor que ha contribuido a la informalidad y al crecimiento de grandes Barrios antes considerados periféricos al sur de la ciudad ha sido la falta de control por parte del municipio, la falta de normativas, la marginalidad de ciertos grupos humanos, entre otros factores; castigan a corto y largo plazo el sistema estructural del DMQ, esto se ve evidenciado en las deficiencias estructurales que presentan viviendas y edificios, como la torsión en planta, pisos blandos, elevaciones e irregularidades en plantas bajas, armados insuficientes, corrosión del acero y carbonatación del hormigón.

Por otro lado, la densificación poblacional y de vivienda ha modificado drásticamente las condiciones iniciales del Barrio Solanda, pues este sufrió un crecimiento poblacional del 350 % para el año 2010, respecto a sus condiciones originales. De la misma manera, las viviendas aumentaron en un 500 % para el 2010; cabe recalcar que esta cifra sigue en aumento de manera drástica. Consecuencia de ello, cuarenta años más tarde, Solanda evidencia un notorio crecimiento no planificado, al igual que muchos otros Barrios de la capital. De igual manera, se evidencia que el “ordenamiento territorial” vivido actualmente, no cumple con las condiciones básicas de habitabilidad, como ventilación e iluminación adecuada, espacios mínimos de áreas verdes por cada habitante de la vivienda, falta de políticas, entre otras; que a la par incrementan el índice de amenaza y vulnerabilidad en el Barrio.

5.2. RECOMENDACIONES

La regularización de Barrios informales debe ser prioridad para el Municipio de Quito, pues este tema no debe ser considerado como un problema de ilegalidad, pues tras ellos se esconden factores como la pobreza, la marginalidad, la injusticia espacial, la falta de compromiso de las autoridades en planificar la ciudad. Por ende, debe existir visibilidad hacia estos Barrios y el Municipio tiene la obligación de incluirlos en la ciudad, una vez hayan sido regularizados.

Se recomienda adoptar las medidas de reforzamiento estructural, estudios de suelo y demás estudios pertinentes, con la finalidad de fortalecer las edificaciones y dar posibles soluciones de mejoramiento a los dueños de los predios, para evitar que estas colapsen ante un eventual sismo.

Los resultados de vulnerabilidad de las viviendas pueden llegar a presentar un mayor grado de confianza, si las variables definidas en la encuesta incluyen los daños que presentan los elementos estructurales y paredes de mampostería, incluyendo una inspección interna de la edificación.

Educar y socializar a la población del Sector de Solanda sobre el nivel del riesgo al que se encuentran expuestos y las posibles acciones que se podrían realizar para evitar un desastre, con la finalidad que exista un empoderamiento de la población impulsando la creación y formación de comités barriales dirigidos hacia el control y manejo de la gestión del riesgo.

Se recomienda desde el Municipio de Quito y entidades públicas a desarrollar proyectos de investigación en la rama de la geología, hidrogeología e ingeniería civil para que de esta

manera se pueda recopilar, analizar y ampliar nueva información sobre la zona y obtener una idea más generalizada de las diferentes amenazas que afectan a la ciudad

Finalmente, se recomienda usar la presente investigación, como base y punto de partida para evaluar el nivel de riesgo sísmico los Sectores 1, 2 y 3 de Solanda; y en otros Barrios del sur de la ciudad, pues cabe recordar que gran parte del sur de la ciudad es un relleno.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguaiza, C. (2020). *Guía Para La Evaluación Del Riesgo Ante Subsidiencias De Suelos Y Sismo Usando Lógica Difusa Sector Solanda* [ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21215>
- Aguiar-Falconí, R., López-Moreno, E., & Quizanga-Martíne, D. (2017). Relaciones V/H para espectros asociados a las fallas inversas de la ciudad de Quito. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 42, 25–35. <https://doi.org/10.15446/rbct.n42.54922>
- Aguiar, R. (2016). *Microzonificación Sísmica de Quito* (Centro de Investigaciones Científicas ESPE (ed.); Priemra ed, Issue May 2015). Universidad de Fuerzas Armadas ESPE. https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Aguiar/publication/277305703_Microzonificacion_Sismica_de_Quito/links/556670e108aeb77721cbbf1/Microzonificacion-Sismica-de-Quito.pdf
- Alfonso, V. (2010). *El Riesgo Sísmico En Quito : Análisis Y Simulaciones*. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-12/010053328.pdf
- ArcGIS Resources. (2012). *Introducción a ArcGIS*. ESRI. <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- Arteaga Mora, P. A. (2016). *Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad de Cuenca - Ecuador*. 95.
- Avilés, L. (2013). *CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DEL SUR DE LA CIUDAD DE QUITO*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2752>
- Bucheli, J., & Realpe, G. (2018). Estudio de Diagnóstico - Preliminar “Asentamientos de viviendas en el Barrio de Solanda, en la ciudad de Quito de la provincia de Pichincha.”

Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, 593, 97.

http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Administración 2019-2023/Sesiones de Concejo/2019/Sesión Ordinaria 2019-06-25/V. Informe Secretaría de Seguridad y Gobernabilidad/Anexos/DOCUMENTOS PUCE/DIAGNOSTICO SOLANDA.pdf

Cacuango, P. D. (2013). *Plataforma de Arte Urbano Solanda*. 86.

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6678/1.2.000588.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Casco, B., & Parra, J. (2020). *Determinación de la probabilidad de daño estructural por asentamientos diferenciales de las viviendas de la Ciudadela Solanda en Quito usando Métodos Estocásticos*. Escuela Politécnica Nacional.

Centro Universitario Interamericano. (2017). Investigación Correlacional Diseño de Investigación: Diferencias entre explicativo, descriptivo y correlacional. *INTER*, 1–4.
http://metodologiainter.weebly.com/uploads/1/9/2/6/19268119/investigacin_correlacional.pdf

Council International Code. (2003). International Building Code. In *ICC* (1st ed.).

http://www.civilittee-hu.com/uploads/3/earthquake/IBC_2003.pdf

CUPUERÁN, I. (2016). *Evaluación Del Riesgo Por Subsistencia En La Zona De Turubamba, Sur De Quito, Como Aporte Al Diseño De Un Plan Integral De Gestion De Riesgos Del Distrito Metropolitano De Quito Proyecto*. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.

El Comercio. (2019). *El 45% de las casas informales de Quito tiene mayor riesgo sísmico*.

<https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/construccion-informal-sismos-vulnerabilidad-estudio.html>

Flores, A. (2018). *Riesgos ambientales en el Ecuador*. 114.

http://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/UCS/567/TL-Loro_Ocampos.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Gualoto, J., & Querembas, O. (2019). *Análisis De La Vulnerabilidad Sísmica Del Barrio Solanda Sector 1 En El Distrito Metropolitano De Quito Mediante Ensayo Con Acelerómetro Y Formato De Evaluación Estructural* [ESPE].

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/15853/T-ESPE-040777.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instituto Nacional de Defensa Civil, I. (2006). Manual Basico Para La Estimacion Del Riesgo. *Indeci*, 319, 75. http://bypad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319_contenido.pdf

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC. (2010). *Información Censal por Provincia, Parroquia y Catón de empoderamiento*. INEC.

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/search/POBLACIÓN+POR+SEXO,+SEGÚN+PROVINCIA,+PARROQUIA+Y+CANTÓN+DE+EMPADRONAMIENTO/>

Intituto Cartográfico y Geolódgico de Catalunya. (2021). *Escala de intensidad sismica MSK*. 1.

<https://www.icgc.cat/es/Administracion-y-empresa/Servicios/Terremotos-registrados-e-informacion-sismica/Recopilaciones-de-informacion-sismica-y-mapas/Base-de-Datos-Macrosismica-de-Catalunya/Escala-de-Intensidades-MSK>

Kueva, F. (2018). *Hipótesis sobre la llamada “vivienda social.”* Ciudadmodelo.Org. <http://ciudadmodelo.org/proyecto/>

Lavell, A. (2001). *Sobre la Gestión del Riesgo: Apuntes hacia una Definición*. 1–22.

<http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Mayo2004/pdf/spa/doc15036/doc15036-contenido.pdf>

Mena Hernández, U. (2002). Método del Índice de Vulnerabilidad. *Universidad Centroccidental*

Lisandro Alvarado, 2, 38–60.

https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6222/04CAPITULO_3.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial de Uruguay. (2008). *¿Qué es el Ordenamiento Territorial?* GUY.UY. <https://www.gub.uy/ministerio-vivienda-ordenamiento-territorial/politicas-y-gestion/es-ordenamiento-territorial>

Mora Martínez, E. D. (2019). *Evaluación de Vulnerabilidad ante Subsidiencias de suelos y sismos del Sector Solanda Zona 1 de la Ciudad de Quito , Ecuador*. 1–19.

Moreno, I. (2017). La investigación social, un acercamiento a lo cotidiano. *Revista Electronica de Investigacion Educativa*, 19(4), 1–4. <http://www.scielo.org.mx/pdf/redie/v19n4/1607-4041-redie-19-04-00145.pdf>

Parra, H. (2016). *DESARROLLOS METODOLÓGICOS Y APLICACIONES HACIA EL CÁLCULO DE LA PELIGROSIDAD SÍSMICA EN EL ECUADOR CONTINENTAL Y ESTUDIO DE RIESGO SÍSMICO EN LA CIUDAD DE QUITO* [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=116435>

Peñañiel, L. (2009). Geología y análisis del recurso hídrico subterráneo de la Subcuenca del Sur de Quito. In *Tesis, EPN*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1147?locale=en>

Servicio Geológico Mexicano. (2017). *Tectónica de placas*. SGM.

<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Tectonica-de-placas.html>

Servicio Sismológico Nacional de México. (2018). *Magnitud de un Sismo*. SSN.UNAM.MX.

<http://www.ssn.unam.mx/jsp/reportesEspeciales/Magnitud-de-un-sismo.pdf>

Suarez, B. (2017). *Análisis De Herramientas Para La Gestión De Riesgos Sísmicos En El Barrio “Quito Sur”, Del Distrito Metropolitano De Quito. Trabajo*. UNIVERSIDAD

TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL FACULTAD.

Tenesaca, P., Aguacondo, E., Zambrano, W., & Cabrera, C. (2017). Análisis de velocidades de ondas de corte y periodos de vibración del suelo. Ciudad de Machala. *II Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología*, 440–449.

UNISDR. (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. *Estrategia Internacional Para La Reducción de Desastres de Las Naciones Unidas (UNISDR)*, 43.

Universidad de Costa Rica. (2014). Fallas geológicas presentes en Costa Rica. *RSN*, 1.
<https://rsn.ucr.ac.cr/documentos/educativos/geologia/244-que-es-una-falla#>

Valverde, J., Fernández, J., Jiménez, E., Vaca, T., & Alarcón, F. (2016).

MICROZONIFICACION SÍSMICA DE LOS SUELOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE LA CIUDAD DE QUITO.

https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta16/OCE1601_10.pdf

Vélez, G. (2016). IMPACTO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS SOBRE LA REGULARIZACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS INFORMALES EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO: PERÍODO 2000 – 2014. In *Bulletin of the Seismological Society of America* (Vol. 106, Issue 1).

<http://www.bssaonline.org/content/95/6/2373%5Cnhttp://www.bssaonline.org/content/95/6/2373.short%0Ahttp://www.bssaonline.org/cgi/doi/10.1785/0120110286%0Ahttp://gji.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/gji/ggv142%0Ahttp://link.springer.com/10.1007/s00024-01>

Yepes, H. (2014). *BREVE RESEÑA DE LOS SISMOS PROVENIENTES DE LA FALLA GEOLÓGICA DE QUITO QUE HAN AFECTADO A LA CAPITAL*. IGEPN.

<https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/898-breve-reseña-de-los-sismos-provenientes->

de-la-falla-geológica-de-quito-que-han-afectado-a-la-capital

7. ANEXOS

Tabla 1 Encuesta del Riesgo ante la amenaza por Subsistencia de suelo en el Barrio Solanda, Sector 4

ENCUESTA DEL RIESGO ANTE SUBSISTENCIAS DE SUELO DEL BARRIO SOLANDA, SECTOR 2			
A	MANZAN		NÚMERO DE EDIFICACIÓN O PREDIO
o	VARIABLES	SUBVARIABLES	ponderación
1	Formalidad de la Edificación	a) Formal (criterio profesional "Ing. Civil")	
		b) Construcción Informal/Artesanal	
2	Número de pisos	a) 1 Piso	
		b) 2 Pisos	
		c) 3 Pisos	
		d) 4 Pisos	
		e) 5 Pisos o más	
3	Sistema estructural	a) Hormigón armado	
		b) Estructura metálica (acero)	
		c) Mampostería confinada o reforzada	
		d) Mampostería simple	
		e) Estructura de madera	
4	Dimensiones de columnas	a) 20x20 cm o menor	
		b) 25x25 cm	
		c) 25x30 cm o mayor	
5	Probabilidad de golpeteo en edificaciones	a) No tiene problemas de colindancia	
		b) Edificación esquinera	
		c) Edificación intermedia	
6	En base a la evaluación realizada y de acuerdo a su criterio, la amenaza de la edificación para SUBSIDENCIA es	a) Bajo	
		b) Media	
		c) Alta	

Elaborado por: El Autor, 2021.

Nota: Tabla elaborada para el análisis de la amenaza por subsidencia, tomada del estudio realizado por Aguaiza Jaramillo. **Fuente:** Aguaiza Jaramillo, 2020

Tabla 2 Encuesta del Riesgo ante la amenaza sísmica en el Barrio Solanda, Sector 4

ENCUESTA DEL RIESGO ANTE SISMO EN EL BARRIO SOLANDA, SECTOR 2			
A	MANZAN		NÚMERO DE EDIFICACIÓN O PREDIO
o	VARIABLES	SUBVARIABLES	ponderación
1	Formalidad de la Edificación	a) Formal (criterio profesional "Ing. Civil")	
		b) Construcción Informal/Artesanal	
2	Número de pisos	a) 1 Piso	
		b) 2 Pisos	
		c) 3 Pisos	
		d) 4 Pisos	
		e) 5 Pisos o más	
3	Sistema estructural	a) Hormigón armado	
		b) Estructura metálica (acero)	
		c) Mampostería confinada o reforzada	
		d) Mampostería simple	
		e) Estructura de madera	
4	Dimensiones de columnas	a) 20x20 cm o menor	
		b) 25x25 cm	
		c) 25x30 cm o mayor	
5	Probabilidad de golpeteo en edificaciones	a) No tiene problemas de colindancia	
		b) Edificación esquinera	
		c) Edificación intermedia	
	Si la respuesta anterior es b) o c); responder:	a) Las alturas libres de los pisos coinciden con viviendas contiguas	
		b) Las alturas libres de los pisos no coinciden y presencia de (columna corta)	
6	En base a la evaluación realizada y de acuerdo a su criterio, la amenaza de la edificación para SISMO es	a) Bajo	
		b) Media	
		c) Alta	

Elaborado por: El Autor, 2021.

Nota: Tabla elaborada para el análisis de riesgo por sismos, tomada del estudio realizado por Aguaiza Jaramillo. Fuente: Aguaiza Jaramillo, (2020).

Tabla 3 Encuesta de Vulnerabilidad Global ante Riesgo Sísmico para Barrio Solanda, Sector 4

ENCUESTA DE VULNERABILIDAD GLOBAL ANTE EL RIESGO SÍSMICO EN EL BARRIO SOLANDA, SECTOR 2			
MANZA		NÚMERO DE EDIFICACIÓN O PREDIO	
o	VARIABLES	SUBVARIABLES	ponderación
	V. Ecológica y Ambiental Composición y calidad del aire y del agua	a) Sin ningún grado de contaminación	
		b) Con un nivel moderado de contaminación	
		c) Con un nivel medio de contaminación	
		d) Alto grado de contaminación	
		e) Nivel de contaminación no apto	
	V. Ecológica y Ambiental Condiciones Ecológicas	a) Conservación de los recursos naturales, crecimiento poblacional planificado, no se practica la deforestación y contaminación	
		b) Nivel moderado de explotación de los recursos naturales; ligero crecimiento de la población y del nivel de contaminación	
		c) Nivel medio de explotación de recursos naturales, incremento de la población, sin practicar deforestación y poca contaminación	
		d) Alto nivel de explotación de los recursos naturales, incremento de la población y del nivel de contaminación	
		e) Explotación indiscriminada de recursos naturales; incremento de la población fuera de la planificación, deforestación y contaminación	
	V. Económica Actividad Económica	a) Alta productividad y Recursos bien distribuidos. Productos para el comercio exterior o fuera de la localidad	
		b) Medianamente productiva y distribución regular de los recursos. Productos para el comercio interior, a nivel local	

		c) Medianamente productiva y distribución poca regular de recursos, productos para el comercio interior	
		d) Escasamente productiva y distribución deficiente de los recursos. Productos para el autoconsumo	
		e) Sin productividad y nula distribución de recursos	
4	V. Económica Acceso al mercado laboral	a) Oferta laboral > Demanda	
		b) Oferta laboral > o = Demanda	
		c) Oferta laboral = Demanda	
		d) Oferta laboral < Demanda	
		e) No hay Oferta Laboral.	
	V. Económica Nivel de ingresos	a) Alto nivel de ingresos	
		b) Suficientes nivel de ingresos	
		c) Nivel de ingresos que cubren necesidades básicas y compra de pocos lujos	
		d) Nivel de ingresos que cubre necesidades básicas	
		e) Ingresos inferiores para cubrir necesidades básicas.	
	V. Económica Situación de pobreza o Desarrollo Humano	a) Población sin pobreza	
		b) Población con menor porcentaje de pobreza	
		c) Población con menor porcentaje pobreza de, proyectada a mediana	
		d) Población con pobreza mediana	
		e) Población con pobreza total o extrema	
7	V. Social Nivel de Organización	a) Población totalmente organizada.	
		b) Población organizada	
		c) Población medianamente organizada	
		d) Población escasamente organizada	
		e) Población organizada	
	V. Social Participación de la población en los trabajos comunales	a) Participación total	
		b) Participación de la mayoría	
		c) Mediana Participación	
		d) Mínima Participación	
		e) Nula participación	
	V. Social	a) Fuerte relación	
		b) Medianamente relacionados	

	Grado de relación entre las instituciones y organizaciones locales.	c) Poco relacionados	
		d) Débil relación	
		e) No existe	
0	V. Educativa Programas educativos formales (Prevención y Atención de Desastres - PAD).	a) Desarrollo permanente de temas relacionados con prevención de desastres	
		b) Desarrollo con regular permanencia sobre temas de prevención de desastres	
		c) Desarrollo poco regular permanencia sobre temas de prevención de desastres	
		d) Insuficiente desarrollo de temas sobre prevención de desastres	
		e) No están incluidos los temas de PAD en el desarrollo de programas educativos.	
1	V. Educativa Campañías de difusión (TV, radio y prensa) sobre PAD	a) Difusión masiva y frecuente	
		b) Difusión masiva y poco frecuente	
		c) Difusión media	
		d) Escasa difusión	
		e) No hay difusión	
2	V. Educativa Alcance de los programas educativos sobre grupos estratégicos	a) Cobertura total	
		b) Cobertura mayoritaria	
		c) Cobertura media	
		d) Cobertura insuficiente menos de la mitad de la población objetivo	
		e) Cobertura desfocalizada	
3	V. Cultural e Ideológica Conocimiento sobre la ocurrencia de desastres	a) Conocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	
		b) La mayoría de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	
		c) Una media de la población tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias de los desastres	
		d) Escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	
		e) Desconocimiento total de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	
	V. Cultural e Ideológica	a) Actitud altamente previsoras	
		b) Actitud parcialmente previsoras	
		c) Actitud medianamente previsoras	

4	Actitud frente a la ocurrencia de desastres	d) Actitud escasamente previsoras	
		e) Actitud fatalista, conformista y con desidia.	
5	V. Política Institucional Liderazgo político	a) Aceptación y respaldo total	
		b) Aceptación y respaldo medio alto	
		c) Aceptación y respaldo mediano	
		d) Aceptación y respaldo Minoritario	
		e) No hay aceptación ni respaldo	
6	V. Política Institucional Participación local ciudadana	a) Participación total	
		b) Participación mayoritaria	
		c) Participación mediana	
		d) Participación minoritaria	
		e) No hay participación	
7	V. Científica y Técnica Existencia de trabajos de investigación sobre Desastres naturales en la localidad	a) La totalidad de los peligros naturales fueron estudiados	
		b) La mayoría de los peligros naturales fueron estudiados	
		c) Una media de los peligros naturales fueron estudiados	
		d) Existen pocos estudios de los peligros naturales	
		e) No existen estudios de ningún tipo de los peligros.	
8	V. Científica y Técnica Existencia de Instrumentos para medición (sensores) de fenómenos completos.	a) Población totalmente instrumentada	
		b) Población parcialmente instrumentada	
		c) Población con medianamente instrumentada	
		d) Población con escasos instrumentos	
		e) Población sin instrumentos	
9	V. Científica y Técnica Conocimiento sobre existencia de estudios	a) Conocimiento total de los estudios existentes	
		b) Conocimiento mayoritario de los estudios	
		c) Conocimiento parcial de los estudios	
		d) Mínimo conocimiento de los estudios existentes	
		e) No tienen conocimiento de los estudios	

Elaborado por: El Autor, 2021.

***Nota:** Tabla elaborada para el análisis de la vulnerabilidad global, elaborada a partir de la metodología empleada por el Instituto Nacional de Defensa Civil. **Fuente:** Instituto Nacional de Defensa Civil, (2006).*

