

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N° 0205 DE 2017

CVC – UNIVALLE

MUNICIPIOS DE BOLÍVAR, ROLDANILLO Y VERSALLES



Vulnerabilidad y Escenarios de Afectación por inundación de la zona urbana del
Municipio de Bolívar

INFORME FINAL



Santiago de Cali, Octubre de 2018



CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N°0205
CVC – UNIVALLE
MUNICIPIOS DE BOLIVAR, ROLDANILLO Y VERSALLES





PRESENTACIÓN

Para la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC, es una gran satisfacción aportar a los municipios de Bolívar, Roldanillo y Versalles, la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y escenarios de afectación o daño en el componente urbano municipal, en cumplimiento de la función dada por la Ley 1523 de 2012 sobre el apoyo a los municipios en el conocimiento del riesgo.

Conocedores de la importancia y responsabilidad que reviste abordar el tema del conocimiento de las amenazas y los riesgos, la CVC llevó a cabo una alianza con el Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente, OSSO, adscrito a la Universidad del Valle, con el fin de obtener los mejores resultados en estas evaluaciones. De igual forma, es necesario reconocer el aporte, contribución y compromiso de las administraciones municipales y sus propios habitantes, a lo largo de la ejecución de este estudio. Otro objetivo es fortalecer el conocimiento que tenemos de nuestro entorno para tener certeza y articular una adecuada planificación y ocupación de nuestros territorios.

Los estudios entregados son parte fundamental de la información que se requiere para que cada municipio formule su Ordenamiento Territorial de segunda generación y son evaluaciones que dan soporte para la reducción y la elaboración de planes de emergencia y contingencia.

La presente evaluación de las amenazas y riesgos deben estructuralmente permitirle al municipio reglamentar el uso del suelo en el componente urbano, de tal manera que, como lo define la política de gestión del riesgo y en esencia la constitución colombiana, se logre avanzar hacia un desarrollo sostenible, que ofrezca seguridad para la vida de los habitantes, sus bienes y medios de subsistencia, así como a toda la infraestructura del municipio.

Finalmente, la CVC con estas evaluaciones, a través de la Universidad, espera contribuir en la formación y fortalecimiento de la capacidad profesional de la región en este tipo de estudios.

Rubén Darío Materón Muñoz
Director General
CVC

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y la Dirección Ambiental Regional BRUT, a la Secretaria de Planeación de la Administración Municipal por la información suministrada y el acompañamiento durante las salidas de campo por parte de sus técnicos en el área de estudio, al Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Bolívar por la información de los reportes de las minutas. De igual manera se agradece a cada una de las entidades que de una u otra manera puso a disposición la información necesaria para adelantar la recopilación de los reportes de eventos históricos de inundación de la zona urbana del municipio en el marco del Convenio Interadministrativo N°0205 de 2017 entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca -CVC y La Universidad de Valle, el cual tiene como objeto *“Aunar Esfuerzos Técnicos y Recursos Económicos para la Elaboración de los Estudios de Zonificación de Amenaza y Vulnerabilidad y Escenarios de Afectación para las Áreas Urbanas de los Municipios de Bolívar, Versalles y Roldanillo en el Valle del Cauca”*.

DIRECTIVOS

RUBÉN DARÍO MATERÓN MUÑOZ

Director General

MARÍA CRISTINA VALENCIA RODRÍGUEZ

Secretaria General (C)

HÉCTOR FABIO ARISTIZABAL RODRIGUEZ

Director Técnico Ambiental (C)

PAULA ANDREA SOTO QUINTERO

Directora Territorial – Dirección Ambiental Regional BRUT

SUPERVISIÓN

YUNCELY GIMENA BASTIDAS B

Ingeniería Civil

Especialista en Diseño Estructural

Líder del proyecto 5001

ARELIX ANDREA ORDOÑEZ FRANCO

Ingeniería Ambiental

Supervisora del Convenio Interadministrativo N° 0205 de 2017 CVC-Univalle

EQUIPO TÉCNICO

OMAR ALBERTO CHAVES M

Ingeniero Civil

ALEJANDRA MARÍA GÓMEZ

Ingeniera Civil

Doctora (Ph. D.) en Geotecnia

MARÍA VICTORIA CROSS GARCÉS

Ingeniera Agrónoma

Especialización en Educación Ambiental

UNIVERSIDAD DEL VALLE

DIRECTIVOS

EDAGAR VARELA BARRIOS

Rector

LILIANA ARIAS CASTILLO

Vicerrectora Académica

CLAUDIA SANTAMARÍA GAITÁN

Vicerrector de Bienestar Universitario

ANTONIO JOSÉ ECHEVERRY PÉREZ

Secretario General

INÉS MARÍA ULLOA VILLEGAS

Vicerrectora Administrativa

JAIME RICARDO CANTERA KINTZ

Vicerrector de Investigación

GLADYS STELLA LÓPEZ JIMÉNEZ

Decana - Facultad de Humanidades

EQUIPO TÉCNICO

ELKIN DE JESÚS SALCEDO HURTADO

Director - Observatorio Sismológico y Geofísico del Sur Occidente Colombiano - OSSO

Doctor (Ph. D.) en Física-Matemáticas

GRUPO DE VULNERABILIDAD

Jorge Andrés Vélez Correa

Doctor (C) en Ciencias Ambientales
Coordinador

Alba Nidia Castaño Castaño

Geógrafa.
Est. M.Sc en Desarrollo Sustentable

Yeli Ceidy Castillo González

Geógrafa
Est. M.c en Políticas Públicas

Karen Andrea Sánchez Estupiñan

Geógrafa

David Arango Londoño

M.Sc en Economía Aplicada
Consultor

Iliana Hernández Meneses

Estadística

Dayana Sofia Tejada

Est. Economía

GRUPO DE CARTOGRAFÍA Y SIG

Jhon Jairo Barona

Doctor en Ing Geográfica
Coordinador

Danny Alexander Cocuñame Ricardo

Geógrafo

Vanessa García Cardona

Ing. Topográfica

María Camila Pomeo

Est. Ingeniería Topográfica

Carlos Mauricio Mosquera Pérez

Est. Ingeniería Topográfica

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	16
1.1 CONCEPTOS BÁSICOS.....	16
1.1.1 VULNERABILIDAD	16
1.1.2 EXPOSICIÓN.....	17
1.1.3 FRAGILIDAD	17
1.1.4 INTENSIDAD -TIPOS Y MODOS DE DAÑOS	17
2. METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES.....	18
2.1.1. EXPOSICIÓN.....	18
2.1.2. FRAGILIDAD	19
2.1.2.1. INTENSIDAD.....	19
2.1.2.2. FACTOR DE SEGURIDAD (FACTOR DE RESISTENCIA).....	21
2.1 CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....	24
3. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIÓN.....	26
3.1. PRESIÓN DE IMPACTO ANTE INUNDACIONES.....	26
3.2. IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS ANTE INUNDACIONES	29
3.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS POSIBLES EFECTOS EN LOS ELEMENTOS EXPUESTOS	29
3.2.1.1. EXPOSICIÓN DE ELEMENTOS CORPORALES (POBLACIÓN)	32
3.2.1.2. EXPOSICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	38
3.2.1.3. EXPOSICIÓN DE LÍNEAS VITALES	46
3.2.2. FACTOR DE RESISTENCIA (FACTOR DE SEGURIDAD) DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS.....	51
3.2.2.1. FACTOR DE LOS ELEMENTOS CORPORALES ANTE INUNDACIÓN	51
3.2.2.2. FACTOR DE RESISTENCIA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES ANTE INUNDACIÓN	55
3.3. CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES	60
3.3.1. VULNERABILIDAD CORPORAL	60
3.3.2. VULNERABILIDAD EDIFICACIONES	62
4. ESCENARIOS DE AFECTACIÓN ANTE INUNDACIONES.....	64
4.1. ESCENARIO DE AFECTACIÓN CORPORAL	64
4.2. ESCENARIO DE AFECTACIÓN EDIFICACIONES	67
4.3. ESCENARIO DE AFECTACIÓN TOTAL POR INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	70
4.4. ESCENARIO DE AFECTACIÓN MITIGABLE Y NO MITIGABLE POR INUNDACIÓN MUNICIPIO DE BOLÍVAR	72
4.4.1. ZONAS DE ALTO RIESGO MITIGABLE Y NO MITIGABLE	72
5. CÁLCULO DE POSIBLES DE PÉRDIDAS POR INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	74
5.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS.....	75
5.1.1. EDIFICACIONES	75
5.1.2. EDIFICACIONES ESENCIALES.....	76

5.2. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS POSIBLES PÉRDIDAS POR INUNDACIONES EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.	76
5.2.1. INFRAESTRUCTURA SOCIAL	76
5.2.1.1. POSIBLES PÉRDIDAS POR DAÑOS EN VIVIENDAS	76
5.2.1.2. TIPIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y EL CONTENIDO DE LAS VIVIENDAS	77
5.2.2. CONTENIDO (ELECTRODOMÉSTICOS Y MOBILIARIO)	78
5.2.3. ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DEL CONTENIDO DE LAS VIVIENDAS	79
5.2.4. ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE LA ESTRUCTURA DE LA VIVIENDA	80
5.2.5. ESTIMACIÓN DEL PORCENTAJE DE DAÑO DE LAS VIVIENDAS DE ACUERDO A LA PROFUNDIDAD DE LA INUNDACIÓN	80
5.2.5.1. COSTO TOTAL POR EL DAÑO EN VIVIENDAS	81
5.2.6. POSIBLES PÉRDIDAS POR DAÑOS EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS.....	81
5.2.6.1. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE DAÑOS EN LA ESTRUCTURA DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS.....	81
5.2.6.2. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE DAÑOS EN EL CONTENIDO DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS.....	82
5.2.6.3. COSTO TOTAL DEL CONTENIDO DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS	84
5.2.6.4. COSTO TOTAL POR EL DAÑO EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS	84
5.2.7. POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS POR AFECTACIONES EN EL HOSPITAL SANTA ANA.....	84
5.2.8. POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS DEL CENTRO DE BIENESTAR HOGAR DEL ANCIANO SAN LÁZARO	85
5.2.8.1. ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL CONTENIDO CENTRO DE BIENESTAR HOGAR DEL ANCIANO SAN LÁZARO	85
5.2.8.2. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LA ESTRUCTURA CENTRO DE BIENESTAR HOGAR DEL ANCIANO SAN LÁZARO	86
5.2.8.3. COSTO TOTAL POR DAÑO EN CENTRO DE BIENESTAR HOGAR DEL ANCIANO SAN LAZARO.....	86
5.2.8.4. COSTO TOTAL DE LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL.....	87
5.2.9. IMPACTO SOBRE LA SALUD.....	87
5.2.9.1. POSIBLES COSTOS POR AFECTACIONES EN SALUD EN CASO DE ENFERMEDAD VECTORIAL DENGUE	87
5.2.10. ASISTENCIA GUBERNAMENTAL	88
5.2.10.1. POSIBLES COSTOS POR ASISTENCIA DEL GOBIERNO A DAMNIFICADOS.....	88
5.2.10.2. ESTIMACIÓN DEL COSTO TOTAL POR ASISTENCIA A POSIBLES DAMNIFICADOS	89
5.2.11. INFRAESTRUCTURA VIAL.....	90
5.2.11.1. COSTOS POR POSIBLES AFECTACIONES EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL	90
5.2.12. LÍNEAS VITALES.....	91
5.2.12.1. COSTOS POR POSIBLES AFECTACIONES EN RED DE SUMINISTRO DEL GAS NATURAL DOMICILIARIO.....	91
5.2.12.2. COSTOS POR POSIBLES AFECTACIONES EN RED DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO ...	92
5.2.13. COSTOS TOTALES POSIBLES DAÑOS ANTE UNA INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	93
CONCLUSIONES.....	94
RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS.....	96

LISTA DE TABLAS

TABLA 2.1. ZONAS DE EXPOSICIÓN ANTE INUNDACIONES.	19
TABLA 2.2. LÍMITE DE PRESIÓN HORIZONTAL DE LAS ESTRUCTURAS.	20
TABLA 2.3. FACTOR DE SEGURIDAD POR TIPOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS	22
TABLA 2.4. FACTOR DE SEGURIDAD POR ALTURA DE LAS ESTRUCTURAS.	22
TABLA 2.5. FACTOR DE SEGURIDAD POR LA EDAD DE LAS ESTRUCTURAS	22
TABLA 2.6. VIDA ÚTIL DE LAS ESTRUCTURAS	22
TABLA 2.7. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS	23
TABLA 2.8. CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD PARA ESTRUCTURAS.....	25
TABLA 2.9. CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD PARA PERSONAS	25
TABLA 3.1. DETERMINACIÓN DE LOS POSIBLES EFECTOS ACORDE CON LA INTENSIDAD Y MAGNITUD DE LAS INUNDACIONES	30
TABLA 3.2. EDAD DE LA POBLACIÓN EXPUESTA POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	32
TABLA 3.3. NÚMERO DE PERSONAS CON O SIN LIMITACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	33
TABLA 3.4. RANGO DE EDAD PERSONAS ENCUESTADAS, FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	35
TABLA 3.5. NÚMERO DE PERSONAS ENCUESTADAS CON O SIN LIMITACIÓN, FRENTE A LA AMENAZA POR INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	36
TABLA 3.6. NÚMERO DE EDIFICACIONES EN EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	38
TABLA 3.7. USO PREDIAL DE LAS EDIFICACIONES EN EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	39
TABLA 3.8. TIPOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN	40
TABLA 3.9. TIPO DE EDIFICACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO BOLÍVAR	40
TABLA 3.10. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A LA INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	41
TABLA 3.11. EDAD DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO BOLÍVAR.....	42
TABLA 3.12. NÚMERO DE PISOS DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	43
TABLA 3.13. LÍNEAS VITALES EN EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	46
TABLA 3.14. FACTOR DE RESISTENCIA DE LA POBLACIÓN CON O SIN LIMITACIONES POR MANZANAS, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	51
TABLA 3.15. FACTOR DE RESISTENCIA DE LA EDAD DE LA POBLACIÓN EXPUESTA POR INUNDACIÓN ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.	53
TABLA 3.16. FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA TIPOLOGÍA DE LAS EDIFICACIONES, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	55
TABLA 3.17. FACTOR DE RESISTENCIA DE LAS EDIFICACIONES SEGÚN EL ESTADO DE CONSERVACIÓN	56
TABLA 3.18. ALTURA DE LAS EDIFICACIONES FRENTE AL FACTOR DE RESISTENCIA.....	57
TABLA 3.19. FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA EDAD DE LAS EDIFICACIONES	58

TABLA 3.20. VULNERABILIDAD CORPORAL POR ÁREA DE MANZANAS, ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	60
TABLA 3.21. VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL EN M ² , ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	62
TABLA 3.22. ÁREAS POR MANZANA PARA EL ESCENARIO DE AFECTACIÓN CORPORAL, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	64
TABLA 3.23. ÁREAS (M ²) Y NIVEL DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	67
TABLA 3.24. NIVEL DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE O NO MITIGABLE POR INUNDACIONES, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	72
TABLA 5.1. CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES EXPUESTOS INUNDACIONES EN AMENAZA MEDIA, EN EL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	75
TABLA 5.2. CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES EXPUESTOS INUNDACIONES A AMENAZA ALTA, EN LA ZONA DE INFLUENCIA EN EL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	75
TABLA 5.3. VALOR DEL CONTENIDO DE UNA VIVIENDA	80
TABLA 5.4. PRECIO DE M ² CONSTRUIDO Y PRECIO PROMEDIO DE VIVIENDAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO	80
TABLA 5.5. PORCENTAJES DE DAÑO PARA EL CONTENIDO Y LA ESTRUCTURA PARA INFRAESTRUCTURA SOCIAL, SEGÚN EL TIRANTE DE AGUA	80
TABLA 5.6. COSTO TOTAL DE LAS VIVIENDAS ANTE EL FENÓMENO DE INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	81
TABLA 5.7. CENTROS EDUCATIVOS EN ZONAS DE AMENAZA MEDIA POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	82
TABLA 5.8. COSTO TOTAL DE LA ESTRUCTURA DE LAS SEDES EDUCATIVAS. PRECIOS DE 2018.....	82
TABLA 5.9. NÚMERO DE ESTUDIANTES DE LAS SEDES EDUCATIVAS EN EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	83
TABLA 5.10. MUESTRA DE ALMACENES PARA LA DETERMINACIÓN DEL PRECIO DE PUPITRES, MESAS Y SILLAS POR SEDE EDUCATIVA. PRECIOS DE 2018.	83
TABLA 5.11. COSTO TOTAL DEL CONTENIDO DE LAS SEDES EDUCATIVAS. PRECIOS DE 2018	84
TABLA 5.12. COSTO TOTAL POR POSIBLES DAÑOS DE LAS ESCUELAS EXPUESTAS POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	84
TABLA 5.13. COSTO TOTAL POR HOSPITAL EN AMENAZA MEDIA POR ESCENARIO DE RIESGO POR INUNDACIÓN.....	85
TABLA 5.14. VALOR CONTENIDO DEL CENTRO DE BIENESTAR HOGAR DEL ANCIANO SAN LÁZARO	86
TABLA 5.15. ÁREA Y PRECIO ESTIMADA DEL CENTRO DE BIENESTAR HOGAR DEL ANCIANO SAN LÁZARO.....	86
TABLA 5.16. PORCENTAJES Y DAÑOS ESTIMADOS DEL CENTRO DE BIENESTAR HOGAR DEL ANCIANO SAN LÁZARO	86
TABLA 5.17. COSTOS TOTALES DE LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL	87
TABLA 5.18. COSTO TOTAL APROXIMADO POR PERSONAS CONTAGIADAS CON DENGUE Y DENGUE GRAVE, ANTE POSIBLE INUNDACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	88
TABLA 5.19. MONTOS DESIGNADOS POR EL GOBIERNO NACIONAL PARA ASISTENCIA ALIMENTARIA Y ASEO A DAMNIFICADOS DURANTE SITUACIONES DE DESASTRES.	89

TABLA 5.20. COSTOS POR ASISTENCIA ALIMENTARIA, ASEO Y VIVIENDA POR CADA FAMILIA POSIBLEMENTE AFECTADA POR INUNDACIÓN.....	89
TABLA 5.21. COSTO TOTAL POR POSIBLE ASISTENCIA A DAMNIFICADOS ANTE INUNDACIÓN, ÁREA URBANA MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	89
TABLA 5.22. COSTO POR MANTENIMIENTO, MEJORAMIENTO Y LIMPIEZA VIAL DE KM DE VÍA.	90
TABLA 5.23. COSTOS DE MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL POR POSIBLES DAÑOS ANTE INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.	91
TABLA 5.24 COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE GASES	91
TABLA 5.25. COSTOS TOTALES PARA LA RED DE GAS NATURAL DOMICILIARIO ANTE UN EVENTO DE INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.	91
TABLA 5.26. COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO POR POSIBLES DAÑOS POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	92
TABLA 5.27. COSTOS TOTALES DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO POR POSIBLES DAÑOS POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	92
TABLA 5.28 COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ACUEDUCTO POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN.....	92
TABLA 5.29. COSTOS DE REPOSICIÓN DE TUBERÍA DE ACUEDUCTO POR POSIBLES DAÑOS POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	93
TABLA 5.30. COSTOS TOTALES POSIBLES DAÑOS	93

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1. ZONAS DE EXPOSICIÓN ANTE INUNDACIONES	19
FIGURA 3.1 MAPA DE VELOCIDADES MODELO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	27
FIGURA 3.2. MAPA DE PROFUNDIDADES MODELO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	28
FIGURA 3.3. TIPOS DE DAÑOS POR INUNDACIÓN Y CONDICIONES DE FLUJO.	29
FIGURA 3.4. DISTRIBUCIÓN DE LA EDAD DE LA POBLACIÓN EXPUESTA POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DE MUNICIPIO DE BOLÍVAR	33
FIGURA 3.5. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN CON O SIN LIMITACIONES EXPUESTA POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DE MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	34
FIGURA 3.6. DISTRIBUCIÓN DE LA EDAD DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA, FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	35
FIGURA 3.7. DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA CON O SIN LIMITACIONES, FRENTE A LA EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	36
FIGURA 3.8. MAPA DE EXPOSICIÓN CORPORAL POR MANZANAS ANTE INUNDACIONES, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	37
FIGURA 3.9. DISTRIBUCIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	38
FIGURA 3.10. DISTRIBUCIÓN DE USO PREDIAL DE LAS EDIFICACIONES EN EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	39
FIGURA 3.11. DISTRIBUCIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	41
FIGURA 3.12. DISTRIBUCIÓN DEL ESTADO CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EN EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	42
FIGURA 3.13. DISTRIBUCIÓN DE LA EDAD EN LAS EDIFICACIONES EN EXPOSICIÓN POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA MUNICIPIO DEL BOLÍVAR.....	43
FIGURA 3.14. DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE PISOS DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	44
FIGURA 3.15. MAPA DE EXPOSICIÓN ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIONES, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	45
FIGURA 3.16. RED DE ACUEDUCTO EXPUESTA ANTE INUNDACIONES, ÁREA URBANA MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	47
FIGURA 3.17. RED DE ALCANTARILLADO EXPUESTA ANTE INUNDACIONES, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	48
FIGURA 3.18. RED DE SUMINISTRO DEL SERVICIO DE GAS EXPUESTA ANTE INUNDACIÓN, ÁREA URBANA MUNICIPIO DE BOLÍVAR	49
FIGURA 3.19. RED VIAL EXPUESTA ANTE INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	50
FIGURA 3.20. DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA DE LA POBLACIÓN CON Y SIN IMITACIONES PERSONALES, EXPUESTA A INUNDACIÓN ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	52
FIGURA 3.21. DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA DE LA EDAD DE LA POBLACIÓN EXPUESTA POR INUNDACIÓN ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	53

FIGURA 3.22. FACTOR DE RESISTENCIA CORPORAL ANTE INUNDACIONES ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	54
FIGURA 3.23. DISTRIBUCIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS DE LAS EDIFICACIONES, FRENTE AL FACTOR DE RESISTENCIA, ÁREA URBANA EN EL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	55
FIGURA 3.24. DISTRIBUCIÓN DE LAS EDIFICACIONES SEGÚN SU ESTADO DE CONSERVACIÓN ANTE EL FACTOR DE RESISTENCIA, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	56
FIGURA 3.25. DISTRIBUCIÓN DE LAS EDIFICACIONES SEGÚN ALTURA (NÚMERO DE PISOS) ANTE EL FACTOR DE RESISTENCIA, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	57
FIGURA 3.26. DISTRIBUCIÓN DE LAS EDADES DE LAS EDIFICACIONES FRENTE AL FACTOR DE RESISTENCIA, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	58
FIGURA 3.27. RESISTENCIA ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIONES, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	59
FIGURA 3.28. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA VULNERABILIDAD CORPORAL ANTE INUNDACIONES EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR, VALLE DEL CAUCA	60
FIGURA 3.29. MAPA VULNERABILIDAD CORPORAL POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	61
FIGURA 3.30. DISTRIBUCIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL EN M ² , ANTE INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	62
FIGURA 3.31. MAPA DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIONES, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	63
FIGURA 4.1. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL ÁREA (M ²) DE AFECTACIÓN CORPORAL POR INUNDACIÓN, ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	65
FIGURA 4.2. ESCENARIO DE AFECTACIÓN CORPORAL ANTE INUNDACIÓN, ÁREA URBANA MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	66
FIGURA 4.3. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL ÁREA (M ²) AFECTACIÓN ESTRUCTURAL ANTE INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	67
FIGURA 4.4. ESCENARIO DE AFECTACIÓN EDIFICACIONES ANTE INUNDACIÓN, ÁREA URBANA MUNICIPIO DE BOLÍVAR	69
FIGURA 4.5. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS NIVELES DE AFECTACIÓN POR INUNDACIÓN, ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	70
FIGURA 4.6. ÁREAS DE AFECTACIÓN ANTE INUNDACIONES, ZONA URBANA MUNICIPIO DE BOLÍVAR	71
FIGURA 4.7. ÁREAS DE AFECTACIÓN ALTA (MITIGABLE Y NO MITIGABLE), ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	73
FIGURA 5.1. TIPO DE VIVIENDAS DE DIFERENTES DEL AREA URBANA MUNICIPIO DE BOLÍVAR.	78
FIGURA 5.2. CONTENIDO DE UNA VIVIENDA EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	79

INTRODUCCIÓN

En el presente documento se muestran las evaluaciones de amenaza, vulnerabilidad y escenarios de afectación o daño (riesgo) realizadas en el área urbana de los municipios Bolívar, Roldanillo y Versalles. Dichos estudios se priorizan en el marco del Resultado 2 - Estudios de zonificación de amenazas y riesgos en áreas urbanas, cofinanciados; del proyecto 5001: Apoyo a la gestión del riesgo en el territorio del Plan de Acción 2016-2019 de la CVC.

Los estudios, que dan como resultado la zonificación de amenazas, vulnerabilidad y riesgos, se entregan con el fin de aportar a la disminución de la vulnerabilidad de cada una de las cabeceras frente a las amenazas naturales y socio naturales en concordancia con las limitaciones del territorio, es decir, se aborda el proceso de conocimiento del riesgo a partir del análisis de amenazas y riesgos a nivel de zonas urbanas, acorde con lo definido por el Decreto 1077 de 2015, lo cual permitirá abordar de manera adecuada los procesos de planificación ambiental y territorial, definiendo con mayor precisión las medidas prospectivas y correctivas que se deban implementar.

Los fenómenos naturales no se constituyen por sí mismos como un riesgo, sino que se transforman en la interacción con una comunidad expuesta. La presencia de personas y bienes materiales en áreas sujetas a procesos naturales potencialmente desastrosos dan lugar a que se genere daños y pérdidas relativas; esto significa que en la medida en que se genere un aumento de los elementos expuestos (nuevas construcciones y aumento de población), habrá un incremento considerable en los posibles daños a ser provocados.

Por lo tanto, es necesario realizar una correcta evaluación de los daños y pérdidas que se pueden generar ante la ocurrencia de inundaciones en el área urbana del municipio de Bolívar, esto con miras a la creación de acciones y políticas para la gestión del riesgo.

Conceptualmente se consideran el Riesgo o los Escenarios de Afectación como una combinación de dos factores: la peligrosidad o Amenaza y la Vulnerabilidad, de igual forma éste último factor depende del grado de exposición y del nivel de fragilidad de los distintos elementos que la conforman; así el riesgo puede expresarse de la siguiente manera:

$$R = A * V(E)$$

Donde:

- R:** Riesgo
- A:** Amenaza
- V:** Vulnerabilidad
- E:** Exposición

En este informe se realiza el estudio de vulnerabilidad y evaluación de los escenarios de afectación ante los fenómenos de movimientos en masa e inundación en el municipio de Bolívar. Este se realiza como resultado del convenio interadministrativo N° 0205 de 2017 firmado entre la CVC y la Universidad del Valle con el fin de aportar elementos de juicio en la toma de decisiones y medidas para la prevención de los daños que pueden generar estos fenómenos en la zona urbana y

de expansión del municipio. Junto al presente estudio se realizó la valoración de la amenaza por inundación, la modelación hidráulica se hizo con el uso del programa HEC- RAS 5.0.4.

El informe se estructura en cinco (5) capítulos:

- En el capítulo 1 se realiza una conceptualización de vulnerabilidad, exposición y fragilidad
- En el capítulo 2 se presenta la metodología utilizada para el análisis de vulnerabilidad de inundación en el área urbana del municipio de Bolívar.
- En el capítulo 3 se realiza el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones teniendo en cuenta la presión de impacto, la identificación, localización y caracterización de los elementos expuestos en las zonas de amenaza alta y media. El cálculo y zonificación de la vulnerabilidad ante el fenómeno de inundación.
- En el capítulo 4 se presenta el análisis del escenario de afectación ante el fenómeno de inundación.
- En el capítulo 5 se presenta el cálculo de las posibles pérdidas ante el fenómeno de inundación.
- Se presentan conclusiones y recomendación

1. VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR

Según la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR, 2009), existen diversos aspectos de la vulnerabilidad que surgen de factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Estos se relacionan directamente con la interrelación de los diferentes niveles de organización de la sociedad, entre ellos, los grados de exposición a un tipo de amenaza, formas inadecuadas de construcción, la falta de información y concientización pública, la voluntad política de los dirigentes, la falta de articulación entre las entidades tomadoras de decisiones, los organismos de socorro y la comunidad para hacerle frente a los posibles fenómenos catastróficos que puedan presentarse en un espacio y tiempo determinados.

1.1 CONCEPTOS BÁSICOS

En este apartado se presentarán las conceptualizaciones utilizadas para el análisis de la vulnerabilidad y los escenarios de afectación para inundación de la zona urbana del municipio de Bolívar

1.1.1 Vulnerabilidad

El concepto de vulnerabilidad se entiende como la condición de debilidad o fragilidad de un individuo, elemento o sistema (social o ecológico), que por su naturaleza o particularidades intrínsecas y estando expuesto, está propenso a ser afectado o a sufrir daños ante la ocurrencia de un determinado tipo de fenómeno, evento, suceso o proceso amenazante. En esta definición se resalta que, por un lado, la vulnerabilidad es una propiedad intrínseca del elemento o sistema expuesto que por su naturaleza tiene una condición de fragilidad, que se entiende como una propiedad negativa de un elemento o sistema que reduce su capacidad de resistencia a sufrir daños ante la ocurrencia de un fenómeno que pueda afectarlo.

La normativa colombiana Ley 1523 del 2012 Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres define la vulnerabilidad como “la susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos”. En otras palabras, la vulnerabilidad se relaciona directamente con la calidad de vida, pues esta es intrínseca al individuo.

Para la evaluación de la vulnerabilidad, el presente estudio considera que operativamente, está conformada por la exposición del o los elementos expuestos y su fragilidad que estos presentan ante el impacto de determinado tipo de fenómeno amenazante, por el cual es necesario considerar la presión de impacto del fenómeno (magnitud o intensidad) y las cuales serían los posibles tipos de afectación que se podrían generar en el elemento expuesto. A continuación, se definen estos parámetros.

1.1.2 Exposición

Para Cardona (1993), “elementos expuestos o elementos bajo riesgo son los contextos social y material, representados por las personas y por los recursos y servicios que pueden ser afectados por la ocurrencia de un evento, es decir, las actividades humanas, los sistemas realizados por el hombre tales como edificaciones, líneas vitales o infraestructura, centros de producción, utilidades, servicios y la gente que los utiliza”.

Cabe señalar que los elementos expuestos pueden dividirse en cuatro grupos:

- *Elementos corporales.* Corresponden a las personas o habitantes expuestos en la zona de amenaza. Deben ser los de mayor importancia al evaluar las condiciones de del riesgo y tomar las decisiones para su reducción o mitigación. Por tal razón es fundamental contar un censo actualizado de los habitantes de la zona, contando con el conocimiento dinámico de éstos, es decir, migraciones e inmigraciones (INGEOMINAS-CVC, 2001).
- *Elementos estructurales.* Representan elementos materiales que a su vez pueden dividirse en: construcciones (viviendas, edificaciones), redes (vías, conducciones, líneas y acequias) (INGEOMINAS-CVC, 2001).
- *Elementos funcionales.* En esta categoría se consideran todas aquellas de tipo económico y no económico que son susceptibles de ser perturbadas por determinado tipo de proceso en la posible zona de afectación (INGEOMINAS-CVC, 2001). En este grupo se evalúan actividades agrícolas, comerciales, industriales, entre otras.
- *Elementos ambientales.* Corresponden a todos los elementos en el territorio que pueden ser afectados por un proceso; pueden ser generalizados como los aspectos del medio ambiente que agrupa los del componente abiótico (cuerpos de agua superficial o subterránea, aire, suelo y paisaje) y biótico (recursos de flora y fauna).

1.1.3 Fragilidad

Está asociada directamente con la debilidad o resistencia de una persona o comunidad al verse afectada por una situación en particular. "La fragilidad está referida al nivel de resistencia y protección frente al impacto de un peligro o amenaza, es decir las condiciones de desventaja o debilidad relativa de una unidad social por las condiciones socioeconómicas" (MEF y GTZ,2006).

Desde el punto de vista estructural la fragilidad es entendida como las condiciones intrínsecas de un elemento expuesto; condición de resistencia o sensibilidad de un material ante la fuerza de un fenómeno. La fragilidad va a depender de la presión del impacto del fenómeno sobre la resistencia del material y se determinada acorde a la magnitud e intensidad de los eventos a los cuales está expuesto.

1.1.4 Intensidad -Tipos y modos de daños

El escenario de vulnerabilidad está asociado a la intensidad y la magnitud del evento sobre las edificaciones, el ambiente y las personas expuestas que pueden padecer diferentes tipos de daños. Anteriormente se pensaba que la intensidad de los daños esperados sería limitada y restringida, es decir, que dada una determinada intensidad debería ocurrir un cierto tipo de daños, lo que

implicaría que la distribución de daños fuera uniforme, no obstante, la característica intrínseca de los elementos expuestos es diferente según el tipo de evento.

2. METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES

El análisis de la vulnerabilidad física para el municipio de Bolívar, se realiza teniendo como base lo planteado por la “*Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa*” del Servicio Geológico Colombiano (SGC) (2016), la cual, brinda las etapas generales a tener en cuenta en la evaluación de la vulnerabilidad física y los elementos necesarios para dar cumplimiento a los lineamientos del Decreto 1807 de 2014 en relación con los estudios en escala detallada (1:2000).

El análisis de la vulnerabilidad comprende dos etapas fundamentales: la identificación de los escenarios de vulnerabilidad y la zonificación de la vulnerabilidad. Los escenarios de vulnerabilidad se construyen con base en la exposición de los elementos (bienes físicos y personas) y su grado de fragilidad ante el evento amenazante. De esta forma, una vez se obtienen los escenarios se procede a realizar la zonificación de la vulnerabilidad en niveles de alta, media y baja (SGC, 2016).

La propuesta de caracterización de la vulnerabilidad presentada en la guía se ha soportado con base en la propuesta de evaluación cuantitativa presentada por Uzielli et al. (2008), Li et al. (2010) y Du et al. (2013, 2014). Por lo tanto, cabe mencionar que lo presentado por el SGC (2016) y por estos autores se ha adecuado para el presente estudio conforme a las necesidades del proyecto y a las condiciones del área del estudio, teniendo en cuenta el juicio de expertos de los profesionales que conforman el equipo de trabajo y soporte bibliográfico. Así mismo, a pesar de ser una metodología enfocada principalmente al fenómeno de movimiento en masa, su implementación se ha adecuado para ser utilizada también para el fenómeno de inundación.

Para el municipio de Bolívar, las áreas sujetas al estudio de la vulnerabilidad a escala detallada son aquellas zonas con ocupación actual y que se identificaron en la categoría de amenaza alta y media a escala 1:2000. El estudio de vulnerabilidad se realizó para el municipio de Bolívar sólo para el fenómeno de inundación. A continuación, se presentan de manera detallada cada una de las fases y procedimientos llevados a cabo.

La caracterización del escenario de vulnerabilidad incluye la estimación de la exposición para los elementos físicos y corporales, así como también los niveles de fragilidad ante el evento amenazante. En el presente apartado se describen los soportes metodológicos y bibliográficos tomados en cuenta para su evaluación.

2.1.1. Exposición

Los elementos expuestos incluyen tanto elemento físico (bienes e infraestructura) y corporales (personas), que por su localización pueden resultar afectados por la materialización de una amenaza (SGC, 2016). En este sentido, con el fin de evaluar la exposición para el fenómeno trabajado, se

asignaron valores de acuerdo a la localización de los elementos en los respectivos niveles de amenaza.

Para las inundaciones, el valor de la exposición se relacionó de manera directa con los niveles de amenaza. Se asume que las zonas de amenaza alta son aquellas de mayor cercanía a los cauces de los ríos y las que se pueden ver impactadas de manera inmediata por la inundación; mientras que las zonas de amenaza baja son las más alejadas a los cauces y su nivel de exposición al fenómeno es menor. De esta forma, se definen tres zonas de exposición con los siguientes valores (Figura 2.1 y Tabla 2.1):

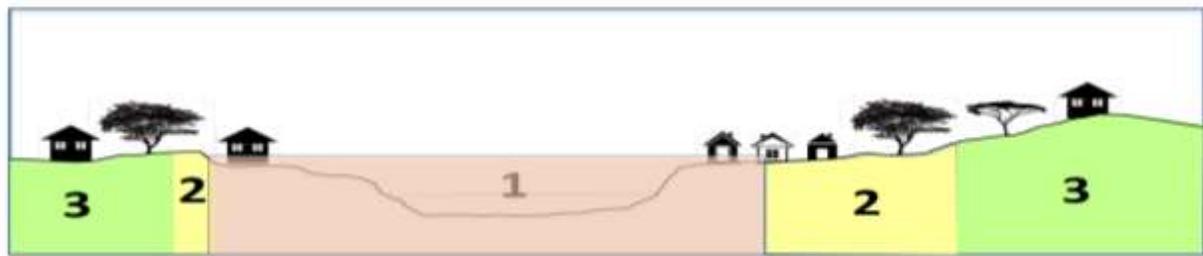


Figura 2.1. Zonas de exposición ante inundaciones

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2.1. Zonas de exposición ante inundaciones.

ZONAS DE EXPOSICIÓN	NIVEL DE AMENAZA	VALOR DE EXPOSICIÓN
1	Alta	1
2	Media	0,4
3	Baja	0

Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Fragilidad

La fragilidad está determinada por dos factores principales, uno es la intensidad del evento y el otro es la seguridad (factor de resistencia). A continuación, se describe el procedimiento llevado a cabo para la estimación de cada factor:

2.1.2.1. Intensidad

- **Intensidad sobre las estructuras (edificaciones).**

La intensidad brinda información sobre la gravedad y las dimensiones del evento. Cuando este ocurre, flujos o diferentes materiales se desplazan a alta velocidad pudiendo afectar directamente a los elementos expuestos mediante una gama de mecanismos de impacto.

Según la propuesta de Du et al. (2014), la intensidad del evento amenazante para las estructuras se define como una función de su profundidad y de la presión de impacto:

$$I = 1 - (1 - I_{f-pre})(1 - I_{f-prof}) \quad (1)$$

Donde:

I: es la intensidad del evento.

I_{f-pre}: es el parámetro de la intensidad debido a la presión. Se estima a partir de la relación entre la presión de impacto del evento y la presión límite soportada por la estructura.

I_{f-prof}: es el parámetro de la intensidad por la profundidad del evento. Se presenta en función de la relación entre la profundidad del evento y la altura de la edificación

Para el caso de las inundaciones, la propuesta de Du et al. (2014) se adaptó para estimar la intensidad del evento. Para este caso los parámetros que hacen parte de la ecuación de la intensidad se obtienen de la siguiente manera:

- *Presión de impacto de la inundación (I_{f-pre}):*

$$I_{f-pre} = \frac{P_{inun}}{P_{le}} \quad (6)$$

Donde:

P_{inun}: presión de impacto de la inundación

P_{le}: presión límite soportada por las estructuras.

La presión del impacto de la inundación se estima a través de la velocidad del flujo de agua y su profundidad:

$$P_{inun} = \frac{v}{h} \quad (7)$$

Donde:

v: velocidad (m/s)

h: profundidad del flujo de agua

El límite de la presión horizontal soportada por las estructuras (**P_{le}**), se aborda de la misma manera que para el fenómeno de movimiento en masa, tal como lo estipula Du et al. (2014) y lo complementa el SGC (2016) (Tabla 2.2).

Tabla 2.2. Límite de presión horizontal de las estructuras.

TIPOLOGÍA	PRESIÓN LÍMITE DE LA ESTRUCTURA (kPa)
Otro (Material Reciclado)	1
Madera, Tapia y Bahareque	5
Mampostería No Reforzada	8
Mampostería Confinada	11

Fuente: Modificado Du et al. (2014) y SGC (2016).

- *Profundidad de la inundación (I_{f-prof}):* el parámetro I_{f-prof} se representa en función de la relación entre la profundidad de la inundación y la altura de las estructuras por medio de la siguiente expresión:

$$I_{f-pre} = \frac{P_{inun}}{P_{le}} \quad (8)$$

Donde:

P_{f-prof} : parámetro de intensidad por la profundidad del flujo agua

P_{inun} : profundidad del del flujo agua

h_e : altura de las edificaciones (número de pisos)

- **Intensidad corporal**

Para las variables corporales, los valores de intensidad utilizados son los estimados en lo estructural, dado que se asume que la población de encuentra dentro de las infraestructuras.

2.1.2.2. Factor de seguridad (factor de resistencia)

La metodología llevada a cabo para la obtención de los factores de seguridad estructural y corporal para el municipio de Bolívar en el Valle del Cauca se describe a continuación:

- **Factor de seguridad estructural.**

Para la estimar el factor de seguridad estructural, se tomaron como base las variables planteadas en los trabajos de Uzielli (2008) y Du et al. (2013, 2014): tipología de la construcción, edad de la construcción, número de pisos (altura) y estado de conservación.

Para obtener la información de cada una de las variables y con el fin de dar cumplimiento con las escalas de detalle establecidas en el Decreto 1807 de 2014 fue necesario realizar en campo una inspección visual de cada predio.

El indicador de Seguridad Estructural (S_e) se construye con base en la fórmula propuesta por Li et al. (2010), y modificada por Du et al. (2013, 2014), tal y como se describe a continuación:

$$S_e = 1 - [(1 - S_{tip}) * (1 - S_{alt}) * (1 - S_{con}) * (1 - S_{ed})] \quad (9)$$

Donde:

S_e : factor de seguridad estructural

S_{tip} : pesos relativos al tipo de estructura

S_{alt} : altura de las estructuras

S_{con} : estado de conservación de las estructuras

S_{ed} : edad de las estructuras

Cabe mencionar que el factor de seguridad debe comprenderse de manera inversa, es decir, un valor alto representa una resistencia baja de las estructuras o de los elementos corporales, incidiendo en el aumento de la vulnerabilidad.

- *Factor de seguridad por tipo de estructura (S_{tip})* para el tipo de estructura se consideran los factores de resistencia propuestos por Du et al. (2013) a partir de las tipologías establecidas por Heinimann (1999) (Tabla 2.3):

Tabla 2.3. Factor de seguridad por tipología de las estructuras

TIPOLOGÍA	FACTOR DE RESISTENCIA	S_{tip}
F=Otro (Material Reciclado)	Baja	1
E=Madera, Tapia y Bareque	Alta	0,9
D=Mampostería No Reforzada	Alta	0,7
C=Mampostería Confinada	Muy alta	0,5

Fuente: Modificado de Du et al. (2013)

- *Factor de seguridad por altura de la estructura (S_{alt}):* la seguridad de la estructura en función de su número de pisos se aprecia en la Tabla 2.4 Los valores de los parámetros se dan con base en la propuesta de Li et al. (2010).

Tabla 2.4. Factor de seguridad por altura de las estructuras.

TIPOLOGÍA	NÚMERO DE PISOS	S_{alt}
E, F	≥ 2	0,9
D	≥ 4	0,9
D	2 y 3	0,6
Demás tipologías y alturas		0,05

Fuente: Li et al. (2010)

- *Factor de seguridad por edad de la estructura (S_{ed}):* el parámetro de seguridad relativo a la edad de la edificación se estima a partir de la relación de los años de servicio con respecto a la vida útil de diseño de la edificación (servicio/vida útil). Los valores de este parámetro corresponden a los propuestos por Du et al (2013, 2014) (Tabla 2.5).

Tabla 2.5. Factor de seguridad por la edad de las estructuras

RELACIÓN AÑOS DE SERVICIO/VIDA ÚTIL	S_{ed}
$\leq 0,1$	0,05
0,1-0,4	0,1
0,4-0,6	0,3
0,6-0,8	0,5
0,8-1,0	0,7
1,0-1,2	0,8
$> 1,2$	1

Fuente: Du et al. (2013, 2014)

En este sentido, la vida útil de las estructuras se estima de acuerdo a sus características y soportada en información secundaria. Los valores propuestos de vida útil se presentan en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Vida útil de las estructuras

TIPOLOGÍA	VIDA ÚTIL
Ay B	80 años
C yD	50 años
E	30 años
F	20 años

Fuente: elaboración propia.

- *Factor de seguridad por conservación de la estructura (S_{con}):* el estado de conservación se

evalúa a partir de la inspección visual de las edificaciones y se califica de acuerdo con los valores del parámetro propuestos por Du et al. (2013, 2014) (Tabla 2.7).

Tabla 2.7. Estado de conservación de las estructuras

ESTADO DE CONSERVACIÓN	DESCRIPCIÓN	SEPARACIÓN GRIETAS (mm)	S _{con}
Bueno	Solo se observan daños superficiales leves en los acabados.	0-0,5	0,05
Daños leves	Fisuras en juntas horizontales en los extremos superior e inferior de elementos verticales.	0,5-1,0	0,25
Daños moderados	Desplazamiento relativo o movimiento en el plano fuera de él (pandeo).	1,0-5,0	0,5
Daños graves	Inclinaciones del elemento fuera de su plano vertical.	5,0-10,0	0,75
Daños muy graves	Unidades de mampostería con fallas por aplastamiento. Concreto con fallas por aplastamiento	>10,0	1

Fuente: Modificado de Du et al. (2013, 2014).

- **Factor de seguridad corporal.**

Teniendo en cuenta lo planteado por Uzelli et al. (2008) y Du et al. (2013), el *Factor de Seguridad Corporal* (S_{corp}) se calcula en base a la cantidad de población, su edad y las discapacidades presentes. En la ecuación 10 se presenta el cálculo realizado:

$$S_{corp} = 1 - [(1 - S_{dis}) * (1 - S_{edad})] \quad (10)$$

Donde:

S_{dis} : es el total de personas por manzana con discapacidad y

S_{edad} : es el total de personas menores de 9 años y mayores de 60 años

En ambos casos para calcular S_{dis} y S_{edad} se estandarizan por medio de la siguiente transformación que garantiza que los indicadores se encuentren entre 0 y 1.

$$S_{dis} = \frac{S_{dis} - \text{Min}(S_{dis})}{\text{Max}(S_{dis}) - \text{Min}(S_{dis})} \quad (11)$$

Para estimar el Factor de Seguridad Corporal, se obtuvo del Sistema de Consulta de Información Censal (DANE, 2005), las bases de datos de las variables demográficas como Limitaciones Personales y Grupos de Edad.

- *Validación de la información corporal:* con el fin de validar la información obtenida de las variables Demográficas del DANE (2005), se realizó un proceso de validación en campo a través de entrevistas estructuradas. Para esto, se estableció que el método más apropiado para obtener la muestra es a través del Muestreo Aleatorio Simple (MAS) para poblaciones finitas, dado que el municipio de Bolívar refleja características similares en lo estructural (predios y manzanas).

Cabe mencionar que, se denomina muestreo aleatorio simple, al diseño que habiendo decidido el tamaño de la muestra a n unidades de muestreo (o simplemente de tamaño n), se le asigna la misma probabilidad de ser elegida a cada una de las unidades. Es decir, cualquiera de las unidades de muestreo distintas que podemos obtener de la población tendrá la misma probabilidad de ser elegida (Arana, 2003).

El cálculo de la muestra se hace por medio de la siguiente expresión:

$$n = \frac{Z^2 p(1-p)N}{[e^2(N-1)] + Z^2 p(1-p)} \quad (13)$$

Donde:

N: tamaño de la población o universo

Z: constante del nivel de confianza

e: error muestral deseado (diferencia que puede haber entre los resultados que se obtienen con base en la muestra y los resultados usando el total de la población)

p: proporción de predios que poseen en la población la característica de estudio.

n: tamaño de la muestra.

Asumiendo que los datos se distribuyen de manera normal, se definen los siguientes parámetros para la realización del muestreo:

Nivel de Significancia: ($\alpha = 0.05$)

Nivel de Confianza: ($(1 - \alpha) \times 100 = 95\%$)

Error Muestral: ($\epsilon = 0.05$)

Varianza o Probabilidad: ($P=0,5$) ($Q=0,5$). Teniendo en cuenta que no se encontraron estudios piloto o antecedentes sobre este tipo de investigación, se trabajó con la máxima variabilidad representada.

2.1 CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Para el cálculo de la vulnerabilidad se adapta la propuesta de Li et al., (2010), la cual analiza la vulnerabilidad como una función de la intensidad y la capacidad de resistencia de los elementos expuestos (S). Sin embargo, partiendo de la concepción que la vulnerabilidad es el producto de la relación entre la exposición y la fragilidad (Ecuación 14), se modifica dicho planteamiento, incluyendo la evaluación de la exposición (Ecuaciones 15, 16).

Cabe mencionar, que para las líneas vitales la vulnerabilidad se aborda sólo teniendo en cuenta la cantidad de metros lineales localizados en zona de amenaza alta y media.

$$V=(Exp*Frag) \quad (14)$$

Donde:

V: vulnerabilidad

Exp: exposición

Frag: fragilidad

$$v = \frac{1}{2} Exp \left(\frac{I}{1-S} \right)^2 \quad I \leq 1 - S \quad (15)$$

Ó

$$v = 1 - \frac{1}{2} \text{Exp} \left(\frac{1-I}{S} \right)^2 \quad I > 1 - S \quad (16)$$

Donde:

v: vulnerabilidad

Exp: exposición

I: Intensidad

S: factor de seguridad (resistencia)

(*V*, *Exp*, *I*, *S*) son adimensionales $\in [0, 1]$

Por lo tanto, la fragilidad está representada por todo lo que multiplica a la exposición. Tal como se muestra en la siguiente expresión:

$$\left(\frac{1-I}{S} \right)^2 \quad \text{o} \quad \left(\frac{I}{1-S} \right)^2 \quad (17)$$

Del cálculo de la vulnerabilidad, para estructuras, un valor de 1 significa alta vulnerabilidad por lo cual se puede presentar el escenario de la destrucción completa de la estructura; los valores menores que 1 representan el grado de daño, y 0 significa que la edificación no presenta ningún daño (Tabla 2.8). En personas, 1 significa la pérdida de la vida, y los valores menores que 1 se traducen como la probabilidad de pérdida de la vida (Tabla 2.9) (SGC, 2016).

Finalmente, con base en los valores de vulnerabilidad definidos se prepara la cartografía con los diferentes elementos que la componen. La vulnerabilidad alta se identifica con color rojo, la vulnerabilidad media con color amarillo y la vulnerabilidad baja con color verde (Tabla 2.8).

Tabla 2.8. Clasificación de la vulnerabilidad para estructuras

CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	VALOR DE VULNERABILIDAD	NIVEL DE DAÑO
ALTA	0,50-1,00	Total- colapso
MEDIA	0,10-0,50	Grave
BAJA	0,02-0,10	Moderado
	0,00-0,02	Leve

Fuente: SGC (2016).

Tabla 2.9. Clasificación de la vulnerabilidad para personas

CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	VALOR DE VULNERABILIDAD	NIVEL DE DAÑO
ALTA	0,50-1,00	Alta posibilidad de muerte o lesiones serias.

CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	VALOR DE VULNERABILIDAD	NIVEL DE DAÑO
MEDIA	0,20-0,50	Alta posibilidad de lesiones moderadas, pero baja probabilidad de muertes.
BAJA	0,00-0,2	Probabilidad de muerte casi nula y lesiones muy leves o inexistentes-.

Fuente: SGC (2016).

3. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIÓN

En este estudio para el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones se realiza conforme a la metodología propuesta para este estudio, la cual fue adaptada de la metodología del Servicio Geológico Colombiano -SGC (2016), donde se tiene en cuenta la presión de impacto, la exposición y la fragilidad de los elementos expuestos.

A continuación, se presentan los parámetros tenidos en cuenta para el análisis de la vulnerabilidad ante un evento de inundaciones

3.1. PRESIÓN DE IMPACTO ANTE INUNDACIONES

Para el análisis de la presión de impacto ante inundación, se tuvo en cuenta los parámetros de velocidad entre 0 a 8 m³/s y la profundidad entre 0 a 10 metros que alcanzaría el agua causado por los desbordamientos del río Pescador y los Zanjones Guabinero y El Rincón, resultado de la modelación hidráulica de este estudio, el cual, afectaría a los elementos expuestos ante este fenómeno.

Presión de impacto se hizo para inundación de acuerdo con la velocidad (0-8 m/s) (Figura 3.1) y profundidad (0-10 metros) (Figura 3.2).

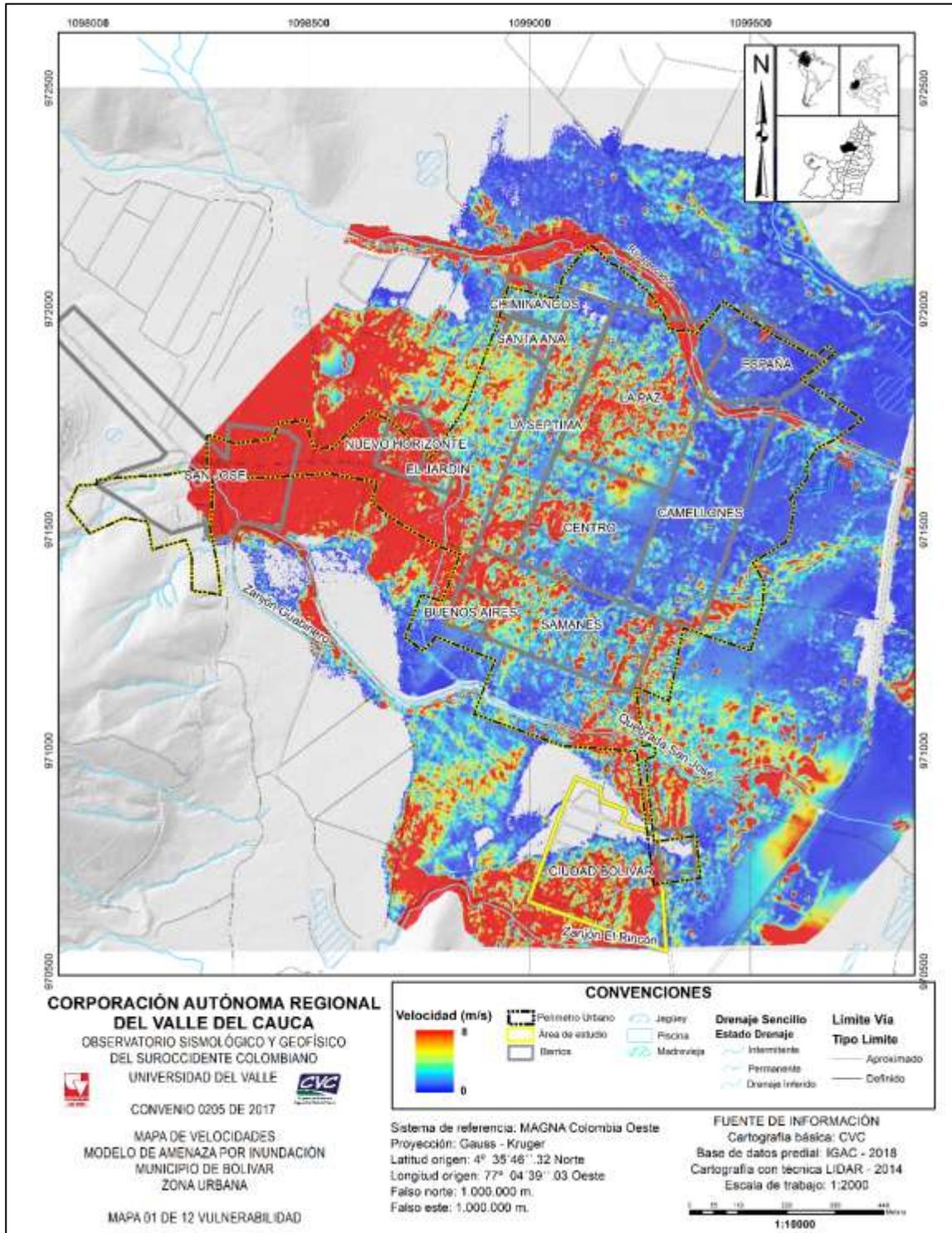


Figura 3.1 Mapa de velocidades modelo de amenaza por inundación, área urbana del municipio de Bolívar
Fuente: elaboración propia

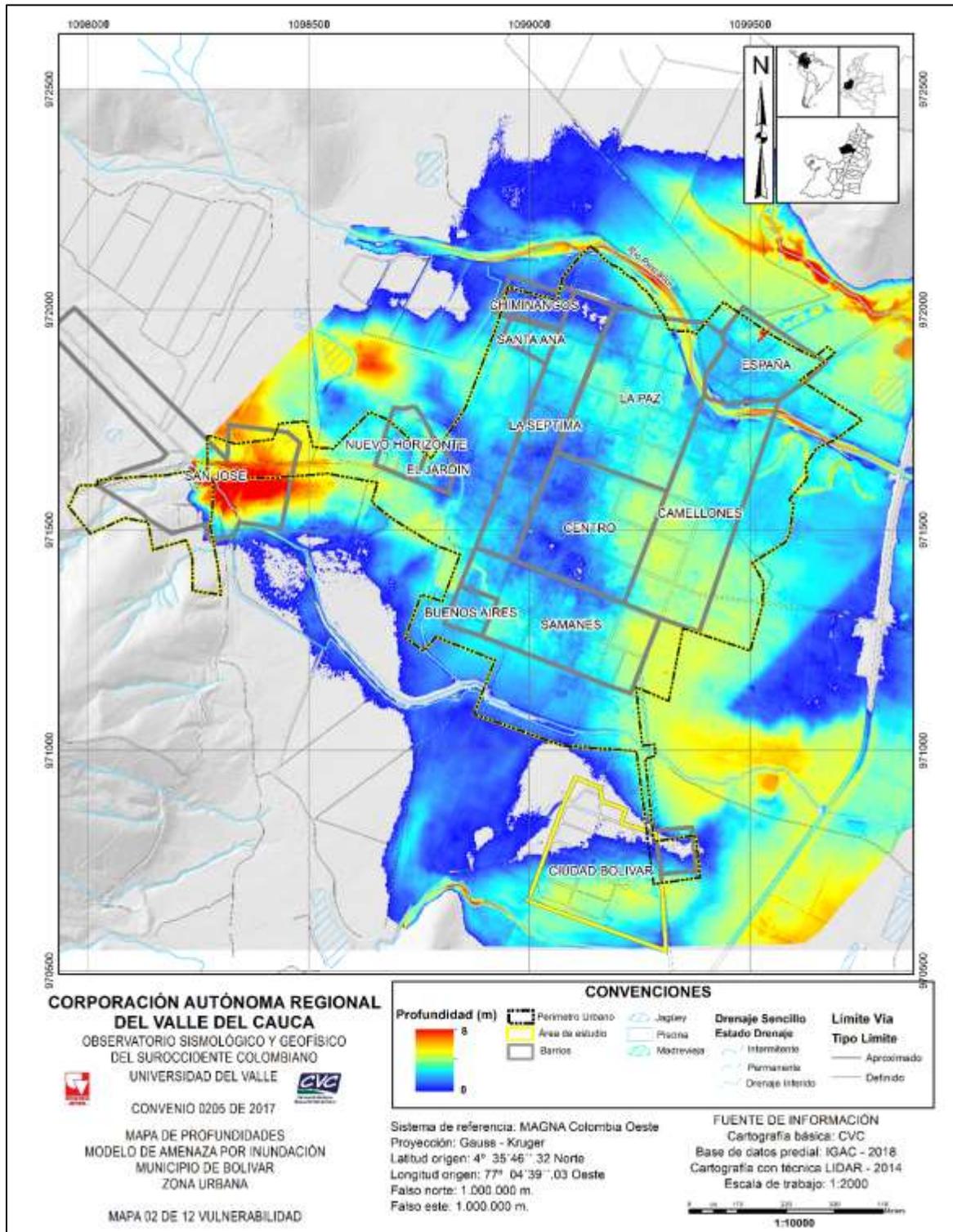


Figura 3.2. Mapa de profundidades modelo de amenaza por inundación, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia

3.2. IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS ANTE INUNDACIONES

A partir de la información recolectada en campo y la información secundaria en los documentos, del EOT del año 2000 y Censo 2005 se llevó a cabo la fase de identificación, localización y caracterización de los elementos expuestos.

3.2.1. Clasificación de los posibles efectos en los elementos expuestos

Para el fenómeno de inundación se determinaron los posibles daños y afectaciones que podría sufrir la infraestructura, la población, los elementos funcionales y ambientales. En la Figura 3.3 se presenta la clasificación de los tipos de daños leves, moderados, graves y muy graves en los que se presenta pérdidas humanas y destrucción de las edificaciones en relación con la profundidad y la velocidad del agua ante inundación y condiciones de flujo.

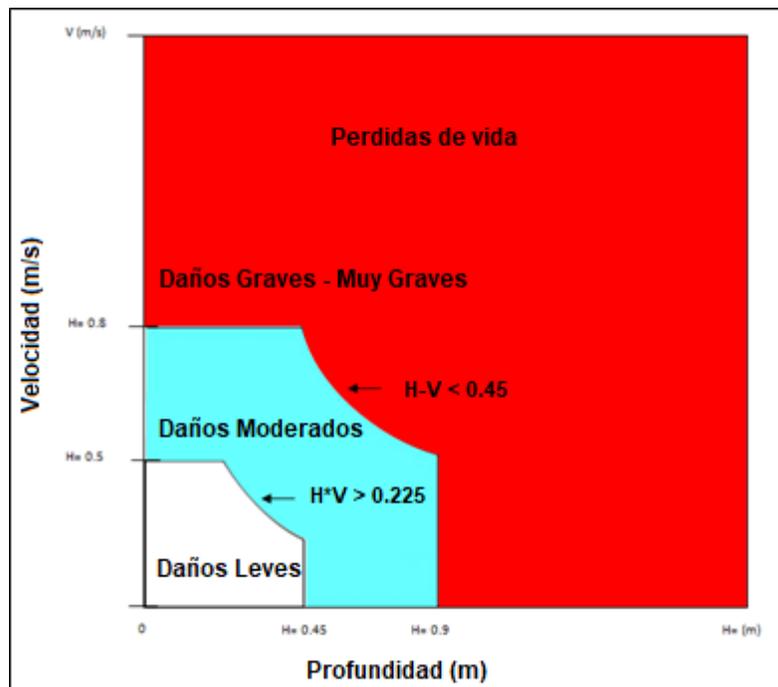


Figura 3.3. Tipos de daños por inundación y condiciones de flujo.

Fuente: Ricardo A. Smith, et al., (2004).

En la Tabla 3.1 se presenta la descripción de los posibles efectos o daños generados en los elementos expuestos corporales, estructurales, funcionales y ambientales tomando en consideración los parámetros de la amenaza por inundación, la cual se determina, por un lado, con la magnitud dado por la profundidad de la capa de agua, la intensidad o velocidad del flujo de agua, y , por el otro, con el producto de la profundidad por la velocidad.

Tabla 3.1. Determinación de los posibles efectos acorde con la intensidad y magnitud de las inundaciones

NIVEL	MAGNITUD (Profundidad) H (m)	INTENSIDAD (Velocidad) V (m/seg)	H*V (m ² /seg)	EFECTOS O DAÑOS												
				CONSTRUCCIONES Y LÍNEAS VITALES*						FUNCIONALES	AMBIENTALES	CORPORALES				
				1	2	3	4	5	6							
ALTO (daños graves, muy graves)	H ≥ 0,90	V ≥ 0,80	H*V ≥ 0,45											<ul style="list-style-type: none"> • Desabastecimiento de alimentos • Daños en las redes de prestación de servicios públicos. • Cierre de instituciones educativas de comercios y de servicios. • Afectación en la prestación de los servicios de aseo y mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de suelo y vegetación. • Pérdida de la capacidad portante del suelo y asentamiento diferenciado. • Pérdida de calidad y/o cantidad de agua disponible. • Cambios en la dinámica de los ecosistemas. • Destrucción o afectación de los cultivos que quedan cubiertos total o parcialmente por el agua durante varios días, a consecuencia del estrés hídrico excesivo. • Cambios en los cursos fluviales y perturbaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posible morbilidad y mortalidad en seres humanos. • Migración de población. • Enfermedades infecciosas y epidemias. • Aumento de enfermedades endémicas. • Problemas sanitarios.
MEDIO (daños moderados)	0,45 – 0,90	0,50 – 0,80	0,225 – 0,45											<ul style="list-style-type: none"> • Daños en el equipamiento del espacio público. • Suspensión temporal de los servicios públicos. • Suspensión temporal de actividades educativas y laborales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de rendimiento agrícola de los cultivos y de la producción en general. • Saturación de los suelos o aumento significativo de la humedad de los mismos. • Dispersión de contaminantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de habilidad. • Personas atrapadas.
BAJO (daños leves)	0,05 – 0,45	0,0 – 0,50	0,0 – 0,225											<ul style="list-style-type: none"> • Afectaciones y traumatismos en los servicios de transporte 	<ul style="list-style-type: none"> • Anegamiento parcial de suelo agrícola y no agrícola. 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas emocionales leves y transitorios.

Nota: * - la información de estas variables se presenta en tabla separada a continuación.

Fuente: elaboración propia con datos

Continuación de la Tabla 3.1

NIVEL	1	2	3	4	5	6		7
						Sistema de acueducto y alcantarillado	Daños en vías	No estructurales
ALTO (daños graves, muy graves)	<ul style="list-style-type: none"> Desplomes de viviendas por debilitamiento de su estructura (depende del tiempo de exposición al agua). 			<ul style="list-style-type: none"> Desplome parcial de paredes o colapso total de la infraestructura. 		<ul style="list-style-type: none"> Daños en la tubería por sedimentación del barro. Contaminación de reservorios por aguas residuales. Colapso del sistema de drenaje de las aguas residuales. 	<ul style="list-style-type: none"> Ruptura de puentes peatonales y vehiculares, afectados por socavaciones en el suelo y arrastre. 	
MEDIO (daños moderados)	<ul style="list-style-type: none"> Desprendimiento del revoque. 			<ul style="list-style-type: none"> Fisuras o grietas en muros y columnas por asentamientos diferenciales del terreno, socavaciones o erosión. 	<ul style="list-style-type: none"> Debilitamiento de la cimentación por asentamientos diferenciados, socavación y erosión. 		<ul style="list-style-type: none"> Taponamiento de accesos. Afectación en el transporte público. 	
BAJO (daños leves)	<ul style="list-style-type: none"> Deterioro del acabado superficial de los muros. 			<ul style="list-style-type: none"> Deterioro de los ladrillos de las primeras filas de las paredes por el contacto con el agua. Desprendimientos de revoques (repellos). 	<ul style="list-style-type: none"> Fisuras en muros y columnas. 			<ul style="list-style-type: none"> Desprendimiento, deformaciones y agrietamientos del piso de la infraestructura. Putrefacción y deformación por humedecimiento en puertas y ventanas de madera. En metálicas se presenta oxidación. Pérdidas en el inmobiliario por la exposición a la humedad. Generalmente, el efecto de la inundación en el mobiliario es temporal, pues buena parte del mismo se puede recuperar rápidamente.

Fuente: elaboración propia.

1. Viviendas de Bahareque
2. Viviendas de Construcciones de Adobe, Tapial
3. Viviendas de Construcciones de Construcciones de caña y madera
4. Viviendas de Mampostería
5. Viviendas de Construcciones de hormigón armado, con diseño sismorresistente
6. Líneas vitales
7. No estructurales

Con esto, se realiza la caracterización de los elementos expuestos tanto corporales y estructurales y funcionales, siguiendo la metodología anteriormente mencionada.

3.2.1.1. Exposición de elementos corporales (población)

Para el análisis de la exposición corporal, se utilizó información poblacional por manzanas del Censo 2005 (DANE, 2005) localizada en amenaza alta y media por inundación. Teniendo en cuenta las variables: 1) edad de la persona y 2) número de personas con limitaciones físicas. Estas dos variables se consideran importantes para el análisis de vulnerabilidad. La población analizada en total fue 2861 personas, donde se pudo obtener los siguientes resultados:

Censo del año 2005

Variable 1

- Edad de la población

El análisis de la edad de la población se realizó de acuerdo con el Censo del 2005, se tiene que la mayor población está en un rango de edad 10-19 años, con un total de 186 personas, seguida de 146 personas menores o iguales a 9 años, 124 personas en un rango de edad 40-49 años y 120 personas mayores o iguales a 60 años. Para la población localizada en exposición media, el rango de edad más representativo fue de 10-19 años, con 362 personas en total, seguido de 309 personas menores o iguales a 9 años; 303 personas en el rango de edad mayor o igual a 60 años (Tabla 3.2 y Figura 3.4).

Tabla 3.2. Edad de la población expuesta por inundación, área urbana del municipio de Bolívar

RANGO EDAD	NÚMERO DE POBLACIÓN POR MANZANAS	
	EXPOSICIÓN ALTA	EXPOSICIÓN MEDIA
<= 9	146	309
(10 ; 19)	186	362
(20 ; 29)	122	257
(30 ; 39)	119	265
(40 ; 49)	124	275
(50 ; 59)	91	182
>= 60	120	303

Fuente: elaborado con información del DANE, 2005

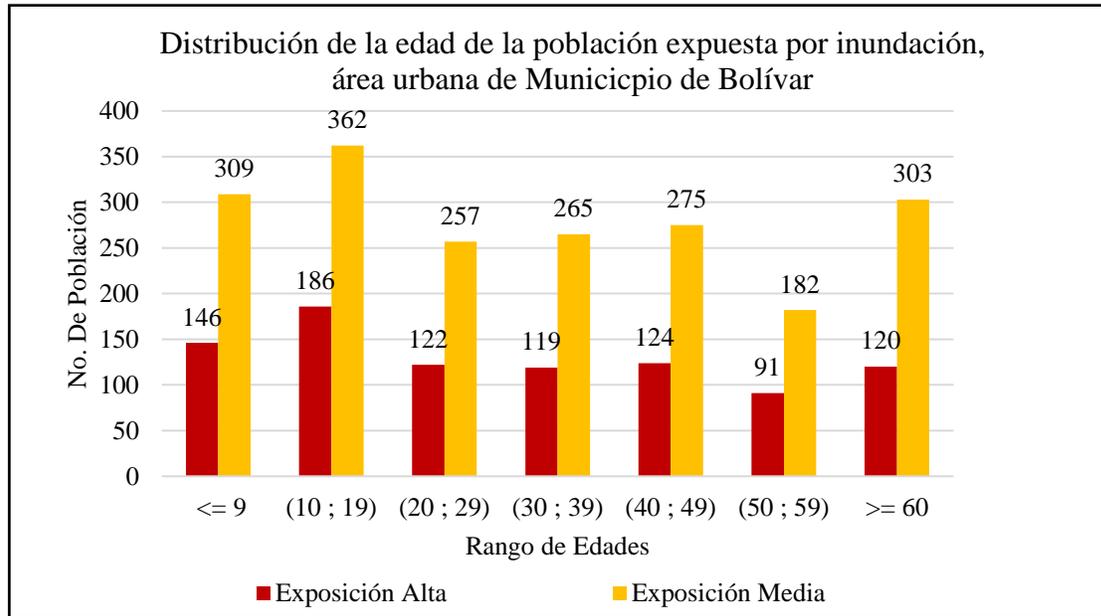


Figura 3.4. Distribución de la edad de la población expuesta por inundación, área urbana de Municipio de Bolívar

Fuente: elaborado con información del DANE, 2005

Variable 2:

- **Población con limitaciones físicas**

Para la variable población con limitaciones físicas, en exposición alta ante inundaciones, existen 50 personas con limitaciones y 858 personas sin limitaciones personales distribuidas en las manzanas que le conforman. En exposición media, hay 127 personas con limitaciones físicas y 1826 personas sin limitaciones personales (Tabla 3.3 y Figura 3.5).

Tabla 3.3. Número de personas con o sin limitaciones frente a la exposición por inundación, área urbana del municipio de Bolívar

NIVEL DE EXPOSICIÓN	NÚMERO DE PERSONAS CON LIMITACIÓN	
	SI	NO
Alta	50	858
Media	127	1826
Total general	177	2684

Fuente: elaborado con información del DANE, 2005

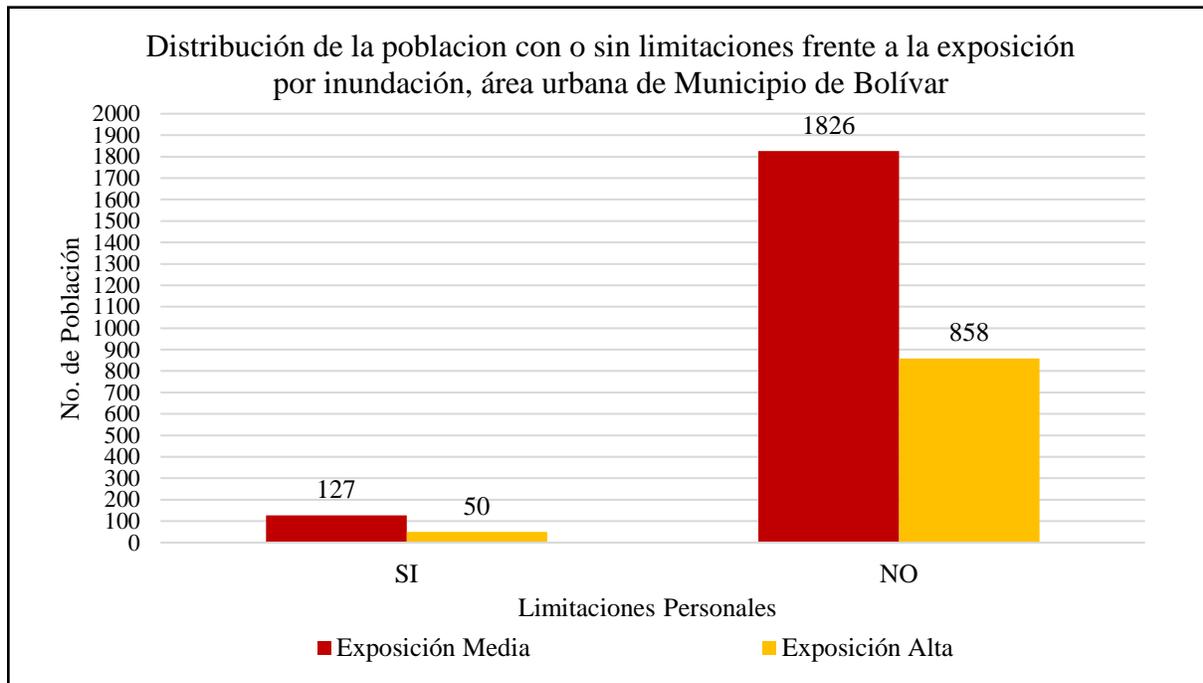


Figura 3.5. Distribución de la población con o sin limitaciones expuesta por inundación, área urbana de Municipio de Bolívar

Fuente: elaborado con información del DANE, 2005

Encuesta trabajo de campo

Cabe resaltar que se realizó un muestreo aleatorio simple para la población, tomada en trabajo de campo, para observar la dinámica actual de las variables anteriormente mencionadas. Los resultados de este muestreo fueron los siguientes:

Variable 1

- **Edad de la población**

Para la variable edad, se encontró que la población más representativa distribuida en las 22 manzanas de expuestas en amenaza alta, es mayor o igual a 60 años, con un total de 52 personas, seguida de 64 personas con edades entre los 40 y 59 años, y personas con edades menores o iguales a 9 años, un total de 15 personas. Para amenaza media, hay 114 personas con edades mayores o iguales a 60 años, seguida de 96 personas entre los 40 y 59 años, y 25 personas con edades menores o iguales a 9 años (Tabla 3.4 y Figura 3.6).

Tabla 3.4. Rango de edad personas encuestadas, frente a la exposición por inundación en el área urbana del municipio de Bolívar

RANGO DE EDAD	NÚMERO DE PERSONAS	
	ALTA	MEDIA
<= 9	14	25
(10 ; 19)	21	45
(20 ; 29)	21	39
(30 ; 39)	21	34
(40 ; 49)	32	48
(50 ; 59)	32	48
>= 60	52	114

Fuente: elaboración propia.

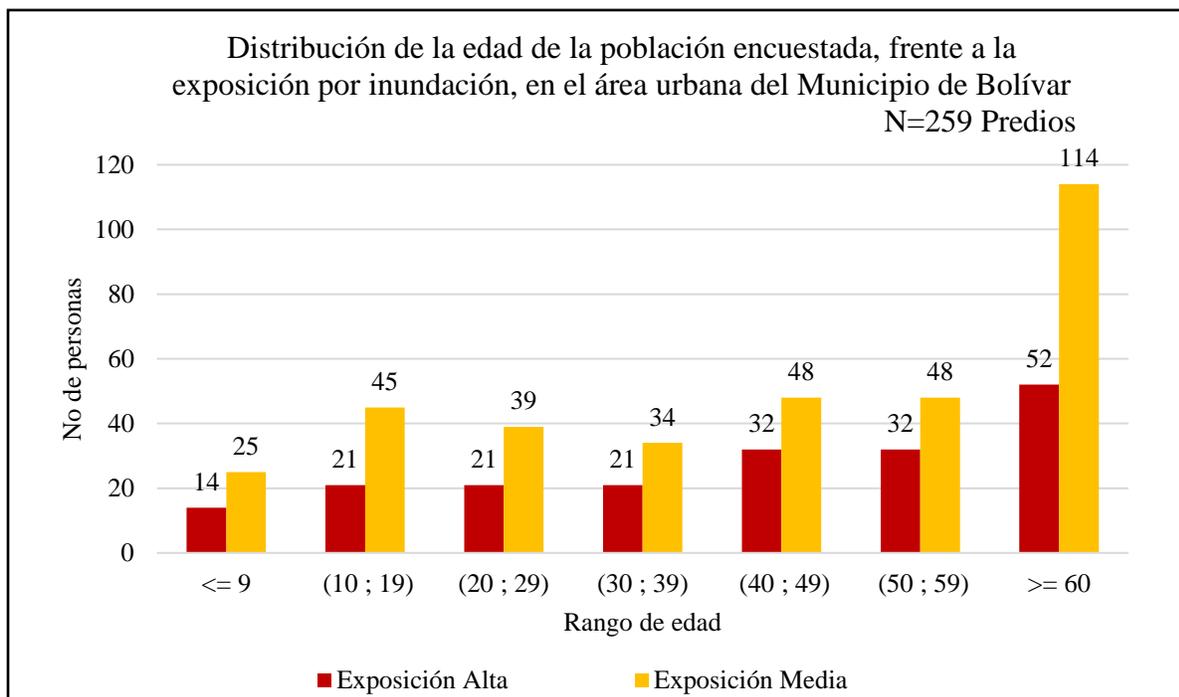


Figura 3.6. Distribución de la edad de la población encuestada, frente a la exposición por inundación, en el área urbana del Municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia.

Variable 2

- **Población con limitaciones físicas**

La población total censada fue de 546 personas que se encuentran expuestas ante inundaciones de las cuales, 28 personas presentan alguna limitación, 9 personas de ellas están en exposición alta y 19 en exposición media (Tabla 3.5 y Figura 3.7).

Tabla 3.5. Número de personas encuestadas con o sin limitación, frente a la amenaza por inundación en el área urbana del municipio de Bolívar

LIMITACIÓN	NÚMERO DE PERSONAS		TOTAL
	ALTA	MEDIA	
Si	9	19	28
No	182	336	518

Fuente: elaboración propia

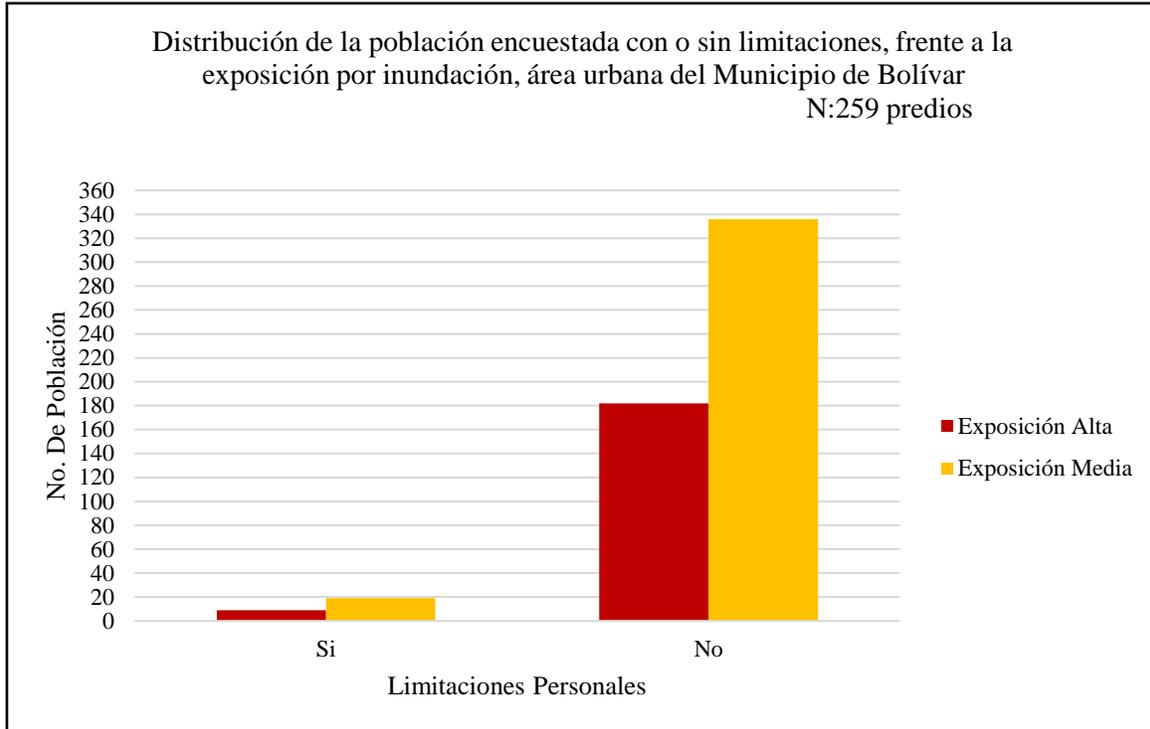


Figura 3.7. Distribución de la población encuestada con o sin limitaciones, frente a la exposición por inundación, área urbana del Municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia

En la Figura 3.8 se espacializa la distribución de la población que está expuesta ante inundaciones. La exposición alta, está en el sur (Ciudad Bolívar), occidente (San José, Nuevo Horizonte) y sur oriente (Camellones) de la cabecera, estrechamente relacionado ante un eventual desbordamiento de los Zanjones el Rincón y el Guabinero.

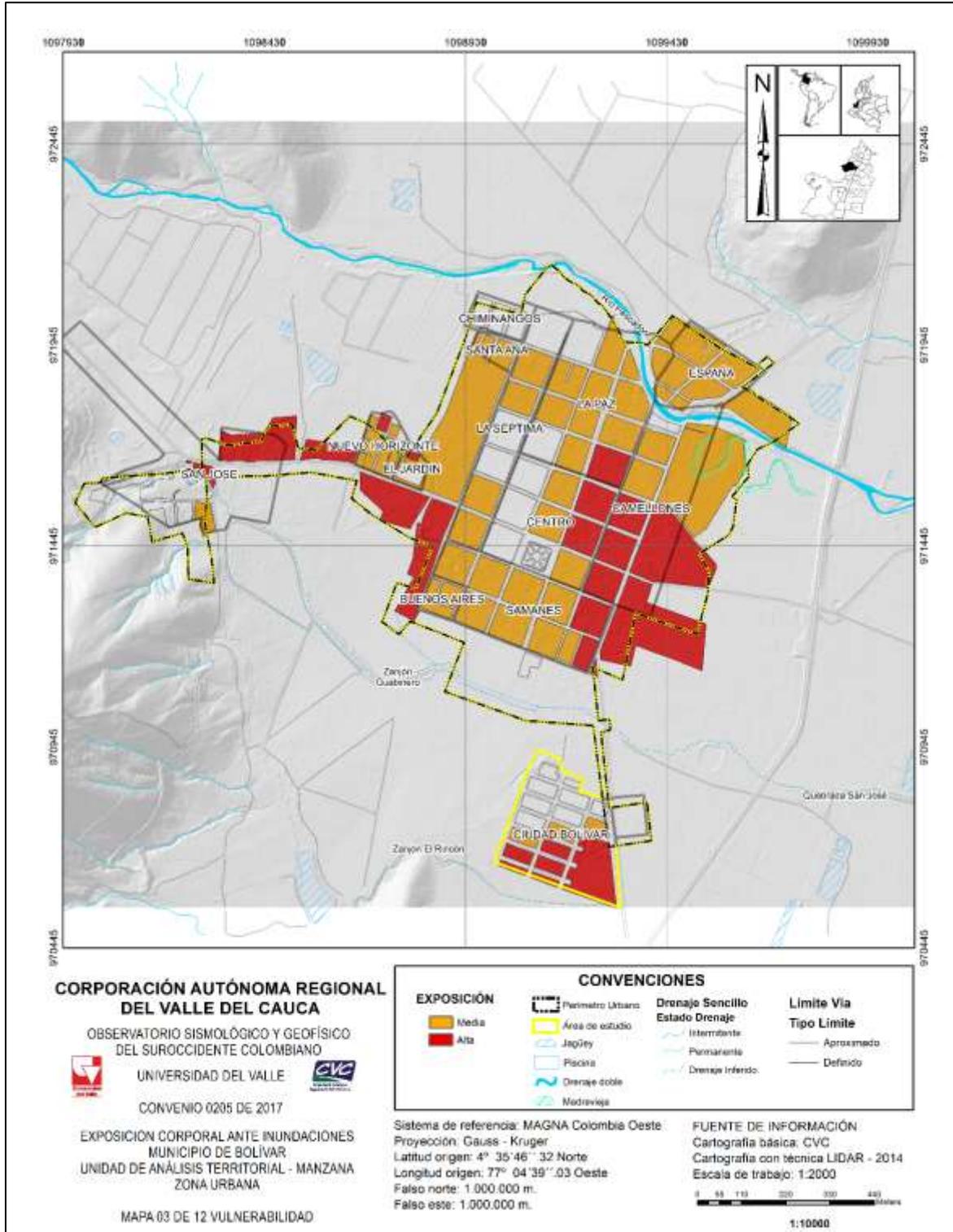


Figura 3.8. Mapa de exposición corporal por manzanas ante inundaciones, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaborado con información de DANE,2005.

3.2.1.2. Exposición de elementos estructurales

El análisis de la exposición de elementos estructurales se realizó a nivel predial para los factores o variables: 1) uso del predio, 2) tipología de edificación, 3) estado de conservación, 4) edad de la vivienda y 5) número de pisos de edificación.

Siguiendo lo anterior, se tienen en total 910 edificaciones expuestas ante una eventualidad de inundación, 288 edificaciones en exposición alta y 622 edificaciones expuesta al nivel media (Tabla 3.6 y Figura 3.9).

Tabla 3.6. Número de edificaciones en exposición por inundación en el área urbana del municipio de Bolívar

NIVEL DE EXPOSICIÓN	NÚMERO DE EDIFICACIONES	
	EXPOSICIÓN ALTA	EXPOSICIÓN MEDIA
Edificaciones	288	622

Fuente: elaboración propia.

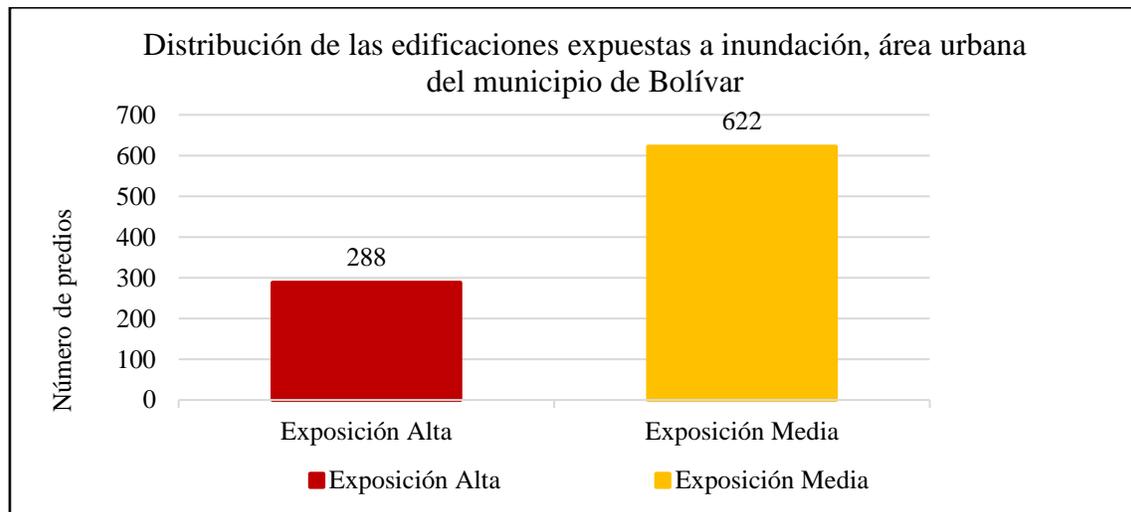


Figura 3.9. Distribución de las edificaciones expuestas a inundación, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia.

Cada uno de los factores considerados en la exposición de los elementos estructurales se describen a continuación.

Variable 1:

- **Uso Predial**

El análisis del uso predial de las edificaciones permite establecer la cantidad de personas expuestas y las pérdidas potenciales que podrían presentarse. En lo que concierne al uso predial de las

edificaciones, el mayor uso en el área urbana del municipio es residencial. Para la amenaza alta, 242 edificaciones con uso residencial, seguido de 24 edificaciones con uso predial mixto y 8 edificaciones de carácter institucional. En amenaza media por inundación, 545 edificaciones son de uso residencial, 34 edificaciones de uso mixto, 6 edificaciones de carácter institucional y 1 edificación prestadora del servicio de salud (Tabla 3.7 y Figura 3.10).

Tabla 3.7. Uso predial de las edificaciones en exposición por inundación, área urbana del municipio de Bolívar.

USO PREDIAL	NÚMERO DE EDIFICACIONES	
	EXPOSICIÓN ALTA	EXPOSICIÓN MEDIA
Residencial	242	545
Comercial	14	32
Mixto	24	34
Educación	0	4
Institucional	8	6
Salud	0	1

Fuente: elaboración propia.

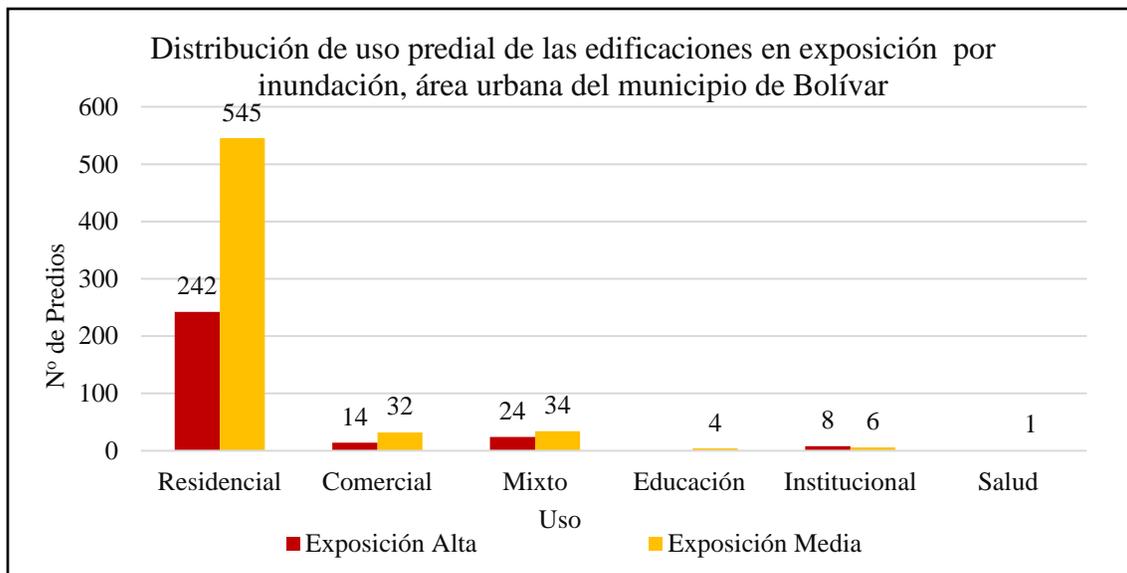


Figura 3.10. Distribución de uso predial de las edificaciones en exposición por inundación, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia.

Variable 2:

- **Tipología de la edificación**

El análisis de la tipología de las edificaciones permite establecer el material empleado en su construcción y que tan resistentes pueden ser, con el fin de establecer la cantidad de edificaciones de cada tipología expuestas y las pérdidas potenciales que podrían presentarse en cada una de ellas.

Para el análisis de la tipología de las edificaciones, se siguió la normativa de la NRS-10, y con lo observado en el reconocimiento de la zona de estudio, se acotaron las siguientes tipologías (Tabla 3.8):

Tabla 3.8. Tipología de construcción

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	DESCRIPCIÓN
Mampostería Confinada y Edificaciones reforzadas (MC)	Edificaciones con estructura en concreto y acero de los grupos de importancia I y II construidas con pórticos en concreto reforzado, sistema combinado en concreto reforzado, pórticos resistentes a momentos en acero, pórticos arriostrados en acero, etc. También se incluyen aquellas del grupo A construidas antes de 1998. Y aquellas edificaciones que tienen un sistema estructural de mampostería con elementos de refuerzo (barras, laminas, pernos, platinas, etc.). También se incluyen las edificaciones en mampostería confinada.
Mampostería no reforzada (MNR)	Estructuras con confinamiento deficiente y estructura híbridas edificaciones con muros cargueros, pero sin confinamiento adecuado (mampostería no reforzada). También hace referencia a aquellas construcciones de las categorías A, B y C que poseen elementos de otros materiales no competentes.
Muro Tapia, Bahareque (MTB)	Estructura ligera y edificaciones construidas con materiales tradicionales o de baja calidad, con un sistema estructural de muros cargueros. Dentro de esta tipología se incluyen las edificaciones construidas con materiales como adobe, bahareque, madera bruta, tapia pisada y las prefabricadas.
Otro	Se consideraron construcciones simples edificaciones que no poseen una estructura definida, de carácter improvisado, generalmente construidas utilizando materiales precarios o de recuperación. Entre estas se incluyen las edificaciones en proceso de construcción y las construidas en materiales de recuperación, pórticos y paneles de madera, y pórticos de madera y paneles en otros materiales. Son ejemplo de este tipo de edificaciones tugurios, ranchos, campamentos, carpas, etc.

Fuente: elaborada con información de NRS-10, 2010 y SGC (2016).

Ahora bien, las tipologías de las edificaciones expuestas, en exposición alta, la mampostería confinada es la más representativa con 123 edificaciones, seguido de 100 edificaciones con mampostería no reforzada, y en amenaza media la más representativa 266 edificaciones en mampostería no reforzada, 242 edificaciones en mampostería confinada, 104 edificaciones del tipo constructivo estructura ligera 8 -tapia, bahareque- (Tabla 3.9 y Figura 3.11).

Tabla 3.9. Tipo de edificaciones frente a la exposición por inundación, área urbana del municipio Bolívar

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	NÚMERO DE EDIFICACIONES	
	EXPOSICIÓN ALTA	EXPOSICIÓN MEDIA
Mampostería Confinada	123	242
Mampostería no Reforzada	100	266
Muro, Tapia, Bahareque	54	104
Otro	11	10

Fuente: elaboración propia.

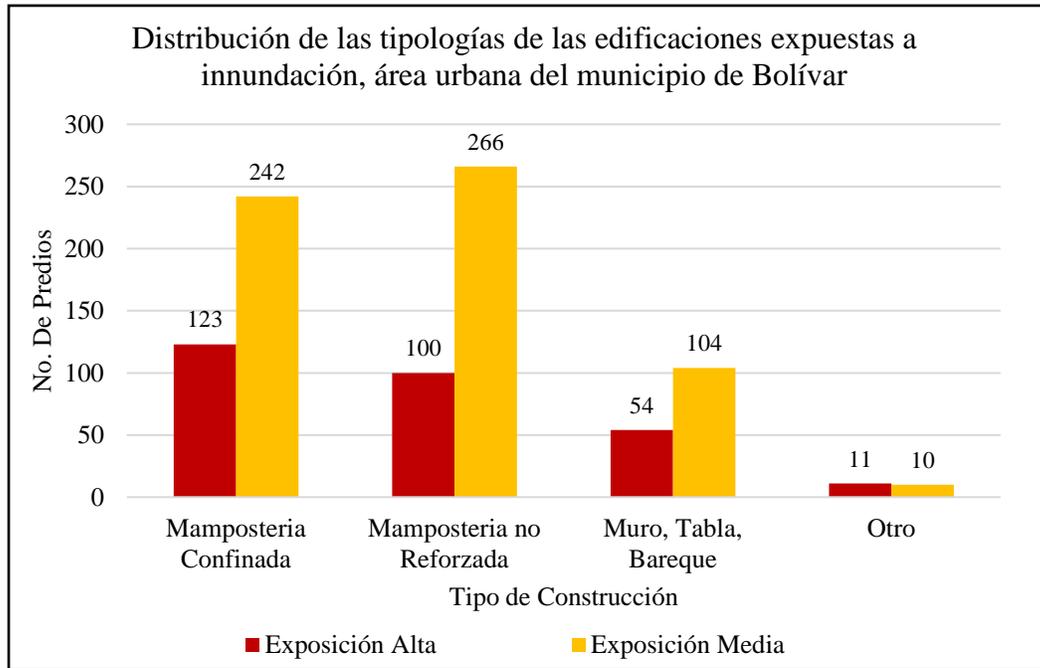


Figura 3.11. Distribución de las tipologías de las edificaciones expuestas a inundación, área urbana del municipio de Bolívar
Fuente: elaboración propia.

Variable 3:

- **Estado de conservación de la edificación**

Por otro lado, se analizó la exposición de las edificaciones de acuerdo con su estado de conservación, si era bueno, daños leves, daños moderados y daños graves. En exposición alta, el estado de conservación predominante con 158 edificaciones es el estado de conservación bueno, seguido de daños leves con 96 edificaciones y 6 en estado de daños graves. En exposición media, 338 edificaciones en estado bueno, seguido de 221 edificaciones con daños leves y 8 con daños graves (Tabla 3.10 y Figura 3.12).

Tabla 3.10. Estado de conservación de las edificaciones expuestas a la inundación, área urbana del municipio de Bolívar

ESTADO EDIFICACIÓN	NÚMERO DE EDIFICACIONES	
	EXPOSICIÓN ALTA	EXPOSICIÓN MEDIA
Bueno	158	338
Daños Leves	96	221
Daños Moderados	28	55
Daños Graves	6	8

Fuente: elaboración propia.

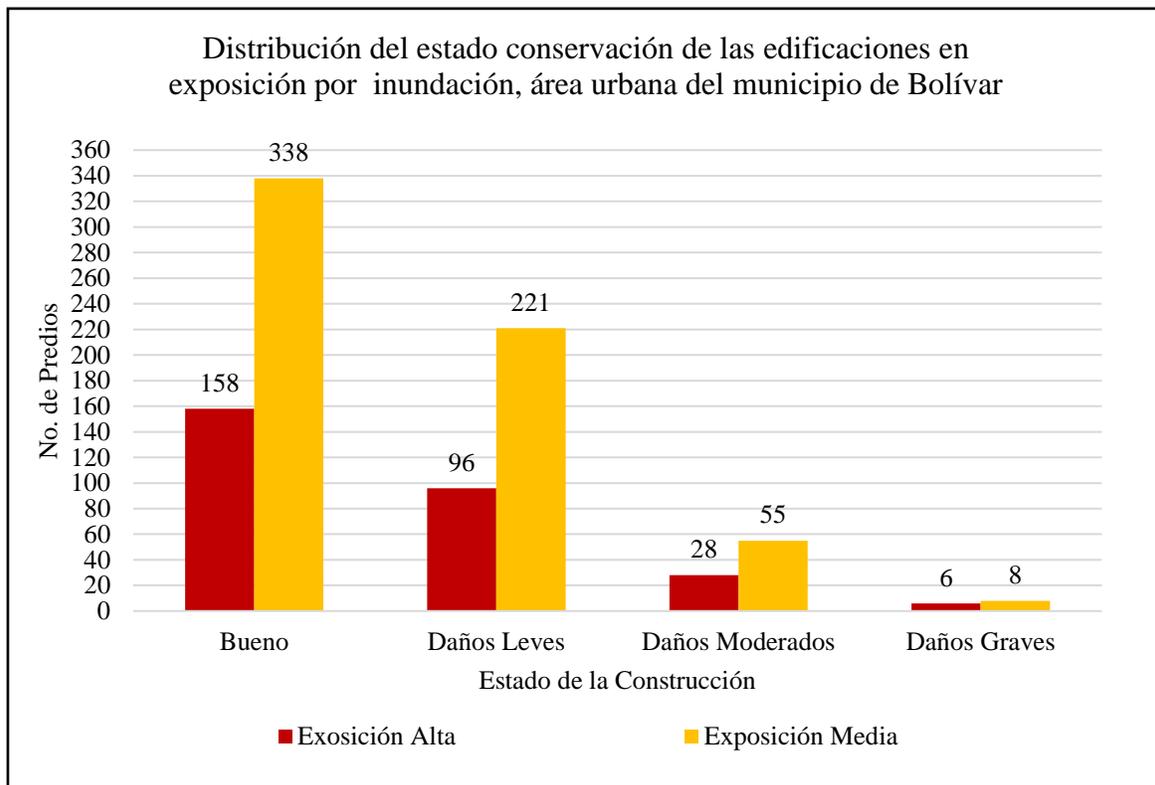


Figura 3.12. Distribución del estado conservación de las edificaciones en exposición por inundación, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia.

Variable 4:

- **Edad de la edificación.**

Para el análisis de la edad de las edificaciones, se obtuvo para exposición alta, 324 edificaciones con una edad menor o igual a 20 años, 61 edificaciones con edades entre 30-49 años y 23 edificaciones con una edad mayor o igual a 80 años. Para amenaza media, 428 edificaciones están alrededor de los 20 años, 171 edificaciones están en un rango de edad 30-49 años y 25 edificaciones con edad mayor o igual 80 años (Tabla 3.11 y Figura 3.13).

Tabla 3.11. Edad de las edificaciones expuestas por inundación, área urbana del municipio Bolívar

EDAD EDIFICACIONES	NÚMERO DE EDIFICACIONES	
	EXPOSICIÓN ALTA	EXPOSICIÓN MEDIA
< 20	116	228
(20 -29)	36	120
(30 - 49)	61	171
(50 - 79)	52	78
>= 80	23	25

Fuente: elaboración propia.

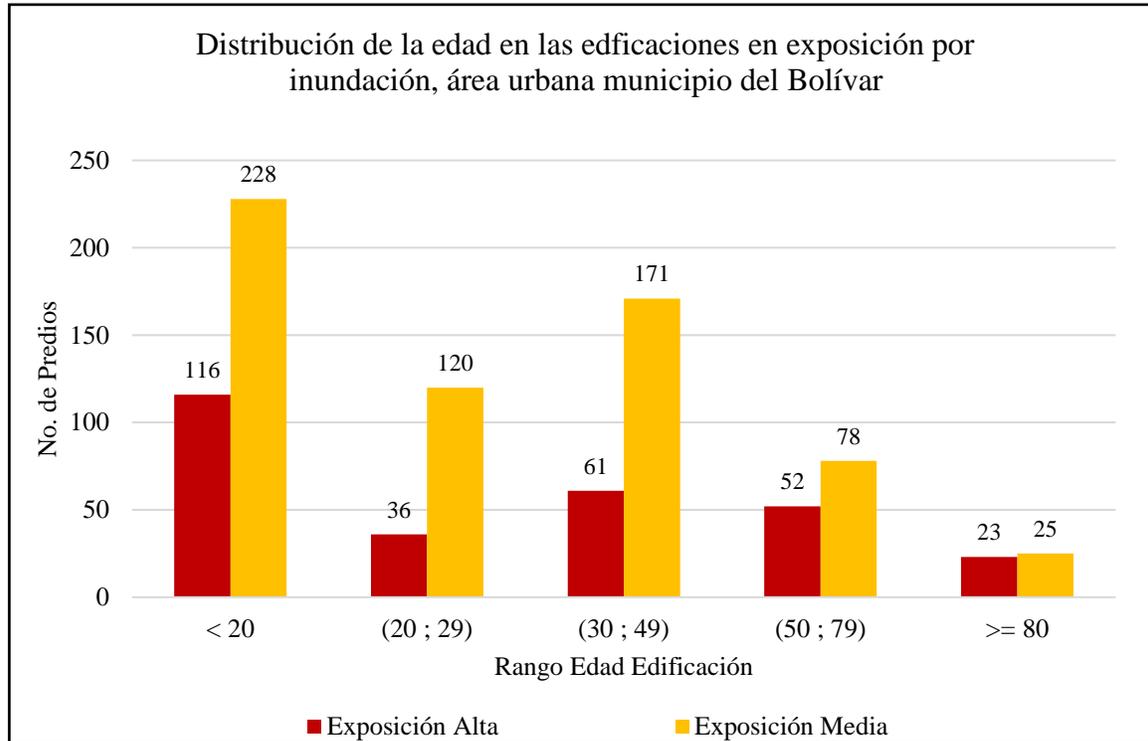


Figura 3.13. Distribución de la edad en las edificaciones en exposición por inundación, área urbana municipio del Bolívar

Fuente: elaboración propia.

Variable 5:

- **Altura de la edificación**

Por último, tenemos el número de pisos de las edificaciones. Para amenaza alta por inundación, se tiene 268 edificaciones con altura de 1 piso, y 20 edificaciones con 2 pisos. Y para amenaza media, 565 edificaciones con altura de 1 piso, 52 edificaciones de a 2 pisos y 5 edificaciones de 3 pisos (Tabla 3.12 y Figura 3.14).

Tabla 3.12. Número de pisos de las edificaciones expuestas a inundación, área urbana del municipio de Bolívar

N° PISOS	NÚMERO DE EDIFICACIONES	
	EXPOSICIÓN ALTA	EXPOSICIÓN MEDIA
Piso 1	268	565
Piso 2	20	52
Piso 3	0	5

Fuente: elaboración propia.

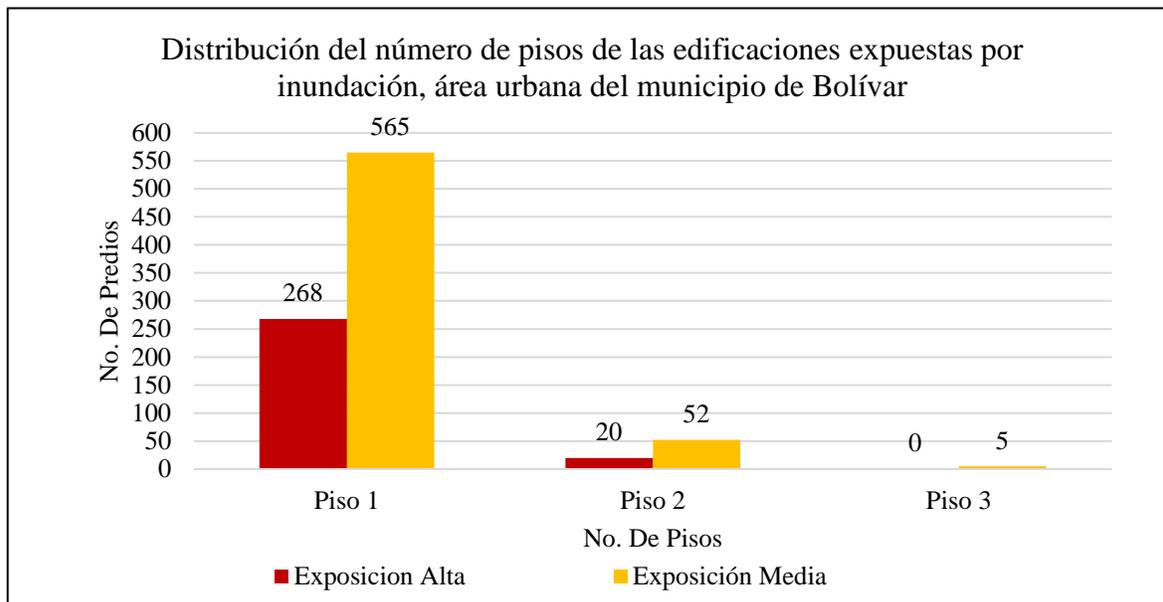


Figura 3.14. Distribución del número de pisos de las edificaciones expuestas por inundación, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia.

La Figura 3.15 se espacializa la distribución de las edificaciones expuestas ante inundación, área urbana del municipio de Bolívar, donde la mayoría de los predios están en exposición media.

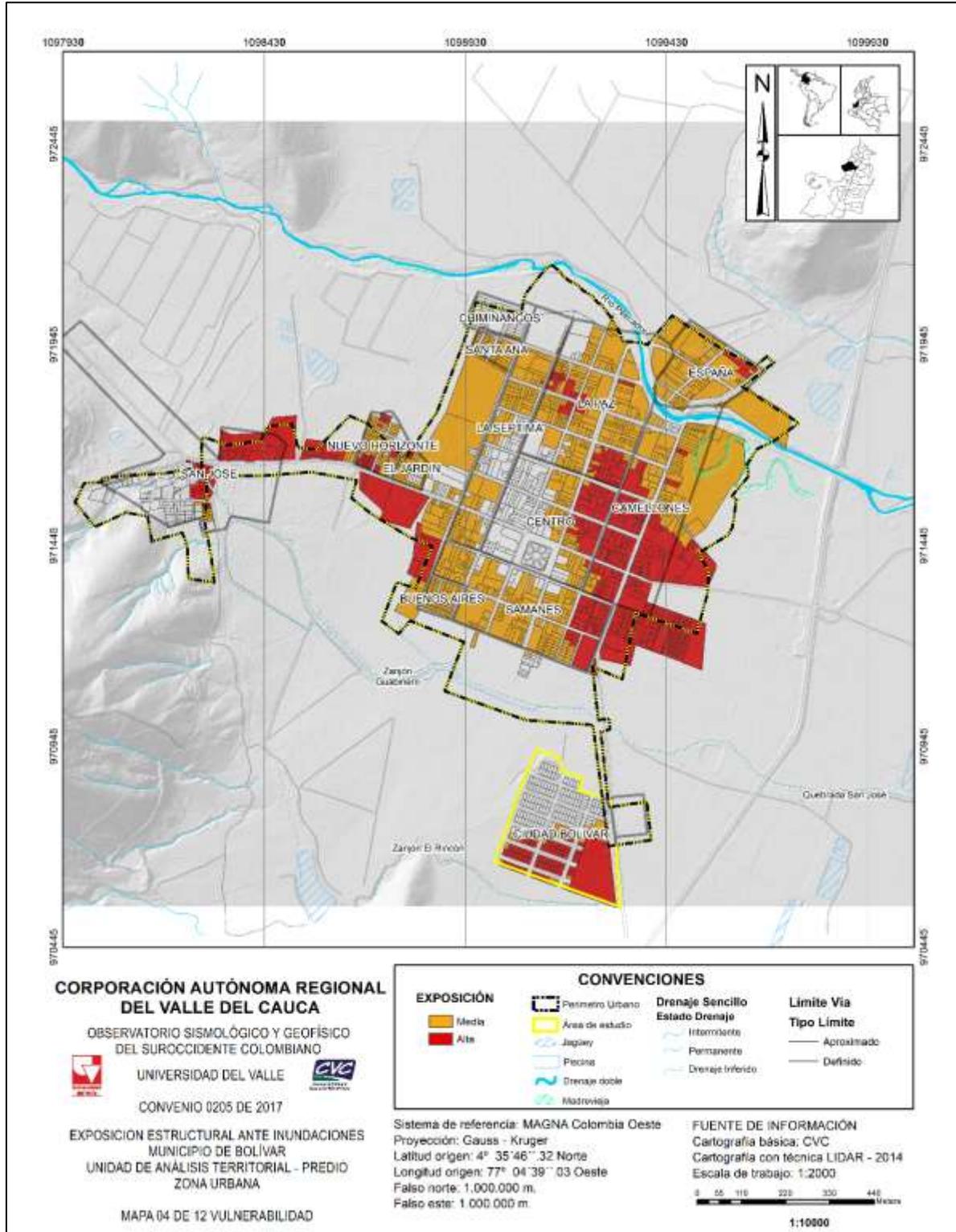


Figura 3.15. Mapa de exposición estructural ante inundaciones, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia

3.2.1.3. Exposición de Líneas Vitales

La red vial, gas, acueducto y alcantarillado no fue posible obtener información oficial con mayores características propias. Por lo tanto, se analiza por su funcionalidad, longitud en kilómetros que está expuesto ante el fenómeno de inundación. Para exposición Alta, en red vial hay 4,32 (km), de la red de suministro del servicio de gas, hay 7,22 (km), 5,335 (km) de la red de acueducto y 4 (km) de la red de alcantarillado.

Para las líneas en exposición media, se obtuvo 7,28 (km) de red vial, 12,57 red de suministro de gas, 7.4 (km) en acueducto y 6 (km) de red alcantarillado. La información anterior se puede ver en la Tabla 3.13 y Figura 3.16, 3.17, 3.18 y 3.19).

Tabla 3.13. Líneas vitales en exposición por inundación, área urbana del municipio de Bolívar

TIPO DE LÍNEA VITAL	LONGITUD (KM)	
	EXPOSICIÓN ALTA	EXPOSICIÓN MEDIA
Acueducto	5.335	7.4
Alcantarillado	4	6
Red de suministro del servicio de Gas	7.22	12,57
Red Vial	4,32	7,28

Fuente: elaboración con información suministrada de Alcaldía de Bolívar y lista de precios unitarios de la Gobernación del Valle, 2018.

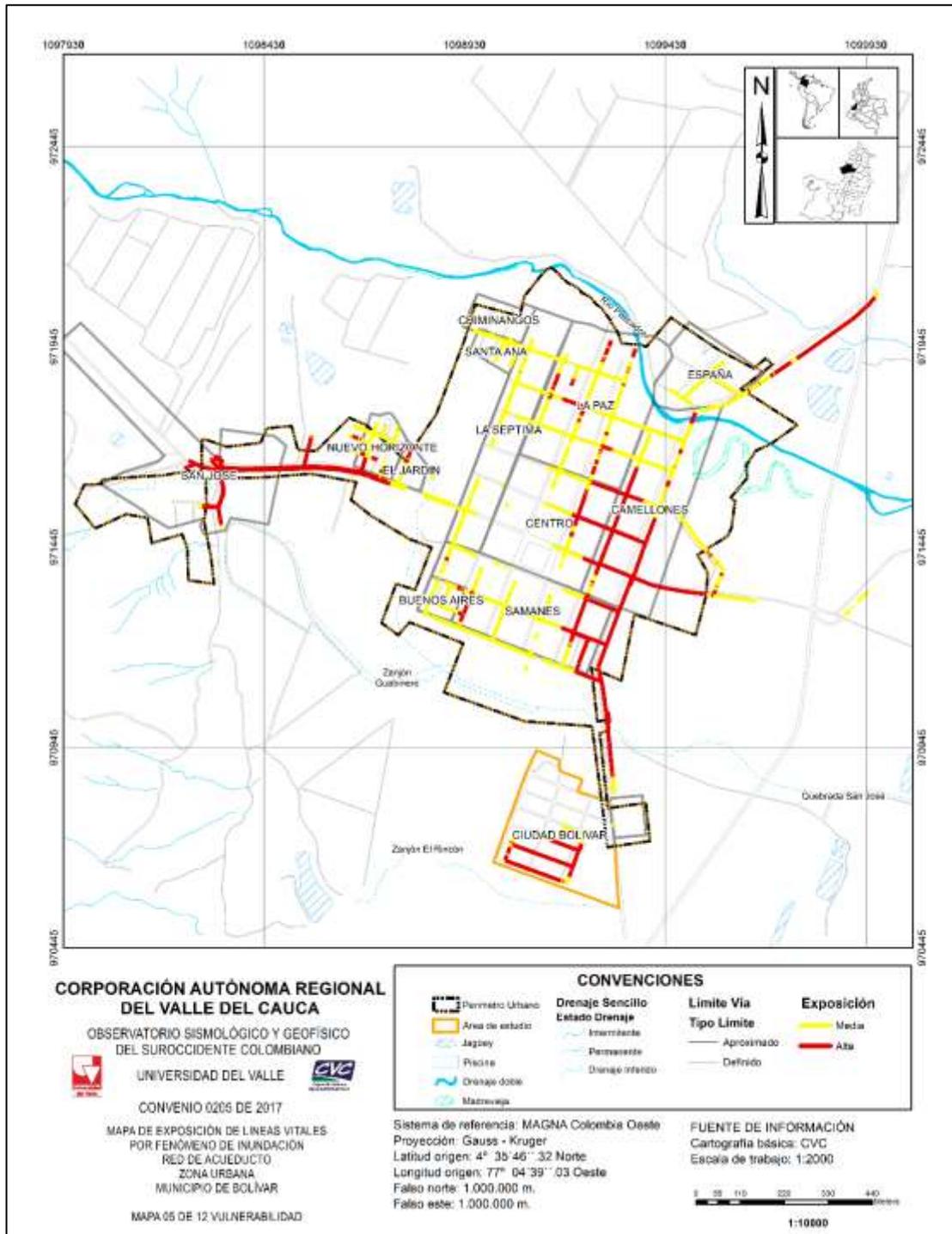


Figura 3.16. Red de acueducto expuesta ante inundaciones, área urbana municipio de Bolívar
Fuente: elaboración con información suministrada Alcaldía de Bolívar, 2018.

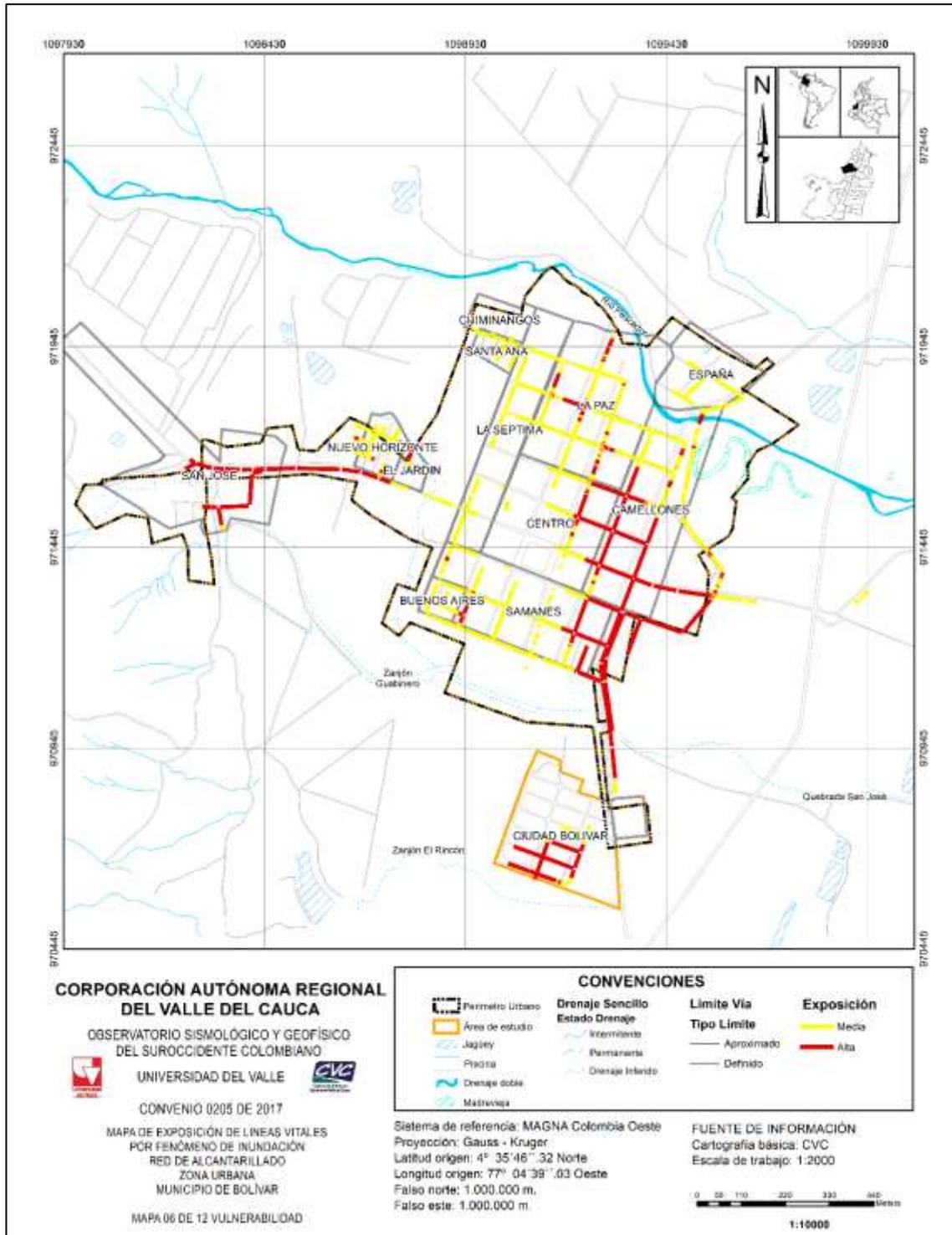


Figura 3.17. Red de alcantarillado expuesta ante inundaciones, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración con información suministrada de Alcaldía de Bolívar 2018

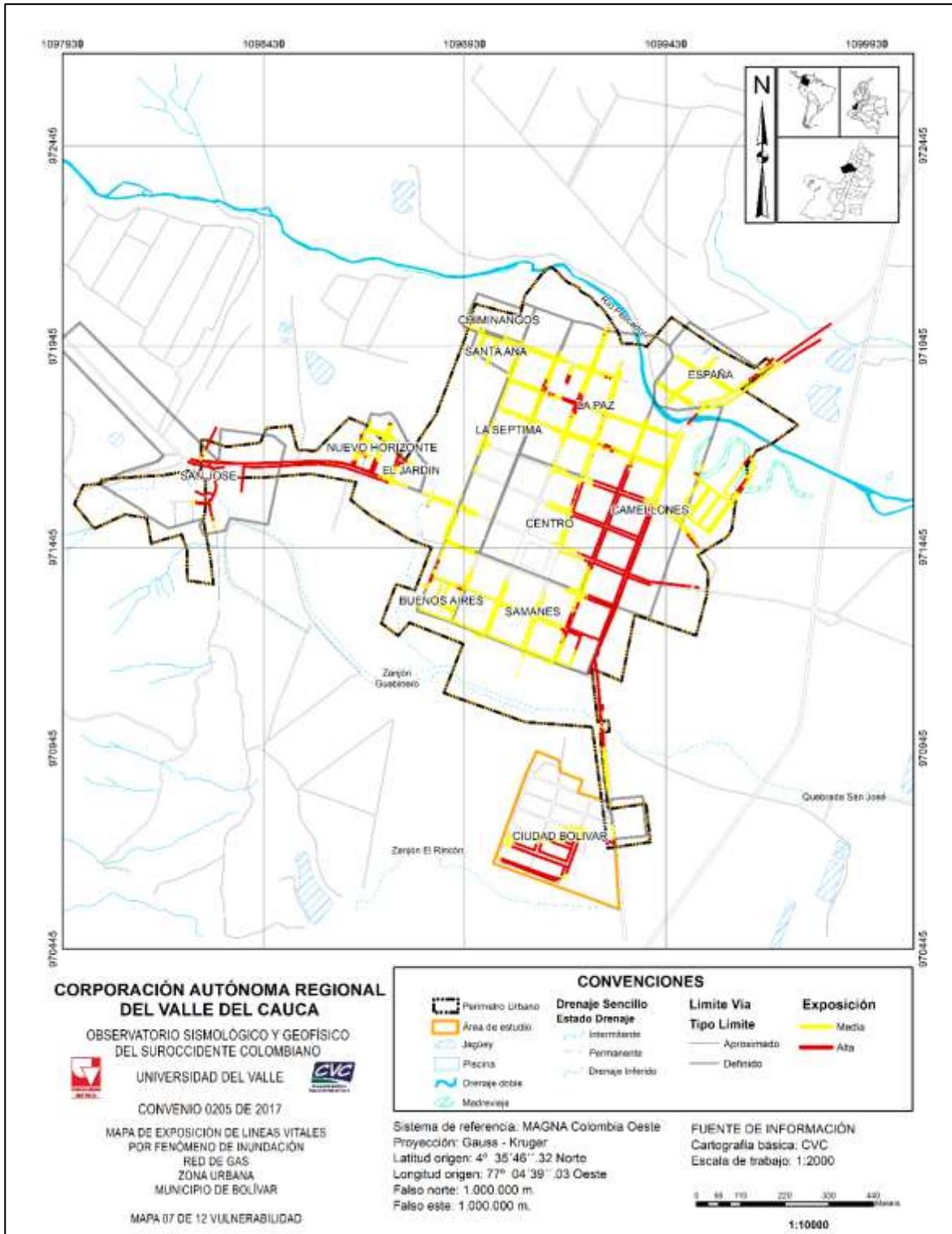


Figura 3.18. Red de suministro del servicio de gas expuesta ante inundación, área urbana municipio de Bolívar

Fuente: elaboración con información suministrada Alcaldía de Bolívar, 2018.

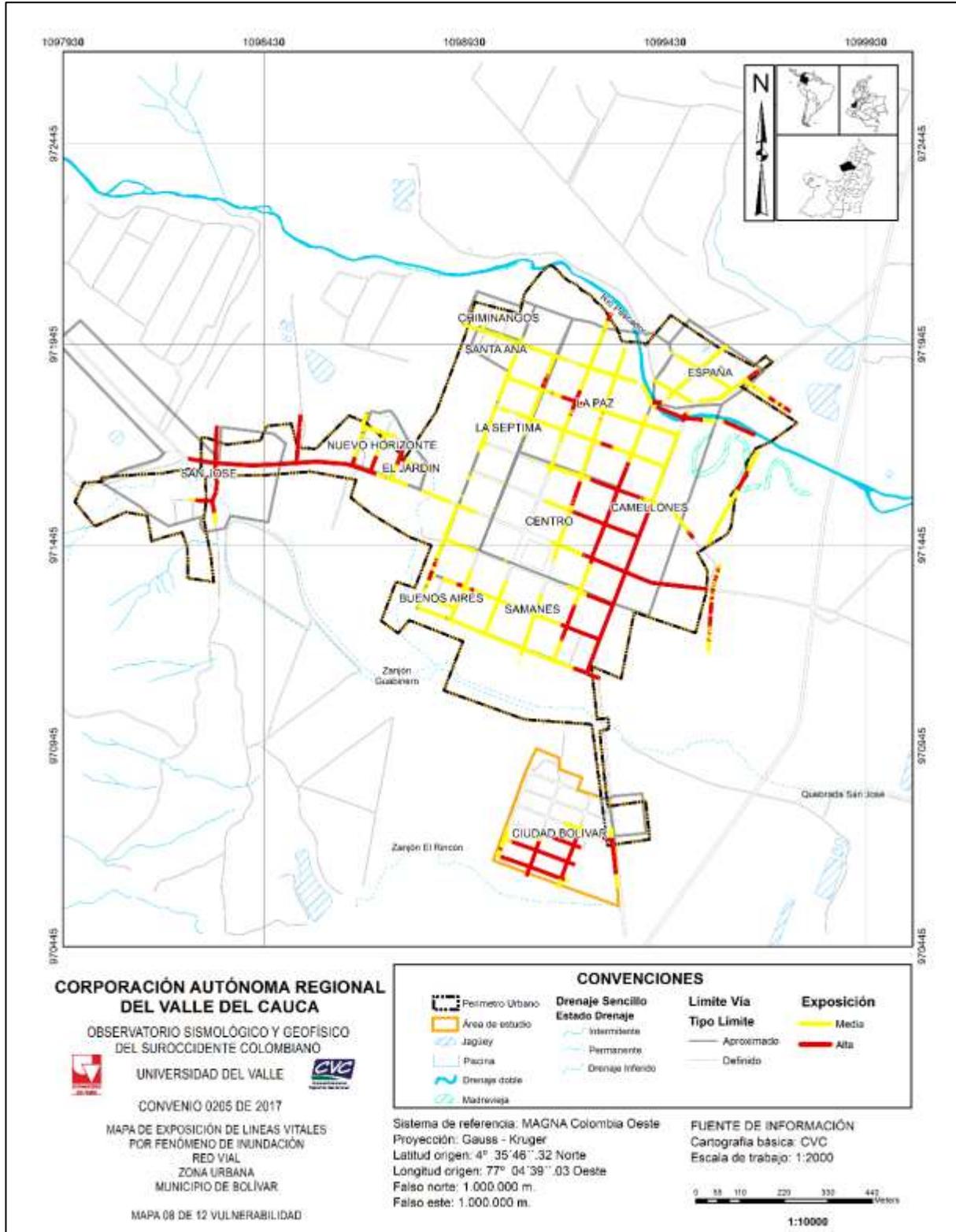


Figura 3.19. Red vial expuesta ante inundación, área urbana del municipio de Bolívar
Fuente: elaboración con información suministrada Alcaldía de Bolívar, 2018.

3.2.2. Factor de resistencia (factor de seguridad) de los elementos expuestos

El factor de resistencia, indica que tan resistente es el individuo o elementos expuestos frente a la inundación, está en relación con la información de los niveles de exposición ante el fenómeno.

3.2.2.1. Factor de los elementos corporales ante inundación

El factor de resistencia, indica que tan resistente es el individuo frente a la inundación, está en relación a la información a los niveles de exposición ante dicho fenómeno. Teniendo en cuenta las variables: 1) número de personas con limitaciones físicas y 2) edad de la persona se obtuvo del Censo del 2005 por manzanas y rangos de edad. Estas dos variables se consideran importantes para el análisis de vulnerabilidad.

Variable 1:

- **Población con limitaciones físicas**

El análisis del factor de resistencia de la población con limitaciones físicas se consideró porque esta población depende total o parcialmente de la ayuda de otra persona para moverse o desplazarse a la hora de la ocurrencia de una inundación se dificulta la evacuación rápida de la zona. Cabe anotar que no se quiere decir que el resto de población no es vulnerable.

Para la variable de limitaciones físicas de la población por manzana, 82 personas con limitaciones personales tienen un factor alto de resistencia, 82 personas un factor medio y 13 personas con limitaciones un factor bajo de resistencia. En lo que compete a la población que no tiene limitación alguna, 1596 individuos tienen un factor alto de resistencia, 1060 personas tienen factor medio y 28 factor bajo de resistencia (Tabla 3.14 y Figura 3.20).

Tabla 3.14. Factor de resistencia de la población con o sin limitaciones por manzanas, área urbana del municipio de Bolívar

NIVEL DE FACTOR DE RESISTENCIA	NÚMERO DE PERSONAS POR MANZANA	
	SI	NO
Alto	82	1596
Medio	82	1060
Bajo	13	28
Total general	177	2684

Fuente: elaboración propia.

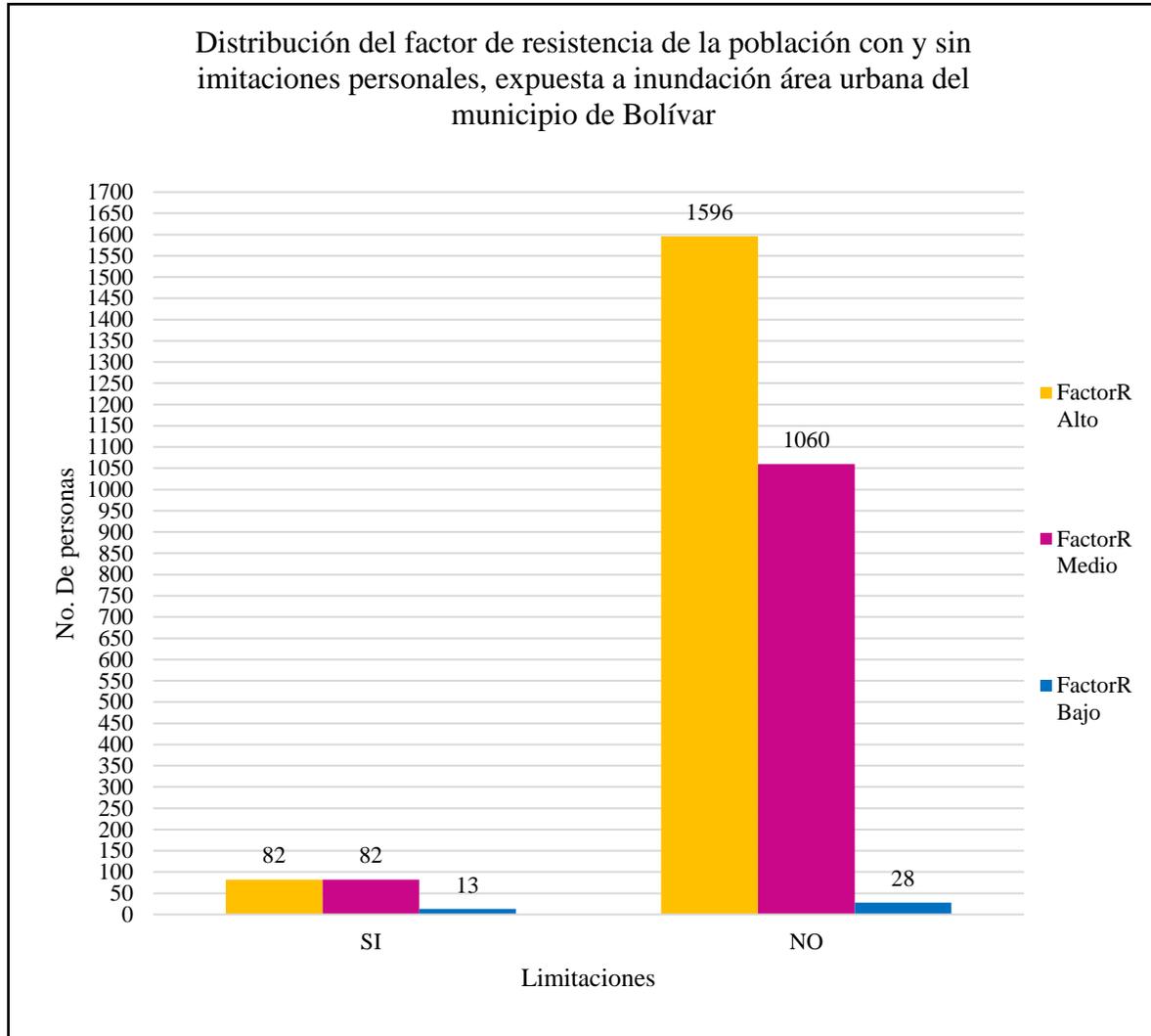


Figura 3.20. Distribución del factor de resistencia de la población con y sin imitaciones personales, expuesta a inundación área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia.

Variable 2:

- **Edad de la población**

El análisis del factor de resistencia de la población según la edad considerada fue la población menor o igual a 9 años y mayor o igual a 60 años, puesto que se definió que esta población a la hora de la ocurrencia de una inundación necesita algún tipo de ayuda de otra persona además en estudios de eventos ocurridos es la población más afectada. Cabe anotar que no se quiere decir que el resto de población no es vulnerable.

Para la variable de edad de las personas por manzana, con factor de resistencia bajo, se obtuvo la mayor representación con 6 personas en un rango de edad menor o igual a 9 años, seguido de 25 personas en edades mayores o iguales a 60 años. Y para el factor de resistencia medio, en un rango

de edad de 10-19 años hay 215 personas, seguido de 194 personas con edades menor o igual a 9 años y 135 personas con edades menor o igual a 60 años. Y, por último, en el factor de resistencia alto, 256 personas con edades menor o igual a 60 años, 243 en un rango de edad menor o igual a 9 años y 313 personas entre los 10 y 19 años. (Tabla 3.15 y Figura 3.21).

Tabla 3.15. Factor de resistencia de la edad de la población expuesta por inundación área urbana del municipio de Bolívar.

RANGO DE EDAD	NIVEL DE FACTOR DE RESISTENCIA		
	ALTO	MEDIO	BAJO
<= 9	243	206	6
(10 ; 19)	313	231	4
(20 ; 29)	222	156	1
(30 ; 39)	245	137	2
(40 ; 49)	248	149	2
(50 ; 59)	151	121	1
>=60	256	142	25

Fuente: elaboración propia.

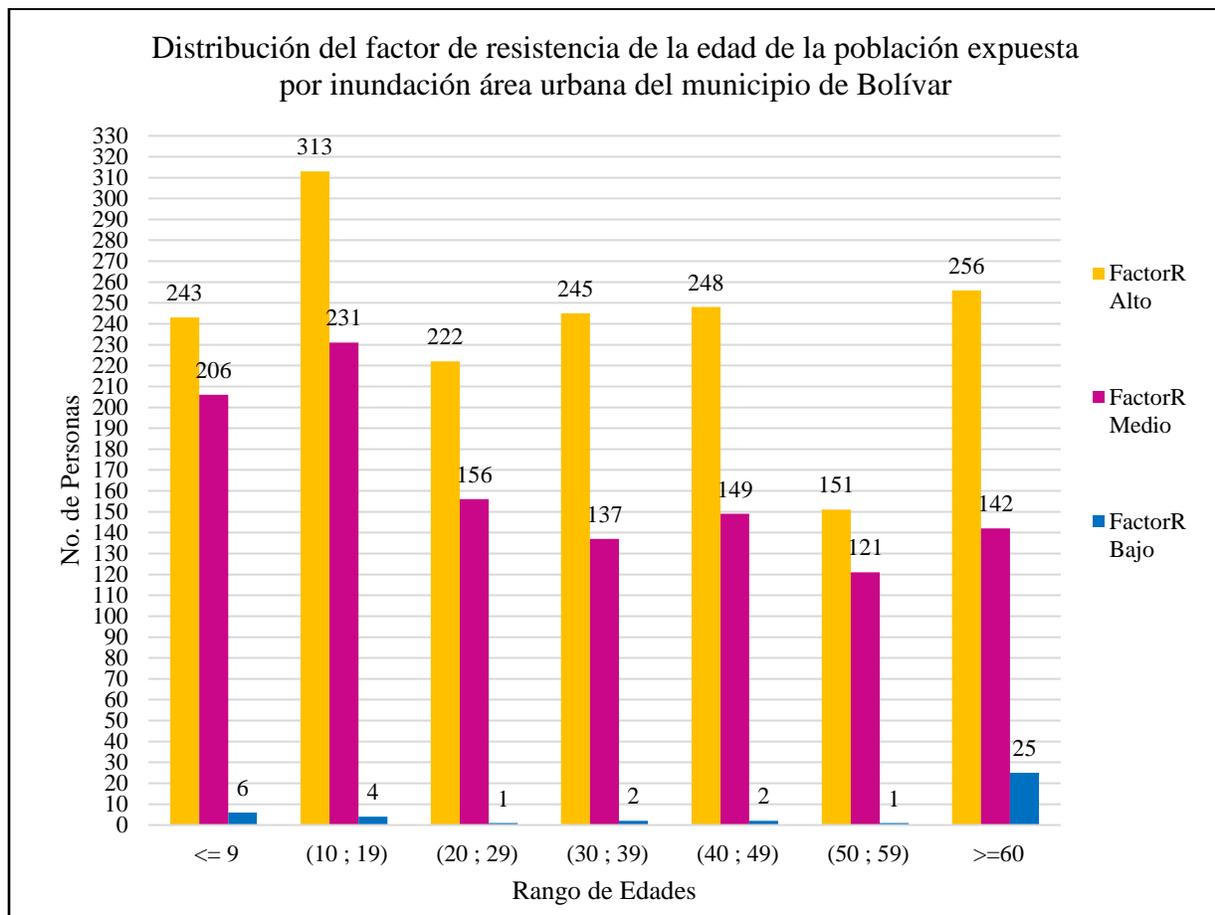


Figura 3.21. Distribución del factor de resistencia de la edad de la población expuesta por inundación área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia.

La Figura 3.22, especializa la distribución del factor de resistencia de la población, donde el factor de resistencia predominante es el alto. El factor de resistencia de la población de acuerdo a la modelación hidráulica correspondiente a la velocidad hasta de 8 m/s o una profundidad del agua hasta de 0,90 m o el producto de ambos parámetros. La población que se consideró que era menos resistente frente a la inundación es la menor o igual a 9 años y mayor o igual a 60 años, así como la población que pueda tener algún tipo de limitación presentan baja resistencia.

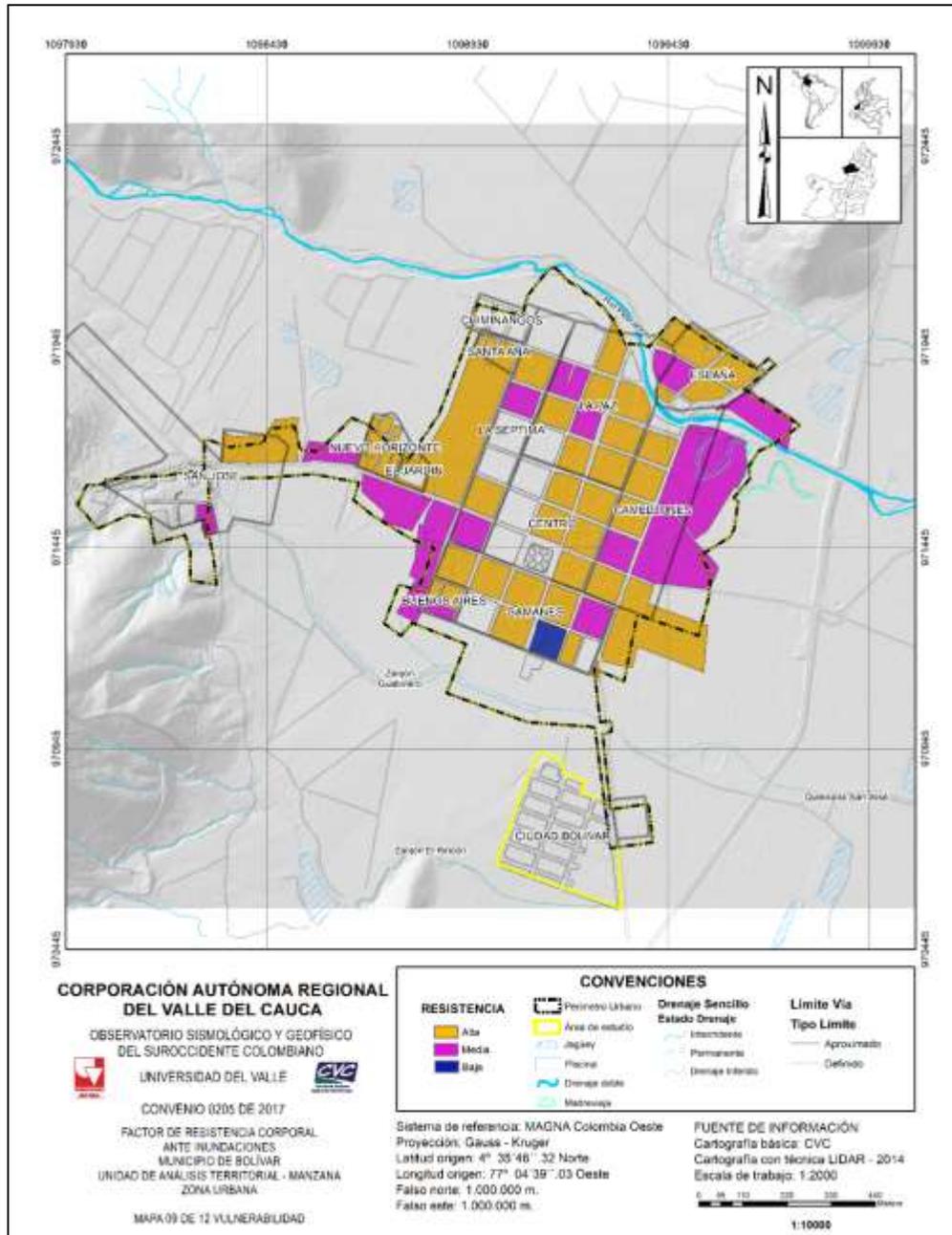


Figura 3.22. Factor de resistencia corporal ante inundaciones zona urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración con datos del DANE, 2005.

3.2.2.2. Factor de resistencia de los elementos estructurales ante inundación

La resistencia estructural como la capacidad que tienen los elementos estructurales de aguantar los esfuerzos a los que están sometidos sin romper. Depende de muchos factores entre los que destacan el material empleado, su geometría y el tipo de unión entre los elementos.

Siendo así, al igual que los factores analizados en exposición por inundación las variables 1) tipología de la edificación, 2) estado de conservación, 3) edad de la edificación y 4) número de pisos de la edificación, la cual se les realizó el siguiente análisis:

Variable 1

- **Tipología de edificación**

Un total de 683 edificaciones con factor de resistencia bajo, distribuidas en las siguientes tipologías, 138 edificaciones en mampostería confinada, 366 en mampostería no reforzada, 158 en Muro Tapia y Bahareque y 21 edificaciones con tipología de otro. Y, 227 edificaciones con factor de resistencia medio (Tabla 3.16 y Figura 3.23).

Tabla 3.16. Factor de resistencia según la tipología de las edificaciones, área urbana del municipio de Bolívar

TIPOLOGÍA DE EDIFICACIÓN	NÚMERO DE EDIFICACIONES	
	FACTOR DE RESISTENCIA MEDIO	FACTOR DE RESISTENCIA BAJO
Mampostería Confinada	227	138
Mampostería No Reforzada	0	366
Muro, Tapia, Bahareque	0	158
Otro	0	21

Fuente: elaboración propia

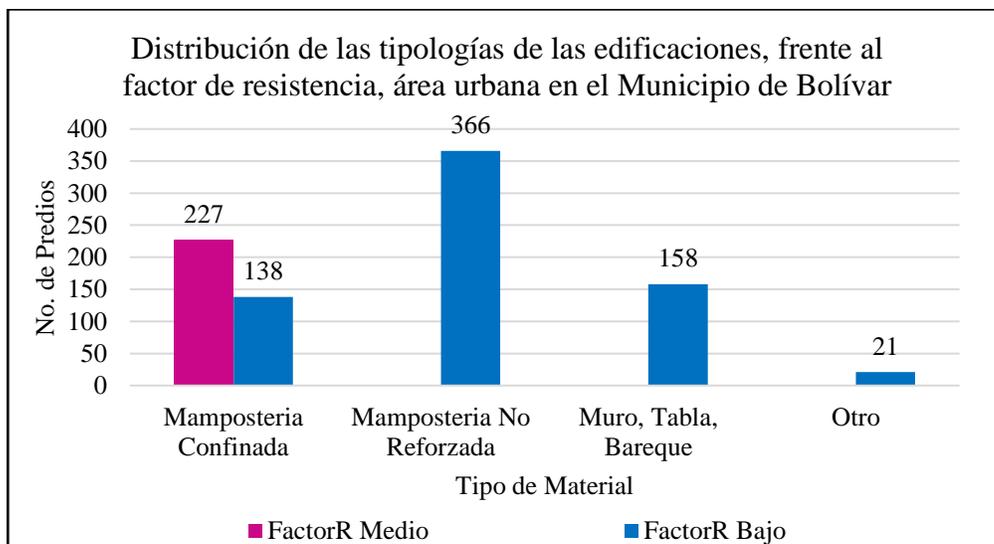


Figura 3.23. Distribución de las tipologías de las edificaciones, frente al factor de resistencia, área urbana en el Municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia.

Variable 2

- Estado de conservación

El análisis del factor de resistencia según el estado de conservación se definió con las categorías: bueno, daños leves, daños moderados y daños graves. En estado de conservación de las edificaciones con factor de resistencia medio se tienen 207 edificaciones en estado bueno, y 20 edificaciones con daños leves. Para edificaciones con factor de resistencia bajo, se tienen 297 edificaciones con daños leves, en estado bueno están 289 edificaciones, 83 edificaciones con daños moderados y 14 edificaciones con daños graves (Tabla 3.17 y Figura 3.24).

Tabla 3.17. Factor de resistencia de las edificaciones según el estado de conservación

ESTADO DE CONSERVACIÓN	NÚMERO DE EDIFICACIONES	
	FACTOR DE RESISTENCIA MEDIO	FACTOR RESISTENCIA BAJO
Bueno	207	289
Daños Leves	20	297
Daños Moderados	0	83
Daños Graves	0	14

Fuente: elaboración propia

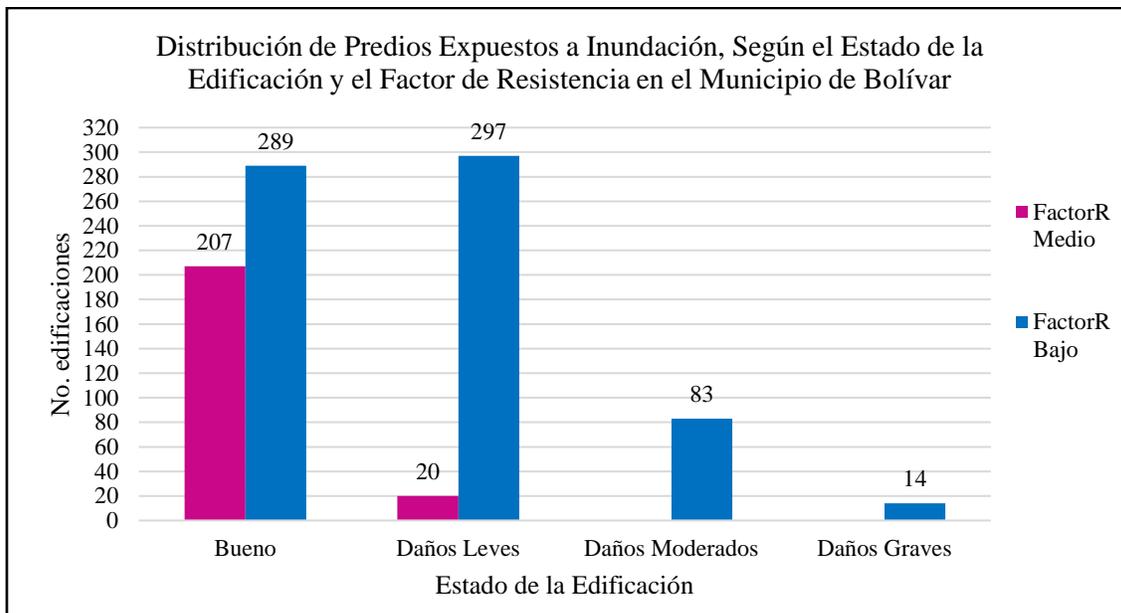


Figura 3.24. Distribución de las edificaciones según su estado de conservación ante el factor de resistencia, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia

Variable 3

- Altura de la edificación

La altura es un factor importante para inundación, dependiendo de la velocidad y la altura de la lámina de agua, al tener una edificación alta mayor 1 pisos y una buena tipología de la edificación, les permite a los habitantes de la estructura, salvaguardarse.

Para el número de pisos (altura de la edificación), 227 edificaciones con factor de resistencia medio, donde 190 edificaciones son de altura 1 piso, 34 edificaciones de 2 pisos, y 3 edificaciones de altura de 3 pisos. Y para las edificaciones que presentan factor de resistencia alto, la existencia de 643 edificaciones de 1 piso, 38 edificaciones de a 2 pisos y 2 edificaciones con una altura máxima de 3 pisos (Tabla 3.18 y Figura 3.25).

Tabla 3.18. Altura de las edificaciones frente al factor de resistencia

N°. PISOS	NÚMERO DE EDIFICACIONES	
	FACTOR RESISTENCIA MEDIO	FACTOR RESISTENCIA BAJO
1	190	643
2	34	38
3	3	2

Fuente: elaboración propia

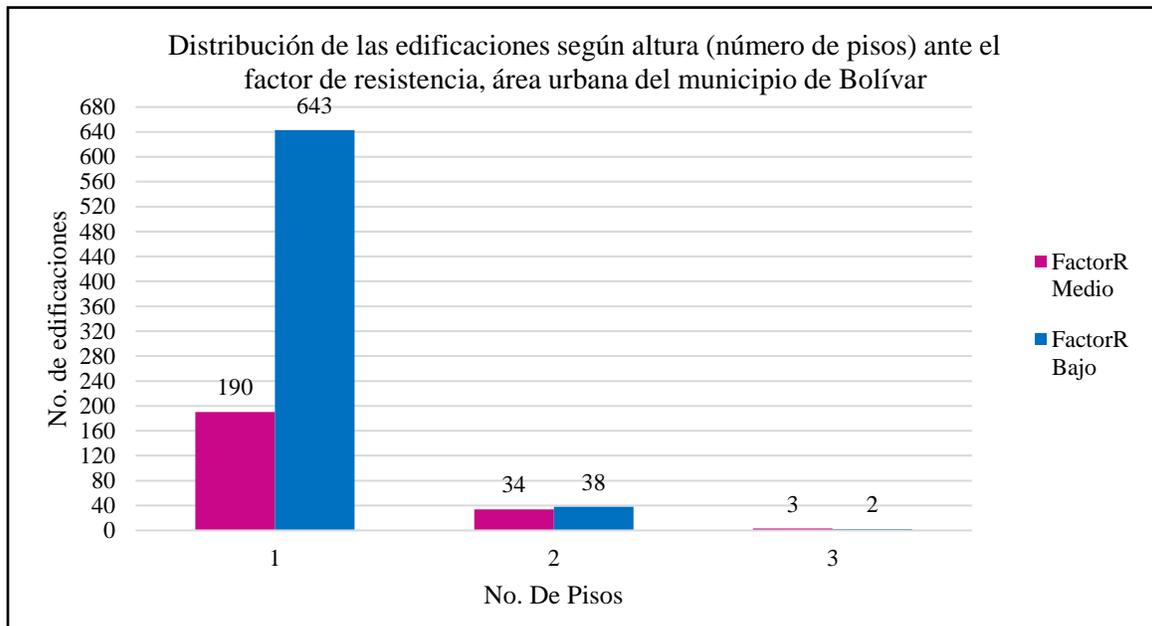


Figura 3.25. Distribución de las edificaciones según altura (número de pisos) ante el factor de resistencia, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia

Variable 4:

- **Edad de la edificación**

La edad de las edificaciones está en función de su vida útil, que es el periodo de tiempo después de la construcción durante el cual todas las propiedades esenciales alcanzan o superan el valor mínimo de aceptable con un mantenimiento rutinario. Donde 162 edificaciones menor o igual a 20 años, 31 edificaciones en un rango entre 20 y 29 años y 14 edificaciones en un rango 30-49 años, todas estas 207 edificaciones tienen un factor de resistencia medio. Y, por último, tenemos 703 edificaciones con factor de resistencia alto, 182 en un rango de edad menor o igual a 20 años, 218

edificaciones en un rango de 30-49 años, y mayores o iguales a 80 años, 48 edificaciones (Tabla 3.19 y Figura 3.26).

Tabla 3.19. Factor de resistencia según la edad de las edificaciones

EDAD DE LA EDIFICACIÓN	NÚMERO DE EDIFICACIONES	
	FACTOR RESISTENCIA MEDIO	FACTOR RESISTENCIA BAJO
< 20	182	162
(20 ; 29)	31	125
(30 ; 49)	14	218
(50 ; 79)	0	130
>= 80	0	48

Fuente: elaboración propia

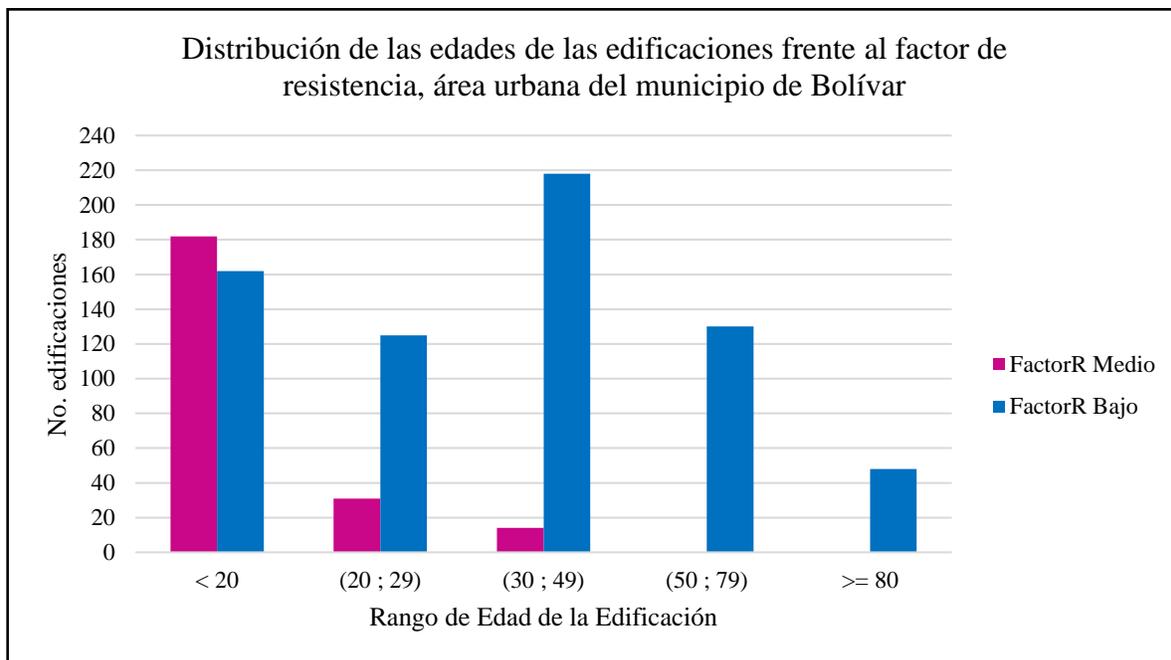


Figura 3.26. Distribución de las edades de las edificaciones frente al factor de resistencia, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia

La Figura 3.27 se presenta la espacialización del factor de resistencia de los elementos estructurales teniendo en cuenta los parámetros de magnitud e intensidad de las modelación hidráulica correspondientes a la velocidad hasta de 8 m/s o una profundidad del agua hasta de 0,90 m o la sumatoria de ambos parámetros y considerando la tipología, la edad, el estado de conservación y la altura de las edificaciones.

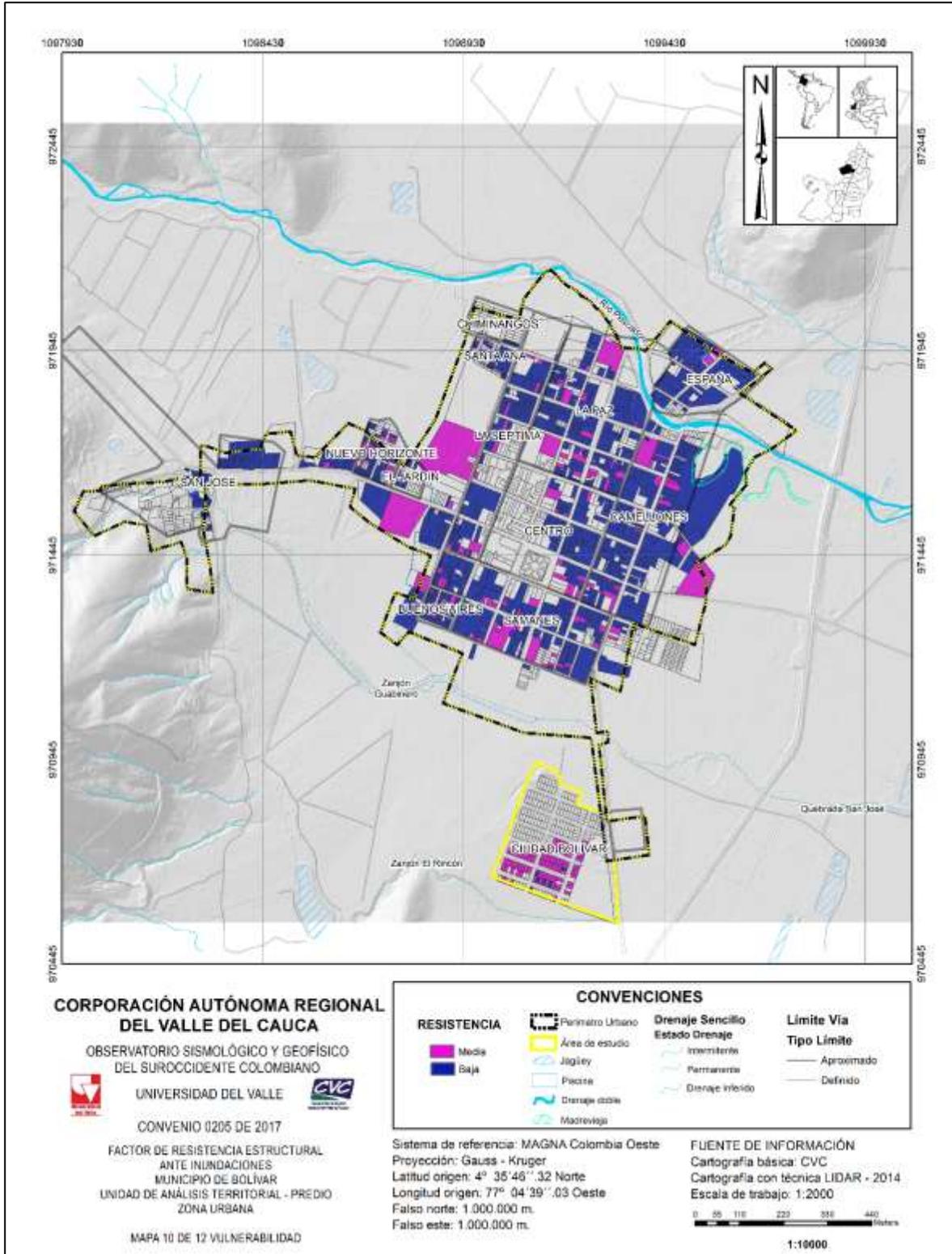


Figura 3.27. Resistencia Estructural ante inundaciones, área urbana del municipio de Bolívar
Fuente: elaboración propia.

3.3. CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES

Con los resultados obtenidos de exposición y factor de resistencia, se obtiene la vulnerabilidad tanto corporal y estructural para el fenómeno de inundación en el área urbana del municipio de Bolívar.

A continuación, los resultados de vulnerabilidad corporal y vulnerabilidad estructural:

3.3.1. Vulnerabilidad Corporal

La población de las 97 manzanas analizadas acorde a información del 2005, en la zona urbana del municipio de Bolívar, da como resultado 15 manzanas, 28,7% de área m² en vulnerabilidad alta, en vulnerabilidad media se obtuvo 23 manzanas que representan el 42,1% de área m² y en vulnerabilidad baja 17 manzanas representando el 29,2% del área m². Lo que indica que la probabilidad de pérdidas de personas de 9 y 60 años, y personas con limitaciones personales, ante un evento de inundación, es media (Tabla 3.20 y Figura 3.28).

Tabla 3.20. Vulnerabilidad corporal por área de manzanas, zona urbana del municipio de Bolívar

Vulnerabilidad Corporal	Población por Manzana (DANE,2005)	Manzanas	Área (M ²)	Porcentaje (%) Area	Pedios
ALTA	710	15	83149,9	28,7	218
MEDIA	1101	23	121907,7	42,1	386
BAJA	616	17	84541,4	29,2	261

Fuente: elaboración propia con información del DANE, 2005.

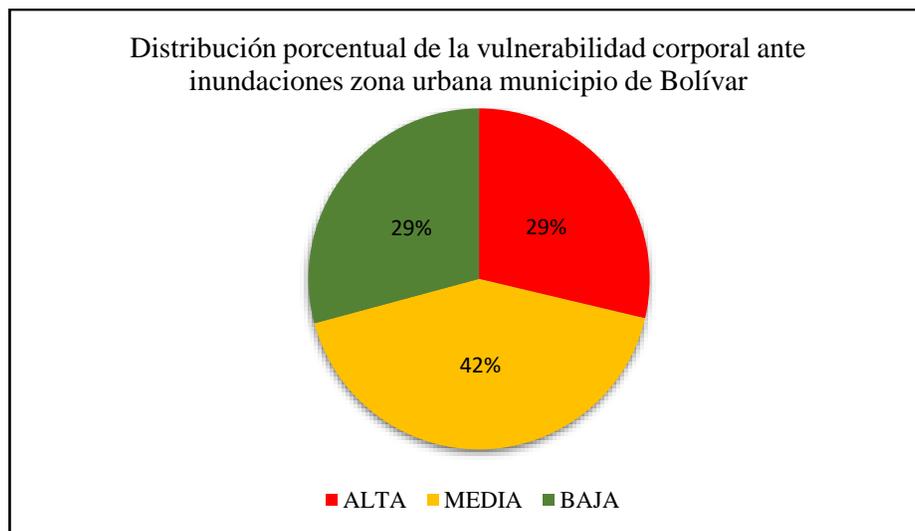


Figura 3.28. Distribución porcentual de la vulnerabilidad corporal ante inundaciones en la zona urbana del municipio de Bolívar, Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

La Figura 3.29 espacializa la vulnerabilidad corporal para el área urbana del municipio de Bolívar.

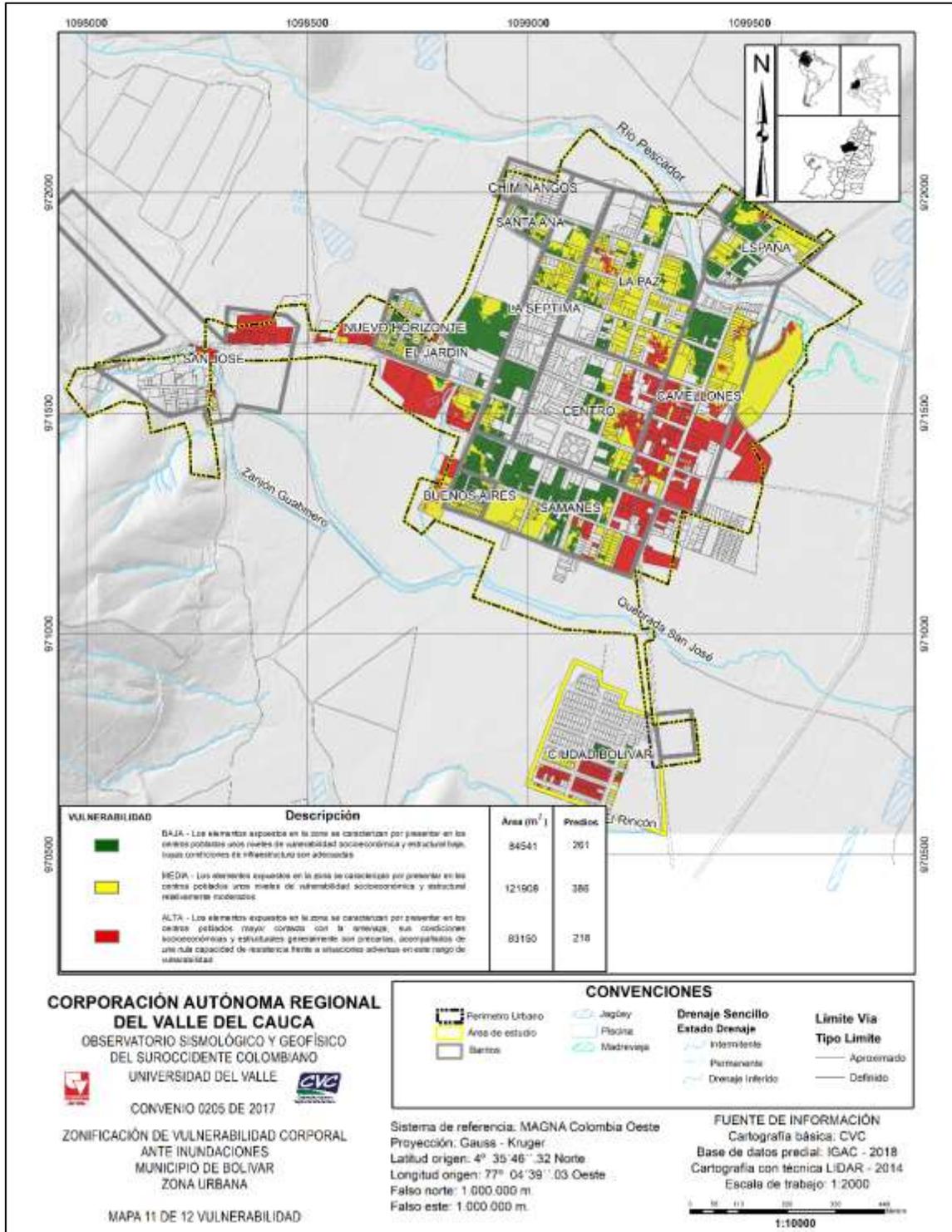


Figura 3.29. Mapa vulnerabilidad corporal por inundación, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Vulnerabilidad Edificaciones

Se obtuvieron resultados de vulnerabilidad alta, media y baja, donde la vulnerabilidad alta es la más representativa de las áreas a nivel predial analizadas con 103910 m² (34,57%), seguido de 100855 m² (31,88%) en vulnerabilidad baja y 95821 m² (33,55%) en vulnerabilidad media (Tabla 3.21 y Figura 3.30).

Tabla 3.21. Vulnerabilidad estructural en m², área urbana del municipio de Bolívar

VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	ÁREA (M ²)	PORCENTAJE DE ÁREA (%)	PREDIOS
Alta	103910,5	34,57	309
Media	95821,3	31,88	284
Baja	100855,5	33,55	309

Fuente: elaboración propia.

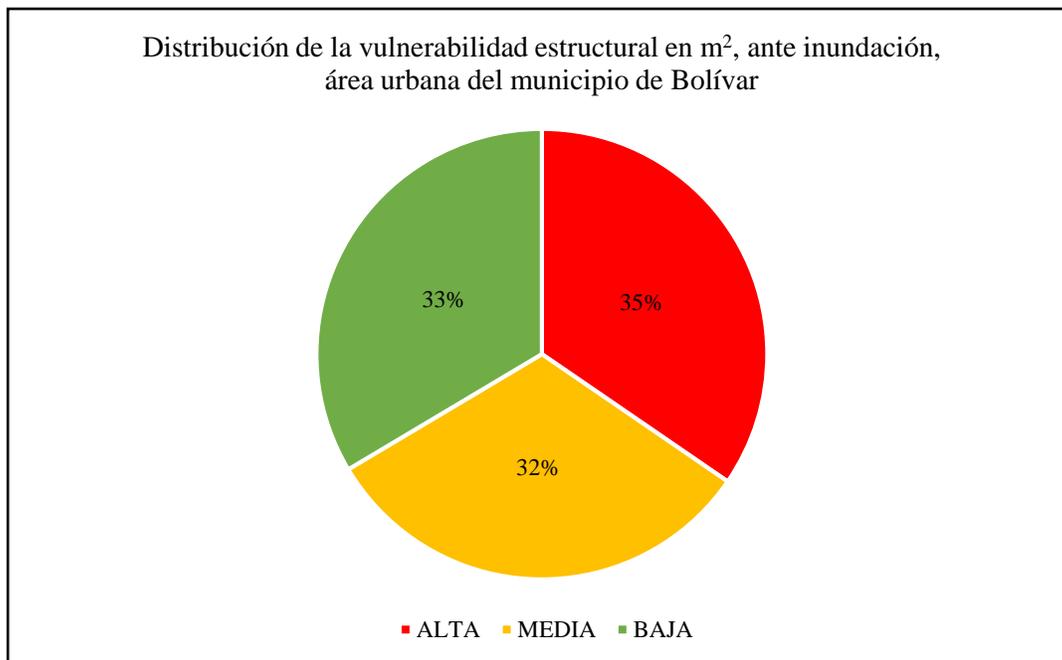


Figura 3.30. Distribución de la vulnerabilidad estructural en m², ante inundación, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia.

La Figura 3.31 espacializa la vulnerabilidad estructural ante inundación, área urbana del municipio de Bolívar.

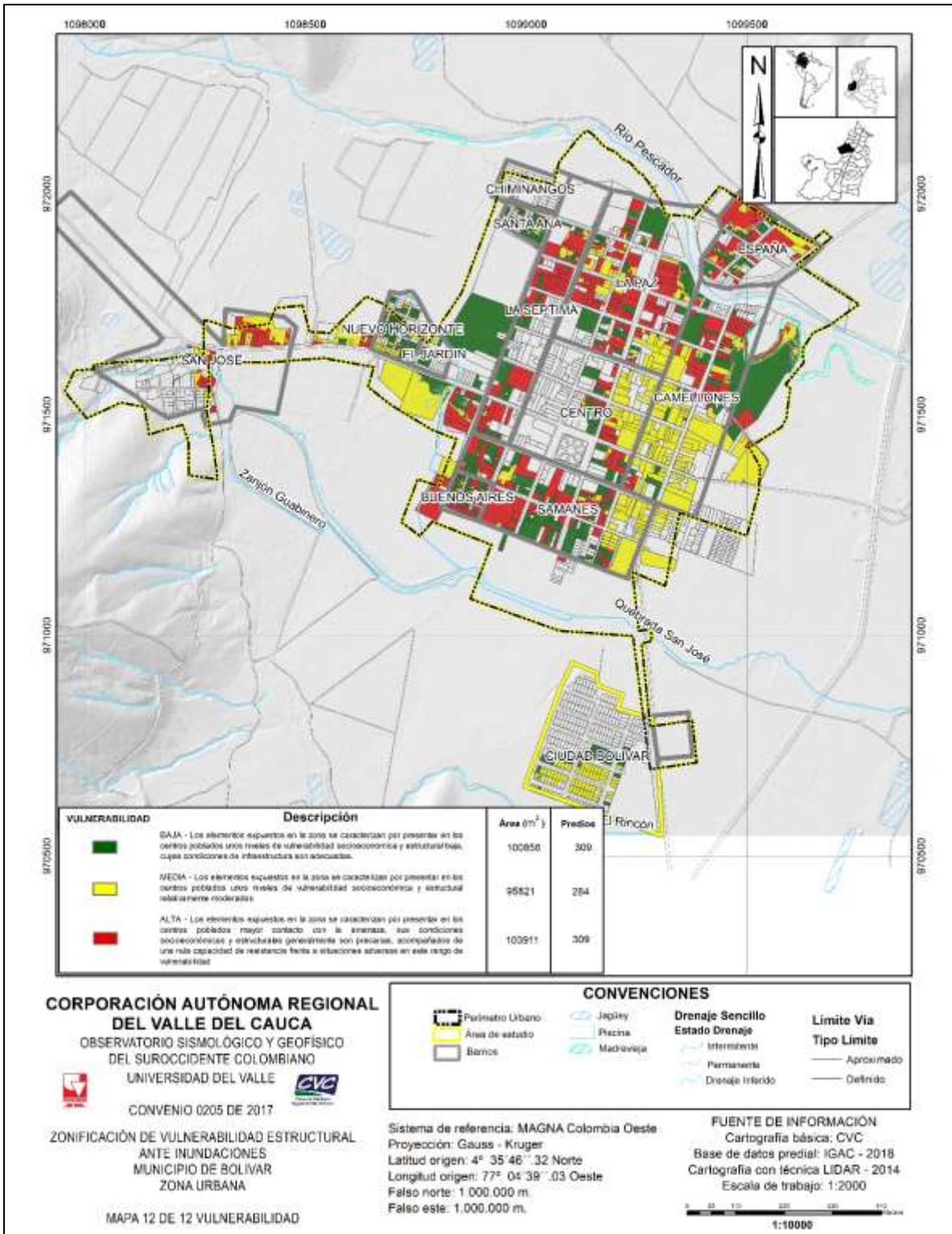


Figura 3.31. Mapa de vulnerabilidad estructural ante inundaciones, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia

4. ESCENARIOS DE AFECTACIÓN ANTE INUNDACIONES

La reciprocidad entre el peligro de un fenómeno natural y las condiciones vulnerables creadas por una comunidad en su entorno físico y social es lo que determina el grado de afectación que pueda sufrir la misma.

La importancia de la realización de los escenarios de afectación para el municipio de Bolívar, por fenómenos de inundación a partir del desarrollo de la metodología propuesta en este estudio, se ve reflejada en el gran aporte al entendimiento del origen y comportamiento de escenarios de riesgo en los que, sin duda, es el primer paso para estructurar y aplicar acciones que eviten, en la medida de lo posible, pérdidas humanas y materiales, como consecuencia de la acción de dicho fenómeno.

La zona de estudio ante los fenómenos de inundación, se clasificaron en escenarios de afectación para las estructuras y corporal en tres niveles de afectación diferenciados en Alta, Media y Baja:

- Afectación Baja: la zona se caracteriza por presentar unos niveles de amenaza relativamente bajos al igual que unas condiciones de vulnerabilidad bajas
- Afectación Media: la zona se caracteriza por presentar unos niveles de amenaza moderada, al igual que unos niveles de vulnerabilidad socioeconómica y estructural relativamente moderados
- Afectación Alta: la zona se caracteriza por presentar unas condiciones complejas de exposición a la amenaza, además de una vulnerabilidad alta caracterizada por edificaciones precarias y en mal estado, una población con poca o nula capacidad de resistencia.

4.1. ESCENARIO DE AFECTACIÓN CORPORAL

El escenario de afectación corporal con un área de 289536,1 m², da como resultado un área de afectación alta de 108190,5 m² (37, 4%), afectación corporal media con un área de 96377,2 m² (33,3 %) y una afectación corporal baja con un área de 84968,4 m² (29,3 %) ante el fenómeno de inundación (Tabla 4.1 y Figura 4.1).

Se recomienda el desarrollo de programas tendientes a la reducción de la vulnerabilidad de la población.

Tabla 4.1. Áreas por manzana para el escenario de afectación corporal, área urbana del municipio de Bolívar

AFECTACIÓN CORPORAL	POBLACIÓN POR MANZANA (DANE, 2005)	MANZANAS	ÁREA (M ²)	PORCENTAJE DE ÁREA (%)	PREDIOS
Alta	955	21	108190,5	37,4	302
Media	794	15	96377,2	33,3	308
Baja	678	19	84968,4	29,3	255

Fuente: elaboración propia con información suministrada por DANE, 2005.

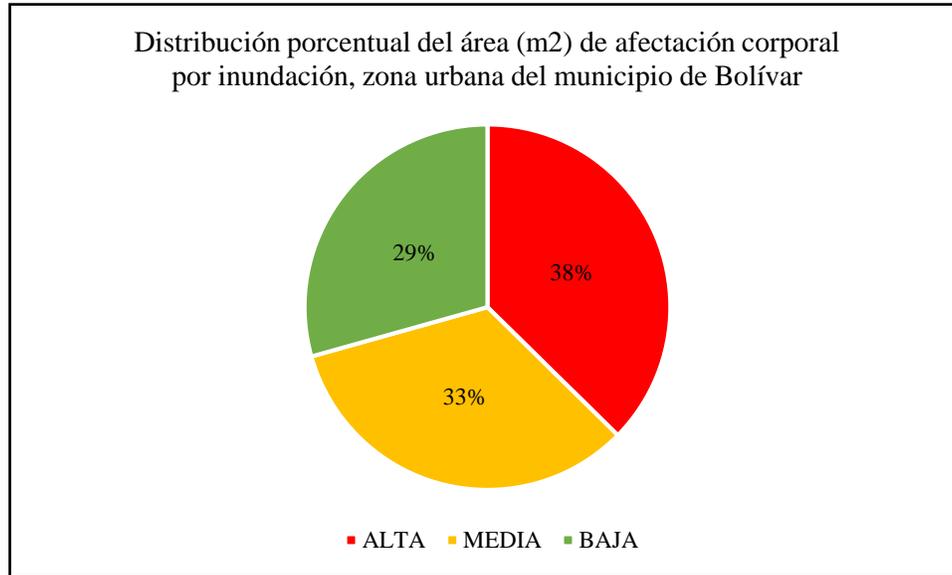


Figura 4.1. Distribución porcentual del área (m²) de afectación corporal por inundación, zona urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia con información suministrada por DANE, 2005.

La Figura 4.2 espacializa el escenario de afectación corporal para el área urbana del municipio de Bolívar.

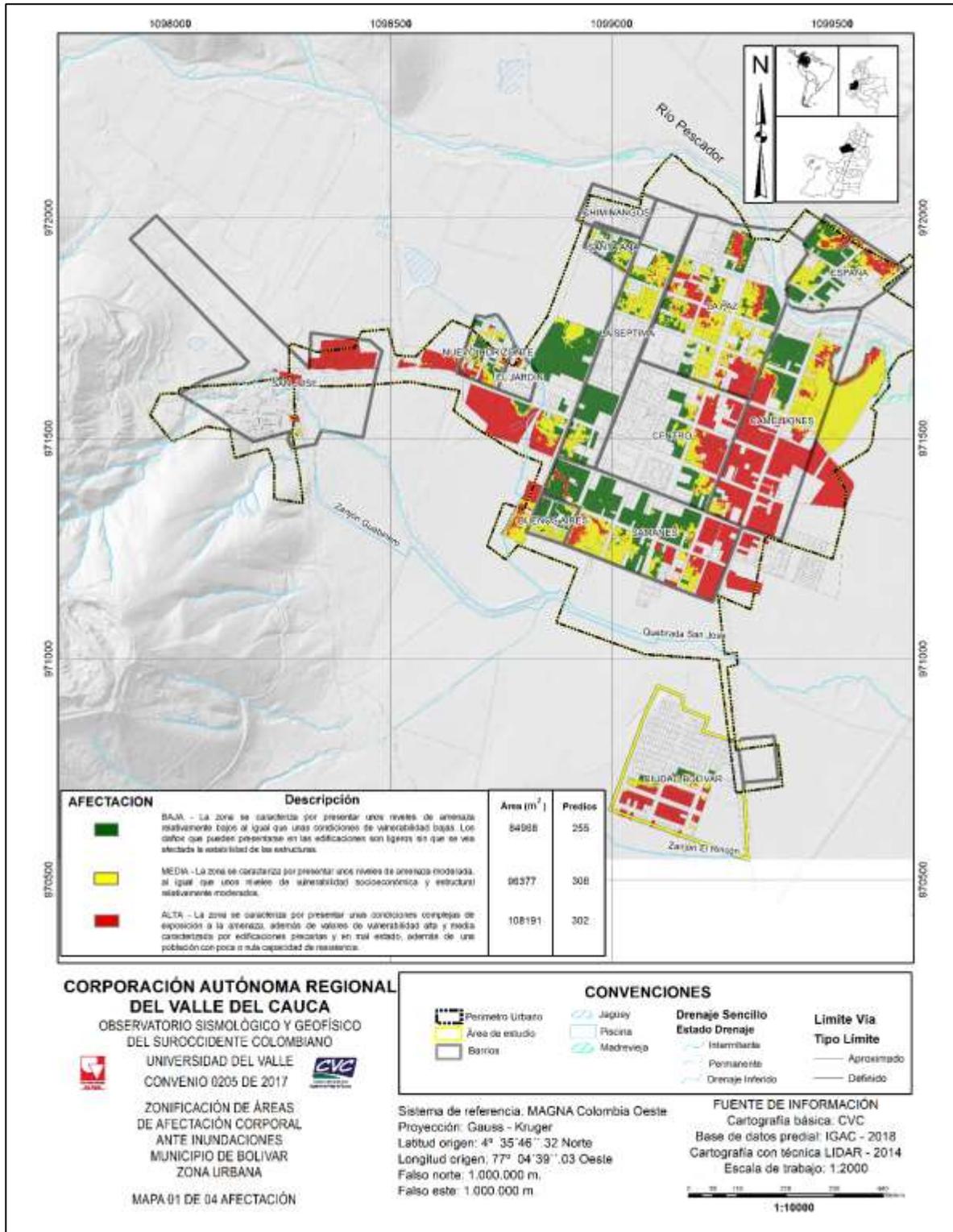


Figura 4.2. Escenario de afectación corporal ante inundación, área urbana municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia.

4.2. ESCENARIO DE AFECTACIÓN EDIFICACIONES

La Tabla 4.2 y Figura 4.3 muestran los resultados de escenario de afectación estructural a nivel de predio, donde el escenario de afectación alta con un área 180574,3 m² (60%) de tiene la mayor representación, seguido de la afectación baja con 96760,1 m² (32%) y por última afectación baja donde el área es de 23182,4 m² (7%).

Tabla 4.2. Áreas (m²) y nivel de afectación estructural, área urbana del municipio de Bolívar

NIVEL AFECTACIÓN ESTRUCTURAL	ESCENARIO DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL A NIVEL PREDIAL	
	ÁREA A PREDIAL (M ²)	% ÁREA
Alta	180574,3	60,1
Media	23182,4	7,7
Baja	96760,1	32,2
TOTAL GENERAL	300516,8	100,0

Fuente: elaboración propia.

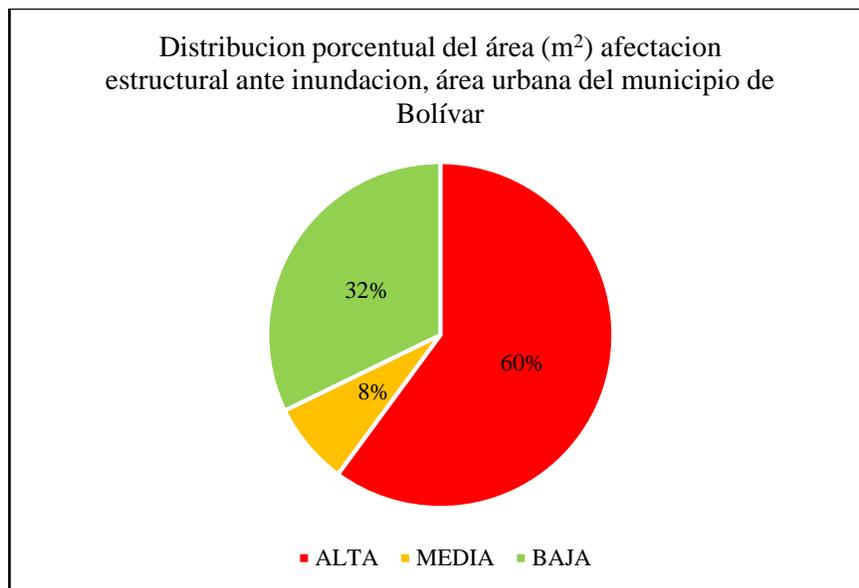


Figura 4.3. Distribución porcentual del área (m²) afectación estructural ante inundación, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se describen cada una de las zonas de afectación estructural para el área urbana del municipio de Bolívar:

- Afectación baja: se caracteriza por presentar unos niveles de amenaza relativamente bajos al igual que unas condiciones de vulnerabilidad en las edificaciones bajas, donde tiene un total de área a nivel predial de 96760,1 m² representando el 32% de la zona urbana del municipio de Bolívar. Los daños que pueden presentarse en las edificaciones son ligeros no estructurales sin que se vea afectada la estabilidad de las mismas.

- **Afectación Media:** se caracteriza por presentar unos niveles de amenaza moderada, al igual que unos niveles de vulnerabilidad y estructural relativamente moderados, donde la sumatoria de las áreas de los predios dan 23182,4m², representado 7% del municipio. Deben realizarse pequeñas obras de mitigación para reducir la exposición frente a la amenaza; así mismo deben desarrollarse programas para la adecuación de las edificaciones que presentan problemas estructurales considerables.
- **Afectación Alta:** caracterizada por presentar unas condiciones complejas de exposición a la amenaza, además de una vulnerabilidad alta caracterizada por edificaciones frágiles y en mal estado. Los daños que pueden presentarse son la destrucción parcial de las edificaciones, pérdidas de vidas humanas que habiten la edificación. Las áreas que quedaron bajo esta clasificación 180574,3 m², representando el 60% de la zona urbana del municipio de Bolívar.

La Figura 4.4 espacializa el escenario de afectación estructural del área urbana del municipio de Bolívar.

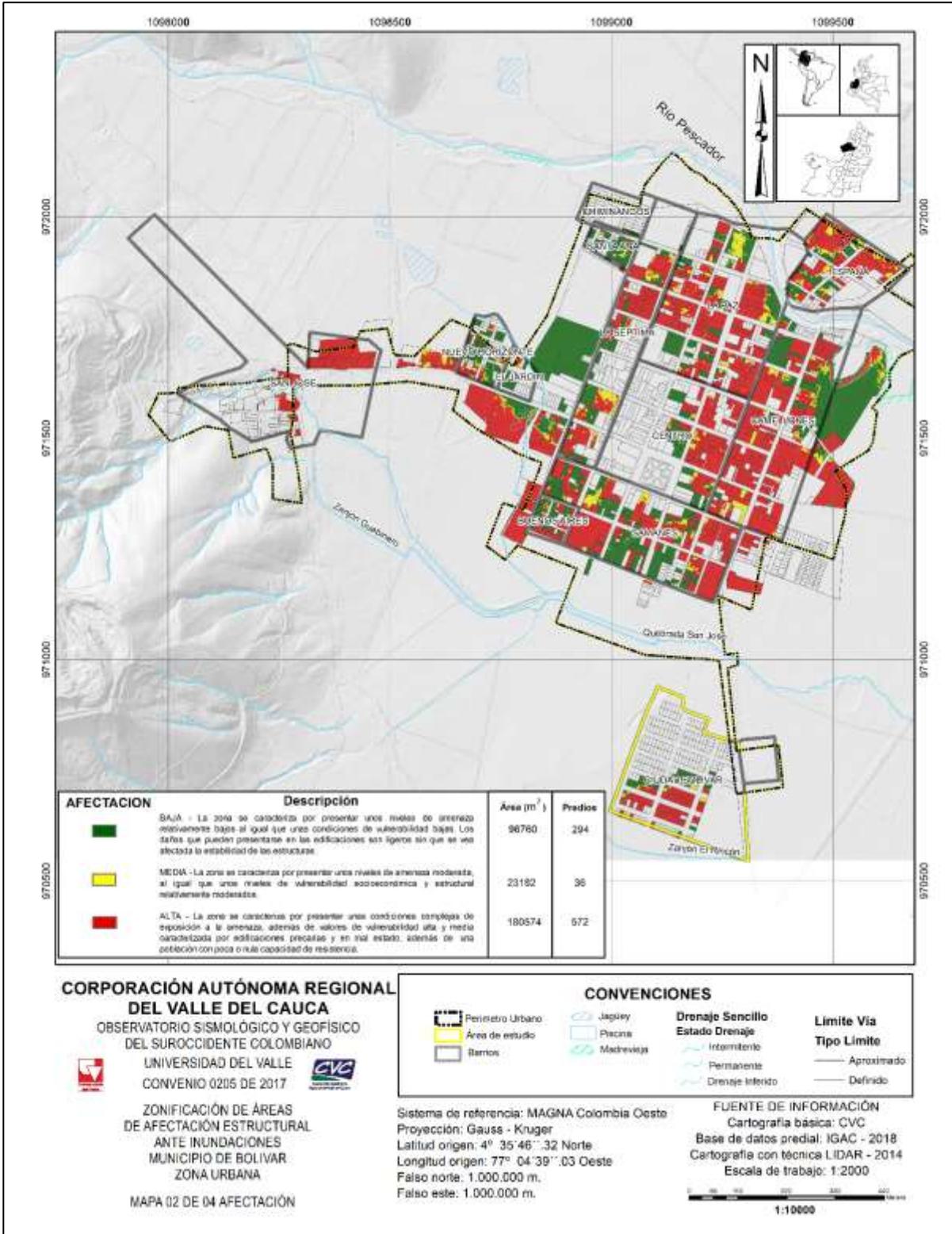


Figura 4.4. Escenario de afectación edificaciones ante inundación, área urbana municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia

4.3. ESCENARIO DE AFECTACIÓN TOTAL POR INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE BOLÍVAR

Después de los anteriores resultados de escenarios de afectación corporal y afectación estructural, se obtuvo el escenario de afectación total por inundación. La Figura 4.5, muestra la distribución porcentual de los niveles de afectación por inundación en el área urbana del municipio:

- Afectación Baja: la zona se caracteriza por presentar niveles de amenaza relativamente bajos al igual que condiciones de vulnerabilidad bajas con el 17,60% del área urbana. Los daños que pueden presentarse en las edificaciones son ligeros no estructurales sin que se vea afectada la estabilidad de las mismas.
- Afectación Media: corresponde al 46,81% la zona se caracteriza por presentar niveles de amenaza moderada, al igual que niveles de vulnerabilidad estructural relativamente moderados. Aquí deben realizarse pequeñas obras de mitigación para reducir la amenaza; así mismo deben desarrollarse programas tendientes a la reducción de la vulnerabilidad de la población y la adecuación de las edificaciones que presentan problemas estructurales considerables.
- Afectación Alta, que corresponde al 35,59 % del área urbana la zona se caracteriza por presentar niveles de amenaza alta al igual que niveles de vulnerabilidad estructural relativamente altos.

La Figura 4.6, espacializa el escenario de afectación total por inundación en la zona urbana del municipio de Bolívar.

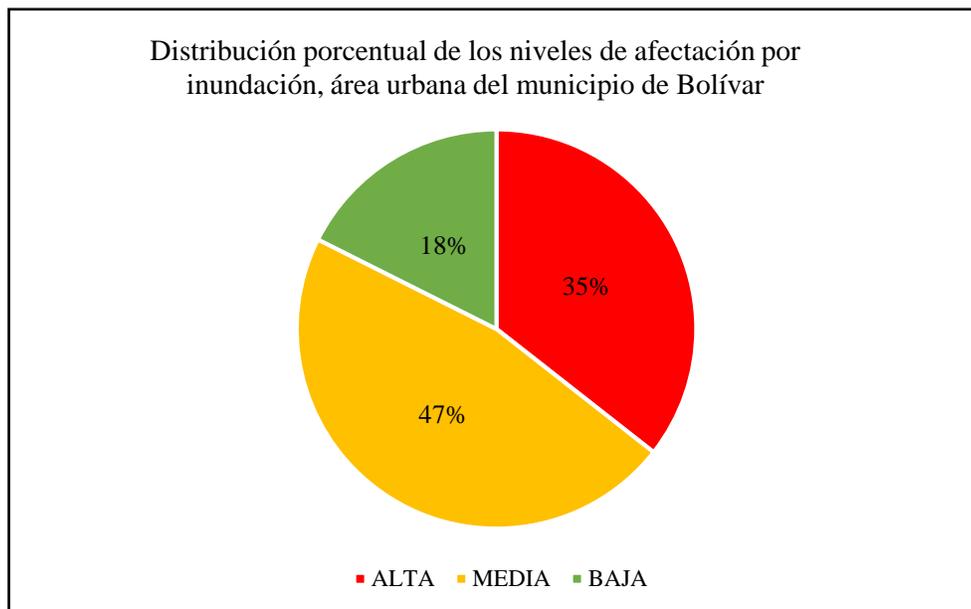


Figura 4.5. Distribución porcentual de los niveles de afectación por inundación, área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia

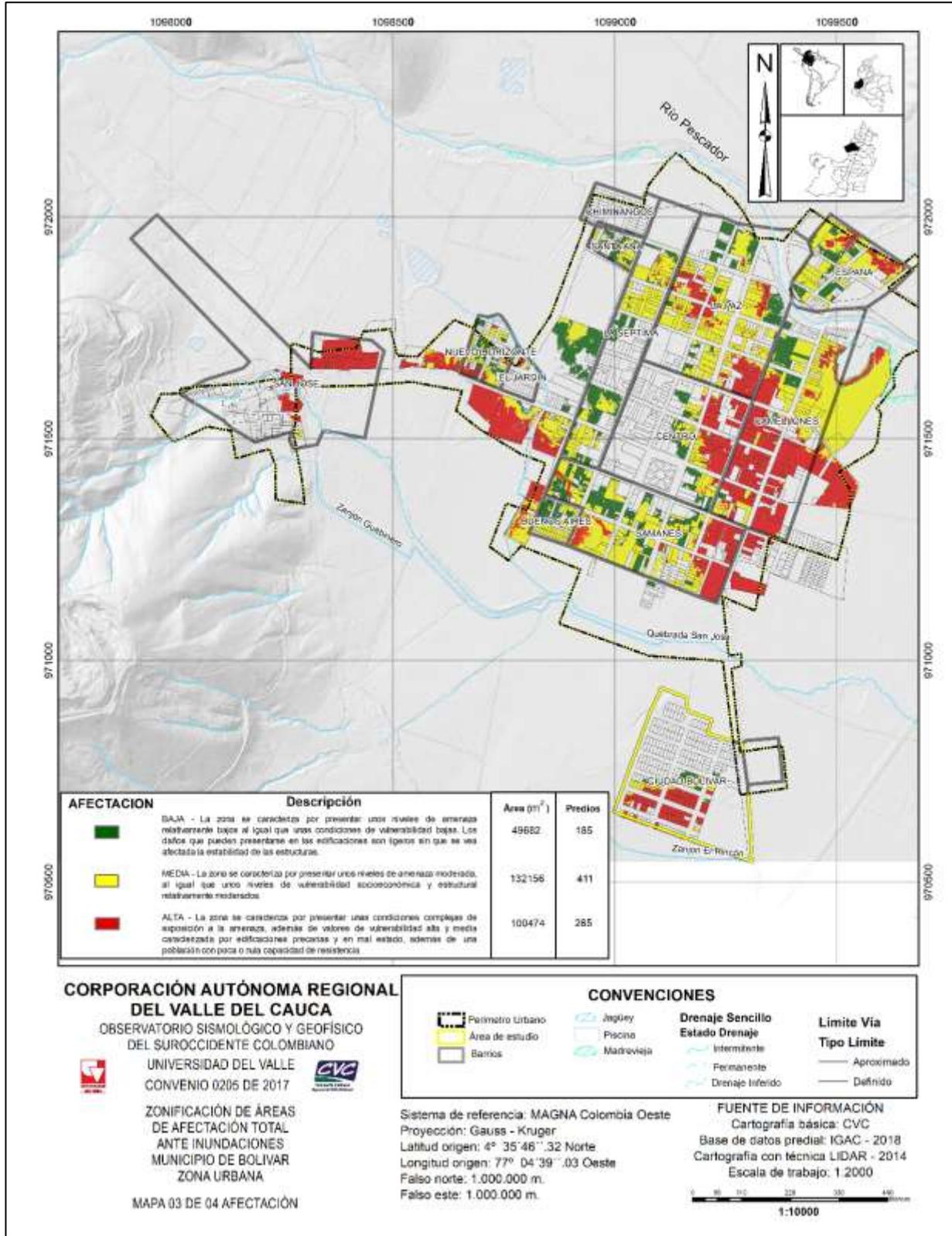


Figura 4.6. Áreas de afectación ante inundaciones, zona urbana municipio de Bolívar
Fuente: elaboración propia

4.4. ESCENARIO DE AFECTACIÓN MITIGABLE Y NO MITIGABLE POR INUNDACIÓN MUNICIPIO DE BOLÍVAR

La Resolución 5794 DE 2011, por medio de la cual se establece el procedimiento para recibir, manejar y custodiar los inmuebles ubicados en zonas catalogadas de alto riesgo no mitigable.

El Art. 3, literal e), establece que las Zonas de Alto Riesgo No Mitigable se definen como aquellos sectores en donde por sus características de amenaza y vulnerabilidad, existe una alta probabilidad de que se presenten pérdidas de vidas humanas, bienes e infraestructura. La mitigación no es viable por condiciones técnico-económicas, por lo cual los predios se incluyen dentro del Programa de Reasentamientos de Familias en Alto Riesgo No Mitigable.

4.4.1. Zonas de alto riesgo mitigable y no mitigable

Definidas con base en la realización de estudios técnicos detallados, que determinan la viabilidad de la ejecución de medidas de reducción para permitir que un asentamiento existente pueda permanecer o no en estas áreas. Tal como se mencionó anteriormente, la adopción de estas zonas es una decisión técnica, económica, social y política (guía metodológica).

Para este estudio, la zona de alto riesgo no mitigable y mitigable se hizo un Buffer a distancia de 30 metros de las fuentes hídricas analizadas en la zona urbana del municipio de Bolívar, con el respectivo Buffer, se intersecaron los valores altos de intensidad y afectación alta, con los valores de amenaza alta por inundación. Para las zonas de riesgo alto mitigable, medio y bajo, son los valores de afectación y luego estas se superponen con los valores de riesgo no mitigable.

La Tabla 4.3, muestra el área de zona alta no mitigable, que da un total 4334,8 m² cuya correspondencia es para 13 predios y alta mitigable con un 96139,2 m² con un total de 272 predios, en la zona urbana del municipio de Bolívar.

Tabla 4.3. Nivel de afectación alta mitigable o no mitigable por inundaciones, área urbana del municipio de Bolívar

NIVEL DE AFECTACIÓN ALTA	NÚMERO DE PREDIOS	ÁREA M ²
Alta no mitigable	13	4334,8
Alta mitigable	272	96139,2

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4.7, espacializa las zonas de afectación alta mitigable y no mitigable del área urbana del municipio de Bolívar.

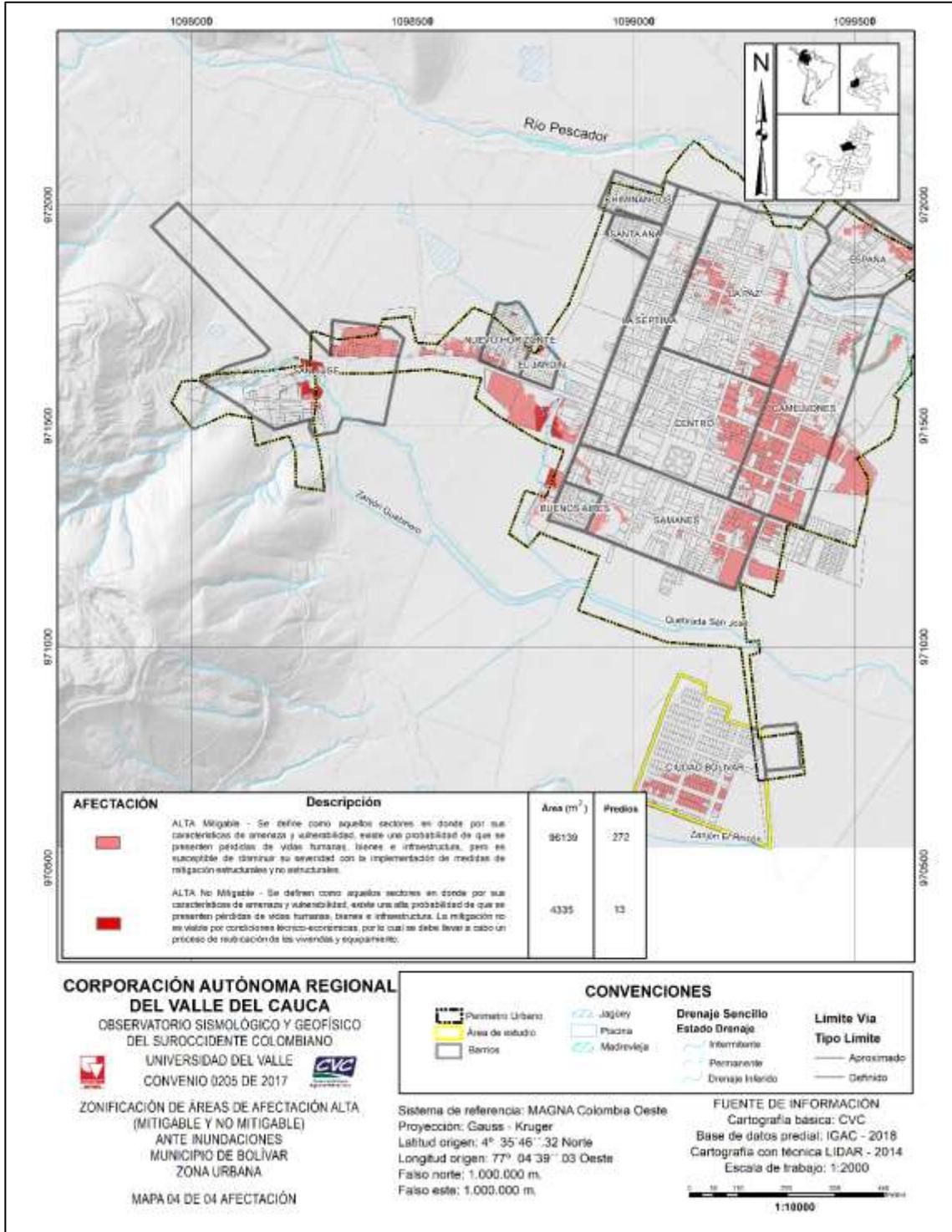


Figura 4.7. Áreas de afectación alta (mitigable y no mitigable), área urbana del municipio de Bolívar

Fuente: elaboración propia.

5. CÁLCULO DE POSIBLES DE PÉRDIDAS POR INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE BOLÍVAR

En los últimos años se ha visto como el crecimiento de los asentamientos urbanos del departamento ha desbordado los mecanismos de planificación que han intentado aplicarse para guiar el desarrollo de los mismos. Los motivos para la persistencia de esta situación van más allá del ámbito normalmente cubierto por los instrumentos de planificación de los asentamientos, y están determinadas por los estilos de desarrollo seguidos en el departamento, así como por las condiciones sociales y económicas imperantes en nuestro país. Adicionalmente, a esta problemática, se le suma el cambio climático, que conduce a un desequilibrio para la sociedad, la economía y el medio ambiente.

Por estas razones, estamos más expuestos a los desastres de origen natural que tienen consecuencias devastadoras en los ámbitos sociales, económicos y de infraestructura. El departamento del Valle del Cauca, es la región que más ha sufrido de inundaciones a nivel nacional.

El municipio de Bolívar, junto con otros municipios, presenta antecedentes de inundaciones, sobre todo en la temporada de olas invernales. A lo largo de la historia, este desastre natural generado por desbordamientos del río Cauca y otras cuencas hidrográficas.

Las inundaciones generan en la gran mayoría de los casos pérdidas económicas y otros daños que son incuantificables. Teniendo como consecuencias en la zona urbana la afectación de carreteras, viviendas y otras infraestructuras, y en la zona rural pérdidas de cultivos entre otros. Por otro lado, también es un riesgo para la salud, considerándose situaciones desde una lesión leve por un golpe con un árbol caído, las fuentes de agua pueden contaminarse con materiales tóxicos que aumentan el riesgo de transmisión de enfermedades o en ellas pueden proliferar enfermedades vectoriales transmitidas por insectos que contagian, por ejemplo, el dengue. Para el gobierno local las consecuencias monetarias pueden ser muy grandes debido a que pueden resultar averiadas parcial o completamente instalaciones sociales como centros educativos, centros de salud, entre otras. Y para la economía del municipio afecta tierras agrícolas, dejando pérdidas en los cultivos y de paso el suministro de alimentos a nivel local.

En el 2016, la gobernadora del Valle del Cauca, Dilian Francisca Toro, aprobó el plan de contingencia y centro logístico de abastecimiento para el departamento, con el fin de enfrentar las posibles emergencias por la presencia del fenómeno de la niña que generalmente provoca inundaciones y crecientes en los afluentes, entre los municipios con una alta amenaza de inundación, crecientes súbitas y vendavales se encuentra Bolívar, según el director de la Oficina para la Gestión del Riesgo, Jesús Copete.

Considerando este contexto, se estima las posibles pérdidas, realizando una valoración económica, ante una eventual inundación. En primer lugar, se identificaron los elementos expuestos, seguidamente, se realizó la valoración económica de las posibles pérdidas por el escenario de inundación para el área urbana del municipio de Bolívar. Utilizando precios del 2018, se estima el valor de un grupo de variables compuestas por i) el daño en la infraestructura social, tales como viviendas, centros de educación y centros hospitalarios; ii) los impactos en la salud, ocasionados

por ejemplo por contagio de dengue; iii) los gastos del gobierno para atender el evento de inundación; iv) afectaciones en las vías y v) costo de reposición en tuberías de gases.

5.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS

La identificación de los elementos expuestos se realizó considerando el escenario de afectación inundación. Para estos se tiene en cuenta la afectación de acuerdo a la altura del agua, es decir, si el agua cubre parcial o totalmente los elementos estructurales (edificaciones incluidos los enseres, mobiliario y electrodomésticos) y funcionales (redes de acueducto, alcantarillado, gas natural domiciliario y la red vial). Se consideró la amenaza media una altura del agua entre 0.45 m y 0.90 m, en amenaza alta la altura mayor a 0,90 m. Puntualmente, la valoración se realizó para las viviendas y edificaciones esenciales (hospitales, centros educativos, hogar geriátrico).

En el cálculo de las posibles pérdidas en las personas expuestas en amenaza alta y media por inundación se consideró la proliferación de vectores, en este caso el mosquito *Aedes aegypti*, transmisor del Dengue y Dengue grave. A continuación, se detallan los elementos localizados dentro del área de influencia de amenaza media y alta por inundación.

5.1.1. Edificaciones

De acuerdo al censo que se realizó para la parte estructural del municipio, se encontró que los predios expuestos a amenaza alta y media están en su mayoría construidos en mampostería confinada y no reforzada, y en menor cantidad de bareque y de otros materiales. Además, en su mayoría el uso de suelo de la zona urbana de Bolívar ha sido destinado para uso residencial (Tabla 5.1 y 5.2).

Tabla 5.1. Clasificación de elementos estructurales y funcionales expuestos inundaciones en amenaza media, en el municipio de Bolívar

TIPOS DE ESTRUCTURAS		FUNCIONALIDAD DE LOS ELEMENTOS	
Tipología de la edificación	Número de predios	Uso de los predios	Número de predios
Mampostería confinada	242	Residencial	545
Mampostería no reforzada	266	Comercial	32
Muro, tapia y bareque	104	Mixto	34
Otro	10	Equipamientos	11
Total	622	Total	622

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5.2. Clasificación de elementos estructurales y funcionales expuestos inundaciones a amenaza alta, en la zona de influencia en el municipio de Bolívar

TIPOS DE ESTRUCTURAS		FUNCIONALIDAD DE LOS ELEMENTOS	
TIPOLOGÍA DE LA EDIFICACIÓN	NÚMERO DE PREDIOS	USO DEL PREDIO	NÚMERO DE PREDIOS
Mampostería confinada	123	Residencial	242
Mampostería no reforzada	100	Comercial	14
Muro, tapia y bareque	54	Mixto	24
Otro	11	Equipamientos	8
TOTAL	288	TOTAL	288

Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Edificaciones esenciales

Son las edificaciones que son importantes por su funcionalidad, para la atención de una emergencia, son necesarias que estén en condiciones de funcionamiento para la respuesta ante la emergencia y posterior para la recuperación del desastre, como hospitales, escuelas, entre otras, en el municipio de Bolívar están expuestas las siguientes estructuras esenciales:

- Elementos expuestos a inundaciones de en zonas de amenaza media ante inundaciones
 - a. Elementos estructurales**
 - 6 edificaciones esenciales
 - b. Elementos funcionales**
 - Institución Educativa Manuel Dolores de Mondragón, sede Central
 - Institución Educativa Manuel Dolores de Mondragón, sede Julio Caicedo y Téllez
 - Institución Educativa Manuel Dolores de Mondragón, sede Alonso Aragón Quintero
 - Institución Educativa Manuel Dolores de Mondragón, sede Jardín Mi Pequeño Mundo
 - Centro de Bienestar Hogar del Anciano San Lázaro
 - Hospital Santa Ana

5.2. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS POSIBLES PÉRDIDAS POR INUNDACIONES EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR

Acorde a la cantidad de predios levantados amenazados por inundación en el área urbana del municipio de Bolívar, las posibles pérdidas o costos asociados a una eventual inundación están divididos en 4 partes, a considerar: i) El daño de la infraestructura social; ii) el impacto sobre la salud; iii) el gasto del gobierno en su esfuerzo por atender las necesidades de las zonas inundadas; iv) afectaciones sobre las vías y v) costo de reposición en las tuberías de gases.

Este análisis está basado principalmente en información del censo que se realizó a las estructuras de las edificaciones del área urbana del municipio de Bolívar y el muestreo levantado de información corporal. Adicionalmente, se usó información secundaria disponible, para lograr una mejor aproximación de los costos en los que se pueden incurrir.

5.2.1. Infraestructura social

Este ítem se divide en cuatro: viviendas, los centros educativos, el centro hospitalario y el centro de atención al adulto mayor.

5.2.1.1. Posibles pérdidas por daños en Viviendas

Los daños en viviendas se suelen referir a los costes de reparación o de reposición de los bienes afectados. De acuerdo con Blong, (2004) hay cuatro maneras en que se afectan las edificaciones:

- Por la fuerza física del agua que daña la estructura del edificio, lo cual ocurre usualmente cuando la velocidad del agua es de varios metros por segundo.

- Por la inmersión en el agua de los materiales, ya que se pueden desintegrar las placas de yeso, la madera hincharse o deformarse y las partes eléctricas sufrir cortocircuitos.
- Por la presencia de lodos, sedimentos y otros contaminantes, presentes en el agua, que originan corrosión de los materiales u otro tipo de desintegraciones por un aumento del desgaste.
- Por la humedad, ya que promueve el crecimiento de moho u hongos en cualquier lugar.

Los daños que las inundaciones generan en las viviendas pueden dividirse principalmente en dos:

1. Los daños en el contenido (electrodomésticos y mobiliarios)
2. el daño en la estructura.

Por lo que para determinar cada uno de estos daños se realiza, la tipificación de una vivienda y su contenido en la cabecera municipal de Bolívar. A continuación, se menciona la metodología que se siguió para la valoración económica de los posibles daños en la vivienda.

En primer lugar, se encontró la relación de bienes que como promedio existen en esta clase de vivienda, consistente en: televisión, nevera, estufa, muebles de sala, comedor, computador y camas. A cada uno de éstos se le asignó un precio unitario teniendo en cuenta la lista de precios de un almacén de cadena principal del municipio.

El siguiente paso fue establecer los intervalos de altura de lámina de agua, para definir el porcentaje de afectación que pudiera tener cada uno de estos bienes. Para ello se consideró en el caso de los electrodomésticos a qué altura se encuentra cada electrodoméstico, y en caso de los muebles, cuáles son sus dimensiones promedio. Las alturas de lámina de agua definidas fueron de 0.45 m - 0.90 m y mayores a 0.90 m. No se definieron más alturas ya que a esta última, los daños totales alcanzarían un valor del 100%.

Por último, se calcula el valor del contenido y la estructura de la vivienda. Estimando los porcentajes de daño tanto del contenido como de la estructura de la vivienda, considerando los niveles de inundaciones. A continuación, se muestra lo anteriormente expuesto:

5.2.1.2. Tipificación de la estructura y el contenido de las viviendas

- Según el Esquema Ordenamiento Territorial (EOT) del año 2000, el estrato socio-económico moda es 2. Por tal motivo se consideró que todas las viviendas ubicadas en el área de estudio del proyecto corresponderían a dicho estrato.
- El material predominante en los muros de las viviendas es mampostería.
- Las viviendas son en promedio de 1 piso

En la Figura 5.1 se muestran las características generales de los tipos de viviendas en el municipio de Bolívar.



Figura 5.1. Tipo de viviendas de diferentes del area urbana municipio de Bolívar.
Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Contenido (electrodomésticos y mobiliario)

- A partir de la información disponible en la encuesta de calidad de vida del DANE para el Valle del Cauca (2011), se determinó el listado de mobiliario y electrodomésticos por hogar para el estrato 2 (Figura 5.2)
- Con base en el muestreo que se realizó en campo se encontró que el promedio de personas por vivienda es de cuatro (4).

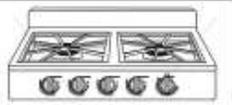
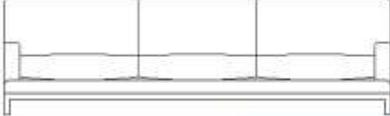
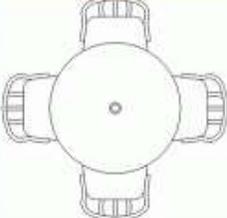
 <p>Nevera Cantidad: 1 Altura: 170cm</p>	 <p>Estufa Cantidad: 1 Altura: 90 cm</p>	 <p>Cama Cantidad: 4 Altura: 60 cm</p>
 <p>Equipo de sonido Cantidad: 1 Altura: 40 cm</p>	<p>Juego de sala (3 puestos) Cantidad: 1 Altura: 95 cm</p>	
 <p>Computador de mesa Cantidad: 1 Altura: 90 cm</p>	 <p>Juego de comedor (4 puestos) Cantidad: 1 Altura: 78 cm</p>	 <p>Televisor Cantidad: 1 Altura: 71.12 cm</p>

Figura 5.2. Contenido de una vivienda en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia con información DANE (2011). Precios: Electrojaponesa (2018), Muebles Andrede's (2018)

A continuación, se procede a estimar el valor económico del contenido y la estructura de las viviendas:

5.2.3. Estimación de los costos del contenido de las viviendas

En la Tabla 5.3, se estima el valor económico de los contenidos por vivienda. Inicialmente se determina el valor a nuevo del mobiliario y electrodomésticos de una vivienda a través de la multiplicación del valor comercial promedio de los artículos por la cantidad de los mismos en cada vivienda. Posteriormente, se considera que el contenido de las viviendas tiene un tiempo de uso, por lo que su valor al momento de presentarse una inundación corresponderá al 70% de su valor a nuevo. Así se obtiene al final un valor promedio de \$ 4.752.125 millones del contenido por vivienda.

Tabla 5.3. Valor del contenido de una vivienda

CONTENIDOS POR VIVIENDA	CANTIDAD	VALOR COMERCIAL PROMEDIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Nevera	1	696.000	696.000
TV a color ¹	1	514.000	514.000
Lavadora ²	0	0	0
Computador	1	889.000	889.000
Equipo de sonido ³	1	379.000	379.000
Comedor ⁴	1	999.875	999.875
Sala	1	1.112.375	1.112.375
Estufa ⁵	1	49.000	49.000
Cama	4	537.375	2.149.500
Valor total contenidos			6.788.750
Valor total con depreciación			4.752.125

Fuente: Elaboración propia con información del DANE (2011). Precios: Electrojaponesa (2018), Muebles Andrede's (2018).

5.2.4. Estimación de los costos de la estructura de la vivienda

Con el fin de determinar el área construida y el precio de una vivienda tipo, se tasó una media aritmética que dio como resultado un área promedio de 95 m² por vivienda a un precio por m² de \$729.954. De esta manera, el valor promedio de una vivienda tipo se obtuvo de multiplicar el área promedio por el precio promedio de un m² de lo cual se obtiene un valor de \$69.345.630 pesos (Tabla 5.4).

Tabla 5.4. Precio de m² construido y precio promedio de viviendas en el área de estudio

VALOR DE LA ESTRUCTURA		
PRECIO PROMEDIO M ² CONSTRUIDO	M ² PROMEDIO CONSTRUIDO POR VIVIENDA	PRECIO PROMEDIO DE LA VIVIENDA
\$729.95	95	\$69.345.630

Fuente: elaboración propia con datos recolectados en campo.

5.2.5. Estimación del porcentaje de daño de las viviendas de acuerdo a la profundidad de la inundación

Se determinó un porcentaje de daño tanto para el contenido como para la estructura de la vivienda los cuales estarán sujetos a su vez a la altura del mobiliario y electrodomésticos, el material en que está hecha la vivienda y la profundidad de la inundación o tirante de agua; adicionalmente se determinó que estos serían los mismos porcentajes de daños para las otras estructuras analizadas más adelante (Tabla 5.5).

Tabla 5.5. Porcentajes de daño para el contenido y la estructura para infraestructura social, según el tirante de agua

¹ Se consideran televisores tecnología LED de 28"

² Los habitantes de Bolívar afirmaron en promedio no poseer lavadoras

³ Equipos de sonido entre 500 y 1000 W

⁴ Comedor de 4 puestos

⁵ Se eligen estufas de 2 boquillas, a gas.

NIVEL DE LA AMENAZA	ALTURA DE AGUA (M)	VELOCIDAD DEL AGUA	PORCENTAJE DE DAÑO CONTENIDOS (%)	PORCENTAJE DE DAÑO ESTRUCTURA (%)
Media	0.45 - 0.90	$0.5 \text{ m/s} \leq V \leq 0.8 \text{ m/s}$	65	7
Alta	> 0.90	$V \geq 0.8 \text{ m/s}$	100	10

Fuente: Elaboración propia.

Lo que se puede concluir que:

- El contenido de la vivienda (domésticos) es lo que mayormente se daña ante una inundación.
- Los muros externos, puertas y ventanas su porcentaje de afectación suman menos de 11 por ciento.
- Los daños estructurales (cimientos) no parecen ser tan relevantes.

5.2.5.1. Costo total por el daño en viviendas

Estimados los porcentajes de daño, se procedió a multiplicar éstos por el costo promedio de una vivienda y por el costo promedio del contenido respectivamente. De la suma de los rubros anteriores se obtuvo el costo de la afectación para cada tirante de agua. Luego, éste costo es multiplicado por el número de edificaciones que se encuentran en amenaza media y alta, del área urbana del municipio de Bolívar. La suma de los costos encontrados para cada tirante, arroja el costo total asociado a las viviendas afectadas el cual correspondió a **\$8.306.358.794 COP** (Tabla 5.6).

Tabla 5.6. Costo total de las viviendas ante el fenómeno de inundación, área urbana del municipio de Bolívar

NIVEL DE LA AMENAZA	ALTURA DE AGUA (M)	DAÑO TOTAL POR VIVIENDA (\$)*	NÚMERO DE VIVIENDAS	DAÑO TOTAL POR VIVIENDAS (\$)
Media	0.45 – 0.90	\$ 7.943.075	545	\$ 4.328.975.875
Alta	> 0.90	\$11.686.688	242	\$2.828.178.496
TOTAL DAÑO EN VIVIENDAS				\$7.157.154.371
TOTAL DAÑO EN VIVIENDAS (USD) (1 USD = \$2950 COP)				\$ 2.247.203,33

*Nota: Se tomaron los valores con depreciación del contenido 30%.

Fuente: elaboración propia.

5.2.6. Posibles pérdidas por daños en las instituciones educativas

Realizando el mismo procedimiento que en el caso de las viviendas, el cálculo de las posibles pérdidas por daño a las escuelas se estima considerando, por un lado, el daño a estructura de las escuelas y, por el otro, el daño en el contenido de las escuelas.

5.2.6.1. Estimación del costo de daños en la estructura de las instituciones educativas

De acuerdo a la información suministrada sobre las instituciones educativas por la Secretaría de Educación y Deportes de la Alcaldía del municipio de Bolívar (2017), y a los resultados del presente estudio, no hay centros educativos oficiales ubicados en la zona urbana en amenaza alta por escenario de inundación, siendo las siguientes sedes educativas (Tabla 5.7) que se encuentran en amenaza media por este mismo fenómeno.

Tabla 5.7. Centros educativos en zonas de amenaza media por inundación, área urbana del municipio de Bolívar

INSTITUCIÓN EDUCATIVA	SEDE
Manuel Dolores Mondragón	Julio Caicedo y Téllez
	Alonso Aragón Quintero
	Jardín Mi Pequeño Mundo
	Central

Fuente: Alcaldía Municipal Bolívar (2011).

Utilizando como base las inundaciones producidas en el país en 2010 y 2011, el Ministerio de Educación Nacional (2011), cuantificó el número de escuelas afectadas y el gasto en la reparación de la estructura de cada una de ellas por municipio, a través de un plan de acción compuesto por tres fases:

- Fase 1 – *Ayuda humanitaria*: se realizó la implementación de aulas temporales.
- Fase 2 – *Rehabilitación*: consistió en el mantenimiento correctivo, la reparación estructural y la realización de obras de mitigación de las sedes educativas afectadas.
- Fase 3 – *Reubicación*: Reposición y reubicación de sedes educativas.

Para el Valle del Cauca, la mayor parte de las escuelas afectadas sólo requirieron de la fase de rehabilitación. Por esta razón se determinó que, los centros educativos ubicados en la zona de estudio necesitarían de recursos para una etapa de rehabilitación.

De esta manera, se estimó el valor del daño de las cuatro (4) instituciones educativas y el gasto en la fase 2 de Bolívar (Tabla 5.8).

Tabla 5.8. Costo total de la estructura de las sedes educativas. Precios de 2018.

COSTOS ESTIMADOS POR INSTITUCIÓN EDUCATIVA EN FASE 2	NÚMERO DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS	COSTO TOTAL DE LA REPARACIÓN DE LAS ESTRUCTURA DE LAS ESCUELAS
\$155.590.548	4	\$622.362.192

Fuente: elaboración propia con información Ministerio de Educación Nacional (2011).

5.2.6.2. Estimación del costo de daños en el contenido de las instituciones educativas

La valoración económica de las posibles pérdidas en las escuelas se estimó con las 4 sedes de la misma institución educativa (Manuel Dolores Mondragón), amenazadas por el escenario de inundación, ubicadas en la zona urbana. El número de aulas por cada sede es diferente, siendo la sede central, el centro educativo que tiene más aulas y contiene el mayor número de estudiantes (Tabla 5.9), hay un total de 758 estudiantes.

Tabla 5.9. Número de estudiantes de las sedes educativas en exposición por inundación en el área urbana municipio de Bolívar

SEDE	N° DE ESTUDIANTES	AULAS
Julio Caicedo y Téllez (1)	131	8
Alonso Aragón Quintero (2)	155	8
Jardín Mi Pequeño Mundo (3)	44	6
Manuel Dolores Mondragón Central (4)	428	8

Fuente: elaboración propia, con información de la Secretaría de Educación y Deportes del municipio de Bolívar (2018).

A pesar de que no se cuenta con información detallada del contenido de cada una de las escuelas en la zona de amenaza, para el cálculo de las pérdidas se realiza por cada sede educativa considerando los siguientes supuestos:

- i. Sede (1), y sede (2):
 - Cada aula tiene 17 pupitres, un escritorio, una silla.
 - Se cuenta con dos computadores, 2 mesas de cómputo y 4 sillas.
- ii. Sede (3):
 - Cada aula tiene 8 pupitres, un escritorio, una silla.
 - Se cuenta con dos computadores, 2 mesas de cómputo y 4 sillas.
- iii. Sede (4):
 - Cada aula tiene 30 pupitres, un escritorio, una silla.
 - Se cuenta con dos computadores, 2 mesas de cómputo y 4 sillas.
 - Cuenta con una sala de sistemas con 20 computadores, 20 sillas y 20 escritorios de computo.

En la Tabla 5.10, se presenta un estimativo del costo cada uno de los enseres y muebles

Tabla 5.10. Muestra de almacenes para la determinación del precio de pupitres, mesas y sillas por sede educativa. Precios de 2018.

CONTENIDO	PRECIO (\$)
Pupitre	99.900
Escritorio	299.000
Mesa de computo	138.900
Computador	1.500.000
Silla	64.900

Fuente: elaboración propia con información de lista de precios de Homecenter (2018).

Los precios utilizados son de 2018 y se establecieron a partir de una cotización realizada en HOMCENTER⁶ de los artículos mencionados para el contenido de los centros educativos. De esta manera, multiplicando el número de aulas afectadas por el número de pupitres por salón y a su vez por el precio de cada pupitre (\$99.900), se obtuvo el costo total por pupitres dañados. El costo total para los computadores, mesa de cómputo y silla se obtuvo a partir de la suma de los costos de las

⁶Se tomaron los precios más bajos de la muestra de precios.

sillas, mesas y computadores. Cada uno de estos costos surge de la multiplicación entre la cantidad de sillas, mesas y computadores por sus respectivos precios (\$64.900 por silla, \$138.900 por mesa y \$1.500.000 por computador).

5.2.6.3. Costo total del contenido de las instituciones educativas

El costo total del contenido de las sedes educativas se obtuvo a partir de la suma del costo total de pupitres y el costo total por salas de sistemas afectadas. Lo anterior se encuentra en la Tabla 5.11. En total el costo aproximado por el contenido de los centros educativos es de \$114.567.400 pesos.

Tabla 5.11. Costo total del contenido de las sedes educativas. Precios de 2018

SEDES	COSTO PUPITRES \$	COSTO ESCRITORIOS \$	COSTO SILLAS \$	COSTO MESAS CÓMPUTO \$	COSTO COMPUTADOR \$	\$ / UNIDAD
1	13.586.400	2.392.000	778.800	277.800	3.000.000	20.035.000
2	13.586.400	2.392.000	778.800	277.800	3.000.000	20.035.000
3	4.795.200	1.794.000	649.000	277.800	3.000.000	10.516.000
4	23.976.000	2.392.000	1.557.600	3.055.800	33.000.000	63.981.400
Costo total del contenido de las escuelas						114.567.400
Total daño en estructura de escuelas (USD) (1 USD = \$2950 COP) Precio Dólar Agosto 2018						38.836

Fuente: elaboración propia con información de Precios Homecenter (2018).

5.2.6.4. Costo total por el daño en las instituciones educativas

Finalmente, el posible costo total por los daños que se pueden ocasionar ante un escenario de inundación, en las mencionadas instituciones educativas alcanzan un estimado de total de \$ tal como se observa en la Tabla 5.12.

Tabla 5.12. Costo total por posibles daños de las escuelas expuestas por inundación, área urbana del municipio de Bolívar

COSTO TOTAL DE REPARACIÓN DE ESTRUCTURA EN SEDES EDUCATIVAS EN AMENAZA MEDIA	COSTO TOTAL DE DAÑOS DE CONTENIDOS EN SEDES EDUCATIVAS EN AMENAZA MEDIA	TOTAL	TOTAL (USD) (1 USD = \$2950 COP)
114.567.400	\$ 622.362.192	\$ 736.929.592	\$ 249.807

Fuente: elaboración propia

5.2.7. Posibles pérdidas económicas por afectaciones en el Hospital Santa Ana

Según la información del Esquema de Ordenamiento Territorial - EOT del año 2000, en el municipio de Bolívar, el número de centros hospitalarios corresponde a 1: El Hospital Santa Ana. Este centro hospitalario se encuentra en amenaza alta. Su edificación es antigua, es en ladrillo en su totalidad y la cubierta es en teja de barro, tiene dos pisos. El establecimiento es de nivel 1 donde se desarrollan actividades como: consulta general, procedimientos menores, vacunación, programa de promoción y prevención (PyP), programas de control prenatal y planificación familiar, tratamiento y acciones de prevención e intervención en salud oral, está dotado con 14 camas, y laboratorio clínico.

A partir de la inversión social en salud que se destinó para este hospital que se definió en la Resolución N° 317 de diciembre 27 de 2017, se estableció que el presupuesto de este año (2018) fue de \$3.300.057.997, de los cuales \$165.000.000 se destinaron al mantenimiento del mismo. Aproximadamente, la inversión que realiza la nación para la construcción de un hospital de nivel 1 aproximadamente es de **\$8.000.000.000 de pesos**.

Este hospital se encuentra en amenaza media por escenario de inundación, por ende, puede tener daños del 7% en su estructura física en caso de inundaciones con altas láminas de agua. Aproximadamente, el costo de las posibles pérdidas en infraestructura en términos monetarios sería de \$560.000.000 millones de pesos y en cuanto al contenido se estima el 65% de daño, perdiéndose aproximadamente \$ 2.145.037.698 del presupuesto invertido en activos fijos del hospital. En total el costo de las posibles pérdidas por escenario de inundación para el hospital es de **\$ 2.705.037.698** de pesos (Tabla 5.13)

Tabla 5.13. Costo total por hospital en amenaza media por escenario de riesgo por inundación.

COSTO DE INFRAESTRUCTURA	COSTO DE CONTENIDO	COSTO TOTAL	TOTAL (USD) (1 USD = \$2950 COP)
\$560.000.000	\$ 2.145.037.698	\$2.705.037.698	\$ 916.962

Fuente: elaboración propia.

5.2.8. Posibles pérdidas económicas del Centro de Bienestar Hogar del Anciano San Lázaro

Según información de la Secretaria de Desarrollo Social y Participación del Departamento (2018), el único hogar geriátrico que existe en la zona urbana del municipio de Bolívar es el Centro de Bienestar Hogar del Anciano San Lázaro, en el momento atienden a 24 beneficiarios; la Gobernación del Valle le asigna un presupuesto de \$ 7.312.500.

5.2.8.1. Estimación del costo del contenido Centro de Bienestar Hogar del Anciano San Lázaro

La información del contenido se obtuvo a través del muestreo que se realizó en el municipio de Bolívar. En la Tabla 5.14 se presenta a continuación los posibles costos asociados por las afectaciones del contenido y la estructura del centro del adulto mayor.

Tabla 5.14. Valor contenido del Centro de Bienestar Hogar del Anciano San Lázaro

CONTENIDO DEL CENTRO	CANTIDAD	VALOR COMERCIAL PROMEDIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Nevera	2	\$ 696.000	\$ 1.392.000
TV a color[1]	2	\$ 514.000	\$ 1.028.000
Lavadora	2	\$ 922.900	\$ 1.845.800
Computador[2]	0	\$ 0	\$ 0
Comedor[3]	6	\$ 999.875	\$ 5.999.250
Sala	1	\$ 1.112.375	\$ 1.112.375
Estufa[4]	2	\$ 400.000	\$ 800.000
Cama	30	\$ 537.375	\$ 16.121.250
VALOR TOTAL CONTENIDOS		\$ 5.182.525	\$ 28.298.675
VALOR TOTAL CON DEPRECIACIÓN 30%			\$ 19.809.073
TOTAL DAÑO EN ESTRUCTURA DE ESCUELAS (USD) (1 USD = \$2950 COP)			\$ 6.715

Fuente: elaboración propia con datos de almacenes electrojaponesa (2018), Muebles Andrede's (2018).

5.2.8.2. Estimación del costo de la estructura Centro de Bienestar Hogar del Anciano San Lázaro

El Centro de Bienestar Hogar del Anciana Lázaro, su estructura tiene un precio de \$ **1.054.301.760** pesos, (Tabla 5.15).

Tabla 5.15. Área y precio estimada del Centro de Bienestar Hogar del Anciano San Lázaro

ESTRUCTURA CENTRO DE BIENESTAR HOGAR DEL ANCIANO SAN LÁZARO		
PRECIO PROMEDIO ÁREA m ² CONSTRUIDO	ÁREAS m ² CONSTRUIDO	PRECIO PROMEDIO DE LA ÁREA CONSTRUIDA
\$729.954	1444,34	\$ 1.054.301.760

Fuente: elaboración propia.

5.2.8.3. Costo total por daño en Centro de Bienestar Hogar del Anciano San Lazaro

El costo total por daños en el Centro de Bienestar Hogar del Anciano San Lazaro, está alrededor de los \$ **86.677.020 cop**, (Tabla 5.16).

Tabla 5.16. Porcentajes y daños estimados del Centro de Bienestar Hogar del Anciano San Lázaro

NIVEL DE LA AMENAZA	ALTURA DE AGUA (m)	PORCENTAJE DE DAÑO A LA INFRAESTRUCTURA	DAÑO TOTAL POR INFRAESTRUCTURA	PORCENTAJE DE DAÑO AL CONTENIDO	DAÑO TOTAL AL CONTENIDO
Media	0.45 - 0.90	7	\$ 73.801.123	65%	\$12.875.897
TOTAL DAÑOS					\$86.677.020
TOTAL DAÑOS (USD) (1 USD = \$2950 COP)					\$ 29.382

Fuente: elaboración propia.

5.2.8.4. Costo total de la infraestructura social

Finalmente, el costo total de la infraestructura social con un total de \$ 10.685.798.681 COP, se obtuvo de la suma entre los costos del daño en las viviendas, sedes educativas y centros hospitalarios, tal como se observa en la Tabla 5.17.

Tabla 5.17. Costos totales de la infraestructura social

RESUMEN DE COSTOS DE INFRAESTRUCTURA SOCIAL	PRECIOS DE 2018
Costo de las viviendas	\$ 7.157.154.371
Costos de las sedes educativas	\$ 736.929.592
Costo de los centros hospitalarios	\$ 2.705.037.698
Costo del hogar geriátrico	\$ 86.677.020
COSTO TOTAL DE LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL	\$ 10.685.798.681
COSTO TOTAL (USD) (1 USD = \$2950 COP) PRECIO DÓLAR AGOSTO 2018	\$ 3.355.127

Fuente: elaboración propia.

5.2.9. Impacto sobre la Salud

El análisis del impacto en la salud según la Organización Panamericana de la Salud (2013) la define como el proceso de identificar las consecuencias futuras de una acción en curso o propuesta, para este estudio de amenaza ante inundaciones, el cual estimó las afectaciones de la población damnificada en el caso de enfermedad vectorial, Dengue y Dengue grave, ante la ocurrencia de un evento por inundaciones. Debido al estancamiento del agua, se generan la proliferación de vectores que pueden causar enfermedades a la población.

5.2.9.1. Posibles costos por afectaciones en salud en caso de enfermedad vectorial Dengue

Tras las temporadas de lluvias, y en particular tras las inundaciones, se generan represamientos de agua que aumentan la proliferación de mosquitos transmisores de enfermedades como el dengue. Este evento es considerado en el presente documento como un costo social que las comunidades asumen una vez se presentan las inundaciones. Para calcular los costos de las personas infectadas por dengue durante las inundaciones se utiliza la metodología presentada en el documento de Bello *et. al* (2011), los autores básicamente usan la cuantificación de los costos en medicamentos, hospitalización y demás en los que debe incurrir el paciente una vez se ha contagiado para valorizar los costos del dengue. Esta es la misma metodología que se empleó para la valoración económica de esta enfermedad en las inundaciones de 2010 – 2011 en el departamento del Valle del Cauca.

Según los reportes del año 2016 el total de casos con dengue en el departamento son 15.900. Según con la información disponible de Protección Social y Salud se establece que en el municipio de Bolívar el año 2017 se registraron 20 casos de dengue y un caso de dengue grave. En ese orden de ideas se consideró que por paciente contagiado con dengue con el supuesto de un día de

hospitalización tiene un costo total de \$227.200⁷ y por dengue grave es de \$ 834.090⁸ con el supuesto de 5 días de hospitalización, ambos a precios de 2018.

De esta manera, el costo por posibles personas infectadas con dengue durante un evento de inundación se obtuvo de la multiplicación del número de personas infectadas por su respectivo costo, tal como se muestra en la Tabla 5.18.

Tabla 5.18. Costo total aproximado por personas contagiadas con dengue y dengue grave, ante posible inundación en el área urbana del municipio de Bolívar

TIPO DE CONTAGIO	NÚMERO DE CASOS	COSTO POR PERSONA CONTAGIADA	COSTO TOTAL POR TIPO DE DENGUE
Dengue	20	\$ 456.205	\$ 9.124.100
Dengue grave	1	\$ 826.285	\$ 826.285
Costo total personas contagiadas con dengue			\$ 9.950.385
Costo total (\$USD) (1 USD = 2.950 COP) Precio Dólar Agosto 2018			\$ 3.373

Fuente: elaboración propia con información de Datos Abiertos Gobierno Digital Colombia (2018), Bello *et. al* (2011).

5.2.10. Asistencia Gubernamental

El análisis de la asistencia gubernamental se estimó la ayuda del gobierno en alimentación y aseo y subsidios de arrendamiento a la población damnificada ante la ocurrencia de un evento por inundaciones.

5.2.10.1. Posibles costos por asistencia del gobierno a damnificados

Un componente importante de los costos asociados a las inundaciones del área de estudio corresponde a las diferentes ayudas que brindan las instituciones estatales, privadas y sin ánimo de lucro ante las emergencias por desastres naturales. Para realizar una aproximación a los gastos que éstas instituciones asumirían, se tomaron como base los recursos que Colombia Humanitaria, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y la Secretaria de Infraestructura Departamental del Valle del Cauca destinaron para los diferentes municipios del Valle del Cauca afectados por la ola invernal de 2010 – 2011, particularmente en los municipios de Cali, Palmira, Yumbo y Candelaria los cuales conforman la zona de estudio del presente documento. Este monto se actualiza a través del Índice de Precios del Consumidor (IPC).

De esta manera, la Tabla 5.19 muestra los montos designados para alimentación y aseo por el gobierno nacional para cada familia, teniendo en cuenta el número de integrantes ejecutarían para mitigar una emergencia por inundaciones en la zona de estudio, lo cual representa el gasto del gobierno para situaciones de este tipo.

⁷ Costos de un particular en el Hospital Universitario del Valle Evaristo García y una duración de la enfermedad de 15 días

⁸ Costos de un particular en el Hospital Universitario del Valle Evaristo García y una duración de la enfermedad de 20 días

Tabla 5.19. Montos designados por el Gobierno Nacional para asistencia alimentaria y aseo a damnificados durante situaciones de desastres.

TOTAL FAMILIA	ALIMENTO/MES	ASEO/MES	TOTAL
De 1 a 3 personas	\$ 247.440	\$ 41.240	\$ 288.680
De 4 a 6 personas	\$ 309.300	\$ 51.550	\$ 360.850
Más de 6 personas	\$ 340.230	\$ 61.860	\$ 402.090

Fuente: Elaboración propia con información de Colombia Humanitaria (2010), sobre la base de la “Ola Invernal” de 2010-2011.

Ahora bien, los posibles costos por asistencia alimentaria y aseo dan un total de \$ 283.988.950 pesos colombianos, y un total de 1.945.464.000 pesos colombianos para dar asistencia a viviendas que se pueden ser afectadas ante un evento de inundación (Tabla 5.20).

Tabla 5.20. Costos por asistencia alimentaria, aseo y vivienda por cada familia posiblemente afectada por inundación

NIVEL DE AMENAZA	ALTURA DE AGUA (m)	NÚMERO DE VIVIENDAS (FAMILIAS)	VALOR/FAMILIA ASISTENCIA EN ALIMENTO Y ASEO	VALOR/FAMILIA ASISTENCIA A VIVIENDAS	VALOR TOTAL DE ASISTENCIA EN ALIMENTO Y ASEO	VALOR TOTAL ASISTENCIA A VIVIENDAS
Media	0.45 – 0.90	545	\$ 360.850	\$2.472.000	\$196.663.250	\$1.347.240.000
Alta	> 0.90	242	\$ 360.850	\$2.472.000	\$ 87.325.700	\$ 598.224.000
TOTAL					\$283.988.950	\$1.945.464.000

Fuente: elaboración propia con información de Colombia Humanitaria (2010), sobre la base de la “Ola Invernal” de 2010-2011.

5.2.10.2. Estimación del costo total por asistencia a posibles damnificados

El valor total de los costos por asistencia a damnificados por posibles inundaciones en el municipio de Bolívar, según escenarios de amenaza de media y alta sumando los costos de asistencia en vivienda y costos de asistencia alimentaria y aseo es de \$ 2.229.452.950 pesos colombianos (Tabla 5.21).

Tabla 5.21. Costo total por posible asistencia a damnificados ante inundación, área urbana municipio de Bolívar.

NIVEL DE AMENAZA	ALTURA DE AGUA (m)	NÚMERO VIVIENDAS (FAMILIAS)	VALOR ASISTENCIA EN VIVIENDAS (\$)	VALOR TOTAL ASISTENCIA EN ALIMENTO Y ASEO (\$)	VALOR TOTAL DE ASISTENCIA (\$)
Media	0.45 – 0.90	545	\$1.347.240.000	\$196.663.250	\$1.543.903.250
Alta	> 0.90	242	\$ 598.224.000	\$ 87.325.700	\$ 685.549.700
TOTAL		747	\$ 1.945.464.000	\$ 283.988.950	\$ 2.229.452.950
TOTAL (USD) (1 USD = \$2950) PRECIO DÓLAR AGOSTO 2018					\$700.003,64

Fuente: Colombia Humanitaria (2011), Ministerio de Vivienda (2012), CVC (2011), Contraloría del Valle (2011). Elaboración propia.

5.2.11. Infraestructura Vial

La infraestructura vial es un sistema esencial en cualquier sistema de transportes para la vida humana y el funcionamiento de las poblaciones es importante para generar crecimiento económico regional. La existencia de vías garantiza no sólo la comunicación entre poblaciones sino el intercambio comercial y aumento de la productividad a nivel local, regional y nacional (ACP,2016). El Por lo tanto es esencial que la interrupción de la circulación sea el menor tiempo posible para prevenir grandes pérdidas económicas ante la ocurrencia de un evento por inundaciones.

5.2.11.1. Costos por posibles afectaciones en la infraestructura vial

En caso del escenario de inundación, es de esperarse que exista la probabilidad de afectaciones en las vías, siendo necesario encontrar un estimativo del costo asociado a realizar actividades de rehabilitación y mantenimiento con el propósito de preservar en buen estado los elementos que la componen, controlar los daños y, en lo posible, conservar las condiciones iniciales de construcción o rehabilitación.

De la información levantada para el presente estudio se determinó la infraestructura vial expuesta en el municipio de Bolívar, siendo en total 11,9 metros de vías amenazados por el escenario de inundación. Los posibles daños que se ocasionaran por la inundación son parciales y no totales a la infraestructura vial, en consecuencia, las eventuales actividades posdesastres en este rubro, estarían encaminadas al mejoramiento y rehabilitación de las vías de manera que aseguren el funcionamiento normal de estas, devolviendo el bienestar a la comunidad.

Para hacer el cálculo del costo se basó en la información encontrada de los precios unitarios en la Resolución N°. 4151.0.21. de 2017 "por medio de la cual se definen los precios unitarios para el mantenimiento y construcción de pavimentos de la malla vial en la zona urbana y rural vigentes para el año 2017". También se usó la lista de precios del 2018 del documento APUS Valle 2018-2 del Instituto Nacional de Vías (Tabla 5.22).

Tabla 5.22. Costo por mantenimiento, mejoramiento y limpieza vial de km de vía.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR/UNITARIO EN PESOS	OBSERVACIONES
Mantenimiento, mejoramiento y limpieza vial.	Kilómetros	\$70.000.00	Comprende actividades de limpieza de alcantarillas; incluye encole, descole y retiro de escombros, realce y reparación de sumidero sencillo y mantenimiento. Incluye el costo por mano de obra, transporte y equipos.

Fuente: elaboración propia a partir de información de APUS Valle 2018-2 del Instituto Nacional de Vías, (2017)

En la Tabla 5.23 se muestran los costos asociados al mejoramiento y rehabilitación de las vías respectivamente, teniendo en cuenta la longitud de los trayectos susceptibles a ser afectados y los valores unitarios por kilómetros indicados en la Tabla 3.43, da un total de **\$812.000.000** pesos colombianos.

Tabla 5.23. Costos de mejoramiento y rehabilitación de la infraestructura vial por posibles daños ante inundación, área urbana del municipio de Bolívar.

NIVEL DE AMENAZA	ALTURA DE AGUA	LONGITUD (km)	VALOR/KILÓMETRO (\$)	VALOR TOTAL
Media	0.45 – 0.90	7,28	70.000.000	\$ 509.600.000
Alta	> 0.90	4,32	70.000.000	\$ 302.400.000
TOTAL		11,6	70.000.000	\$ 812.000.000
TOTAL (\$USD) (1USD = 2950 COP)				\$ 275.254

Fuente: elaboración propia a partir de información de APUS Valle 2018-2 del Instituto Nacional de Vías (2018).

5.2.12. Líneas Vitales

Las líneas vitales son sistemas imprescindibles para la vida humana y el funcionamiento de las poblaciones, representan un conjunto de activos y recursos humanos fundamentales para la provisión de servicios esenciales para mantener estándares de calidad de vida, cuya interrupción generará pérdidas.

5.2.12.1. Costos por posibles afectaciones en red de suministro del gas natural domiciliario

La red de gas natural domiciliario se define como línea vital puesto que es fundamental para el funcionamiento de la sociedad, debido a que es visto en la actualidad como una de las principales y más relevantes fuentes de energía, utilizadas tanto para uso doméstico como para uso industrial o comercial. Por tal razón, se consideró en la valoración económica de las posibles pérdidas.

En total, hay 19,79 km de tubería de gas natural domiciliario que están en amenaza alta y media. A partir de la lista de precios de la Gobernación del Valle (2017). (Tabla 5.24) se encontró un estimado del costo total por afectaciones en tuberías de gas natural domiciliario, siendo un total de \$ 6.491.713.700 de pesos aproximadamente (Tabla 5.25).

Tabla 5.24 Costos de reposición de tubería de gases

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR/UNITARIO EN PESOS	OBSERVACIONES
Reparación por punto de daño	Km	\$328.030.000	Comprende gastos de tubería, válvulas, mano de obra. (no comprende maquinaria)

Fuente: elaboración propia a partir de la lista de precios de la Gobernación del Valle (2017).

Tabla 5.25. Costos totales para la red de gas natural domiciliario ante un evento de inundación, área urbana del municipio de Bolívar.

NIVEL DE AMENAZA	ALTURA DE AGUA (m)	LONGITUD (km)	VALOR/KILOMETRO	VALOR TOTAL (\$)
Media	0.45 – 0.90	12,57	\$328.030.000	\$ 4.123.337.100
Alta	> 0.90	7,22	\$328.030.000	\$ 2.368.376.600
Total		19,79	\$328.030.000	\$ 6.491.713.700
Total (\$USD) (1USD = 2950 COP)				2.200.581

Fuente: elaboración propia a partir de la lista de precios de la Gobernación del Valle (2017).

5.2.12.2. Costos por posibles afectaciones en red de acueducto y alcantarillado

Estas redes son fundamentales para la población, sobre todo en caso de emergencia, debido a que permiten el acceso al servicio básico de agua potable, que estén en buen funcionamiento es crucial para tanto para los hogares como para la industria y el comercio. En consecuencia, son suma de importancia para el municipio. La Tabla 5.26, muestra el valor unida en pesos de una instalación de un sistema de alcantarillado.

Por lo tanto, se incluye la valoración en el escenario de pérdidas por inundación. El total de tubería de alcantarillado expuesta en el nivel de amenaza es de 10 km, alcanzando un costo total por reposición de \$ 2.131.900.000 pesos (Tabla 5.27). Para hacer el cálculo del costo se basó en la información encontrada de los precios unitarios en la Resolución N°. 4151.0.21. de 2017 "por medio de la cual se definen los precios unitarios para el mantenimiento y construcción de pavimentos de la malla vial en la zona urbana y rural vigentes para el año 2017, además de la lista de precios de la empresa PAVCO de octubre del 2018.

Para acueducto, el valor unitario de una instalación es de \$ 643.129.000 (Tabla 5.28). En total hay 12,7 km de tubería de acueducto expuestos a amenaza por escenario de inundación, teniendo un costo de reposición aproximado de \$ 8.190.247.815 pesos (Tabla 5.29).

Tabla 5.26. Costos de reposición de tubería de alcantarillado por posibles daños por inundación, área urbana del municipio de Bolívar

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR/UNITARIO EN PESOS
Suministro instalación de tubería de alcantarillado	Km	\$ 213.190.000

Fuente: elaboración propia a partir de la lista de precios de la Gobernación del Valle (2017).

Tabla 5.27. Costos totales de reposición de tubería de alcantarillado por posibles daños por inundación, área urbana del municipio de Bolívar

NIVEL DE AMENAZA	ALTURA DE AGUA (m)	LONGITUD (km)	VALOR/KILOMETRO	VALOR TOTAL (\$)
Media	0.45 – 0.90	6	\$ 213.190.000	\$ 1.279.140.000
Alta	> 0.90	4	\$ 213.190.000	\$ 852.760.000
TOTAL		10	\$ 213.190.000	\$ 2.131.900.000
TOTAL (\$USD) (1USD = 2950 COP) PRECIO DÓLAR AGOSTO 2018				\$ 722.678

Fuente: elaboración propia a partir de la lista de precios de la Gobernación del Valle (2017). de infraestructura del municipio de Santiago de Cali (2018).

Tabla 5.28 Costos de reposición de tubería de Acueducto por posibles daños ante escenarios de amenaza por inundación.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR/UNITARIO EN PESOS
Suministro instalación de tubería de alcantarillado	Km	\$ 643.129.000

Fuente: elaboración a partir de la lista de precios unitarios de empresa PAVCO, 2018.

Tabla 5.29. Costos de reposición de tubería de acueducto por posibles daños por inundación, área urbana del municipio de Bolívar

NIVEL DE AMENAZA	ALTURA DE AGUA (m)	LONGITUD (KM)	VALOR/KILOMETRO	VALOR TOTAL (\$)
Media	(0.45 – 0.90)	7,4	\$ 643.129.000	\$ 4.759.154.600
Alta	(> 0.90)	5,335	\$ 643.129.000	\$ 3.431.093.215
Total		12,735	\$ 643.129.000	\$ 8.190.247.815
Total (\$USD) (1USD = 2950 COP)				\$ 2.776.355

Fuente: elaboración a partir de la lista de precios unitarios de empresa PAVCO, 2018.

5.2.13. Costos totales posibles daños ante una inundación, área urbana del municipio de Bolívar

Los costos totales asociados a posibles pérdidas por inundaciones con períodos de retorno de 100 años en la zona de estudio, corresponden a la suma de los rubros desarrollados a lo largo del documento, que arrojan un total de posibles pérdidas para el escenario de riesgo de inundación alrededor de los \$ 30.551.063.531 de pesos (Tabla 5.30).

Tabla 5.30. Costos totales posibles daños

TIPOS DE DAÑOS O AFECTACIÓN	COSTOS ASOCIADOS A POSIBLES PÉRDIDAS EN CADA UNO DE LOS ESCENARIOS DE AFECTACIÓN POR INUNDACIÓN -ALTURA DE AGUA (m)			
	COSTOS ASOCIADOS (\$)		TOTAL	(USD) (1 USD = \$2950 COP)
	AMENAZA MEDIA (0.45 – 0.90)	AMENAZA ALTA (>90)		
Daño en viviendas	\$ 4.328.975.875	\$ 2.828.178.496	\$ 7.157.154.371	\$ 2.247.203
Daño en centros educativos	\$ 736.929.592	0	\$ 736.929.592	\$ 249.807
Daño en centro hospitalario	\$ 2.705.037.698	0	\$ 2.705.037.698	\$ 916.962
Daño en hogar geriátrico	\$ 86.677.020	0	\$ 86.677.020	\$ 29.382
Afectaciones en salud		**	\$ 9.950.385	\$ 3.373
Asistencia del gobierno	\$ 1.543.903.250	\$ 685.549.700	\$ 2.229.452.950	\$ 700.003,64
Afectaciones en vías	\$ 509.600.000	\$ 302.400.000	\$ 812.000.000	\$ 275.254
Costo de reposición en red de gas	\$ 4.123.337.100	\$ 2.368.376.600	\$ 6.491.713.700	2.200.581
Costo de reposición en red de alcantarillado	\$ 1.279.140.000	\$ 852.760.000	\$ 2.131.900.000	\$ 722.678
Costo de reposición en red de acueducto	\$ 4.759.154.600	\$ 3.431.093.215	\$ 8.190.247.815	\$ 2.776.355
COSTOS TOTALES	\$20.072.755.135	\$10.468.358.011	30.551.063.531	\$ 10.121.599
COSTOS TOTALES (USD) (1 USD = \$2950 COP)			\$ 10.121.599	

Fuente: elaboración propia

**Debido a la falta de información en cuanto en qué barrios específicamente viven las personas que se verían afectadas por la enfermedad del dengue, no se hace distinción a que amenaza podrían estar expuestos.

CONCLUSIONES

Los fenómenos de inundación en el área urbana del municipio de Bolívar, han ocasionado millonarias pérdidas económicas, familias damnificadas y en algunos casos muertos, además, el deterioro de la infraestructura vial, el sistema de alcantarillado y reducción en la actividad productiva en estas comunidades. La principal causa es la ausencia de la planificación integral y la gestión del riesgo de inundaciones, las cuales se presentan, generalmente, por la falta de coordinación y trabajo conjunto de los organismos de apoyo ante la ocurrencia de estos eventos desastrosos. La historicidad evidencia zonas donde se han presentado eventos pasados, que sirven de base, para la realización de medidas de mitigación ante inundaciones, por ejemplo, obras de control de inundaciones, que promuevan la protección de las comunidades, además, evidencia patrones de recurrencia de los eventos y su posible afectación.

Para el área urbana del municipio los niveles de amenaza por inundación son de la siguiente manera: en amenaza alta representa un 27,29%, con mayor representación está el nivel de amenaza media 48,29%, y 24,42% del área urbana está en amenaza baja ante una eventual inundación en un periodo de retorno de 100 años, por sus afluentes río Pescador, Zanjonés Guabineros y El Rincón.

La altura de los diques marginales de protección que se requieren para prevenir o mitigar el riesgo por inundaciones en las zonas aledañas a los afluentes mencionados es variable, dada la irregularidad natural del terreno.

En cuanto a la vulnerabilidad corporal es baja en su mayoría para el municipio, con un 98% de representación, seguido de un 2% en amenaza media, todo esto es teniendo cuenta datos CENSO 2005. En lo que respecta, a la vulnerabilidad de las edificaciones fueron segregadas en alta con un 29% de representación en el área urbana del municipio, seguido de un 13% de vulnerabilidad media y teniendo como último la vulnerabilidad baja con un 58%.

Obteniendo como resultado final la vulnerabilidad total por inundaciones en el municipio de Bolívar, con un 46% en vulnerabilidad baja para el área urbana del municipio, seguido de un 31% de vulnerabilidad alta y un 23 % en vulnerabilidad media.

Cabe aclarar que, aunque en los resultados del estudio, las áreas que se encuentra con vulnerabilidad baja, no debe entenderse la no implementación de programas para la reducción de la vulnerabilidad

Por último, el posible escenario de afectación por inundación, arrojó los siguientes resultados:

- Afectación Baja: la zona se caracteriza por presentar niveles de amenaza relativamente bajos al igual que condiciones de vulnerabilidad bajas con el 52% del área urbana. Los daños que pueden presentarse en las edificaciones son ligeros no estructurales sin que se vea afectada la estabilidad de las mismas.
- Afectación Media: corresponde al 47% la zona se caracteriza por presentar niveles de amenaza moderada, al igual que niveles de vulnerabilidad estructural relativamente moderados. Aquí deben realizarse pequeñas obras de mitigación para reducir la amenaza; así mismo deben desarrollarse programas tendientes a la reducción de la vulnerabilidad de

la población y la adecuación de las edificaciones que presentan problemas estructurales considerables.

- Afectación Alta, que corresponde al 1% del área urbana, estas zonas solo se deben destinar para suelo de protección.

RECOMENDACIONES

Se recomienda en primera instancia, la actualización predial del municipio, con el fin, para próximos estudios de vulnerabilidad, la información esté disponible y sea acorde a la realidad misma del municipio.

- Realizar seguimiento permanente a los diferentes factores de amenaza, vulnerabilidad y afectación por la autoridad municipal y las entidades privadas implicadas en los procesos de gestión del riesgo en el municipio, debido a la complejidad de las interacciones presentes en escenarios sociales y ambientales donde la dinámica de los procesos es variable.
- Realizar mayor control en las áreas definidas como franjas de protección, que un quedan en la zona urbana del municipio, en cuanto a evitar la ocupación y asentamiento de nuevos grupos poblacionales. A mediano y largo plazo realizar reasentamiento de la población asentada en las márgenes del río Pescador, Zanjón Guabinero y Zanjón El Rincón, con el fin de recuperar las zonas de protección definidas por la ley.
- Es importante que la comunidad esté informadas y capacitadas para la respuesta adecuada al momento de la ocurrencia de una inundación. Las amenazas no se pueden disminuir, pero si la vulnerabilidad, cuando se cuenta con las herramientas y capacidades necesarias para una mejor respuesta. Por ello se recomienda, información y concientización de las poblaciones sobre las amenazas a las que se encuentran expuestos.
- También se recomienda la implementación de red de alertas hidrológicas, es necesario el monitoreo continuo, especialmente en períodos o eventos de alta pluviosidad, debido a que esto es factor de aumento de niveles de los afluentes.
- Mantenimiento permanente de canales de aguas lluvias y de colectores, para controlar el desbordamiento debido a la obstrucción con residuos sólidos, material de arrastre y vegetación.
-
- Elaboración y actualización de censos previos en áreas de potencial inundación.
- Un evaluación estructural y funcional de los edificios públicos del municipio.
- Reforzamiento de las estructuras de viviendas y edificios de servicio público, que están localizadas en el escenario de afectación.

REFERENCIAS

- Alcaldía de Bolívar, Unión Temporal Adelante Norte del Valle (2002). Cartografía Social del Municipio de Bolívar. Recuperado de: <http://www.osso.org.co/docu/proyectos/grupo-osso/2002/gestar/Parte05.03.pdf>
- Alcaldía Municipal de Bolívar Valle (2000). Esquema de Ordenamiento Territorial Bolívar Valle del Cauca 2000. <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/eot%20-%20esquema%20de%20ordenamiento%20territorial%20-%20bolivar%20-%20valle%20-%202000.pdf>
- Alcaldía Municipal de Bolívar Valle (2018). Economía del Municipio. Recuperado de: <http://www.bolivar-valle.gov.co/municipio/economia-del-municipio>
- Arana, O., R. I. (2003). “*Métodos de Muestreo*” Tesis para obtener el título de Licenciada en Estadística, Universidad Autónoma de Chapingo – División de Ciencias Forestales, México.
- Asociación Colombiana del Petróleo ACP (2016). Infraestructura vial. Informe de Gestión Social. Colombia Recuperado de <https://acp.com.co/web2017/es/infraestructura-vial>
- Bello, S.; Díaz, E.; Malagon, J.; Romero, M.; Salazar, V. (2011). Medición del impacto económico del dengue en Colombia: una aproximación a los costos médicos directos en el período 2000 – 2010. *Biomédica*, vol. 31, sup 3, pp. 3 – 315
- Blong, R. (2004), Residential building damage and natural perils: Australian examples and issues. *Boulding Research and Information DOI*; 10.1080/0961321042000221007
- Colombia Humanitaria (2014). En Valle del Cauca. Recuperado de: <http://www.colombiahumanitaria.gov.co/FNC/Documents/2011/separatas/valle.pdf>. Consultado: 20/12/2014
- Contraloría Departamental del Valle del Cauca. (2007). Auditoría Hospital Santa Ana. Recuperado de: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Microsoft_Word_-_INFORME_HOSP_SANTA_ANA_-_BOLIVAR.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE (2005). “*Sistema de Consulta de Información Censal – (Censo DANE 2005)*” Bases Censo Básico En: <http://systema59.dane.gov.co/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CG2005BASICO&MAIN=WebServerMain.inl>
- Datos Abiertos Gobierno Digital Colombia. (2017). Casos De Enfermedades Transmitidas Por Vector En El Valle Del Cauca Año 2017. Recuperado de: <https://www.datos.gov.co/Salud-y-Proteccion-Social/Casos-De-Enfermedades-Transmitidas-Por-Vector-En-E/n5dh-kx75>
- Datos Abiertos Gobierno Digital Colombia. (2017). Casos De Enfermedades Transmitidas Por Vector En El Valle Del Cauca Año 2017
- Datos Abiertos Gobierno Digital Colombia. (2017). Instituciones educativas en el Municipio de Bolívar. <https://www.datos.gov.co/Educacion/INSTITUCIONES-EDUCATIVAS-DE-BOLIVAR-VALLE/mb6t-fi42/data>
- Du, J., Yin, K., Lacasse, S. y Nadim, F. (2014). Quantitative vulnerability estimation of structures for individual landslide: application to the Metropolitan Area of San Salvador, El Salvador. *Electron J Geotech Eng*, 19, 1251-1264.
- Du, J., Yin, K., Nadim, F., & Lacasse, S. (2013). Quantitative vulnerability estimation for individual landslides. In *Proceedings of the 18th international conference on soil mechanics and geotechnical engineering, Paris* (pp. 2181-2184).

- El País. (2017). Lluvias han causado afectaciones en 28 de los 42 municipios del Valle. Recuperado de: <https://www.elpais.com.co/valle/lluvias-han-causado-afectaciones-en-28-de-los-42-municipios-del.html>
- Folch, R.(ed.) (1993). Mediterrànies, Volum 5, Enciclopèdia Catalana.
- Hospital Santa Ana. (2017). Resolución N° 317 de diciembre 27 de 2017. Recuperado de: http://esesantaanabolivarvalle.micolombiadigital.gov.co/sites/esesantaanabolivarvalle/content/files/000042/2054_resolucion-presupuesto.pdf
- Heinimann, H.R. 1999. Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren – Fallbeispiele und Daten. Umwelt-Materialien 107/I, Bern.
- HSB. Noticias. (2016). Gobernación del Valle aprobó plan para mitigar riesgos de inundaciones en 25 municipios. Recuperado de: <http://hsbnoticias.com/noticias/politica/gobernacion-del-valle-aprobo-plan-para-mitigar-riesgos-de-223785>
- Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático -IDIGER <http://www.idiger.gov.co/rinundacion>
- Inter- Agency Standing Committee (IASC) – Organización de las Naciones Unidas (ONU). Efectos de las inundaciones en la ESTRUCTURA de las viviendas. En línea: <https://www.sheltercluster.org/sites/default/files/docs/Efectos%20de%20las%20inundaciones%20en%20el%20estado%20de%20las%20viviendas-%20final.pdf>
- La República (LR). (2017). Valle del Cauca es el departamento con mayor riesgo de inundación. Recuperado de: <https://www.larepublica.co/economia/valle-del-cauca-es-el-departamento-con-mayor-riesgo-de-inundacion-2486696>
- Lecciones aprendidas sobre inundaciones. El caso de Santa Fe, abril 2003. <http://www.disaster-info.net/InundacionesSantaFe/cap3.html>
- Li, Z., Nadim, F., Huang, H., Uzielli, M., y Lacasse, S. (2010). Quantitative vulnerability estimation for scenario-based landslide hazards. *Landslides*, 7(2), 125-134.
- Ministerio de Economía y Finanzas -MEF- y Cooperación Técnica Alemana – GTZ (2006). Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastres en la planificación e inversión para el desarrollo. Recuperado de: <http://www.eird.org/esp/cdcapra/pdf/spa/doc16603/doc16603-a.pdf>.
- Ministerio de Educación Nacional (2011). Buscando Colegio. Recuperado de : [https://sineb.mineduacion.gov.co/bcol/app?service=direct/0/Home/\\$DirectLink&sp=IDsede=57444](https://sineb.mineduacion.gov.co/bcol/app?service=direct/0/Home/$DirectLink&sp=IDsede=57444)
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). Gestión de Recursos para Proyectos de Infraestructura y Dotación Escolar. Recuperado de: https://www.mineduacion.gov.co/1621/articulos-168726_archivo_ppt7.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2016). MinSalud asignó \$ 63.000 millones para infraestructura y dotación en 2016. Recuperado de: [https://www.minsalud.gov.co/Paginas/MinSalud-asigno-\\$-63.000-millones-para-infraestructura-y-dotacion-en-2016.aspx](https://www.minsalud.gov.co/Paginas/MinSalud-asigno-$-63.000-millones-para-infraestructura-y-dotacion-en-2016.aspx) .
- Naciones Unidas Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres -UNISDR. (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Ginebra Suiza.
- NOJI. E (2000). Impactos de los desastres en la salud pública. Organización Panamericana de la Salud, Bogotá D, C. Colombia. 475p
- Noticiero 90 Minutos (2016). Se han reportado 15.900 casos de dengue en el Valle en 2016. Recuperado de: <https://90minutos.co/se-han-reportado-15-900-casos-de-dengue-en-el-valle-en-2016/4/>

- OCHA (2018). Colombia – Afectaciones por inundaciones en los municipios de Mocoa, Villagarzón y Puerto Guzmán (Putumayo). Flash Update No. 1 (14/08/2018).
- Organización Panamericana de la Salud. (2006). Hospitales seguros ante inundaciones. Pan American Health Org.
- Organización Panamericana de la Salud -OPS-(2013). Conceptos y guía de análisis de impacto en salud para la Región de las Américas. Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. Washington, DC
- PAVCO (2018). Lista de precios de octubre de 2018. Recuperado de: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Lista_de_Precios_Pavco.pdf
- Pickup, M.; McDougall, K.; Whelan, R.J., 2003. Fire and flood: Soil-stored seed bank and germination ecology in the endangered Carrington Falls Grevillea (*Grevillea rivularis*, Proteaceae). *Austral Ecology* num. 28, 128-136
- Ponvert-Delisle, D. R., Lau, A., y Balamaseda, C. (2007). La vulnerabilidad del sector agrícola frente a los desastres Reflexiones generales. *Zonas Áridas*, 11(1), 174-194.
- RCN RADIO. (2017). Inundaciones en el suroccidente de Bolívar por desbordamiento del río Cauca. Recuperado de: <https://www.rcnradio.com/colombia/caribe/inundaciones-suroccidente-bolivar-desbordamiento-del-rio-cauca>
- Ricardo A. Smith, et al., (2004). Evaluación de riesgos en cuencas urbanas. xxi congreso latinoamericano de hidráulica são Pedro, estado de são Paulo, Brasil, octubre, 2004. <http://www.bdigital.unal.edu.co/4403/1/AA3737.pdf>
- Saurí Pujol, D (1997). Les inundacions. *Quaderns d'Ecologia Aplicada*, vol. 14.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC) (2016). Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. *Bogotá, DC, Colombia*.
- Tucci C. E. M. (2007). Curso de Gestión de Inundaciones Urbanas. 317p.
- Estrategia Internacional para la Reducción de. Desastres de las Naciones Unidas. Gest
- Uzielli, M., Nadim, F., Lacasse, S., y Kaynia, A. M. (2008). A conceptual framework for quantitative estimation of physical vulnerability to landslides. *Engineering Geology*, 102(3-4), 251-256.
-