

**ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD FISICA Y
FUNCIONAL DE LAS ESTRUCTURAS DE VERTIMIENTO
QUE COMPONEN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE
LA CIUDAD DE BUCARAMANGA**

**OSCAR ALBERTO LEÓN CHACÓN
FABIÁN ARMANDO MENESES PARADA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA MARZO 2006**

**ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD FISICA Y
FUNCIONAL DE LAS ESTRUCTURAS DE VERTIMIENTO
QUE COMPONEN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE
LA CIUDAD DE BUCARAMANGA**

**OSCAR ALBERTO LEÓN CHACÓN
FABIÁN ARMANDO MENESES PARADA**

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

DIRECTOR

HERNÁN PORRAS DÍAZ
Ingeniero Civil, PhD

CO-DIRECTORES

GLADYS EUGENIA RUEDA JAIMES
Ingeniero Civil

LUIS FERNANDO HOYOS CARRILLO
Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA MARZO 2006**

A Dios por darme fuerzas para superar las adversidades diarias.

A mi familia en especial a mis padres y hermano por su apoyo incondicional.

A mi novia y amigos por su comprensión y apoyo.

Oscar Alberto León Chácon

A Dios que me acompaño en los momentos difíciles

A mis padres y hermanas por su apoyo incondicional

A Ana Lucia por su amor y comprensión

A mis amigos por su ánimo y compañía

Fabián Armando Meneses Parada

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar sus más sinceros agradecimientos a:

Hernán Porras Díaz, Ingeniero civil y director del proyecto por su valiosa colaboración e invaluable apoyo en el desarrollo de este proyecto.

Gladys Eugenia Rueda, Ingeniera civil y co-directora del proyecto por su apoyo y colaboración prestada en la CDMB.

Luís Fernando Hoyos, Ingeniero civil y co-director del proyecto por brindarnos todo su conocimiento profesional durante la realización de este proyecto.

Alberto León, Ingeniero Civil por su valiosa colaboración y atención desde el primer momento que decidimos realizar este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	1
1. GENERALIDADES	3
1.1. Objetivos	3
1.2 Metodología General	4
1.2.1 Evaluación de la información Existente	5
1.2.2 Trabajo de Campo	5
1.2.3 Descripción de las Amenazas Naturales y Antropicas	6
1.2.4 Caracterización de efectos Esperados	7
1.2.5 Análisis de Vulnerabilidad	7
1.2.6 Medidas de Mitigación y Emergencia	7
1.3 Normatividad legal vigente	8
2. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO	12
2.1. Localización de la Zona de Estudio	12
2.2 Aspectos Geológicos	13
2.2.1 Unidades Geomorfológicas	16
2.2.1.1 Limos Rojos del Abanico Aluvial de Bucaramanga	17
2.2.1.2 Escarpes de la Meseta de Bucaramanga	17
2.2.1.3 Miembro organos afectada por procesos erosivos	18
2.2.1.4 Valles Aluviales de los Ríos y quebradas principales	19
2.2.1.5 Valles Aluviales de los Ríos afectados por Procesos de Erosión	20
2.2.1.6 Rellenos sueltos	20
2.3 Características Climáticas	21
2.4 Usos del Suelo	21
2.4.1 Suelo Urbano	22
2.4.2 Suelo de Expansión Urbana	22
2.4.3 Suelo Rural	22
2.4.4 Suelo Suburbano	23
2.4.5 Suelo de Protección	23
3. IDENTIFICACION Y DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA	25
3.1 Descripción del Sistema de Alcantarillado	25
3.1.1 Red de Alcantarillado	25
3.1.3 Colectores Secundarios	28

3.1.4 Vertimientos	30
3.1.4.1 Emisarios Finales	31
3.1.4.2 Estructuras de Vertimiento	31
3.1.5 Controles de Cauce y Canalizaciones	33
3.2 Descripción Física y Funcional de las Estructuras de Vertimiento	34
3.2.1 Estructura de Vertimiento El Caney	35
3.2.2 Estructura de Vertimiento Calle Sexta	36
3.2.3 Estructura de Vertimiento Barrio Gaitan	38
3.2.4 Estructura de Vertimiento Barrio Nariño	40
3.2.5 Estructura de Vertimiento Cosagras	42
3.2.6 Estructura de Vertimiento Barrio Santander	43
3.2.7 Estructura de Vertimiento La Joya III	45
3.2.8 Estructura de Vertimiento La Joya I	45
3.2.9 Estructura de Vertimiento Gómez Niño	47
3.2.10 Estructura de Vertimiento San Miguel I	48
3.2.11 Estructura de Vertimiento San Miguel II	50
3.2.12 Estructura de Vertimiento Ciudadela	51
3.2.13 Estructura de Vertimiento Barrio Mutis	52
3.2.14 Estructura de Vertimiento La Presentación	54
3.2.15 Estructura de Vertimiento La Puerta del Sol	56
3.2.16 Estructura de Vertimiento La Salle	57
3.2.17 Estructura de Vertimiento Barrio La Victoria	59
3.2.18 Estructura de Vertimiento Calle 61	61
3.2.19 Estructura de Vertimiento Barrio Bucaramanga	63
3.2.20 Estructura de Vertimiento La Guacamaya	64
4. DESCRIPCION DE LAS AMENAZAS NATURALES Y ANTROPICAS	66
4.1 Amenaza por Sismo	67
4.1.1 Caracterización	67
4.1.2 Identificación de las Fuentes del Sismo	69
4.1.3 Determinación de Escenarios Sísmicos	70
4.1.4 Determinación de zonas Sismogeotécnicas	71
4.1.5 Efectos Generales de los Sismos	72
4.1.6 Daños Producidos por Sismos	73
4.2 Amenaza por Deslizamiento	77
4.2.1 Caracterización	77
4.2.2 Factores que influyen los Deslizamientos de Tierra	78
4.2.3 Tipos de Deslizamientos	80
4.2.4 Efectos Esperados de un Deslizamiento	82
4.3 Amenazas Antropicas	84
4.3.1 Eventos Tecnológicos	84
4.3.2 Eventos Contaminantes	84
4.3.3 Eventos Antropogénicos	85
5. EVALUACIÓN DE LA AMENAZA SISMICA	86

5.1 Estimación de la Amenaza Sísmica	86
5.1.1 Amenaza Sísmica para Colectores Principales	88
5.1.2 Amenaza Sísmica a las Estructuras de Vertimiento	91
5.2 Cuantificación de la Vulnerabilidad Sísmica	97
5.2.1 Estimación de daños para los Colectores Principales	97
5.2.2 Estimación de Vulnerabilidad para las Estructuras de Vertimiento	101
5.2.2.1 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento El Caney	105
5.2.2.2 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Calle Sexta	105
5.2.2.3 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Barrio Gaitan	106
5.2.2.4 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Barrio Nariño	106
5.2.2.5 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Cosagras	107
5.2.2.6 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Barrio Santander	108
5.2.2.7 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento La Joya III	108
5.2.2.8 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento La Joya I	109
5.2.2.9 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Gómez Niño	109
5.2.2.10 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento San Miguel I	110
5.2.2.11 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento San Miguel II	110
5.2.2.12 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Ciudadela	111
5.2.2.13 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Barrio Mutis	111
5.2.2.14 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento La Presentación	112
5.2.2.15 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento La Puerta del Sol	112
5.2.2.16 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento La Salle	113
5.2.2.17 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Barrio La Victoria	113
5.2.2.18 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Calle 61	114
5.2.2.19 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Barrio Bucaramanga	114
5.2.2.20 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento La Guacamaya	115
5.2.3 Evaluación del daño Sísmico para las Estructuras de Vertimiento	115
6. EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR DESLIZAMIENTO	121
6.1 Características Principales de las Zonas Geotécnicas Estudiadas	121
6.2 Cuantificación de los Parámetros de Evaluación	125
6.3 Cuantificación de la Vulnerabilidad por Deslizamiento	127
6.3.1 Análisis de la Estructura de Vertimiento El Caney	127
6.3.2 Análisis de la Estructura de Vertimiento Calle Sexta	128
6.3.3 Análisis de la Estructura de Vertimiento Barrio Gaitan	129
6.3.4 Análisis de la Estructura de Vertimiento Barrio Nariño	130
6.3.5 Análisis de la Estructura de Vertimiento Cosagras	131
6.3.6 Análisis de la Estructura de Vertimiento Barrio Santander	131
6.3.7 Análisis de la Estructura de Vertimiento La Joya III	132
6.3.8 Análisis de la Estructura de Vertimiento La Joya I	133
6.3.9 Análisis de la Estructura de Vertimiento Gómez Niño	134
6.3.10 Análisis de la Estructura de Vertimiento San Miguel I	135
6.3.11 Análisis de la Estructura de Vertimiento San Miguel II	136
6.3.12 Análisis de la Estructura de Vertimiento Ciudadela	137
6.3.13 Análisis de la Estructura de Vertimiento Barrio Mutis	138
6.3.14 Análisis de la Estructura de Vertimiento La Presentación	139

6.3.15 Análisis de la Estructura de Vertimiento la Puerta del Sol	140
6.3.16 Análisis de la Estructura de Vertimiento La Salle	141
6.3.17 Análisis de la Estructura de Vertimiento Barrio La Victoria	142
6.3.18 Análisis de la Estructura de Vertimiento Calle 61	143
6.3.19 Análisis de la Estructura de Vertimiento Barrio Bucaramanga	144
6.3.20 Análisis de la Estructura de Vertimiento La Guacamaya	145
7. EVALUACIÓN DE LAS AMENAZAS ANTROPICAS	146
7.1 Estructuras de Vertimiento afectadas por Amenazas Antropicas	146
7.1.1 Estructura de Vertimiento El Caney	146
7.1.2 Estructura de Vertimiento Barrio Nariño	147
7.1.3 Estructura de Vertimiento la Joya I	148
7.1.4 Estructura de Vertimiento Barrio Santander	149
8. MEDIDAS DE MITIGACION Y PREVENCION DE EVENTOS	151
8.1 Medidas de Emergencia y Mitigacion	151
8.2 Matriz de Vulnerabilidad	160
CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES	164
BIBLIOGRAFIA	175

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 UNIDADES LITOLÓGICAS DEL AREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA	DE 15
TABLA 2 EMISARIOS FINALES	31
TABLA 3 ESTRUCTURAS DE VERTIMIENTO	32
TABLA 4 PRINCIPALES SISTEMAS DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA	33
TABLA 5 CORRELACIÓN ENTRE LA INTENSIDAD DE MERCALLI Y LA ESCALA DE RICHTER	68
TABLA 6 UMBRALES DE INTENSIDAD SÍSMICA PARA DIFERENTES TIPOS DE DESLIZAMIENTOS	72
TABLA 7 TIPOS DE DESPLAZAMIENTOS PERMANENTES DEL TERRENO DEBIDO A SISMOS	73
TABLA 8 FACTOR DE AMENAZA POR TIPO DE PERFIL DE SUELO (FTPS)	87
TABLA 9 FACTOR DE AMENAZA POR LICUEFACCIÓN POTENCIAL (FLPS)	87
TABLA 10 FACTOR DE AMENAZA POR DEFORMACIÓN PERMANENTE DEL SUELO FDPS	88
TABLA 11 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA PARA COLECTORES PRESENTES EN LA ZONA 2	89
TABLA 12 RELLENOS DONDE SE UBICAN COLECTORES PRINCIPALES	90
TABLA 13 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA PARA COLECTORES PRESENTES EN LA ZONA DE LLENOS	91

TABLA 14 DETALLE LONGITUDES DE ESTRUCTURAS DE VERTIMIENTO EN CADA UNA DE LAS ZONAS SISMOGEOTÉCNICAS	92
TABLA 15 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA PARA ESTRUCTURAS UBICADAS EN ZONA 1	93
TABLA 16 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA PARA ESTRUCTURAS UBICADAS EN LA ZONA 2	94
TABLA 17 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA PARA ESTRUCTURAS UBICADAS EN RONDA DE RÍO	95
TABLA 18 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA PARA ESTRUCTURAS UBICADAS EN ZONA DE COLUVIÓN	96
TABLA 19 INDICE BÁSICO DE DAÑO PARA UNA INTENSIDAD DE MERCALLI DADA	98
TABLA 20 FACTOR DE CORRECCIÓN PARA MATERIAL DE TUBERÍA	98
TABLA 21 NÚMERO ESPERADO DE DAÑOS PARA EL COLECTOR DE CALLE NOVENA	99
TABLA 22 NÚMERO ESPERADO DE DAÑOS PARA EL COLECTOR DE CALLE 22	99
TABLA 23 NÚMERO ESPERADO DE DAÑOS PARA EL COLECTOR CIUDADELA	99
TABLA 24 NÚMERO ESPERADO DE DAÑOS PARA EL COLECTOR CALLE 45	100
TABLA 25 NÚMERO ESPERADO DE DAÑOS PARA EL COLECTOR LA ROSITA	100
TABLA 26 NÚMERO ESPERADO DE DAÑOS PARA EL COLECTOR LA CALLE 53	100
TABLA 27 CUANTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	102

TABLA 28 SIGLAS UTILIZADAS	102
TABLA 29 LONGITUD TOTAL Y PORCENTAJE DE ESTRUCTURA SOBRE CADA UNA DE LAS ZONAS	103
TABLA 30 ESTRUCTURAS DE VERTIMIENTO TIPO, EDAD, MATERIAL CONSTRUCTIVO	104
TABLA 31 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V EL CANEY	105
TABLA 32 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V CALLE SEXTA	105
TABLA 33 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V BARRIO GAITAN	106
TABLA 34 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V BARRIO NARIÑO	107
TABLA 35 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V COSAGRAS	107
TABLA 36 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V BARRIO SANTANDER	108
TABLA 37 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V LA JOYA III	108
TABLA 38 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V LA JOYA I	109
TABLA 39 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V GÓMEZ NIÑO	109
TABLA 40 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V SAN MIGUEL I	110

TABLA 41 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V SAN MIGUEL II	110
TABLA 42 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V CIUDADELA	111
TABLA 43 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V BARRIO MUTIS	111
TABLA 44 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V LA PRESENTACIÓN	112
TABLA 45 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V LA PUERTA DEL SOL	112
TABLA 46 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V LA SALLE	113
TABLA 47 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V BARRIO LA VICTORIA	113
TABLA 48 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V CALLE 61	114
TABLA 49 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V BARRIO BUCARAMANGA	114
TABLA 50 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE E-V LA GUACAMAYA	115
TABLA 51 FACTOR DE DAÑO CENTRAL PARA CADA UNO DE LOS ESTADOS DE DAÑO	116
TABLA 52 MATRIZ DE PROBABILIDAD DE DAÑO PARA TANQUES ENTERRADOS	117
TABLA 53 MATRIZ DE PROBABILIDAD DE DAÑO PARA TANQUES SOBRE NIVEL DEL SUELO	117

TABLA 54 MATRIZ DE PROBABILIDAD DE DAÑO PARA TUBERÍA ENTERRADA	118
TABLA 55 MATRIZ DE PROBABILIDAD DE DAÑO PARA CANALES	118
TABLA 56 MATRIZ DE PROBABILIDAD DE DAÑO PARA MUROS EN CONCRETO REFORZADO	119
TABLA 57 MATRIZ DE PROBABILIDAD DE DAÑO PARA MUROS EN MAMPOSTERÍA	119
TABLA 58 NOMENCLATURA DE LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	126
TABLA 59 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	126
TABLA 60 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V EL CANEY	128
TABLA 61 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V CALLE SEXTA	128
TABLA 62 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V BARRIO GAITAN	129
TABLA 63 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V BARRIO NARIÑO	130
TABLA 64 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V COSAGRAS	131
TABLA 65 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V BARRIO SANTANDER	132
TABLA 66 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V LA JOYA III	133
TABLA 67 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V JOYA I	134

TABLA 68 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V GÓMEZ NIÑO	134
TABLA 69 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V SAN MIGUEL I	135
TABLA 70 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V SAN MIGUEL II	136
TABLA 71 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V CIUDADELA	137
TABLA 72 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V BARRIO MUTIS	138
TABLA 73 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V LA PRESENTACIÓN	139
TABLA 74 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V LA PUERTA DEL SOL	140
TABLA 75 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V LA SALLE	141
TABLA 76 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V BARRIO LA VICTORIA	142
TABLA 77 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V CALLE 61	143
TABLA 78 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V BARRIO BUCARAMANGA	144
TABLA 79 EVALUACIÓN SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTO E-V LA GUACAMAYA	145
TABLA 80 MATRIZ DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y EMERGENCIA PARA CADA UNA DE LAS ESTRUCTURAS DE VERTIMIENTO	152

TABLA 81 VULNERABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS DE VERTIMIENTO 160

**TABLA 82 INVERSIONES PARA CADA UNA DE LAS ESTRUCTURAS DE
VERTIMIENTO 162**

**TABLA 83 DISMINUCIÓN DE LA VULNERABILIDAD DESPUÉS DE LA
INVERSIÓN 174**

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 METODOLOGÍA GENERAL DEL PROYECTO	4
FIGURA 2 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	13
FIGURA 3 ESTRUCTURA DE VERTIMIENTO EL CANEY (OCTUBRE 2005)	35
FIGURA 4 ESTRUCTURA DE VERTIMIENTO CALLE SEXTA (ESTRUCTURA DE DISIPACIÓN) (OCTUBRE 2005)	37
FIGURA 5 ESTRUCTURA DE VERTIMIENTO CALLE SEXTA (ESCALONADA) (OCTUBRE 2005)	38
FIGURA 6 PLANO PLANTA E-V BARRIO GAITAN	39
FIGURA 7 ESTRUCTURA DE VERTIMIENTO BARRIO NARIÑO (ESTRUCTURA ESCALONADA) (NOVIEMBRE 2005)	41
FIGURA 8 PLANO PERFIL E-V COSAGRAS	42
FIGURA 9 INICIO ESTRUCTURA DE VERTIMIENTO BARRIO SANTANDER (ESCALONADA) (NOVIEMBRE 2005)	44
FIGURA 10 REMODELACIÓN ESTRUCTURA DE VERTIMIENTO LA JOYA I (NOVIEMBRE 2005)	46
FIGURA 11 ANTIGUA ESTRUCTURA JOYA I (MAMPOSTERÍA CONFINADA) (NOVIEMBRE 2005)	46
FIGURA 12 CANAL DE DESCARGA E-V GÓMEZ NIÑO SOBRE QUEBRADA EL LORO (SEPTIEMBRE 2005)	47
FIGURA 13 E-V SAN MIGUEL I VORTICE FINAL Y CANAL DE ENTREGA A QUEBRADA EL LORO (SEPTIEMBRE 2005)	49
FIGURA 14 ESTRUCTURA DE VERTIMIENTO SAN MIGUEL II VORTICE FINAL (SEPTIEMBRE 2005)	50

FIGURA 15 ENTREGA ESTRUCTURA DE VERTIMIENTO CIUDADELA (SEPTIEMBRE 2005)	51
FIGURA 16 PLANO DE PLANTA-PERFIL TRAMO 2 E-V BARRIO MUTIS	52
FIGURA 17 CANAL DE ENTREGA ESTRUCTURA DE VERTIMIENTO BARRIO MUTIS (SEPTIEMBRE 2005)	53
FIGURA 18 PLANO PLANTA DETALLE VORTICE E-V LA PRESENTACIÓN	54
FIGURA 19 VORTICE FINAL ESTRUCTURA DE VERTIMIENTO LA PRESENTACIÓN (OCTUBRE 2005)	55
FIGURA 20 PLANO PLANTA Y PERFIL ESTRUCTURA DE VERTIMIENTO LA PUERTA DEL SOL	56
FIGURA 21 ESTRUCTURA DE VERTIMIENTO LA PUERTA DEL SOL (ESCALONADA) (OCTUBRE 2005)	57
FIGURA 22 ENTREGA E-V LA SALLE A LA CANALIZACIÓN DE LA QUEBRADA LA IGLESIA (OCTUBRE 2005)	58
FIGURA 23 PLANO PLANTA DONDE DE UBICACIÓN E-V LA SALLE	59
FIGURA 24 PLANO DETALLE ESTRUCTURA ESCALONADA E-V BARRIO LA VICTORIA	60
FIGURA 25 ENTREGA DE E-V BARRIO LA VICTORIA A LA QUEBRADA LA IGLESIA (OCTUBRE 2005)	61
FIGURA 25 PLANO PLANTA GENERAL E-V CALLE 61	62
FIGURA 27 RESIDUOS DE QUEMA DE LLANTAS SOBRE LA ESTRUCTURA DE VERTIMIENTO EL CANEY (OCTUBRE 2005)	147
FIGURA 28 PLANTACIÓN DE ÁRBOLES SOBRE LAS PLACAS SUPERIORES DE LA E-V BARRIO NARIÑO (NOVIEMBRE 2005)	148

FIGURA 29 DESECHOS DE ESCOMBROS Y BASURAS SOBRE LOS TALUDES LATERALES DE LA ESTRUCTURA (NOVIEMBRE 2005)	149
FIGURA 30 DESECHOS DE BASURAS Y ESCOMBROS E-V BARRIO SANTANDER (NOVIEMBRE 2005)	150
FIGURA 31 VULNERABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS DE VERTIMIENTO (GRAFICA DE BARRAS)	161
FIGURA 32 PORCENTAJE DE INVERSIÓN TOTAL PARA CADA ESTRUCTURA DE VERTIMIENTO	163
FIGURA 33 DAÑO VS INTENSIDAD SÍSMICA PARA LAS TIPOLOGIAS ESTUDIADAS	166
FIGURA 34 ROTURA POR KM DE CONDUCCIÓN VS INTENSIDAD SÍSMICA	167
FIGURA 35 DESLIZAMIENTO DE TIERRA SOBRE LA CANALIZACIÓN DE LA QUEBRADA EL LORO (SEPTIEMBRE 2005)	168
FIGURA 36 FRACTURA EN EL RECUBRIMIENTO DEL CANAL DE DESCARGA E-V SAN MIGUEL I (SEPTIEMBRE 2005)	169
FIGURA 37 ENTREGAS DE AGUA SIN CANALIZAR SOBRE LA QUEBRADA LA ROSITA (SEPTIEMBRE 2005)	170
FIGURA 38 MOVIMIENTO DE MASA QUE PRODUJO EL DESPLAZAMIENTO DEL GAVIÓN DEL CANAL DE DESCARGA DE LA E-V CIUDADELA (SEPTIEMBRE 2005)	171
FIGURA 37 DAÑOS EN EL CANAL DE ENTREGA DE LA E-V BARRIO MUTIS (SEPTIEMBRE 2005)	172
FIGURA 38 DETERIORO DE LAS PAREDES DEL CANAL DE ENTREGA DE LA E-V BARRIO MUTIS (SEPTIEMBRE 2005)	173

ANEXOS

- | | |
|---|------------------|
| ANEXO 1 LOCALIZACIÓN GENERAL DE LAS ESTRUCTURAS DE VERTIMIENTO PLANO DE ISOYETAS | (PLANO 1) |
| ANEXO 2 LOCALIZACIÓN GENERAL DE LAS ESTRUCTURAS DE VERTIMIENTO PLANO ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA | (PLANO 2) |
| ANEXO 3 LOCALIZACIÓN GENERAL DE LAS ESTRUCTURAS DE VERTIMIENTO PLANO ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA | (PLANO 3) |
| ANEXO 4 LOCALIZACIÓN GENERAL DE LAS ESTRUCTURAS DE VERTIMIENTO PLANO USOS DEL SUELO | (PLANO 4) |
| ANEXO 5 LOCALIZACIÓN GENERAL DE LAS ESTRUCTURAS DE VERTIMIENTO PLANO DE ZONIFICACIÓN SISMOGEOTECNICA | (PLANO 5) |

RESUMEN

TITULO: ANALISIS DE VULNERABILIDAD FISICA Y FUNCIONAL DE LAS ESTRUCTURAS DE VERTIMIENTO QUE COMPONEN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA *

AUTORES: Oscar Alberto León Chácon
Fabián Armando Meneses Parada **

PALABRAS CLAVES: Vulnerabilidad, Amenazas, Estructuras de Vertimiento,

CONTENIDO

El análisis de vulnerabilidad es parte fundamental de un plan macro de prevención y atención de desastres naturales en líneas vitales de una población., por este motivo las entidades encargadas de la administración de estas líneas vitales tienen entre sus políticas generales realizar dichos análisis. En este proyecto se realiza de forma detallada el Análisis de Vulnerabilidad para un componente del sistema de alcantarillado, las Estructuras de Vertimiento. Dicho análisis se realizó siguiendo las guías para el análisis de vulnerabilidad de la organización panamericana de la salud

Este análisis comprende la descripción física y funcional de cada una de las Estructuras, la determinación de las amenazas naturales y antropicas que se esperan impacten cada una de estas estructuras, un análisis de vulnerabilidad por cada una de las amenazas sobre cada una de las estructuras, y un análisis de vulnerabilidad general para cada una de las estructuras, y un plan de mitigación y emergencia que comprende las medidas para mitigar o disminuir la vulnerabilidad. Estas medidas se presentan para realizarlas en un tiempo no mayor a tres años, la realización de estas medidas tienen como objetivo principal la disminución de la vulnerabilidad de cada una de las Estructuras de Vertimiento del análisis.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingeniería Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniero Hernán Porras Díaz

SUMMARY

TITULO: ANALYSIS OF VULNERABILITY PHYSICAL AND FUNCTIONAL OF THE STRUCTURES OF VERTIMIENTO THAT COMPOSE THE SEWER SYSTEM OF THE CITY OF BUCARAMANGA *

AUTORES: Oscar Alberto León Chácon
Fabián Armando Meneses Parada **

PALABRAS CLAVES: Vulnerability, Threat, Estructures of Vertimiento

CONTENT

The vulnerability analysis is fundamental part of to plan macro of prevention and attention of natural disasters in a population's vital line, for this reason the in charge entities of administration of these vital lines has among its general politicians carry out this analysis. In this project it is carried out in a detailed way the Analysis of Vulnerability for a component of the sewer system, the Structures of Vertimiento The above mentioned analysis I realize following the guides for the vulnerability analysis of the Pan-American organization of the health

This analysis understands the physical and functional description of each one of de structures, the determination of the natural threats and antropicas that are expected impacts each one of these structures, a vulnerability analysis for each one of the threats on each one of the structures, and an analysis of general vulnerability for each one of the structures, and a mitigation plan and emergency that he understands the measures to mitigate or to diminish the vulnerability. . These measures are presented to carry out them at one time not bigger to three years; the realization of these measures has as main objective the decrease of the vulnerability of each one of the Structures of Vertimiento of the analysis

* Degree Project

** Engineering Physical Mechanics Faculty. School of Civil Engineering. Engineer Hernán Porras Díaz

INTRODUCCION

El aumento desordenado de la población en grandes centros urbanos, la degradación y el deterioro del medio ambiente, y la falta de políticas claras y serias en el desarrollo de tecnologías ambientales, han generado un ambiente propicio para que fenómenos naturales de mediana o gran magnitud tales como sismos, erupciones volcánicas, inundaciones, deslizamientos; generen lesiones severas en la infraestructuras de servicios, a las personas y sus bienes; retrasando considerablemente el desarrollo económico y social de las comunidades afectadas.

Las características geológicas, topográficas e hidrometereológicas, el inadecuado manejo ambiental, unido a la localización de asentamientos en zonas de riesgo, hacen que nuestro país sea propenso a desastres de origen natural o antrópico. Esto hace necesario y urgente consolidar una estrategia para reducir la vulnerabilidad, mejorar la capacidad institucional y tomar las medidas preventivas frente a este tipo de eventos.

La zona de Bucaramanga y su área metropolitana no se escapan a ninguno de los problemas anteriormente mencionados, con características meteorológicas, geológicas, morfológicas, tectónicas, hidrogeológicas únicas, que la hacen vulnerable a diferentes amenazas.

La introducción de acciones que complementen todos los elementos necesarios para la prestación adecuada y eficiente de servicios públicos de acueducto y alcantarillado, conlleva a estar preparados para los fenómenos de frecuencia no programada. Ya que son los sistemas de acueducto y alcantarillado los

Principales afectados cuando estos fenómenos ocurren, la mayoría de las empresas de servicios públicos en Colombia y Latinoamérica se han comprometido eficazmente con los programas básicos de prevención y disminución de riesgos en aras de reducir la amenaza presente y latente.

El presente proyecto busca contribuir con un plan general de mitigación y prevención de desastres en sistemas de alcantarillado sanitario en el municipio de Bucaramanga, siendo un análisis de vulnerabilidad un pequeño paso para la consecución de este gran objetivo.

1. GENERALIDADES

1.1. Objetivos

Objetivo General

Analizar la Vulnerabilidad física y funcional de las estructuras de vertimiento que componen el sistema de alcantarillado, del Municipio de Bucaramanga, tomando como base las guías para la elaboración del análisis de vulnerabilidad de sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado elaboradas por la Organización Panamericana de la salud (OPS).

Objetivos Específicos

1. Estudiar el funcionamiento de las diferentes estructuras de vertimiento existentes en el sistema de alcantarillado y a su vez determinar las posibles amenazas que puedan afectarlas mediante una caracterización del evento que le impactará.
2. Identificar y cuantificar debilidades y fortalezas de cada una de las estructuras de Vertimiento ante el impacto de una amenaza determinada.
3. Definir las medidas que incluirá el plan de mitigación, tales como obras de reforzamiento, estudios detallados de cimentaciones y estructuras para disminuir la vulnerabilidad de los Vertimientos.

4. Definir las medidas y procedimientos para elaborar un plan de emergencia, lo que facilitará que la entidad encargada del funcionamiento del sistema de alcantarillado supla el servicio en condiciones de emergencia y desastre si el impacto de la amenaza se presentara antes que las medidas de mitigación se hubieran implementado.
5. Evaluar la efectividad de los planes de mitigación y emergencia y de las actividades de implementación y capacitación como simulacros, seminarios y talleres.

1.2 Metodología General

La Metodología general seguida en el proyecto esta estructurada en los siguientes pasos.

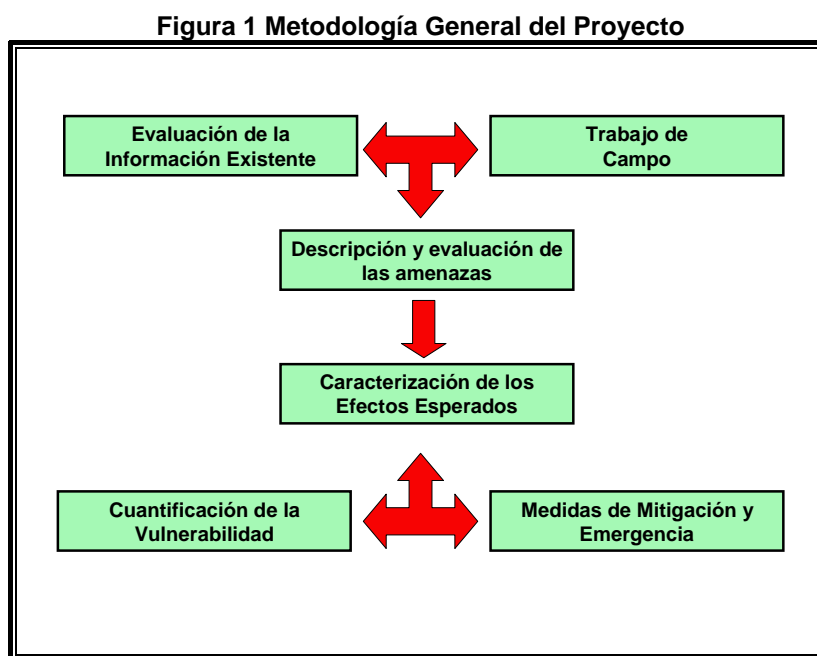


Diagrama de la Metodología del Proyecto

1.2.1 Evaluación de la información Existente

Se estudio la bibliografía sobre prevención y atención de desastres en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario, y las guías para el análisis de vulnerabilidad en sistemas de acueducto y alcantarillado de la OPS. Se revisaron planos donde se encontraron la realización de proyectos que comprendían el diseño y construcción de las Estructuras de Vertimiento y de algunas otras obras complementarias como estabilización de taludes y construcción de controles de cauce. Se revisaron documentos donde encontramos datos de cobertura del sistema, longitud de tuberías, diámetros y algunas obras complementarias.

Fue necesario consultar la legislación y reglamentación referente a atención de desastres en el contexto nacional y en el contexto local, también se estudio la normatividad institucional en nuestro caso la de la CDMB¹

Como la CDMB no posee un registro de daños y reparaciones echas sobre las estructuras de Vertimiento, se vio la necesidad de adquirir esta información con Funcionarios encargados de este aspecto.

1.2.2 Trabajo de Campo

Las visitas de campo fueron realizadas para corroborar la información obtenida en planos o documentos específicos, pero quizá el objetivo fundamental de este trabajo de campo fue realizar la evaluación preliminar que corresponde al primer nivel de análisis de vulnerabilidad. Como el componente principal a estudiar en el transcurso del proyecto fueron las Estructuras de Vertimiento, el trabajo de campo

¹ Corporación para la Defensa de La Meseta de Bucaramanga

se centro en ellas pero también se inspeccionaron los emisarios finales y las estructuras de control de cauce y entrega a las quebradas o efluentes.

En el trabajo de campo se recopiló información sobre usos del suelo, estado y mantenimiento de las estructuras, capacidad de evacuación, también se identificaron los posibles sitios críticos o más vulnerables. Y se identificaron las vías de acceso.

Además se realizó una ubicación de cada una de las estructuras mediante la utilización de GPS, la ubicación en algunos casos se realizó solo en la parte inicial de las estructuras o en la parte de entrega ya que el acceso a la totalidad de la estructura es imposible por el espeso monte que existía en el momento de la visita.

1.2.3 Descripción de las Amenazas Naturales y Antropicas

Una vez recopilada la toda la información, se procedió a determinar las principales amenazas que han afectado o podrían llegar a afectar el sistema, conociendo de antemano la situación geográfica, geológica, topográfica, hidrológica y climatológica de la zona de estudio, las amenazas naturales se enfocaron en: sismo y deslizamientos, fue necesario realizar indicativos que diferenciaron y representaran cada uno de los eventos o amenazas seleccionadas.

Para realizar una evaluación a las amenazas antropicas o provocadas por el hombre se recurrió al estudio del uso de suelo actual, a la cobertura de cada uno de los componentes del sistema y a eventos tales como daños o sabotajes que existieron en el pasado. Se tuvo en cuenta a su vez las amenazas originadas por la falta de mantenimiento o descuidos en la operación del sistema.

1.2.4 Caracterización de efectos Esperados

Después de identificar las amenazas que afectarían al sistema y a sus componentes, diferenciamos los elementos característicos que cada una de estas amenazas realizaría sobre los elementos del sistema afectados. Con esta información construimos mapas de riesgo para cada amenaza identificando claramente los sitios potencialmente vulnerables o áreas de impacto directo. Pudimos reseñar los componentes expuestos directamente al impacto de la amenaza.

1.2.5 Análisis de Vulnerabilidad

Decidimos utilizar la metodología presentada por la Organización Panamericana de la Salud en sus guías para la elaboración del análisis de Vulnerabilidad de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.

La evaluación de la vulnerabilidad, se realizó de forma cualitativa, debido a que la empresa (CDMB), no tiene un registro de datos estadísticos de daños con su respectiva localización.

1.2.6 Medidas de Mitigación y Emergencia

Se plantearon medidas de mitigación y emergencia para disminuir el riesgo presente en cada una de las estructuras, estas medidas deben ser revisadas y planeadas de forma más completa por los funcionarios encargados de administrar dichas estructuras.

1.3 Normatividad legal vigente

Resolución 1096 del 17 de noviembre de 2000

Por la cual se adopta el *Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS*.

ARTICULO 2. OBJETO: El presente Reglamento tiene por objeto señalar los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias, señaladas en el artículo 14.

ARTICULO 3. ALCANCE: Por diseño, obras y procedimientos correspondientes al sector de Agua Potable y Saneamiento Básico se entiende los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de *garantizar su seguridad, durabilidad, funcionamiento adecuado, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia* dentro de un nivel de complejidad determinado.

ARTICULO 4. DE LA SUJECION A LOS PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL.

ARTICULO 5. IDONEIDAD Y EXPERIENCIA DE LOS PROFESIONALES.

ARTICULO 7. SOBRE OTROS REGLAMENTOS TÉCNICOS.

ARTICULO 33. ARCHIVO DE MANUALES, PLANOS Y CATASTROS PARA CONTINGENCIAS POR DESASTRE NATURAL O PROVOCADO.

ARTICULO 36. GEOLOGIA Y SUELOS.

ARTICULO 133. PROFUNDIDAD MÁXIMA DE INSTALACIÓN EN ALCANTARILLADOS SANITARIOS.

ARTICULO 191. OBLIGATORIEDAD DE LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.

ARTICULO 193. CARGAS Y DISEÑO SÍSMICO DE TUBERIAS.

ARTICULO 197 ANALISIS DE VULNERABILIDAD. Debe realizarse un análisis de vulnerabilidad el cual servirá de base para la realización del Plan de contingencias. Para estimar la vulnerabilidad de un sistema o componente se debe seguir los siguientes pasos:

1. Identificación y evaluación de amenazas
2. Identificación de los componentes del sistema
3. Estimación potencial de daños.
4. Categorización de la severidad de los daños potenciales estimados.

ARTICULO 201. PLAN DE CONTINGENCIAS. Todo Plan de Contingencias se debe basar en los potenciales escenarios de riesgo del sistema, que deben obtenerse del análisis de vulnerabilidad realizado de acuerdo a las amenazas que pueda afectarlos gravemente durante su vida útil. El Plan de contingencia debe incluir procedimientos generales de atención de emergencias y procedimientos específicos para cada escenario de riesgo identificado.

Ley 60 de 1993, Artículo 121, numeral 12

Se ocupa de la destinación de las participaciones del ingreso corriente de la nación a los Municipios en prevención y atención de desastres.

Ley 400 de 1997

Por la cual se adoptan normas sobre las construcciones sismorresistentes. Ordena que las construcciones existentes cuyo uso se clasifique como edificaciones

indispensables y de atención a la comunidad, localizadas en zonas de amenaza sísmica alta e intermedia, debe evaluarse su vulnerabilidad sísmica a fin de Intervenirlas o reforzarlas par llevarlas a un nivel de seguridad sísmica y de construcción según los parámetros normativos.

Decreto 93 De Enero 13 de 1998

Por el cual se adopta el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.

Decreto 919 de Mayo 1 de 1989

Por el cual se organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y se dictan otras disposiciones.

Ley 142 de 1994. Régimen de servicios públicos domiciliarios

ARTICULO 11. FUNCION SOCIAL DE LA PROPIEDAD EN LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS PÚBLICOS.

Decreto 33 de 1998 y decreto 34 de Enero 8 de 1999

Por el cual se crean las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-resistente NSR-98

TITULO A. REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE.

A.1.1 NORMAS SISMO RESISTENTES COLOMBIANAS

CAPITULO A.2 ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA Y MOVIMIENTO SISMICO

Acuerdo 236 de 2002 (POT Bucaramanga)

Se crean las bases para desarrollar el Plan de Ordenamiento territorial de Bucaramanga, clasificación de los suelos, divisiones: político, administrativa, urbana y rural.

2. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

El motivo principal para limitar la zona de estudio al Municipio de Bucaramanga, es que las estructuras de Vertimiento se encuentran sobre la escarpa Occidental en este Municipio. Un segundo motivo valido es que el sistema de alcantarillado que este municipio posee es administrado por la CDMB. Aunque dicha entidad administra también los sistemas de Alcantarillado de los Municipios de Floridablanca y Girón que también hacen parte del Área Metropolitana de Bucaramanga.

2.1. Localización de la Zona de Estudio

Bucaramanga es la Capital del departamento de Santander ubicado en la región andina al nororiente del país, y su distancia de Bogotá es de 446 km esta localizada a los 7° 08' de latitud Norte y 73° 08' de longitud Oeste, y con una altura promedio de 959 m.s.n.m.

Su posición dentro del eje vial de la cordillera Oriental ha favorecido que la ciudad se convierta en un importante centro comercial, de producción tabacalera y de reciente desarrollo industrial, conformando un eje en el que convergen las vías que la comunican con Bogota, con Medellín en 478 Km, con San José de Cúcuta en 191 Km y con la costa atlántica en 534 Km.

El municipio de Girón se encuentra ubicado a 9 Km de Bucaramanga con una altura promedio de 918 m.s.n.m.; El municipio de Floridablanca limita al norte con

Bucaramanga a una distancia de 5 Km y tiene una altura promedio de 950 m.s.n.m.

Figura 2 Localización de la Zona de Estudio



Imagen Satelital Tomada de Google Earth

2.2 Aspectos Geológicos

Las Unidades Litoestratigráficas más antiguas, de origen metamorfo-ígneo, han sido agrupadas dentro del Neis de Bucaramanga (PEb) de edad Precámbrico, esta unidad aflora en el bloque montañoso ubicado al nororiente del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta conformando un gran volumen rocoso conocido con el nombre de Macizo de Santander.

Afloramientos de rocas metamórficas del Paleozoico inferior, que conforman la formación Silgará (PDs), aparecen en pequeñas franjas al oriente y sur oriente del casco urbano de Piedecuesta, y nororiente de Bucaramanga, asociadas al sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta. Al extremo norte del Área Metropolitana de Bucaramanga afloran también rocas sedimentarias de la formación Floresta (PDf), abarcando una delgada franja de dirección norte sur.

Rodeando el perímetro del Área Metropolitana de Bucaramanga, se presentan extensiones notables de rocas sedimentarias clásticas, de edad Jurásico, conformando la formación Jordán (Jj) ubicada al noroccidente de Bucaramanga, norte de Floridablanca y alrededores de Piedecuesta. La formación Girón (Jg) se ubica principalmente al occidente del Área Metropolitana de Bucaramanga, y Norte de Floridablanca constituyendo en su mayor parte, el basamento que subyace los depósitos aluviales sobre los cuales está construida la ciudad de Bucaramanga.

Otras rocas sedimentarias de edad Triásico hacen parte de la formación Bocas (TRb) que se presenta al norte de Bucaramanga.

Rocas sedimentarias Cretácicas de la formación Tambor (Kita) se encuentran al sur y sur occidente del Área Metropolitana de Bucaramanga.

Al norte de Bucaramanga han sido reconocidas dos unidades litológicas, de extensión relativamente pequeña, denominadas formación Diamante (PCd) y formación Tiburón (TRPt). Se trata de rocas calcáreas, de edad Carbonífero y Pérmico respectivamente, utilizadas como materia prima por la industria cementera.

Estos son los depósitos más importantes para mencionar ya que sobre estos se encuentra construida gran parte de la ciudad de Bucaramanga, y las poblaciones de Girón y Floridablanca.

Tabla 1 Unidades Litológicas del Area Metropolitana de Bucaramanga

Tipo	Nombre		Convención	
ROCAS METAMÓRFICAS	Neis de Bucaramanga		PEb	
	Formación Silgara		PDs	
ROCAS IGNEAS	Diorita y Tonalita del área del río Súrata		TRt	
	Cuarzomonzonita de la Corcova		JRcl	
	Cuarzomonzonita, Granito y Pórfido Cuarzoso		JRcg	
ROCAS SEDIMENTARIAS	Formación Floresta		Df	
	Formación Diamante		PCd	
	Formación Tiburón		TRPt	
	Formación Bocas		TRb	
	Formación Jordán		Jj	
	Formación Girón		Tg	
	Formación Tambor		Kita	
	Formación Bucaramanga	Miembros Órganos		Qbo
		Miembros Finos		Qbf
		Miembros Gravoso		Qbg
		Miembros Finos Rojos		Qblr
		Depósitos de Flujo de Escombros		Qfe
	Depósitos Aluviales	Terrazas Medias		Qal ₂
		Terrazas Bajas		Qal ₁
		Llanura de Inundación		Qal
		Depósitos Coluviales		Ql
	Depósitos de Deslizamiento	Depósitos de Deslizamiento		Qd
Deslizamiento Activo		Qda		
Deslizamiento Inactivo		Qdi		
Llenos Mecánicos		Qllm		

**Microzonificación Sismogeotécnica Indicativa del Area Metropolitana de Bucaramanga
(2001)**

Existen también depósitos aluviales (Qal, Qal1 y Qal2), distribuidos de acuerdo a su posición en los valles de los principales ríos, donde se localiza parte de la población de Girón. Localmente se presentan depósitos coluviales de ladera (Ql),

la mayoría de pequeña extensión, provenientes en gran parte de fenómenos de remoción en masa o por efectos de la gravedad los cuales se acumulan en las laderas o pié de éstas.

Dentro de los fenómenos de remoción en masa se separó la unidad de Deslizamientos (Qd) ubicada en el escarpe norte de Bucaramanga, y de acuerdo a su actividad se dividió en Deslizamientos Activos (Qda) y Deslizamientos Inactivos (Qdi) y por último se separaron las zonas de Llenos Mecánicos (Qllm) y Sanitarios (Qlls), correspondiendo a este último el relleno de basuras del Carrasco.

2.2.1 Unidades Geomorfológicas

El estudio de *Zonificación Sismogeotecnica indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga* realizo un mapa de zonificación geotécnica para Bucaramanga y su área metropolitana, basado en el mapa geológico de Bucaramanga desarrollado por el INGEOMINAS² en etapas anteriores del estudio de Zonificación Sismogeotecnica.

Se dividió el área metropolitana en 17 zonas de las cuales para el caso de nuestro estudio destacamos las siguientes:

² Instituto Nacional de Geología y Minería

2.2.1.1 Limos Rojos del Abanico Aluvial de Bucaramanga

Esta zona es la más grande en el área metropolitana de Bucaramanga y es en la actualidad la más urbanizada de todas las zonas. Este sector se encuentra conformado por el miembro Limos Rojos (Qblr) de la formación Bucaramanga.

Los suelos subsuperficiales corresponden a arenas gravo-arcillosas, cementadas por óxidos de hierro sobre mantos gravosos y algo conglomeráticos; estos suelos presentan generalmente cohesiones y capacidades de soporte altos, corresponde a la zona de donde se encuentra el mayor asentamiento humano de la ciudad y por tanto, la zona donde se han realizado la mayoría de los estudios de suelos.

2.2.1.2 Escarpes de la Meseta de Bucaramanga

La zona se encuentra localizada en la corona de los escarpes del Abanico de Bucaramanga, siguiendo una línea continua a lo largo del perímetro de la zona (de Limos Rojos del Abanico Aluvial de Bucaramanga) e incluye las áreas junto al escarpe occidental de Bucaramanga y los sectores de los barrios localizados sobre éste. El ancho de esta franja es de mínimo 100 metros medidos desde la cabeza de los taludes perimetrales del Abanico.

La morfología de la zona corresponde en la parte mas superior a una zona plana, inclinada de baja pendiente, que hacia el sector más inferior pasa a escarpes semiverticales o taludes de alta pendiente. Geológicamente esta zona está conformada por una parte de los miembros Limos Rojos (Qblr) y Gravoso (Qbg) pertenecientes a la formación Bucaramanga.

Los suelos subsuperficiales corresponden a arenas gravo-arcillosas, cementadas por óxidos de hierro sobre mantos gravosos y algo conglomeráticos. En razón a la

morfología de los escarpes, estos suelos presentan una alta susceptibilidad al agrietamiento cosísmico. En el pié de los taludes verticales se presentan afloramientos de agua de los niveles freáticos del abanico sobre los mantos arcillosos o de finos.

2.2.1.3 Miembro organos afectada por procesos erosivos

Esta zona conforma la escarpa occidental y sur del Abanico-Terraza de Bucaramanga, así como parte de las zonas norte y occidental de la mesa de Ruitoque, parte superior de los valles aluviales del río de Oro, río Frío y quebrada de la Iglesia.

El drenaje es dendrítico y subparalelo, con cañadas en V, con una densidad de drenaje muy alta y altas pendientes en los cauces laterales; generalmente cada quebrada presenta un cauce principal de pendientes variables de 3% a 10% y cañadas laterales con pendientes superiores al 10%. Las geoformas asociadas a esta zona corresponden a cárcavas y depresiones limitadas por colinas alargadas, algunos sectores están sometidos a erosión intensa (Bad Lands). Mitológicamente está constituida por los denominados miembros Órganos (Qbo) y Finos (Qbf) de la formación Bucaramanga.

Los suelos subsuperficiales corresponden a gravas areno arcillosas, con gran cantidad de cantos redondeados, correspondientes a la formación Organos.

No aparecen niveles freáticos subsuperficiales, pero en la mayoría de los casos se presentan niveles freáticos profundos o acuíferos colgados sobre el basamento de la formación Organos.

2.2.1.4 Valles Aluviales de los Ríos y quebradas principales

Localizada sobre los valles y llanuras de los ríos de Oro, Suratá, Frío y algunas quebradas importantes. Más específicamente la zona se encuentra en: Valle del río de Oro y sus quebradas afluentes desde Piedecuesta hasta el Café Madrid, valle del río Suratá desde Bosconia hasta el Café Madrid, valle medio de la quebrada La Loma, valle de la Quebrada La Iglesia desde el Viaducto Benjamín García Cadena hasta Chimitá, valle de la quebrada Chimitá, valle del río Frío y sus quebradas afluentes desde la urbanización Bucarica hasta Castilla Real, valles del río Lato, quebrada La Estancia y otros cauces menores.

El drenaje de mayor influencia está referido a los ríos de Oro y Frío, responsables de la depositación de los depósitos aluviales y de las diferentes terrazas que se encuentran en ambos márgenes de sus cauces, sobre las cuales es frecuente el desarrollo de cultivos y vegetación de poca altura representada por rastrojos. Las geoformas asociadas a esta zona corresponden a la planicie de inundación y al lecho de los principales drenajes mencionados, presentando topografía plana y pendientes suaves hacia las terrazas. Esta zona está formada por los depósitos aluviales principales y terrazas.

Los suelos subsuperficiales corresponden a arenas limpias, gravas y arenas limosas en mantos subhorizontales; a diferentes profundidades, según el sitio, aparecen suelos duros o rocas. Los niveles freáticos son poco profundos y están generalmente controlados por los niveles de agua en las cañadas, quebradas y ríos aledaños.

2.2.1.5 Valles Aluviales de los Ríos afectados por Procesos de Erosión

En esta zona se incluyen las áreas de depósitos aluviales de los ríos de Oro, Río Frío y Quebrada La Iglesia entre otros, afectados directamente por procesos de erosión relacionados con la dinámica de las corrientes de agua. Las áreas correspondientes a esta zona se encuentran localizadas en las riberas de los ríos y quebradas en toda el Área Metropolitana, entre estas áreas están: riberas del Río de Oro desde Bahondo hasta el Café Madrid y riberas del río Frío desde la planta de tratamiento de aguas residuales hasta su desembocadura.

Los suelos subsuperficiales corresponden a arenas limpias, gravas y arenas limosas, en mantos subhorizontales. A profundidades según el sitio aparecen suelos duros o rocas.

Los niveles freáticos son poco profundos y están generalmente controlados por los niveles de agua en las cañadas, quebradas y ríos aledaños.

Las áreas que comprende esta zona presentan una morfología de valles aluviales semiplanos, con escarpes verticales junto a las riberas de los ríos y litológicamente se encuentran en los Depósitos Aluviales principales (Qal).

2.2.1.6 Rellenos sueltos

En esta zona se incluyen las áreas de rellenos de suelos sueltos y basuras.

Las áreas correspondientes a la zona 9, se encuentran localizadas en una gran cantidad de sitios del área Metropolitana de Bucaramanga.

El material está conformado por basuras, ladrillos y material proveniente de excavaciones, este material es muy heterogéneo y no presenta ningún tipo de compactación.

2.3 Características Climáticas

La zona de estudio presenta un clima templado, con una temperatura media que oscila entre 23° C y 24.8° C, con una humedad relativa media multianual del 82% y un brillo solar medio multianual de 1355.5 horas.

En la zona se presenta una precipitación media anual que oscila entre 800 mm y 1400 mm, las lluvias tienen un comportamiento bimodal, con dos picos de lluvias, uno en los meses de marzo, abril y mayo, y el otro en los meses de octubre y noviembre, en el resto de los meses se presenta déficit de agua.

2.4 Usos del Suelo

Es de gran importancia para el desarrollo del análisis, el conocimiento de los usos que el hombre le puede dar al suelo, debido a que permite determinar posibles amenazas antropicas por el uso inadecuado del suelo.

El área en estudio se encuentra dividida según el POT, en cinco zonas de usos del suelo.

2.4.1 Suelo Urbano

Constituido por las áreas del municipio destinadas a usos urbanos que cuentan con infraestructura vial y redes primarias de energía acueducto y alcantarillado, que permiten la urbanización y edificación.

2.4.2 Suelo de Expansión Urbana

Forman parte del suelo de expansión urbana las áreas que cumplen con condiciones físicas mínimas para permitir el establecimiento de asentamientos humanos y/o actividades garantizando la integridad de las mismas: pendientes menores al 25%, condiciones accesibilidad y conectividad con la zona urbana y el Área Metropolitana, posibilidad de dotación de servicios públicos, continuidad en la estructura urbana, sectores ambientalmente aptos, es decir, sin presencia de contaminación, zonas en riesgo y los terrenos cuyo desarrollo fue proyectado por el código de 1982 para fortalecer la industria, pero no tuvieron la demanda esperada.

2.4.3 Suelo Rural

Comprende los suelos no aptos para urbanizar, por su destinación a usos agrícolas, pecuarios, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas, y que debe estar acorde con las políticas de Sostenibilidad Ambiental y Ordenamiento Rural.

Igualmente forman parte del suelo rural los terrenos e inmuebles localizados en las áreas Suburbanas donde se mezclan formas de vida urbana y rural y que pueden ser desarrolladas como parcelaciones con restricciones de uso, intensidad y densidad.

El suelo rural se presenta la modalidad de suelo suburbano y de protección, para el suelo urbano permite la modalidad de protección las cuales se describen a continuación.

2.4.4 Suelo Suburbano

La modalidad de suelo suburbano está constituido por las áreas ubicadas dentro del suelo rural, en las que se mezclan los usos del suelo y las formas de vida del campo y la ciudad, que pueden ser objeto de desarrollo con restricciones de uso, de intensidad y de densidad con el agravante que debe garantizarse el abastecimiento de servicios públicos domiciliarios por auto prestación, de conformidad con lo establecido en la Ley 99 de 1993 y en la Ley 142 de 1994.

2.4.5 Suelo de Protección

En esta modalidad se incluyen los terrenos e inmuebles que se encuentran definidos para el suelo urbano y rural. Para el suelo urbano se tendrán en cuenta, las rondas de las quebradas (30 m), los ríos de Oro, Tona y Suratá (50 m) y las zonas de riesgo.

Otro aspecto importante a tener en cuenta en los suelos de protección son los inmuebles declarados como patrimonio histórico cultural y arquitectónico.

Para el sector rural comprende las rondas de ríos y quebradas, las áreas de abastecimiento de agua, zonas de riesgo entre otros.

Los anteriores terrenos e inmuebles por sus características geográficas, paisajísticas y ambientales tienen restricción para urbanizarse y edificarse.

3. IDENTIFICACION Y DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

3.1 Descripción del Sistema de Alcantarillado

3.1.1 Red de Alcantarillado

Las redes de alcantarillado de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón se encuentra distribuidas a lo largo de las vías vehiculares y peatonales, en ellas desembocan las acometidas de todos los inmuebles de los tres municipios, se encuentran construidas en tubería circular de diámetro variable de acuerdo al caudal que recogen y los materiales dependen de la época en que fueron construidas, debido a que anteriormente se utilizaban materiales tales como asbesto cemento y ladrillo vitrificado entre otros. En la actualidad estos materiales se están reemplazando por tubería de PVC debido a que es flexible y presenta una mayor resistencia.

En algunos sectores las redes de alcantarillado son combinadas y en otros las aguas residuales se transportan por conductos diferentes a los de las aguas lluvias, los conductos para alcantarillados combinados y de aguas lluvias están construidos en tubería circular de diámetro mínimo de 10" y las tuberías que conducen aguas residuales tienen un diámetro mínimo de 8": Las redes de alcantarillado vierten las aguas a los colectores secundarios y principales.

3.1.2 Colectores Principales

Los colectores principales son conductos de gran diámetro que reciben las aguas residuales, lluvias o combinadas, de las redes de alcantarillado y de los colectores secundarios y las transportan hasta los lugares de vertimiento. Se encuentran construidos en diferentes materiales dependiendo de la época de construcción, se destacan los colectores en concreto reforzado y las bóvedas en ladrillo.

Colector principal que baja por la calle 10 entre carreras 30 y 27 hasta el Caballo de Bolívar, sigue por la carrera 27, baja por la calle 9 y en la Carrera 23 se le une el colector principal que va por la Carrera 28 desde la Calle 17 hasta la Calle 13, baja por la Calle 13 hasta la Carrera 24, toma la Carrera 24 y baja por la Calle 12 A hasta la Carrera 23, y continua por la Carrera 23 hasta la Calle 9. El colector sigue por la Calle 9 y a la altura de la Calle 9 con Carrera 19 se une el colector principal que va desde la Calle 17 con Carrera 22, baja por el Bulevar Bolívar hasta la Carrera 19 y continúa por la Carrera 19 hasta la Calle 9. El colector sigue por la Calle 9 y a la altura de la Calle 9 con Carrera 15, toma la Carrera 15, baja por la calle 8 hasta la carrera 14, sigue por la carrera 14 y baja por la calle 6 y vierte a la quebrada Chapinero.

Colector principal que baja desde la Carrera 33 con Calle 17, sigue por la Calle 17 hasta la Carrera 32 A, toma la Carrera 32 A y baja por la Calle 19 hasta la Carrera 26, coge la Carrera 26 y baja por la Calle 23, en la Calle 23 con Carrera 16 se le une el Colector Principal que va por la Carrera 16 entre las Calles 17 y 23. El colector sigue bajando por la Calle 23 hasta la Carrera 10, coge por la Carrera 10 y baja por la Calle 21, en la Calle 21 con Carrera 7 se le une el colector principal que va por la Carrera 7 desde la Calle 28 hasta la Calle 21. El colector sigue bajando por la Calle 21 y vierte a las quebradas La Argelia y Las Navas.

Colector el Caney vierte sus aguas a la estructura de vertimiento el caney.

Colector principal que va desde la Carrera 17 con Calle 45, baja por la Calle 45 hasta el vertimiento a la quebrada La Joya.

Colector principal que va desde la Carrera 11 con Calle 31, va por la Carrera 11 hasta la Calle 41 y baja por la Calle 41 hasta el vertimiento a la quebrada La Joya.

Colector principal que va desde la Carrera 36 con Calle 45, baja por la Calle 45, en el Carrera 27A le llegan las aguas del colector principal que viene desde la Carrera 36 con Calle 42, bajando por la Calle 42. El Colector sigue bajando por la Calle 45 y entrega las aguas al Colector principal que pasa por la Avenida La Rosita.

Colector principal que inicia en la Carrera 42 con Calle 34 baja por la Calle 34 hasta la Carrera 35, continua por la Carrera 35 hasta la Calle 36, baja por la Calle 36 hasta la Carrera 31, y continua bajando por la Avenida La Rosita y la altura de la Carrera 29 le llegan las aguas del colector principal que viene por la Carrera 29 desde la Calle 31. El Colector sigue por la Avenida La Rosita y la altura de la Calle 41 le llegan las aguas del colector principal que viene desde la Carrera 24 con Avenida Rafael Uribe Uribe, baja por la Avenida Rafael Uribe Uribe hasta la Carrera 22, continua por la Carrera 22 hasta la Calle 41. El Colector continúa por la Avenida La Rosita hasta la Carrera 15 donde vierte a la quebrada La Rosita.

Colector principal que inicia en la Avenida González Valencia con Carrera 29, baja por la Calle 52 y a la altura de la Carrera 23 recibe las aguas del colector principal que inicia en la Carrera 29 con Calle 56. El Colector continúa por la Calle 52 hasta el vertimiento a la quebrada el Loro.

Colector principal que inicia en el Barrio Miraflores y se prolonga paralelo al cauce de la Quebrada la Iglesia hasta el Río de Oro, a partir de esta intersección el colector continua paralelo al Río de Oro atravesando el casco urbano del

municipio de Girón donde recoge varios colectores principales pequeños y descarga al Río de Oro..

Colector principal que inicia en la Carrera 11 del municipio de Floridablanca y se prolonga paralelo a la Quebrada Zapamanga y luego paralelo al Río Frió, para entregar las aguas a la PTAR de Río Frió.

Colector principal que inicia en la Carrera 3 del municipio de Floridablanca y se prolonga paralelo al cauce del Río Frió hasta entregar a la PTAR de Río Frió.

3.1.3 Colectores Secundarios

Los colectores secundarios son los conductos que recogen las aguas de las redes de alcantarillado de determinados sectores y las transportan hacia los colectores principales o hacia los lugares de vertimiento. Se encuentran construidos en diversos materiales dependiendo de la época en que fueron construidos, los mas antiguos están construidos en asbesto cemento, concreto o ladrillo vitrificado entre otros. En la actualidad estos materiales se están remplazando por tubería de PVC. En su totalidad los colectores secundarios se encuentran ubicados en la meseta de Bucaramanga.

Colector secundario de la Carrera 23 entre Calles 21 y 22. Entrega las aguas al colector principal que baja por la Calle 23.

Colector secundario de la Calle 28 entre Carrera 15 y 7. Entrega las aguas al colector principal que pasa por la Calle 7.

Colector secundario que va de la Carrera 10 con Avenida Quebrada seca, bordea la meseta por el costado izquierdo del Barrio Granada hasta la Carrera 5, toma la

Carrera 5 hasta la Calle 28 y descarga las aguas en el colector principal del Barrio La Feria.

Colector secundario de la Calle 31 entre Carreras 17 y 11. Entrega las aguas al colector principal que pasa por la Carrera 11.

Colector secundario de la Calle 33 entre Carreras 17 y 11. Entrega las aguas al colector principal que pasa por la Carrera 11.

Colector secundario de la Calle 34 entre Carreras 18 y 11. Entrega las aguas al colector principal que pasa por la Carrera 11.

Colector secundario que va desde el Paseo del Comercio con Carrera 18, baja por la Calle 36 hasta la Carrera 16, baja por la Calle 37 hasta la Carrera 15 y sigue por la Carrera 15 hasta descargar las aguas en el colector principal que pasa por la Calle 45.

Colector secundario de la Calle 41 entre Carreras 14 y 11. Entrega las aguas al colector principal que pasa por la Carrera 11.

Colector secundario de la Carrera 14 entre Calles 41 y 45. Entrega las aguas al colector principal que pasa por la Carrera 11.

Colector secundario de la Carrera 27 entre la Calle 32 y la Avenida la Rosita, descarga las aguas en el colector principal que pasa por la Avenida la Rosita.

Colector secundario de la Calle 33 entre Carreras 30 y 31. Descarga las aguas en el colector principal que pasa por la Carrera 29.

Colector secundario de la Carrera 24 entre la Calle 34 y 36. Descarga las aguas en el colector principal que pasa por la Calle 36.

Colector secundario que va desde la Carrera 27 con Calle 48 hasta la Calle 46 con Avenida La Rosita donde descarga las aguas al colector principal de la Avenida La Rosita.

Colector secundario que va por la Calle 47 desde la Carrera 35 hasta la Carrera 33, toma la Carrera 33 hasta la Calle 49, baja por la Calle 49 hasta que encuentra la Carrera 29 y en la intersección de la Carrera 29 con la Avenida Ramón Gonzáles Valencia, descarga las aguas en el colector principal que pasa por la Carrera 29.

Colector secundario de la Calle 56 entre Carreras 35 y 28. Descarga las aguas en el colector principal de la Calle 56 con Carrera 28.

3.1.4 Vertimientos

Los vertimientos son los sistemas mediante los cuales las aguas residuales, lluvias o combinadas son descargadas a las quebradas o ríos. Los sistemas de vertimiento que se encuentran en los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón son de dos tipos, Emisarios Finales o Estructuras de Vertimiento.

3.1.4.1 Emisarios Finales

Son emisarios finales los sistemas de vertimiento mediante los cuales las aguas son entregadas a las quebradas o ríos directamente por el colector o tienen construido un cabezote de descarga, debido a que las aguas que entregan no tienen una alta carga de Energía y por lo tanto no es necesaria la construcción de estructuras de disipación.

Tabla 2 Emisarios Finales

Emisario Final	Quebrada de Entrega
Don Bosco	Seca
Campo Hermoso I	Rosita
Campo Hermoso II	Rosita
Campo Hermoso III	Rosita
Primero de Mayo	Joya
Quinta Estrella I	Joya
Quinta Estrella II	Joya
Campo Hermoso IV	Rosita
Campo Hermoso V	Rosita
Campo Hermoso VI	Rosita
Campo Hermoso VII	Rosita
Balconcitos I	Rosita

3.1.4.2 Estructuras de Vertimiento

En la totalidad del casco urbano de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón existen múltiples estructuras de Vertimiento que evacuan el agua de colectores de alcantarillado sanitario y de aguas lluvias, hacia quebradas adyacentes. En el presente estudio se describirán con detalle las estructuras que para la CDMB son de mayor importancia y relevancia. Es así como decidimos

desarrollar una definición que logra clasificar las estructuras que a continuación describiremos. Estructura de Vertimiento es una construcción hidráulica que permite evacuar y descargar las aguas de colectores de alcantarillado ubicados en la parte superior de la escarpa hacia cañadas o quebradas metros abajo. Una Estructura de Vertimiento inicia desde el último tramo recolector de alcantarillado y termina en el canal de entrega a la quebrada, se pueden encontrar estructuras de diferentes tipos de diseño hidráulico, en las que se destacan las estructuras de tipo vortice, rápidas, escalonadas, lisas y rugosas, combinadas con sistemas de disipación USBR.

Las Estructuras de Vertimiento son vertimientos en los cuales los colectores no entregan las aguas directamente a las quebradas o ríos, debido a la alta energía que traen, por el contrario son las encargadas de disminuir la energía hidráulica, y entregar las aguas a las quebradas o ríos receptores con una energía adecuada.

Tabla 3 Estructuras de Vertimiento

Estructura de Vertimiento	Entrega a Quebrada	Tipo de Estructura
El Caney	El Caney	Escalonada
La sexta	Chapinero	Rapida-Escalonada
Barrio Gaitan	Dos Aguas	Rapida-Escalonada
Barrio Nariño	La Argelia	Rapida-Escalonada
Cosagras	Chapinero	Tanques disipadores
Barrio Santander	Seca	Escalonado-Disipador
La Joya III	La Joya	Escalonada
La Joya I	La Joya	Escalonada
Gomez Niño	Loro	Escalonada
San Miguel I	Loro	Vortice
San Miguel II	Loro	Vortice
Ciudadela	La Rosita	Rapida Lisa
Barrio Mutis	La Rosita	Rapida Rugosa-Escalonada
Presentación	La Flora	Vortice
Puerta del Sol	La Flora	Escalonada
La Salle	La iglesia	Canal
Barrio La Victoria	La Iglesia	Escalonada
Calle 61	Guacamaya	Escalonada-Tanque USBR
Barrio Bucaramanga	La Iglesia	Escalonada-Vortice
La Guacamaya	Guacamaya	Rapida Lisa Tanque USBR

Para el presente estudio evaluaremos 20 estructuras de vertimiento (Ver tabla 3) que se ubican sobre la meseta de Bucaramanga, extendidas por toda la escarpa occidental desde la zona Norte hasta los límites que colindan con el municipio de Floridablanca, dichas estructuras fueron construidas desde comienzos de los años 70 hasta mediados de los años 80, con el fin de controlar la erosión que causaban las aguas del alcantarillado que vertían directamente sobre la escarpa.

3.1.5 Controles de Cauce y Canalizaciones

Tabla 4 Principales Sistemas del Municipio de Bucaramanga

SISTEMAS	QUEBRADAS
Bucaramanga - Río Surata	Las Olas
	La Esperanza I
Bucaramanga Escarpa - Río de Oro	La Picha
	Chapinero I y II Etapa
	Dos Aguas I y II Etapa
	Las Navas I Y II Etapa
	La Argelia I Etapa
	La Cuyamita
	Seca
	La Joya. Sector I Y II
	La Joyita
	La Rosita
	El Loro
Chimitá	
Sistema Bucaramanga - La Iglesia	La Flora
	La Iglesia
	El Macho
	Guacamaya
	La Hoyadita
	Hoyada
	El Bueno
	Bellavista

Los controles de Cauce y Canalizaciones, comprenden las obras desarrolladas a lo largo de los cauces de las quebradas y a los que se vierten las aguas lluvias y

residuales, con el fin de evitar que se erosionen las orillas y se socave el fondo. Estas obras consisten en protecciones en muros de gavión, estructuras de caída en concreto, y protecciones en roca.

En la tabla 4 se presentan los principales sistemas que se encuentran en el Municipio de Bucaramanga, se menciona su nombre y las quebradas que lo componen.

3.2 Descripción Física y Funcional de las Estructuras de Vertimiento

La recopilación de datos se dio en dos frentes fundamentales, el primero de ellos fue en la base de datos de la CDMB, donde se busco principalmente registros de planos y memorias de cálculo de las Estructuras de Vertimiento, allí se encontraron 17 planotecas cada una con un promedio de 20 planos que correspondían a proyectos de adecuación y control de cauce de varias quebradas en las cuales estaban las estructuras de Vertimiento. Las memorias de cálculo encontradas no fueron de utilidad, porque estaban incompletas y presentaban operaciones matemáticas, sin ningún tipo de orden.

El segundo frente de recopilación de datos fue el realizado con las visitas de campo, dichas visitas se realizaron gracias a la colaboración de los funcionarios de la CDMB, estas visitas estaban limitadas por el acceso a la quebradas y a la estructuras, de algunas visitas de campo se pudo extraer buena cantidad de información ya que el acceso fue completo y se pudo recorrer de inicio a fin las quebradas y por consecuencia sus estructura Vertimiento, como es el caso de las Quebradas El Loro, La Rosita, y La Iglesia.

3.2.1 Estructura de Vertimiento El Caney

La Estructura de Vertimiento El Caney es diseñada y construida entre los años 1973 y 1975 para remplazar una estructura, de pozos y tubería que ya había quedado obsoleta.

Inicia en la diagonal 15 con calle 3ª, con un colector de aproximadamente 280m de longitud, un diámetro de 1.40m. este colector se divide en tres tramos así, un primer tramo con una pendiente del 5.0% y una longitud de 103m, un segundo tramo con una pendiente del 7.0% y 76m de longitud y un ultimo tramo que posee una longitud de 103.5m y un pendiente del 7.2%.

FIGURA 3 Estructura de Vertimiento El Caney (Octubre 2005)



Al finalizar la conducción en tubería se encuentra, con un sistema de caída en escalones que desciende el agua de una elevación de 875m a una de 745m en 272m de longitud, esta estructura entrega las aguas a un tanque amortiguador construido sobre la Quebrada El Caney.

El tanque amortiguador posee un ancho de 12m y una altura de 1.70m, con una protección adicional a los costados de este canal que consiste en una losa en concreto reforzado de espesor de 0.10m. Inmediatamente después del tanque amortiguador se encuentran cuatro estructuras de control de cauce hasta el final de la Quebrada El Caney, la última de estas estructuras se encuentra ubicada metros antes de la unión de la quebrada El Caney con la Quebrada La Picha.

3.2.2 Estructura de Vertimiento Calle Sexta

Fue construida a principio de la década de los años 80 para conducir las aguas que transporta el colector que pasa por la Calle Sexta a la altura del Barrio San Rafael y entregarlas en la parte baja de la meseta a la Quebrada Chapinero.

La estructura de vertimiento tiene una longitud de 310 metros, inicia en la parte alta de la escarpa abarcando una longitud de 70 metros del colector que viene en tubería de concreto de 3 metros de diámetro, que se conecta a un canal de transición de 20 metros de largo que aumenta la sección de 3 metros a 7 metros de ancho, para luego ingresar a una estructura de disipación tipo USBR de 15 metros de largo, la estructura de disipación se une con la estructura escalonada por medio de un canal de 4.50 metros de longitud que disminuye la sección a 6 metros de ancho.

FIGURA 4 Estructura de Vertimiento Calle Sexta (Estructura de Disipación) (Octubre 2005)



La estructura escalonada se encuentra construida en concreto reforzado en su totalidad y tiene una longitud de 220.5 metros hasta la entrega a la quebrada, consiste en un canal cerrado con escalones que cambian de nivel cada 6.25 metros y en la parte final de cada escalón tienen un vertedero de 2 metros de alto y 0.5 metros de ancho que embalsa el agua y crea un tanque de amortiguación, en la parte inferior el vertedero tiene dos salidas en tubos de 12" de diámetro, la longitud de los escalones varia dependiendo del tipo, las tipo V que tienen una longitud de 9.30 metros y las tipo V especiales que tienen una longitud de 11.80 metros, el ultimo escalón antes de verter a la quebrada entrega las aguas a un canal plano que conserva el mismo ancho de la sección y tiene una longitud de 5.20 metros.

Las paredes de la estructura escalonada, son en concreto reforzado y en cada nivel tienen a cada lado de las paredes laterales un tubo de aireación de pvc de 4" de diámetro.

FIGURA 5 Estructura de Vertimiento Calle Sexta (Escalonada) (Octubre 2005)

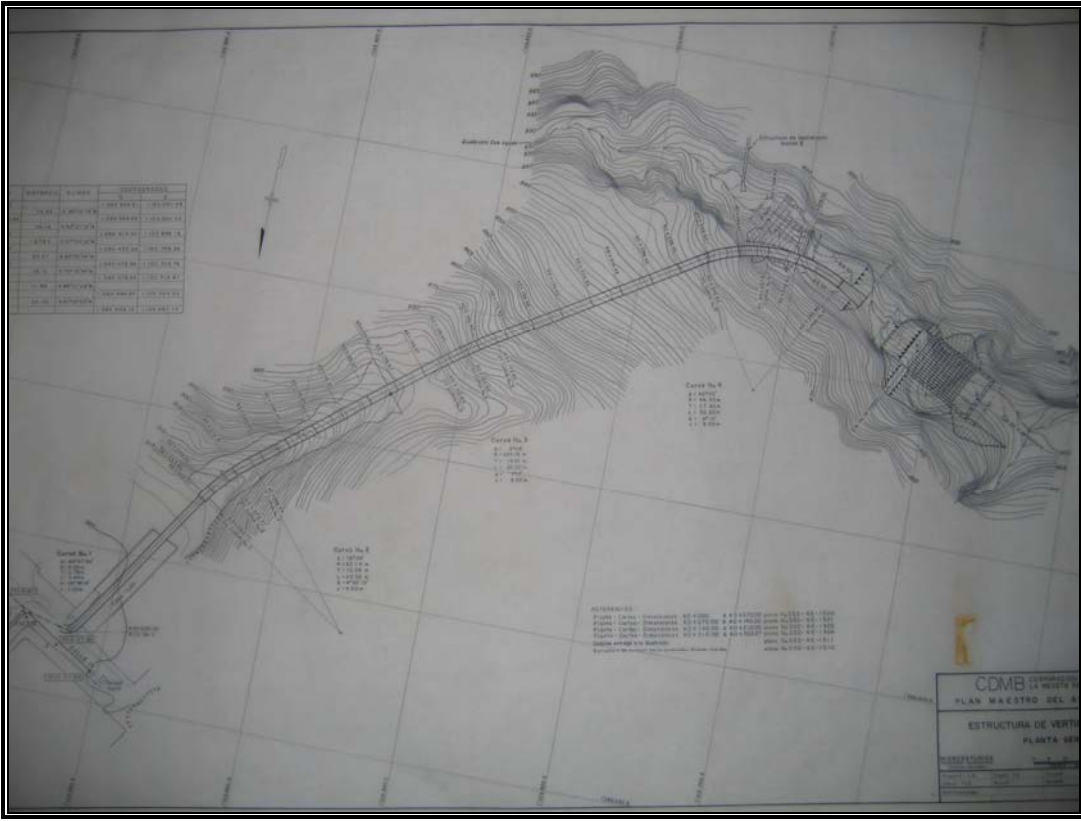


3.2.3 Estructura de Vertimiento Barrio Gaitan

La estructura fue construida a principios de los años 70, para transportar las aguas del Barrio Gaitan que se encuentra 102 metros arriba del lugar de vertimiento en la parte baja de la escarpa en la Quebrada Dos Aguas.

La estructura inicia en un pozo ubicado en la Calle 15 entre Carreras 7 y 8, sale en tubería de concreto reforzado en sección de herradura de 2.10 metros de diámetro, que tiene una longitud de 62.27 metros y una pendiente del 0.5%, pasa a un canal cerrado escalonado de 2.50 metros de ancho y 230 metros de largo, el canal registra 21 cambios de nivel, cada nivel tiene un largo de 9.80 metros y la altura del cambio de nivel dependen del tipo de modulo, existen cuatro módulos tipo (A, B, B especial y C) , el modulo tipo A tiene una altura de caída de 3.90 metros, el tipo B tiene una altura de caída de 5.25 metros, el modulo tipo B especial tiene una altura de caída de 5.95 metros, en la parte final cada sección tienen un vertedero de 1.50 metros de alto y 0.4 metros de ancho que embalsa el agua y crea un tanque de amortiguación, en la parte inferior el vertedero tiene dos salidas en tubos de 12” de diámetro.

FIGURA 6 Plano Planta E-V Barrio Gaitan



El ultimo nivel de la estructura es del tipo C, tiene las mismas características de las tipo A pero esta integrado a un tramo de canal de 20 metros con pendiente del 0%, que en los ultimo 10 metros es de transición y cambia el ancho de la sección de 2.10 metros a 3.50 metros que entrega a la quebrada. Las paredes de la estructura son en concreto reforzado y en cada nivel tienen a cada lado de las paredes laterales un tubo de aireación de 4" de diámetro, en las tapas superiores cada modulo tiene dos codos de ventilación de 4" de diámetro en HF y una losa móvil de inspección.

3.2.4 Estructura de Vertimiento Barrio Nariño

La estructura que vierte las aguas del Barrio Nariño, fue construida a principios de la década de los años 70, inicia en la parte alta de la escarpa en la Calle 20 con Carrera 5, a 100 metros de altura sobre el lugar de vertimiento en la Quebrada la Argelia.

La estructura empalma con el colector circular de 0.30 metros de diámetro que viene por la Carrera 5 pasando a un canal cerrado escalonado de 3.20 metros de ancho y 194 metros de largo, el canal registra 20 cambios de nivel, la longitud y la altura del cambio del nivel dependen del tipo de modulo, existen cuatro módulos tipo (A, A especial, B y C) , el modulo tipo A tiene una longitud de 9.80 metros, y una altura de caída de 4.40 metros, el modulo tipo A especial tiene una longitud de 23.54 metros y una altura de caída igual al tipo A, el tipo B tiene una longitud de 9.4 metros y una altura de caída de 6.0 metros, en la parte final cada sección tienen un vertedero de 2.0 metros de alto y 0.4 metros de ancho que embalsa el agua y crea un tanque de amortiguación, en la parte inferior el vertedero tiene dos salidas en tubos de 12" de diámetro.

FIGURA 7 Estructura de Vertimiento Barrio Nariño (Estructura Escalonada) (Noviembre 2005)

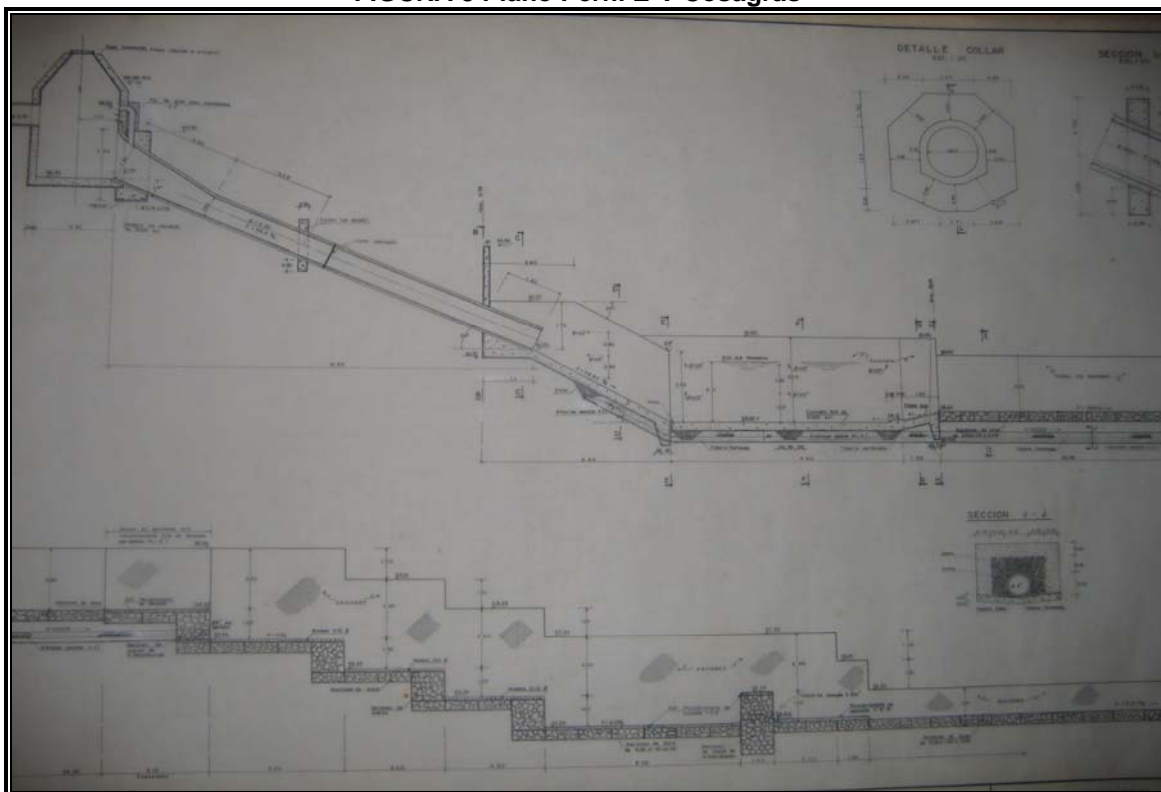


El ultimo nivel de la estructura es del tipo C, tiene las mismas características de los tipo A, excepto por que la altura del vertedero es de 1.80 metros, de ahí se pasa a un canal en concreto reforzado plano que aumenta la sección de 3.20 metros a 5 metros, que entrega a la quebrada. Las paredes de la estructura son en concreto reforzado y en cada nivel tienen a cada lado de las paredes laterales un tubo de aireación de 4" de diámetro, en las tapas superiores cada modulo tiene dos codos de ventilación de 4" de diámetro en HF y una losa móvil de inspección.

3.2.5 Estructura de Vertimiento Cosagras

Esta estructura fue construida a principio de los años 70. La estructura inicia en un pozo de alcantarillado que sale en tubería circular de concreto reforzado de 0.80 metros de diámetro, que tiene una pendiente de inclinación del 44.5 % y una longitud de 14 metros, la tubería circular descarga en un canal de concreto reforzado de 6.50 metros de longitud y con una inclinación del 58.82% que contrae la sección de 1.70 metros a 0.49 metros de ancho, para luego entregar las aguas a un tanque disipador de 1.70 metros de ancho por 8.60 metros de largo y una profundidad de 0.5 metros, que en los últimos 1.20 metros aumenta gradualmente el ancho de su sección hasta pasar de 1.70 metros a 2 metros de ancho para entregar las aguas a un canal en gaviones.

FIGURA 8 Plano Perfil E-V Cosagras



El canal en gaviones tiene una primera parte de 34.96 metros de longitud con una pequeña pendiente de 0.0015 y una segunda parte de 13.10 metros, que inicia con una sección de transición que contrae el ancho del canal a 0.80 metros en una longitud de 3.10 metros, para luego pasar a un tramo escalonado con tres cambios de nivel de un metro cada uno, en este tramo el ancho del canal es variable y va aumentando de 0.8 metros a 2 metros hasta un cuarto cambio de nivel que entrega a un tanque disipador en gaviones de 6 metros de largo que tiene al final un vertedero que le da una profundidad de 1 metro.

El vertedero esta construido en gaviones con un recubrimiento en concreto 0.1 metros, tiene una ancho de 1 metro y en la parte inferior tiene 2 salidas en tubos de 8" de diámetro, una vez el agua pasa el vertedero continua por un canal en gaviones de 2 metros de ancho por 13.5 metros de largo con una pendiente del 0.01%, que entrega las aguas a la Quebrada Chapinero. Las paredes del canal tienen una altura de 2 metros excepto en el primer tanque disipador que la altura de las paredes es de 3 metros.

3.2.6 Estructura de Vertimiento Barrio Santander

Fue remodelada a mediados de la década de los años 70 para aumentar su capacidad. La estructura se encuentra comprendida desde el pozo ubicado en la parte alta de la escarpa en el Barrio Santander más exactamente en la Calle 27 con Carrera 9w, hasta la entrega a la Quebrada Seca en la parte baja de la escarpa.

FIGURA 9 Inicio Estructura de Vertimiento Barrio Santander (Escalonada) (Noviembre 2005)



Las aguas son conducidas desde el pozo ubicado en la Calle 27 con Carrera 9w hasta el lugar de vertimiento mediante un canal escalonado de 350 metros de longitud con tanques de amortiguación generados por vertederos en algunos cambios de nivel, el canal es de sección rectangular de 2 metros de ancho y paredes 0.2 metros de espesor construidas en ladrillo, el piso del canal es en concreto ciclópeo de 0.50 metros de espesor. El canal entrega las aguas a un tanque amortiguador de concreto reforzado de 8 metros de longitud y 0.5 metros de profundidad, que va aumentando el ancho de su sección hasta entregar las aguas a la quebrada con un ancho de 5.6 metros.

3.2.7 Estructura de Vertimiento La Joya III

Se construyó a finales de la década de los años 70 durante la ejecución del conjunto de obras denominado "Proyecto la Joya". La estructura se encuentra ubicada sobre la quebrada la Joya, consiste en un sistema de canales con un tanque amortiguador. La estructura comienza al finalizar la conducción en tubería de diámetro de 2 m y empata con el canal. El canal posee una longitud aproximada de 230 m y el tanque amortiguador se encuentra a 25 metros de iniciar el canal, este tanque posee una pequeña transición que va aumentando la sección de 3 m a 4 m en 2 m de longitud, también posee estructuras de disipación tipo USBR. La totalidad del canal se encuentra protegido por gaviones.

3.2.8 Estructura de Vertimiento La Joya I

Esta estructura se ejecutó en la década de los 70, inicia en un pozo ubicado en la calle 41 con carrera 1 en el barrio la Joya, la estructura se compone de tanques disipadores colocados en escalones, esta obra fue realizada en mampostería, al momento de la visita de campo esta estructura estaba en proceso de remodelación por una estructura en concreto reforzado.

FIGURA 10 Remodelación Estructura de Vertimiento La Joya I (Noviembre 2005)



FIGURA 11 Antigua Estructura Joya I (Mampostería Confinada) (Noviembre 2005)



3.2.9 Estructura de Vertimiento Gómez Niño

Esta estructura fue construida a principios de la década de los años 70 para remplazar una conducción de tubería que transportaba las aguas negras del sector de la Ciudadela Real de Minas (antiguo aeropuerto).

FIGURA 12 Canal de Descarga E-V Gómez Niño Sobre Quebrada el Loro (Septiembre 2005)



La estructura consta de un pozo inicial ubicado en la carrera 14 con calle 55 (dirección para 1971), luego de este viene una conducción en tubería de 1 metro de diámetro con una pendiente del 3.8% que transporta las aguas a un sistema de 10 escalones disipadores, el canal escalonado es en su totalidad un conducto cerrado con una altura de 1.90m, las escaleras poseen una sección de (1.20 x 1.50m) y una longitud de 3m, al final de cada escalón existe un vertedero de (1.20 x 0.45m) de sección con dos salidas en la parte inferior de tubería de 10" de

diámetro. En cada uno de los módulos de escalones se construyeron lozas móviles para inspección y codos de ventilación.

Luego del sistema escalonado se presenta un canal de transición, que es una prolongación del conducto cerrado que pasa de 1.20m a 2.80m de ancho en 7m de longitud, para finalizar entregando las aguas a un canal curvo en gaviones con un sección (2.0 x 2.8m), la estructura de vertimiento Gómez Niño empata con el control de cauce de la quebrada el Loro y en la actualidad se utiliza para evacuar aguas lluvias.

3.2.10 Estructura de Vertimiento San Miguel I

La estructura fue diseñada y construida dentro del proyecto Quebrada el Loro, al inicio de la década de los años 70, esta es una estructura tipo vortice, San Miguel I comienza en el pozo ubicado en la carrera 15 con calle 51^a en el barrio San Miguel, de este pozo se desprende una tubería de 12 metros de longitud que llega a un pozo inicial de donde sale una tubería que tiene una pendiente del 50% y 30 m de longitud para llegar a una estructura intermedia tipo vortice, a continuación se desprende una tubería de 57 m de longitud y un pendiente aproximada del 30%, esta segunda conducción llega a una estructura final tipo vortice, y luego a un canal en gaviones que lleva las aguas a la Quebrada El Loro. El diámetro de la tubería en toda la estructura es de 1.4 m.

Las dos estructuras tipo vortice poseen una tapa, un tanque cilíndrico, y un tanque inferior. Para la estructura intermedia encontramos que el tanque cilíndrico tiene una altura de 3.5 m y un diámetro de 4.2 m y el sifón de fondo es de 1.5 m de diámetro, el tanque de fondo posee una forma rectangular con una pequeña

transición hacia adentro para empalmar con la tubería, este tanque tiene una longitud de 6.5 m, un ancho de 5 m y una altura de 2.5 m.

FIGURA 13 E-V San Miguel I Vortice Final y Canal de Entrega a Quebrada el Loro (Septiembre 2005)



La estructura tipo vortice final, posee características similares a la anterior, la única diferencia esta en que la transición es echa hacia afuera para empalmar con el canal en gaviones.

3.2.11 Estructura de Vertimiento San Miguel II

Esta estructura es muy similar a San Miguel I, vierte las aguas del barrio Candiles que se encuentra junto al Barrio San Miguel, posee un pozo inicial y dos estructuras tipo vortice, una intermedia y una final, que descarga las aguas a un canal escalonado que finalmente entrega a la Quebrada El Loro. El diámetro de la tubería de toda la estructura es de 1.2 m y las dimensiones de las estructuras tipo vortice son un 10% menores que las de la EV San Miguel I, las pendientes oscilan entre un 75% y un 85% y las longitudes de los tramos son de 34 m.

FIGURA 14 Estructura de Vertimiento San Miguel II Vortice Final (Septiembre 2005)



3.2.12 Estructura de Vertimiento Ciudadela

Esta estructura fue diseñada a finales de la década de los años 70, inicia con un pozo de control, seguido de una conducción en tubería de 102 m de longitud y 2 m de diámetro, al finalizar esta tubería encontramos una pequeña transición que aumenta la sección de 2 m a 4 m, y luego un tanque amortiguador de 15 m de longitud con estructuras de disipación tipo USBR, la siguiente estructura que se encuentra es un pequeño canal curvo en gaviones que posee escalones de caída y una transición de 3.8 m a 2.5 m para entregar las aguas a un tanque amortiguador secundario de 14 m de longitud, seguido de un canal de descarga revestido en piedra que entrega las aguas a la Quebrada La Rosita.

FIGURA 15 Entrega Estructura de Vertimiento Ciudadela (Septiembre 2005)



3.2.13 Estructura de Vertimiento Barrio Mutis

Fue construida a principios de la década de los años 80 para solucionar los problemas de vertimiento de aguas negras y lluvias del Barrio Mutis. La estructura inicia en un pozo donde se encuentran dos tuberías, la primera que viene del pozo ubicado entre la calle 55 y la carrera 8W (Barrio Mutis), y otra tubería que viene paralela a la carrera 8w sobre la escarpa. De este pozo se desprende un conducto de 240m de largo y baja desde una altura de 900m hasta los 795m con pendientes que oscilan entre el 30% y el 50%, con un pozo de inspección en la mitad del recorrido, luego de esta conducción se encuentra un taque dissipador tipo USBR, para finalmente entregar a un canal en gaviones que entrega a la Quebrada La Rosita.

FIGURA 16 Plano de Planta-perfil tramo 2 E-V Barrio Mutis

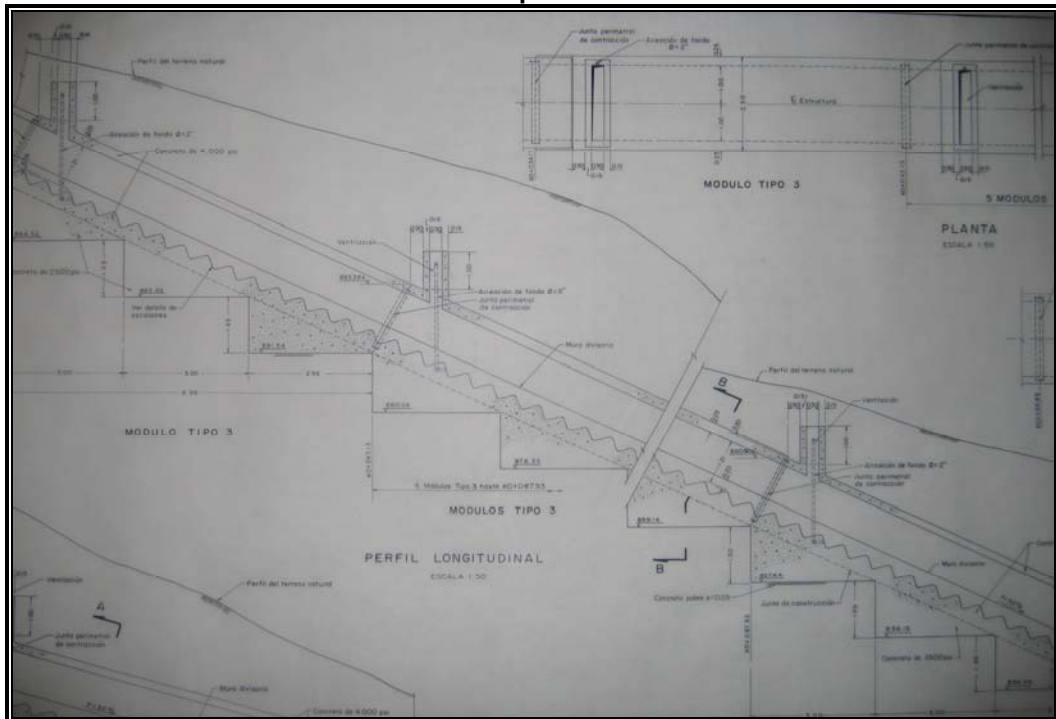


FIGURA 17 Canal de Entrega Estructura de Vertimiento Barrio Mutis (Septiembre 2005)



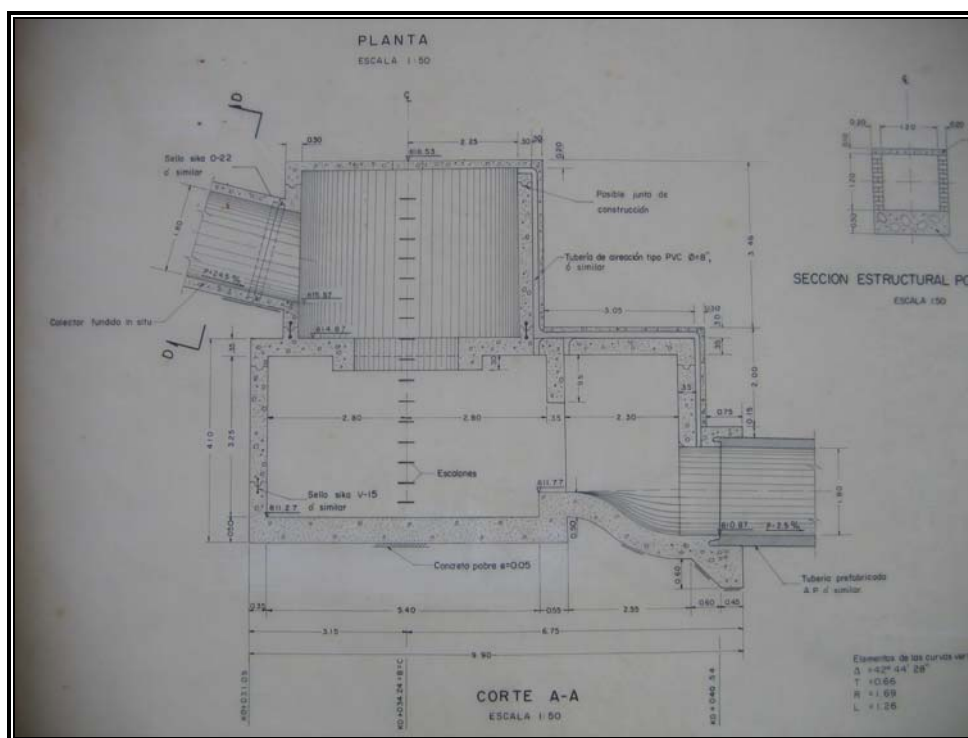
La conducción de 240 m presenta diferentes estructuras, la primera de ellas es una boquilla de 20 m de longitud con una pequeña curva hacia la izquierda de sección rectangular de (2 m x 2 m) con un muro divisorio en el centro del canal de 0.4m de altura. A esta le sigue un sistema de caída con pequeños escalones de 0.25m de altura que se encuentran en un canal rectangular de (2 m x 1.5 m), este sistema de caída posee estructuras de ventilación y de aireación de fondo.

La estructura final presenta una longitud de 7.5m y una transición que aumenta la sección de 2 m a 3 m para entregar a un tanque dissipador de 7. m que posee cuatro estructuras dentadas de 0.5 m de altura, el canal del tanque dissipador tiene una sección de (3 m x 3.4 m).

3.2.14 Estructura de Vertimiento La Presentación

La Construcción de esta estructura fue realizada en la mitad de la década de los años 70, durante un conjunto de obras que se realizaron sobre la Quebrada La Flora denominadas “Complejo la Flora”, esta estructura recoge las aguas del colector secundario de la calle 56.

FIGURA 18 Plano Planta Detalle Vortice E-V La Presentación



La estructura esta dividida en: pozo final del colector, estructura de control, tubería de empate, estructura tipo vortice, canal de descarga hacia canalización de la Quebrada La Flora.

La tubería del colector llega con un diámetro de 1.5 m y pasa por el pozo hacia la estructura de control con un diámetro de 1.8 m. La estructura de control es un pozo que descarga las aguas a una tubería de empate que tiene 25 m de longitud y una pendiente de 50%.

FIGURA 19 Vortice Final Estructura de Vertimiento La Presentación (Octubre 2005)

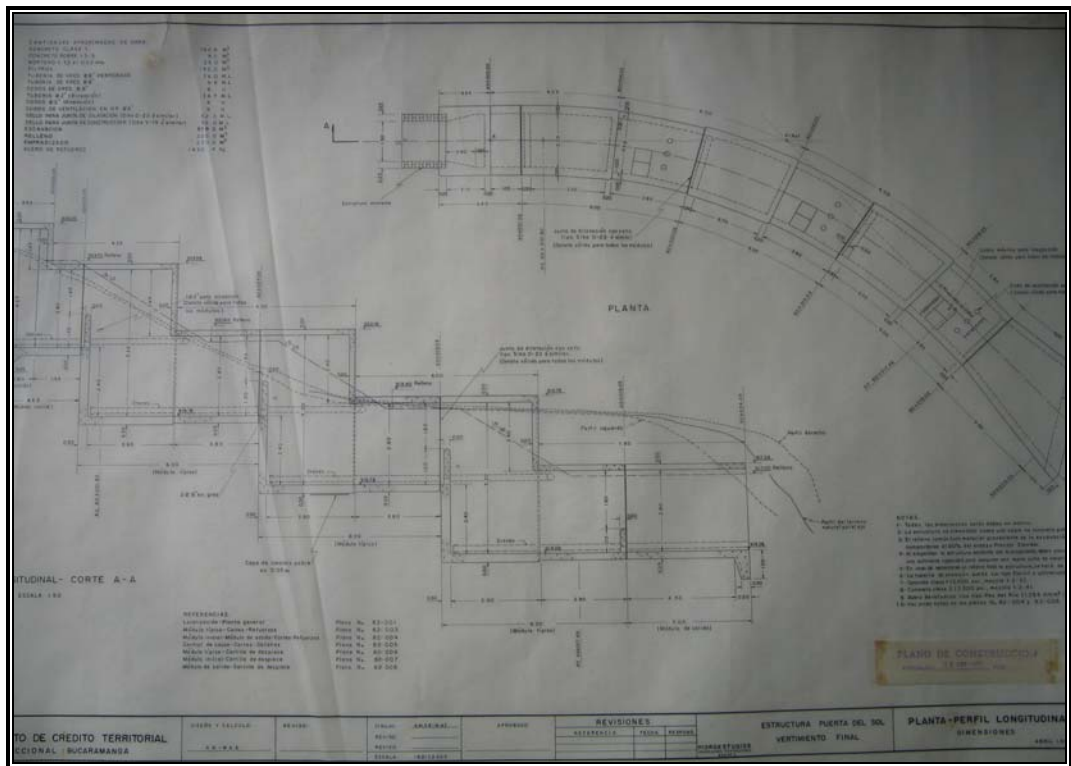


La estructura tipo vortice posee un tanque cilíndrico, un tanque de fondo, y un canal de transición. El tanque cilíndrico tiene una altura de 3.7 m y un diámetro de sifón de 2.3 m, el tanque de fondo tiene una altura de 4.3 m y una longitud de 6.3 m, y el canal de transición que posee una pendiente de 0.7% y una longitud de 5 m para finalizar con un canal curvo de entrega de 4 m de ancho que se une a la canalización de la Quebrada La Flora.

3.2.15 Estructura de Vertimiento La Puerta del Sol

Esta estructura fue diseñada y construida a inicios de la década de los años 70, fue bautizada con ese nombre porque recoge las aguas de la urbanización Puerta del sol (actual Urbanización Conucos), y las entregas en la Quebrada La Flora (actualmente parque La Flora).

FIGURA 20 Plano Planta y Perfil Estructura de Vertimiento La Puerta del Sol



La totalidad de las paredes de la estructura son en mampostería, inicia con un tramo de conducción en tubería de aproximadamente 200m, con dos pozos de inspección, que entrega a un canal ya existente, luego el agua es transportada por una estructura de caída con 3 gradas, para finalizar en un canal de entrega a la quebrada.

Existe una distancia entre grada y grada de 6 m, el canal escalonado posee 3.3 m de ancho y una altura que oscila entre 5.5 m y 3 m, al iniciar cada escalón se encuentra un vertedero de 1.2 m de altura a excepción del último que tiene 1 m de altura. El canal de entrega posee una transición que aumenta la sección de 3.3 m de ancho a 4.5 m.

FIGURA 21 Estructura de Vertimiento La Puerta del Sol (Escalonada) (Octubre 2005)



3.2.16 Estructura de Vertimiento La Salle

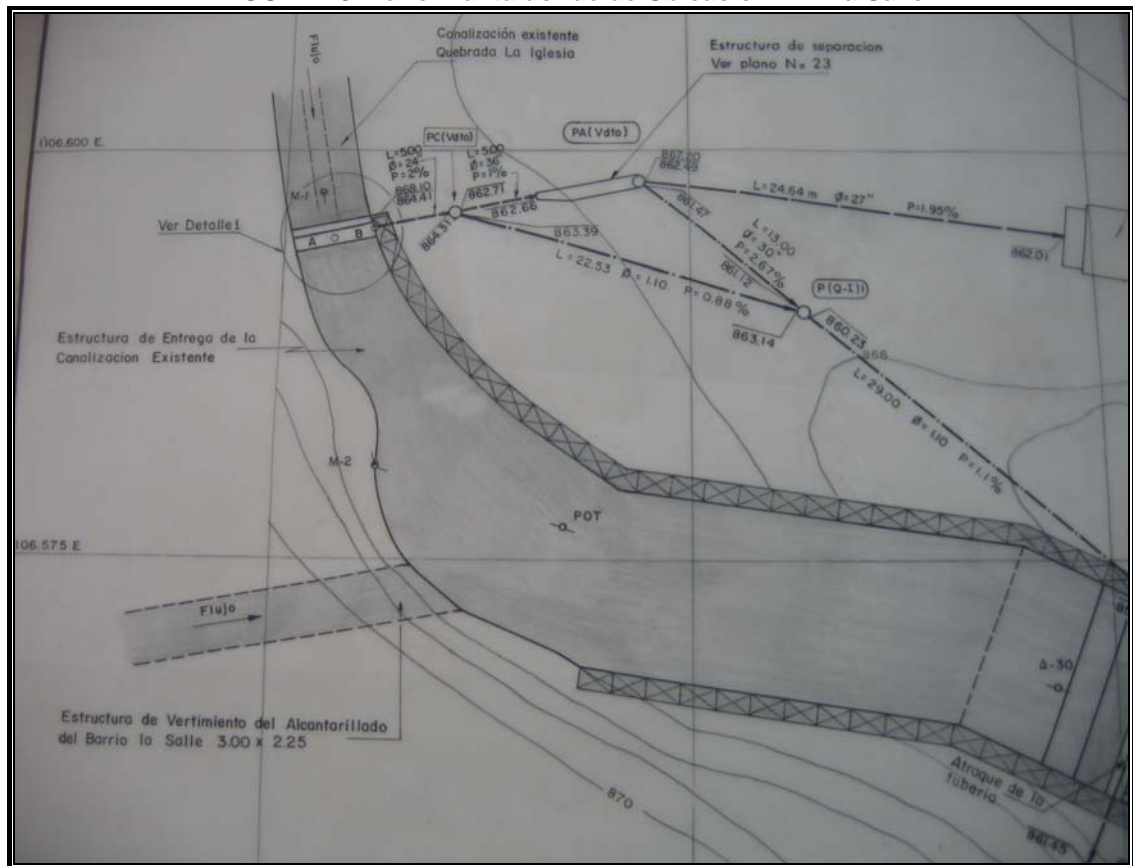
La estructura de vertimiento recoge las aguas servidas del barrio La Salle en la parte alta de la escarpa y las lleva por medio de un canal de sección rectangular de 3 metros de ancho por 2.25 metros de altura construido en concreto reforzado,

hasta su lugar de vertimiento en la canalización de la Quebrada La Iglesia. Metros adelante de la llegada del canal a la quebrada, las aguas son captadas y conducidas en tubería de sección circular de 27" de diámetro por el colector sanitario Quebrada La Iglesia que se encuentra paralelo a la canalización y vierte mas adelante a esta debido a que no se encuentra construido en su totalidad. Quedando el vertimiento del canal para los eventos de precipitación.

FIGURA 22 Entrega E-V La Salle a la Canalización de la Quebrada La Iglesia (Octubre 2005)



FIGURA 23 Plano Planta donde de Ubicación E-V La Salle



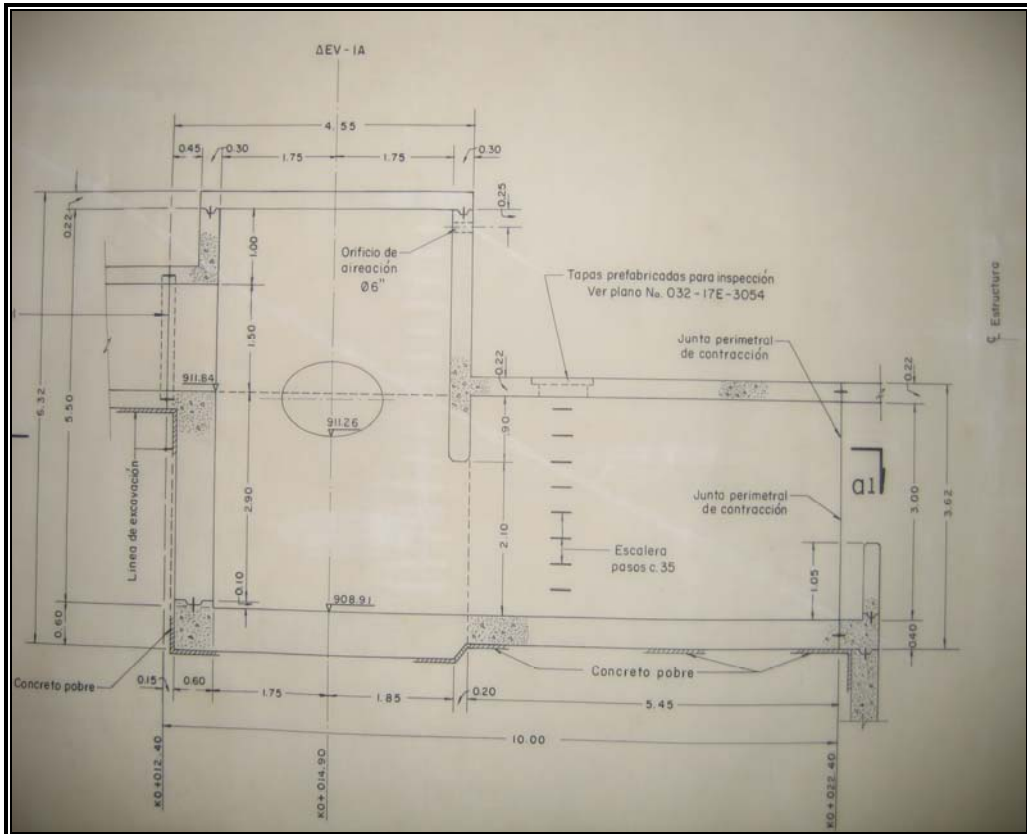
3.2.17 Estructura de Vertimiento Barrio La Victoria

Esta estructura es construida en el año de 1980, para evacuar las aguas negras del Barrio La Victoria, esta constituido por un sistema de gradas, una conducción en box culvert que atraviesa la autopista a Girón y un sistema de gradas que finalizan con una entrega en la Quebrada La Iglesia.

A la estructura inicial le llegan tres conducciones, dos de ellas en forma de tubería con diámetros de 1.2 m y 0.7 m y la restante con un box culvert que atraviesa la calle 69, este box culvert tiene 12.5 m de longitud y un diámetro en su tubería de

1.5 m. El sistema de graderías baja de la cota 908.9m hasta la cota 876.81 m en 90 m aproximadamente, las gradas poseen longitudes que oscilan entre los 10 m y 7 m, y alturas entre los 4 m y 2 m.

FIGURA 24 Plano detalle Estructura Escalonada E-V Barrio La Victoria



Para el paso de la autopista Bucaramanga-Girón se utilizó el box culvert de la estructura antigua. El siguiente grupo de graderías bajan una altura de 36.8m en 117m de longitud. Al finalizar entregan a la Quebrada La Iglesia mediante un canal en Gaviones y finaliza en una estructura Vortice.

FIGURA 25 Entrega de E-V Barrio La Victoria a la Quebrada La Iglesia (Octubre 2005)



3.2.18 Estructura de Vertimiento Calle 61

Fue construida a principios de los años 70, se encuentra ubicada en la parte alta del Barrio San Gerardo, la estructura inicia desde el pozo ubicado en la Calle 61 con Carrera 17 en la parte alta de la escarpa a 17 metros de altura del lugar de vertimiento en la Quebrada La Guacamaya, sale del pozo en tubería circular de 0.91 metros de diámetro construida en ladrillo, asentada sobre una base 0.2 metros de concreto, la tubería se prolonga por 27.9 metros con una pendiente del 5% y llega a otro pozo de alcantarillado, de este pozo sale en una tubería circular de 21.11 metros de longitud con las mismas características de la tubería de llegada y empalma con una tubería cajón en concreto reforzado de 0.91 metros de

ancho por 0.91 metros de altura, esta tubería conserva la misma pendiente de la tubería en ladrillo y tiene una longitud de 6 metros.

De la tubería tipo cajón el agua pasa a un canal abierto de sección rectangular de 1 metro de ancho por 2.1 metros altura, que tiene una longitud de 37.6 metros y una pendiente del 35%, que en los últimos 4 metros del canal tiene una sección de transición que aumenta el ancho de la sección a 2.5 metros para entrega a una estructura de disipación tipo USBR de 6.3 metros de longitud.

FIGURA 25 Plano Planta General E-V Calle 61



A la salida de la estructura de disipación las aguas siguen por un canal abierto en concreto de 13.2 metros de longitud, en este tramo las aguas se unen con las que

transporta le estructura de la Calle 63, atraviesan un gavión puesto de cuerpo que tiene en la parte inferior una salida en un tubo de 10" de diámetro, para pasar a un canal en gaviones de 63.5 metros de longitud y 4 metros de ancho, que en la primera parte es escalonado, este presenta 4 escalones de 2 metros de largo, con una caída de nivel de 1 metro cada uno.

Seguidamente se pasa a un tramo de 24 metros de longitud con una pendiente del 1% y vuelve a otro tramo escalonado de las mismas características del tramo inicial, para luego entrar en una zona de 15.3 metros de longitud que tiene una pendiente del 1% para nuevamente pasar a otro tramo escalonado de dos escalones con caídas de 1 metro y longitud de 10 metros cada uno que finalmente entregan a un tramo plano de seis metros de longitud que vierte a la Quebrada la Guacamaya.

3.2.19 Estructura de Vertimiento Barrio Bucaramanga

A mediados de la década de los años 70 se planteo la necesidad de cambiar la estructura que entregaba las aguas negras del Barrio Bucaramanga a la quebrada La iglesia. Por este motivo se diseño y construyo una nueva estructura tipo vortice casi en el mismo sitio donde quedaba la antigua.

Esta estructura de vertimiento esta constituida por un pozo de control inicial, un tramo de tubería para llegar a una estructura tipo vortice, luego un tramo de tubería para llegar a una estructura de caída y luego un tramo de tubería para entregar directamente a la Quebrada La Iglesia donde se encuentra una estructura de entrega final.

El pozo inicial recoge las aguas negras del Barrio Bucaramanga, luego se encuentra un conducto de 31.5 m en tubería de 1.8 m de diámetro y una pendiente del 24.5%, esta tubería llega a una estructura tipo vortice que posee un tanque cilíndrico, un tanque de fondo con su respectiva transición para empatar con la siguiente tubería. El tanque cilíndrico posee una altura de 3.50 m y un diámetro de 4.5 m, el diámetro del sifón es de 2.1 m, el tanque de fondo posee una longitud de 5.4 m, un ancho de 5.8 m y una altura de 3.25 m, el canal de transición para empatar con la siguiente tubería tiene una longitud de 2.55 m y pasa de un ancho de 5.8 m a 1.8 m que es el diámetro de la tubería de salida.

El siguiente tramo de tubería se prolonga en 42.5 m con un diámetro de 1.8 m y una pendiente de 2.5% para llegar a una estructura de caída, que dispone de tres gradas de 1 m de altura y 2 m de largo, cada una de las gradas posee un pequeño vertedero de 0.3 m de altura, Inmediatamente después de la última grada viene un canal de 7 m que empalma con una tubería de 2 m de diámetro que finalmente continua por 121 m con una pendiente del 1.5% hasta llegar directamente por la margen derecha de la Quebrada la Iglesia.

La entrega final consiste en una placa de concreto de 10.5 m de ancho y 19 m de largo con un espesor de 0.5 m sobre la base de la quebrada y un muro de 6 m de alto a lo largo de la placa, a su vez esta entrega presenta una con protección en gaviones antes y después del canal en concreto.

3.2.20 Estructura de Vertimiento La Guacamaya

Fue construida a principios de la década de los años 80 para recoger las aguas servidas del barrio San Gerardo, que se encuentra en la parte alta de la escarpa 60 metros arriba del lugar de vertimiento. La estructura esta compuesta por un

canal de sección circular de 79 metros de longitud en concreto reforzado de 1.6 metros de diámetro y con una pendiente de inclinación del 60%, al salir del conducto circular se pasa a un canal de transición de 3.7 metros de largo que cambia la sección a un canal cuadrado de 1.6 metros, que continua a largo de 17.5 metros y conserva la misma pendiente de inclinación del conducto circular, del canal cuadrado se pasa a una rápida lisa de transición de 7.6 metros de longitud que aumenta la sección a 4 metros de ancho para empalmar con un tanque disipador tipo USBR de 13.5 metros de largo, que vierte a la Quebrada la Guacamaya.

4. DESCRIPCION DE LAS AMENAZAS NATURALES Y ANTROPICAS

La evaluación del peligro en la zona de estudio es de vital importancia para estimar la vulnerabilidad y los daños posibles en los componentes del sistema en riesgo. Una amenaza natural puede o no provenir de otra de mayor orden incluso puede ocasionar un evento posterior. Los deslizamientos pueden surgir a causa de un sismo o una lluvia y pueden ocasionar también aludes y avalanchas. De esta secuencia posible surge la necesidad de establecer la siguiente clasificación para las amenazas naturales:

- ✦ *Primer orden:* sismos, huracanes, volcanes y lluvias.
- ✦ *Segundo orden:* deslizamientos, maremotos, inundaciones.
- ✦ *Tercer orden:* aludes y avalanchas.

(Clasificación extraída de www.geocities.com/gonzaloduquee/zona_tropical_andina)

Los indicadores de riesgo traen el inconveniente de favorecer la atención y prevención de los grandes eventos, pues los pequeños, aunque superan en cúmulo a los grandes, no son igualmente reportados y reconocidos por las agencias centrales del orden internacional o nacional, otro problema adicional es el relativo con el origen real de los pequeños eventos: muchos eventos pequeños de segundo o tercer orden, son causados tiempo después, por otro de primer orden, sin que se reconozca esa relación.

Después de evaluar el historial de acontecimientos o eventos naturales que de forma directa o indirecta influyeron o influyen sobre el sistema de

Alcantarillado y de sus componentes en especial las Estructuras de Vertimiento que son el objetivo principal de nuestro estudio, decidimos

Evaluar la vulnerabilidad para tres amenazas fundamentales que a continuación describiremos.

4.1 Amenaza por Sismo

4.1.1 Caracterización

Para la caracterización de la amenaza sísmica se utiliza el parámetro de la intensidad sísmica, el principal motivo para utilizar la intensidad sísmica, es que de esta forma se puede comparar el sismo y el efecto que tienen sobre una zona determinada o en este caso sobre alguna estructura en detalle.

La Intensidad es una medida relativa de la fuerza sísmica en un punto determinado, depende de la magnitud del sismo la profundidad de la zona de liberación de energía, de las características físicas locales del sitio y de la distancia del sitio al área epicentral (*Suárez 1998*).

En la actualidad existen dos sistemas para medir la magnitud e intensidad de los sismos, el primero es la escala de Richter donde la magnitud indica la energía liberada por el sismo, el segundo de estos sistemas corresponde a la escala de Mercalli, que mide la intensidad de los movimientos sísmicos sobre la tierra en función de los daños causados en una escala cualitativa, y da una medida acorde con los efectos sobre cada lugar en particular.

Tabla 5 Correlación entre la Intensidad de Mercalli y la escala de Richter

Grados de Intensidad de Mercalli	Magnitud de máxima intensidad alcanzada (Richter)	Efectos Característicos
I	3.5 a 4.2	Detectados solo por sismógrafos.
II	3.5 a 4.2	Solo apreciado por personas en reposo, algunos objetos que se encuentra en equilibrio inestable se mueven.
III	3.5 a 4.2	Similares a las vibraciones que se originan por el paso de un camión, se sienten en pisos altos si las personas se encuentran en reposo
IV	4.3 a 4.8	Balanceo de objetos colgantes, vibran las ventanas.
V	4.3 a 4.8	Percibido por todas las personas aquellas que están durmiendo se despiertan.
VI	4.3 a 4.8	Los árboles se mecen y los objetos colgantes se balancean, éstos pueden caer y ocasionar daños.
VII	5.5 a 6.1	Las paredes se agrietan y las coberturas de yeso se caen. Hay alerta general y la gente sale de sus lugares de ocupación.
VIII	6.2 a 6.9	Fisuras en muros estructurales y daños en edificios poco sólidos. Los conductores de vehículos se pueden ver afectados.
IX	6.2 a 6.9	Algunas casas se caen donde el suelo se agrieta. Los conductos subterráneos se ven afectados.
X	7.0 a 7.3	Hay grietas importantes en el suelo. Los edificios son destruidos. Los terrenos de vertientes pronunciados se deslizan.
XI	7.0 a 7.3	Puentes destruidos y pocos edificios quedan en pie. Los servicios quedan totalmente inutilizados, hay grandes deslizamientos de tierra e inundaciones.
XII	Mas de 8.1	La destrucción es total, el suelo tiene grandes movimientos que lanzan objetos al aire, como resultado de esto, hay grandes cambios topográficos.

Mitigación de desastres Naturales en sistemas de agua potable y Alcantarillado Sanitario

4.1.2 Identificación de las Fuentes del Sismo

Bucaramanga se ubica dentro de una zona sísmica tectónica de gran actividad histórica, existen sistemas de falla como: Bucaramanga-Santa Marta, Suárez, y del Guaicaramo que son las fuentes sísmogénicas que mayor efecto potencial tendrían sobre la zona.

En el área Metropolitana de Bucaramanga se han presentado eventos de importancia media con intensidades de Mercalli Modificada entre V y VIII, a continuación detallamos dos de los casos recientes presentados en la zona de estudio.

Marzo 21 de 1967: Se localizó cerca de Bucaramanga. Afectó más de la cuarta parte del territorio colombiano. Según el IGAC se registró en una franja de 200.000 kilómetros. Tiempo de duración 10 segundos. Epicentro a 290 kilómetros al norte de Bogotá muy cerca de Bucaramanga. (Fuente Historia de los Terremotos en Colombia Ramírez 1975)

Julio 29 de 1967: El mismo día del más notable terremoto de Caracas de este siglo, se sintió en toda Colombia y al occidente de Venezuela una sacudida sísmica cuya magnitud epicentral fue de 6.3 en la escala de Richter. Las coordenadas del epicentro fueron 6.8N x 73.0W. Parece que Betulia, en Santander fue, la población que más daños sufrió, pues más de un 60% de las casas se averiaron allí y los agrietamientos de los edificios se extendieron a otras poblaciones vecinas de Bogotá y Antioquia. En total hubo 20 muertos y más de 150 heridos. Es de anotar que este temblor es uno de los mayores de la serie de pequeños y fuertes temblores de la región de Bucaramanga. (Fuente Historia de los Terremotos en Colombia Ramírez 1975)

4.1.3 Determinación de Escenarios Sísmicos

Para la determinación de los escenarios sísmicos característicos se tubo en cuenta la selección realizada por el Estudio de Microzonificación Sismogeotécnica Indicativa de Bucaramanga, allí se plantea que los escenarios sísmicos deber ser consistentes con las fuentes sísmicas que han sido definidas para el estudio de amenaza y de acuerdo con los parámetros de diseño del movimiento del terreno.

Por este motivo se seleccionaron los escenarios sísmicos que allí señalan, el primero un sismo proveniente de la falla Bucaramanga-Santa Marta y un segundo sismo uno proveniente de la falla frontal de los llanos orientales.

Es de resaltar que en el estudio de zonificación Sismogeotecnica, se aclara que los efectos generados por sismos provenientes de las otras fallas son cubiertos por los dos escenarios mencionados anteriormente, convirtiéndose estos en los dos escenarios que provocarían mas efectos sobre la zona de estudio.

Es así como se puede determinar que un evento compatible con el escenario sísmico para la falla Bucaramanga-Santa Marta podría ser un sismo con magnitudes entre 5.6 y 6.0 y una distancia a la fuente del sitio entre 13 Km a 25 Km, para el escenario sísmico de la falla frontal de los llanos orientales se puede precisar un evento sísmico con magnitudes entre 6.9 y 7.3 y distancias al sitio de 60 Km a 80 Km. Concluimos entonces que para nuestro estudio se pueden estudiar eventos sísmicos con intensidades de Mercalli desde un grado de VII hasta una intensidad de Mercalli de XI,

4.1.4 Determinación de zonas Sismogeotécnicas

Después de realizar la sobreposición de la ubicación de las Estructuras de Vertimiento, en el plano de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa de Bucaramanga, se encontró que las Estructuras de Vertimiento se ubicaban sobre 4 de las 5 zonas sismogeotécnicas determinadas, la descripción de estas zonas se hace a continuación.

Zona 1 (Roca): En esta zona se encuentran los depósitos de roca de la formación Girón, los depósitos de roca pura, algunos depósitos de roca blanda y suelos residuales competentes sobre mantos rocosos. Posee aceleraciones máximas de 0.6g aproximadamente.

Zona 2 (Suelo Rígido): se encuentran depósitos de suelo rígido, Esta zona corresponde al abanico de Bucaramanga, allí se encuentra ubicada la mayor parte de las construcciones de la ciudad, las aceleraciones máximas son del orden de 0.9g.

Ronda de Rió: En La totalidad de esta zona se encuentran los depósitos aluviales, de los ríos de Oro, del Rió Frío y la Quebrada La Iglesia que están afectados por procesos de erosión, para esta zona no se realizó un espectro de respuesta, la información de las aceleraciones máximas en esta zona no se conoce.

Coluvión: En esta zona se incluyen los depósitos coluviales sobre las pendientes de las laderas, se presentan en toda el área metropolitana como coluviones principales localizados en: Piedemonte del macizo de Santander, laderas del cerro de Palonegro, escarpe occidental de la meseta de Bucaramanga, principalmente, para esta zona tampoco se tiene la información de las aceleraciones máximas pues no se realizó un espectro de respuesta.

El motivo principal para que no se realizara un espectro de respuesta en el estudio de zonificación se debió a que estas zonas se encuentran restringidas para desarrollar proyectos de edificación.

4.1.5 Efectos Generales de los Sismos

Según su magnitud o intensidad, los terremotos pueden producir fallas en las rocas, en el subsuelo, hundimientos de la superficie del terreno, derrumbes, deslizamientos de tierra y avalanchas de lodo. Pueden también reblandecer suelos saturados debido a la vibración reduciendo la capacidad de sustentación de fenómenos que combinados con la ondulación del suelo, pueden producir destrucción y otros daños directos en cualquier parte o componente de los sistemas de alcantarillado sanitario o pluvial.

Tabla 6 Umbrales de Intensidad sísmica para diferentes tipos de deslizamientos

Tipos de Deslizamiento o fallas	Umbral de Intensidad sísmica
Caída o deslizamientos de roca y pequeños deslizamientos de suelo. Deslizamientos repentinos de bloques de suelo; casos aislados	Eventos cercanos de baja magnitud Richter (4 y 4.5) con IMM del Orden de VI
Deslizamientos repentinos de bloques de roca, cantidades masivas de roca; desparramiento lateral.	Eventos relativamente cercanos con magnitudes Richter 5 a 5.5, con IMM de aproximadamente VII o más.
Avalanchas de rocas o suelos. Agrietamientos y roturas en paredes libres de roca sólida.	Magnitudes Richter del orden de 6.5 con IMM de aproximadamente VII o más.
Deslizamientos y desprendimientos importantes de suelos y/o roca, frecuentes en topografías irregulares.	Intensidades IMM grado IX o más.
Deslizamientos masivos de gran extensión; posibles bloqueos en ríos y quebradas.	Intensidad IMM grado X

Mitigación de desastres Naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario

Tabla 7 Tipos de desplazamientos permanentes del terreno debido a Sismos

Tipos de Desplazamiento	Descripción
Fallamiento	Desplazamiento de partes adyacentes de la corteza terrestre, concentrados en zonas de fallas relativamente angostas. Los principales tipos son transcurrentes, normales e inversas.
Licuefacción	Estado temporal de resistencia al corte, muy pequeña o nula, propia de suelos no cohesivos saturados sometidos a acciones vibratorias. Los desplazamientos asociados pueden ser uno o más de los siguientes: Flujos laterales sobre suelos firmes con ángulos menores de 5 grados (desparramamiento lateral) subsidencia o efectos de flotación. Los desplazamientos laterales pueden alcanzar metros, aun en pendientes con inclinaciones tan pequeñas como 0.5 a 1 grado.
Deslizamientos	Movimiento en masa de terrenos en pendiente debido a fuerzas inerciales inducidas por el sismo. Pueden ser desde caídas de roca y deslizamientos de masas superficiales de terreno, hasta traslaciones y rotación de grandes volúmenes de suelo y roca, por fallamiento a profundidad.
Densificación	Reducción de volumen causado por vibraciones que compactan los suelos no cohesivos, secos, o parcialmente saturados.
Levantamiento Tectónico o subsidencia	Cambios de dimensiones o cambios topográficos, asociados a la actividad tectónica, generalmente resulta distribuido en grandes extensiones.

Mitigación de desastres Naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario

4.1.6 Daños Producidos por Sismos

Los movimientos Sísmicos pueden ocasionar múltiples daños en suelos, y en estructuras, se debe tener en cuenta que las estructuras que se encuentran a nivel de suelo sufren daños muy diferentes a las estructuras que se encuentran enterradas o debajo del nivel del suelo.

Las características de los daños esta usualmente relacionada con:

- ✦ La magnitud del sismo y la extensión geográfica que cubre.
- ✦ El diseño antisísmico de las obras, su calidad constructiva, su mantenimiento y estado real a la hora del desastre.
- ✦ La calidad del terreno donde se sitúan las obras y también el de la zona adyacente ya que existe la posibilidad que daños en zonas adyacentes afecten las estructuras si estas en una primera instancia resistieron el sismo.
- ✦ Las estructuras de vertimiento o tuberías de alcantarillado se construyen bajo el nivel del suelo y reaccionan de una manera diferente a un sismo que obras normales que se construyen sobre el nivel del terreno.

Estructuras sobre el Nivel del suelo: En la mayoría de los casos el sismo actúa con fuerzas inerciales sobre este tipo de estructuras, son obras que en su mayor parte están a la vista, por lo que es posible una apreciación visual de los daños casi desde el momento de producirse un sismo. En este conjunto de obras encontramos los canales para control de cauce, tanques amortiguadores, los pozos o estructuras de que se encuentren sobre el nivel del terreno.

Canales en gaviones: Este tipo de estructuras construidas con una malla en acero galvanizado, rellena de cantos de gran tamaño con un recubrimiento en concreto pueden presentar diferentes tipos de daños:

- Perdida superficiales del material de recubrimiento dejando el acero galvanizado en descubierto y bajo la acción oxidante del agua.
- separaciones considerables en las uniones de cada uno de los gaviones provocando deformaciones en el canal afectando la conducción normal del agua.
- colapso total de los muros en gaviones provocando la salida total del cauce de agua.

Tanques semienterrados: la masa determinada por el volumen de agua almacenado puede ser muy grande y por eso, serán también grandes las sollicitaciones producidas por el sismo. Las vibraciones que estas masas de agua producirían resonancias que afectarían la calidad estructural de la construcción, para este tipo de estructuras que son construidas en concreto los daños producidos por un sismo son:

- ❖ Grietas en los muros y pisos o en la zona de encuentro de dichos elementos.
- ❖ Derrumbe o fractura parcial o total de los muros del tanque.
- ❖ Derrumbe o colapso total de la obra, que incluye la fractura de las placas de fondo del tanque.

Pozos de inspección o de almacenamiento y estructuras tipo vortice: Los daños más comunes se encuentran en la llegada y salida de las tuberías, y en las estructuras de apoyo laterales.

- ❖ Daños en las tuberías de llegada y salida al pozo.
- ❖ Grietas en la estructura de apoyo o en la placa de fondo, provocando filtraciones de agua.
- ❖ Desplome o inclinación de la estructura.
- ❖ Colapso total de la obra provocado por la destrucción o caída de los muros laterales y de la placa de fondo.

Estructuras bajo el nivel del suelo o enterradas: En este tipo de estructuras el sismo hace que estas se desplacen junto con el suelo provocando deformaciones más grandes y de mayor poder destructivo. En este tipo de obras incluimos las estructuras que se encuentran bajo el nivel del terreno, como tuberías colectoras, box culvert para pasos sobres vías, pozos enterrados. La apreciación visual

después de ocurrido el evento de sismo es nula y la determinación real de los daños es más laboriosa y lenta.

Tuberías de alcantarillado: las roturas de estas tuberías se presentan por lo general por la destrucción total o parcial de las uniones rígidas, provocando una disminución del cauce transportado ya que las aguas servidas afloran a la superficie, aunque este afloramiento puede ser mas lento y menos visible ya que este tipo de conducciones trabaja a gravedad. Se pueden realizar inspecciones en los pozos para corroborar el caudal visualmente y descartar tramos donde se produzcan fugas.

En la mayoría de los casos se originan daños en las conducciones de agua potable y en las conducciones de alcantarillado lo que produce una suspensión del servicio de acueducto lo que origina que no se produzcan aguas servidas y se puedan realizar inspecciones con mayor facilidad, en las estructuras de vertimiento que poseen tubería enterrada.

Pozos y Box Culvert: Los daños o efectos esperados por acción de un sismo en pozos y estructuras colocadas bajo el nivel del terreno son:

- Movimientos de tierra o desplazamientos del suelo alrededor del pozo o estructura, produciendo presiones dañinas sobre las paredes laterales.
- Colapso o pérdida total de la estructura debido a la aparición de fallas por el eje de la construcción.

4.2 Amenaza por Deslizamiento

4.2.1 Caracterización

Una de las amenazas más importantes del medio tropical andino es la de los deslizamientos de tierra. Los deslizamientos de tierras ocurren de muchas maneras y aún persiste cierto grado de incertidumbre en su predicción, rapidez de ocurrencia, y área afectada. Sin embargo, existen ciertos parámetros que ayudan a identificar y reconocer áreas potenciales de fallas, lo cual permite el tratamiento del talud para así eliminar o reducir a un mínimo el riesgo de falla.

El desarrollo de metodologías para la evaluación del riesgo por deslizamientos, incorporando la complejidad de nuestros suelos, resulta de vital importancia en nuestro medio.

Los movimientos de masas son las amenazas más importantes en las zonas andinas. Los daños a bienes y pérdida de vidas se relacionan aquí con la inestabilidad de las vertientes intervenidas: deslizamientos, derrumbes, flujos, etc. El movimiento de masas ocurre cuando el esfuerzo cortante supera la resistencia al corte del suelo, lo que se da cuando ocurre al menos una de estas situaciones:

- ✦ Al incrementarse el esfuerzo cortante (sismos), se incrementan las fuerzas actuantes.
- ✦ Al caer la resistencia al corte del suelo (saturación) se reduce las fuerzas resistentes del suelo.

El conocimiento de la ocurrencia de deslizamientos en el pasado en el área de interés constituye un buen punto de partida para la detección y evaluación de

potenciales deslizamientos en el futuro. En general, las áreas donde estos fenómenos ya han ocurrido en el pasado son altamente susceptibles a que los mismos se repitan. Entre las fuentes de información para conocer sobre deslizamientos en el pasado, están las reseñadas en deslizamientos publicados en periódicos locales, revistas nacionales e internacionales especializadas en el tema, mapas de zonificación de casos ocurridos de inestabilidad geológica, inventarios de riesgos geológicos entre otros.

4.2.2 Factores que influyen los Deslizamientos de Tierra

Geología, Topografía y estabilidad de la Zona: La geología representa un factor primordial en la estabilidad de un talud y existen muchos factores geológicos que ilustran el potencial del deslizamiento de taludes a nivel regional, la geología controla los aspectos genéricos del relieve y la topografía de un área lo cual permite estimar su susceptibilidad al movimiento.

En general, los deslizamientos pueden ocurrir en cualquier tipo de relieve si las condiciones están dadas. Sin embargo, la experiencia de trabajar y observar distintos tipos de terreno ha demostrado que los deslizamientos son más comunes en ciertos tipos de geografías y menos comunes en otras.

Los mapas de topografía representan una excelente fuente de información para la detección de deslizamientos: Con frecuencia grandes áreas de deslizamiento se pueden identificar en mapas topográficos, mediante el análisis de condiciones particulares.

Pluviosidad: La pluviosidad tiene un efecto primordial en la estabilidad de taludes ya que influencia la forma, incidencia y magnitud de los deslizamientos. En suelos residuales, los cuales generalmente se encuentran saturados, la pluviosidad tiene un efecto muy importante ya que el efecto acumulativo, puede llegar a causar la saturación del terreno activando así un deslizamiento. Cuanto a la pluviosidad hay tres aspectos fundamentales.

- ✦ El ciclo climático sobre un periodo de años, por ejemplo alta precipitación anual vs baja precipitación anual.
- ✦ La acumulación de pluviosidad en un año dado en relación a la acumulación normal.
- ✦ Intensidades de una tormenta dada.

Erosión: La erosión puede ser causada por agentes naturales y humanos. Entre los agentes naturales se puede incluir: el agua de escorrentía, aguas subterráneas, olas, corrientes y viento. La erosión causada por agentes humanos incluye cualquier actividad que permita un incremento de la velocidad del agua, especialmente en taludes sin protección, entre los principales está la tala de árboles, el sobre pastoreo y la presencia de ciertos tipos de vegetación que no permiten mantener el suelo en sitio.

La erosión puede causar la pérdida de soportes de fundación de estructuras, pavimentos, rellenos y otras obras de ingeniería. En terrenos montañosos, la erosión incrementa la incidencia en la inestabilidad de taludes pudiendo resultar en la pérdida de vías u otras estructuras.

Licuefacción debido a sismos: La falla de taludes y licuefacción de suelos constituyen uno de los principales efectos causados por los sismos, que puede afectar de modo desfavorable obras hechas por el hombre generando grandes pérdidas materiales y hasta humanas. La gran mayoría de las fallas de taludes

durante sismos se debe al fenómeno de licuefacción en suelos no-cohesivos. Sin embargo, fallas en suelos cohesivos también han sido observados durante eventos sísmicos.

4.2.3 Tipos de Deslizamientos

Los principales factores que influyen en la clasificación de los deslizamientos son: La forma del movimiento, la forma de la superficie de falla, coherencia de la masa fallada, la causa de la falla, el desplazamiento de la masa, el tipo de material y la tasa de movimiento.

Los tipos de deslizamiento se clasifican en:

Desprendimiento: Son fallas repentinas de taludes verticales o casi verticales en las cuales se produce el desprendimiento de un bloque o múltiples bloques, los cuales descienden en caída libre. El volcamiento de bloques de rocas, generalmente desencadena un desprendimiento.

En suelos, los desprendimientos son causados por socavación debido a la erosión, un incremento de la presión debido a la presencia de agua. En algunos casos los desprendimientos son el resultado de meteorización diferencial. Los desprendimientos o caídas son relevantes en este tipo de sistema debido a que se trata de la caída de un bloque o varios bloques, los cuales pueden ocasionar daños a estructuras o a otros taludes que se encuentren en la parte inferior.

Derrumbes Planares: Los derrumbes planares consisten en el movimiento de uno o más bloques de suelo o roca a lo largo de una superficie de falla plana bien definida. Estos derrumbes pueden ocurrir de una forma lenta o rápida.

Los deslizamientos en bloque pueden ser destructivos. En regiones montañosas los deslizamientos masivos de roca resultan desastrosos especialmente en períodos lluviosos, y en muchos casos no pueden ser prevenidos.

Derrumbes Rotacionales: Los derrumbes rotacionales tienden a ocurrir lentamente, en forma de cuchara, y el material comienza a fallar por rotación a lo largo de una superficie cilíndrica; aparecen grietas en la cresta del área inestable y abombamientos al pie de la masa deslizante. Al finalizar, la masa se ha desplazado sustancialmente dejando un escarpe en la cresta.

La principal causa de este tipo de falla es un incremento en la inclinación del talud, meteorización y fuerzas de filtración. Las consecuencias de este tipo de falla generalmente no son catastróficas, a pesar de que el movimiento puede causar severos daños a estructuras que se encuentren en la masa deslizante o sus alrededores. Cuando se presentan algunos signos tempranos de falla los taludes pueden ser estabilizados.

Desprendimiento Lateral: Las fallas por desprendimiento lateral son una forma de falla planar que ocurre en suelos y rocas. La masa se deforma a lo largo de una superficie plana la cual representa una zona débil, los bloques se separan progresivamente por tensión y retrogradan.

Este tipo de falla es común en valles de ríos y se asocia también a arcillas firmes y duras fisuradas, lutitas y estratos con buzamiento horizontal con una zona continua de debilidad. También se presenta en coluvios con pendientes suaves los cuales se encuentran sobre suelos residuales o rocas

Avalanchas: Las avalanchas son el movimiento rápido de escombros de suelo y roca, el cual puede o no comenzar con la ruptura a lo largo de una superficie de falla, especialmente en presencia de agua.

Toda la vegetación, el suelo y la roca suelta pueden ser arrastrados. Las principales causas de avalanchas son: las altas fuerzas de filtración, alta pluviosidad, derretimiento de nieve, sismos y cadencia gradual de los estratos de roca. Las avalanchas ocurren de manera brusca sin previo aviso y generalmente son impredecibles.

Repteo: El repteo consiste en un lento e imperceptible movimiento o deformación del material de un talud a bajos niveles de esfuerzos, lo cual generalmente sólo afecta a las porciones más superficiales del talud aunque también puede afectar a porciones profundas en aquellos casos donde exista la presencia de un estrato poco resistente. El repteo es el resultado de la acción de fuerzas de filtración o gravitacionales y es un indicativo de condiciones favorables para el deslizamiento.

4.2.4 Efectos Esperados de un Deslizamiento

Dependiendo de la magnitud de los deslizamientos, pueden quedar totalmente enterrados los sistemas y hasta las ciudades. La magnitud del impacto de los deslizamientos depende principalmente del volumen de la masa en movimiento y de la velocidad de la misma, pero también de la extensión de la zona inestable y de la disgregación de la masa en movimiento.

Los deslizamientos más comunes son: la caída de roca desde los escarpes de macizos rocosos muy fracturados, los deslizamientos de tierra en laderas y taludes, los flujos y avalanchas de lodo y escombros, y la reptación de laderas.

Las caídas de rocas, flujo y avalanchas afectan solamente a las obras dispuestas en la superficie, mientras que los deslizamientos afectan también los elementos enterrados. Los mas peligrosos son los fenómenos de aparición repentina y

movimiento con alta velocidades. Los deslizamientos generalmente presentan signos precursores grietas u ondulaciones del terreno y pueden ser de aparición repentina o lenta con velocidades muy grandes o pequeñas. La reptación involucra solamente la parte muy superficial de los suelos y es muy lenta.

El principal daño ocasionado por los deslizamientos en las estructuras de vertimiento esta relacionado con el arrastre y destrucción de tramos de tuberías, canales de conducción, obras de control de cauce, estructuras de disipación, ubicadas sobre o en el trayecto de los deslizamientos, flujos y avalanchas. Las infiltraciones de agua a través de fisuras en los componentes de las estructuras ocasionan una aceleración de los deslizamientos. Los daños a las estructuras pueden ser puntuales cuando ocurren deslizamientos localizados o restringidos a un talud o ladera, o de gran magnitud donde las estructuras son arrasadas completamente en el caso de deslizamientos provocados por sismos o lluvias de gran intensidad en zonas montañosas o en zonas planas con terrenos licuables o expansivos. En las zonas escarpadas se pueden presentar destrucciones u obstrucciones de los componentes de las estructuras que no se encuentren enterrados debido a la caída de rocas.

Las tuberías o canales ubicados hacia el pie de los deslizamientos rotacionales son desplazadas y levantadas de su posición original, mientras que las situadas hacia la corona perderán los terrenos de apoyo por el desplazamiento de los mismos. En estos deslizamientos las tuberías ubicadas hacia el pie, están sujetas a compresión y las ubicadas hacia la corona a tensión. Las tuberías flexibles tienen un mejor comportamiento en estas situaciones, pero su parte vulnerable son las uniones.

4.3 Amenazas Antropicas

Este tipo de amenazas son muy comunes en nuestro país y puede provocar un daño igual o mayor que un desastre de origen natural, son en su origen causadas por el ser humano o están relacionadas con la tecnología, tienen una característica similar entre ellas y es que tienen una gran factibilidad de ocurrencia por eventos provocados intencionalmente o accidentalmente.

Entre las acciones más comunes que generan este tipo de amenazas, encontramos el terrorismo, el conflicto armado, los accidentes industriales, la falla de Estructuras por diseños equivocados, etc.

4.3.1 Eventos Tecnológicos

Pertenecen a este grupo las amenazas que se producen por falta de mantenimiento, errores en el diseño, fatiga de los materiales, la amenaza se ve reflejada cuando se desencadenan efectos producidos por estos eventos.

Un ejemplo claro puede ser la rotura de una tubería de alcantarillado por fatiga de los materiales, esto conllevaría a que las aguas servidas saturen el material de los taludes y provoquen deslizamientos de tierra.

4.3.2 Eventos Contaminantes

Este tipo de eventos es producido por la acción de agentes contaminantes o tóxicos que actúan sobre los efluentes de agua, se debe también la falta de control

de las entidades encargadas de manejar los procesos que tienen que ver con desechos industriales.

4.3.3 Eventos Antropogénicos

En este grupo podemos clasificar los eventos provocados por acción del hombre de manera accidental o intencional con un fin específico, los ataques terroristas o daños en la infraestructura de las líneas vitales son un claro ejemplo de este tipo de eventos.

5. EVALUACIÓN DE LA AMENAZA SISMICA

La metodología presentada para evaluar la amenaza sísmica se basa principalmente en la metodología desarrollada en las Guías para el análisis de vulnerabilidad “Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario” de la Organización Panamericana de la Salud, (OPS, 1998), fundamentada en el caso del terremoto de Limón, Costa Rica en 1991.

El procedimiento desarrollado en este proyecto consiste en analizar dos aspectos fundamentales que son:

- ✦ Evaluación de la amenaza sísmica (Factores de amenaza por perfil del suelo, por licuefacción potencial, y por deformación permanente del suelo).
- ✦ Estimación de la vulnerabilidad., que consiste en realizar una cuantificación de la vulnerabilidad y estimar el numero esperado de daños, en las tuberías y el daño que tendría una estructura por efecto de un eventos sísmico anteriormente establecido.

5.1 Estimación de la Amenaza Sísmica

Para realizar un análisis de la vulnerabilidad sísmica más completo se incluyo también el análisis general de los colectores de alcantarillado principales que se encuentran sobre la meseta de Bucaramanga y que vierten sus aguas a las Estructuras de Vertimiento.

A continuación se enumeran los pasos a seguir para realizar la evaluación sísmica, siguiendo el método aproximado para la estimación de daños en tuberías como consecuencia de sismos intensos, esta metodología es la propuesta Por las: “Guías para el Análisis de Vulnerabilidad” aunque se presentan algunos cambios para la región que estamos analizando, estos no son significativos ni representativos y no cambian la esencia de la metodología.

Paso 1: Asignar un factor de amenaza por tipo de perfil de suelo (FTPS) como se indica.

Tabla 8 Factor de amenaza por tipo de perfil de suelo (FTPS)

Denominación	Descripción	FTPS
Rocoso	Estratos rocosos o suelos muy consolidados con velocidades de propagación de ondas de corte en exceso a 750 m/seg.	1.0
Firme	Estratos de suelos bien consolidado, o blandos con espesor menor a 5 metros.	1.5
Blando	Estratos de suelos blandos con espesores en exceso de 10 metros	2.0

Mitigación de desastres Naturales en sistemas de agua potable y Alcantarillado Sanitario

Paso 2: Asignar un factor de amenaza por licuefacción potencial del suelo (FLPS) como se indica.

Tabla 9 Factor de amenaza por licuefacción potencial (FLPS)

Denominación	Descripción	FLPS
Baja	Suelos bien consolidados con alta capacidad de drenaje, estratos subyacentes sin contenido de arenas apreciables.	1.0
Moderada	Suelos con moderada capacidad de drenaje, estratos subyacentes con contenido de arenas moderado.	1.5
Alta	Suelos mal drenados, niveles freáticos altos, estratos subyacentes con alto contenido de arenas, zonas deltaicas, ríos y depósitos aluviales.	2.0

Mitigación de desastres Naturales en sistemas de agua potable y Alcantarillado Sanitario

Paso 3: Asignar un factor de amenaza por deformación permanente del suelo (FDPS) como se indica.

Tabla 10 Factor de amenaza por deformación permanente del suelo FDPS

Denominación	Descripción	FDPS
Baja	Suelos bien consolidados, terrenos con pendientes bajas, rellenos bien compactados, áreas alejadas de cauces de ríos o fallas geológicas.	1.0
Moderada	Suelos consolidados terrenos con pendientes menores al 25% rellenos compactados, áreas cercanas a cruces de ríos o fallas geológicas.	1.5
Alta	Suelos mal consolidados, terrenos con pendientes superiores al 25% áreas ubicadas muy cerca o dentro de cauces de ríos o fallas geológicas.	2.0

Mitigación de desastres Naturales en sistemas de agua potable y Alcantarillado Sanitario

Paso 4: El factor de amenaza sísmica (FAS) del área se caracteriza por el producto:

$$FAS = FTPS \times FLPS \times FDPS$$

Paso 5: Definir la amenaza sísmica para la zona de estudio o región.

Si el FAS (Factor de Amenaza Sísmica) es menor que 2 se puede decir que la amenaza es Baja, si esta entre 2 y 4 es Media, y si este es mayor que 4 es alta.

5.1.1 Amenaza Sísmica para Colectores Principales

La totalidad de los colectores que se encuentran sobre la meseta de Bucaramanga, se encuentran ubicados en dos zonas de modelación

sismogeotécnica que corresponden a la zona 2 (Suelo Rígido) y a la zona 3 (Llenos). A continuación se obtendrá la amenaza sísmica para los colectores ubicados en cada una de las zonas. (Ver PLANO 5)

Amenaza Sísmica para Colectores Presentes en la Zona 2

La zona 2 (suelo Rígido) que está caracterizada principalmente por el miembro Limos Rojos (Qblr) de la Formación Bucaramanga, esta zona no presenta limitaciones geotécnicas para destacar, los estratos de suelo presentan una buena consolidación y su capacidad de drenaje es moderada o alta. El detalle de los valores de amenaza sísmica para esta zona se encuentra en la Tabla 11.

Tabla 11 Evaluación de la Amenaza Sísmica Para Colectores presentes en la Zona 2

<i>TIPO DE AMENAZA</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>		<i>FACTOR DE AMENAZA</i>	
<i>Tipo de Perfil de Suelo</i>	Estratos de suelos bien consolidado, o blandos con espesor menor a 5 metros. (Qblr) (Qbg)	Suelo Firme	1.5	
<i>Licuefacción Potencial</i>	Suelos con moderada capacidad de drenaje, estratos subyacentes con contenido de arenas moderado. (Qblr) (Qbg).	Licuefacción Moderada	1.5	
<i>Deformación Permanente del Suelo</i>	Suelos bien consolidados, terrenos con pendientes bajas, rellenos bien compactados, áreas alejadas de cauces de ríos o fallas geológicas.	Deformación permanente del suelo Baja	1	
<i>Factor de Amenaza Sísmica (FAS)</i>			<i>2.25</i>	<i>MEDIA</i>

Amenaza Sísmica para colectores Presentes en la Zona 3

La Zona de Llenos incluye las áreas de rellenos sueltos y basuras, el material por el que esta conformado principalmente esta zona es: material de basuras, desechos de construcción y material proveniente de excavaciones que se encuentra muy heterogéneo y no presenta ningún tipo de compactación.

Tabla 12 Rellenos donde se ubican Colectores Principales

RELLENO	LOCALIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Quebrada Seca	El relleno cubre la totalidad del antiguo cauce de la Quebrada Seca desde la salida a Cúcuta dentro de las instalaciones de la Quinta Brigada del Ejército incluyendo un ramal hacia el hospital Ramón González Valencia y la UCC. Tiene un ancho aproximado de 100 metros y una profundidad variable de 10 a 30 metros.	Relleno de basuras desde la carrera 15 hasta la cra 27, relleno de suelos no compactados desde la cra 9 a la carrera 15 y desde la cra 27 a la cra 32B.
Quebrada la Rosita	El relleno cubre el cauce de la quebrada La Rosita desde la carrera 32 hasta la carrera 15 incluyendo la plaza de mercado Guarín. Tiene un ancho aproximado de 80 metros y profundidad variable de 10 a 30 metros.	Relleno de suelos no compactados con excepción del paso de la diagonal 15, el cual es un relleno compactado técnicamente.
Quebrada La Flora - La Iglesia	Cubre una longitud importante del cauce de las quebradas La Flora y La Iglesia y los taludes junto al barrio Diamante II. Incluye áreas importantes de los barrios Las Terrazas y La Floresta, el ancho es variable entre 100 y 200 metros y la profundidad entre 8 y 25 metros.	Relleno heterogéneo de suelos sin compactar y residuos de construcción.
Quebrada el Loro	Cubre la totalidad del cauce de la quebrada El Loro desde su nacimiento en el barrio Antiguo Campestre hasta el barrio La Ceiba, ancho variable de 40 a 100 metros y profundidad variable de 8 a 25 metros.	Relleno heterogéneo de suelos sin compactar y residuos de construcción.

Apartes Extraídos de Estudio de Zonificación Sismogeotecnica de Bucaramanga

Los colectores principales ubicados sobre la zona (Llenos), presentan una amenaza sísmica alta, en la tabla 13 detallamos los valores de factor de amenaza para cada uno de los tipos de amenaza.

Tabla 13 Evaluación de la Amenaza Sísmica para Colectores Presentes en la Zona de Llenos

TIPO DE AMENAZA	DESCRIPCIÓN		FACTOR DE AMENAZA	
Tipo de Perfil de Suelo	Estratos de suelos blandos con espesores en exceso de 10 metros	Suelo Blando	2	
Licuefacción Potencial	Suelos con moderada capacidad de drenaje, estratos subyacentes con contenido de arenas moderado.	Licuefacción moderada	1.5	
Deformación Permanente del Suelo	Suelos mal consolidados, terrenos con pendientes superiores al 25% áreas ubicadas muy cerca o dentro de cauces de ríos o fallas geológicas	Deformación Permanente del Suelo Alta	2	
Factor de Amenaza Sísmica (FAS)			6	ALTA

5.1.2 Amenaza Sísmica a las Estructuras de Vertimiento

Después de calcular la longitud total de las estructuras de vertimiento encontramos que el valor aproximado se acerca a 3725 metros de longitud, así encontramos que existen 2145 metros ubicados en la zona 1 que corresponde a la zona sismogeotécnica de depósitos de roca, también encontramos que 1443 metros de longitud de estructura se encuentran en la zona 2 que corresponde a la zona Sismogeotécnica de suelo rígido, que a su vez esta en el abanico aluvial de Bucaramanga, el resto de la longitud de estructuras se encuentra ubicado en la

zona de ronda de río, y tan solo 5 metros de una estructura se posan sobre zona de Coluvión. (Ver PLANO 5).

En conclusión el 57.6% de la longitud total de estructura se encuentra sobre la zona 1, y el 38.7% se encuentra sobre la zona 2, el restante 3.7% se ubica sobre las dos zonas que corresponde a Ronda de Río y Coluvión.

En la Tabla 14 se encuentra detallado la longitud de cada una de las estructuras y su ubicación sobre las zonas sismogeotécnicas.

Realizaremos la cuantificación de la amenaza sísmica para cada una de las zonas, (Ver PLANO 5) independientemente de cuanta cantidad de estructura albergan.

Tabla 14 Detalle Longitudes de Estructuras de Vertimiento en cada una de las Zonas Sismogeotécnicas

Estructura de Vertimiento	Tipo	Longitud Total (m)	Zona 1 (Roca) (m)	Zona 2 (Suelo rígido) (m)	Ronda de Río (m)	Coluvión (m)
El Caney	Escalonada	268	260	8		
La sexta	Rapida-Escalonada	300	294	6		
Barrio Gaitan	Rapida-Escalonada	225	177	48		
Barrio Nariño	Rapida-Escalonada	230	167	63		
Cosagras	Tanques disipadores	177	0	177		
Barrio Santander	Escalonado-Disipador	343	216	127		
La Joya III	Escalonada	122	117	5		
La Joya I	Escalonada	125	118	7		
Gomez Niño	Escalonada	114	0	114		
San Miguel I	Vortice	100	0	100		
San Miguel II	Vortice	164	93	71		
Ciudadela	Rapida Lisa	155	155	0		
Barrio Mutis	Rapida Rugosa-Escalonada	282	166	116		
Presentación	Vortice	73	24	15	34	
Puerta del Sol	Escalonada	87	28	10	49	
La Salle	Canal	255	84	128	43	
Barrio La Victoria	Escalonada	253	87	160	6	
Calle 61	Escalonada-Tanque USBR	127	0	127	0	
Barrio Bucaramanga	Escalonada-Vortice	206	100	106		
La Guacamaya	Rap Lis Tanque Amortiguador	119	59	55		5

Amenaza Sísmica para las Estructuras Ubicadas sobre la Zona 1

La zona 1 tiene una respuesta espectral similar a las de roca pura, esta zona de respuesta sismogeotécnica esta conformada por un conjunto de zonas geotécnicas previamente establecidas, encontramos que en solo una zona geotécnica se ubican las Estructuras de este grupo, esta zona es denominada Miembros Órganos Afectados por procesos erosivos que corresponde a Miembros Órganos (Qbo) y Miembros Finos (Qbf) de la Formación Bucaramanga,

Tabla 15 Evaluación de la Amenaza sísmica para Estructuras Ubicadas en Zona 1

TIPO DE AMENAZA	DESCRIPCIÓN		FACTOR DE AMENAZA	
Tipo de Perfil de Suelo	Estratos de suelos bien consolidado, o blandos con espesor menor a 5 metros.	Suelo Firme	1.5	
Licuefacción Potencial	Suelos con moderada capacidad de drenaje, estratos subyacentes con contenido de arenas moderado.	Licuefacción Moderada	1.5	
Deformación Permanente del Suelo	Suelos consolidados terrenos con pendientes menores al 25% rellenos compactados, áreas cercanas a cruces de ríos o fallas geológicas.	Deformación Permanente del Suelo Moderada	1.5	
Factor de Amenaza Sísmica (FAS)			3.375	MEDIA

Amenaza sísmica para Estructuras Ubicadas sobre Zona 2

En el caso de las Estructuras de Vertimiento que se ubican sobre la zona 2 estas se ubican sobre la zona geotécnica denominada “Escarpes de la Meseta de Bucaramanga”, que esta conformada por Miembros limos rojos de la formación Bucaramanga (Qblr) y Miembros Gravoso de la formación Bucaramanga (Qbg).

La morfología de los escarpes hace que esta zona tenga una alta susceptibilidad al agrietamiento cosísmico por falta de resistencia a la tensión.

Tabla 16 Evaluación de la Amenaza Sísmica para Estructuras Ubicadas en la Zona 2

TIPO DE AMENAZA	DESCRIPCIÓN		FACTOR DE AMENAZA	
Tipo de Perfil de Suelo	Estratos de suelos bien consolidado, o blandos con espesor menor a 5 metros. (Qblr) (Qbg)	Suelo Firme	1.5	
Licuefacción Potencial	Suelos con moderada capacidad de drenaje, estratos subyacentes con contenido de arenas moderado. (Qblr) (Qbg).	Licuefacción Moderada	1.5	
Deformación Permanente del Suelo	Suelos mal consolidados, terrenos con pendientes superiores al 25% áreas ubicadas muy cerca o dentro de cauces de ríos o fallas geológicas.	Deformación Permanente del Suelo Alta	2	
Factor de Amenaza Sísmica (FAS)			4.5	ALTA

Las E-V que se posan sobre la zona 2 tienen como diferencia a los colectores de la zona 2 que estos se posan sobre limos rojos del abanico aluvial de Bucaramanga y estas estructuras lo hacen también sobre otras zonas geotécnicas que aunque poseen la misma respuesta espectral no poseen la misma resistencia a la deformación del suelo.

Amenaza Sísmica para Estructura ubicadas en Zona de Ronda de Río

La totalidad de la longitud de estructura que se ubica sobre esta zona comprende las entregas de las estructuras de Vertimiento hacia las vertientes o quebradas que reciben las aguas.

Sobre esta zona no se realizo ningún espectro de respuesta, por esta razón no se tiene información de cómo seria el comportamiento de esta zona hacia un evento sísmico.

Esta región comprende la zona geotécnica denominada, “Valles aluviales de los Ríos afectados por procesos de erosión”. En esta zona se incluyen los valles aluviales de Río de Oro y Río Frío, y las quebradas que desembocan en estos ríos y que están directamente afectadas por procesos de erosión.

Tabla 17 Evaluación de la Amenaza Sísmica para Estructuras Ubicadas en Ronda de Río

TIPO DE AMENAZA	DESCRIPCIÓN		FACTOR DE AMENAZA
Tipo de Perfil de Suelo	Estratos de suelos blandos con espesores en exceso de 10 metros	Suelo Blando	2
Licuefacción Potencial	Suelos mal drenados, niveles freáticos altos, estratos subyacentes con alto contenido de arenas, zonas deltaicas, ríos y depósitos aluviales.	Licuefacción Potencial Alta	2
Deformación Permanente del Suelo	Suelos mal consolidados, terrenos con pendientes superiores al 25% áreas ubicadas muy cerca o dentro de cauces de ríos o fallas geológicas.	Deformación permanente del Suelo Alta	2
Factor de Amenaza Sísmica (FAS)			8 ALTA

Amenaza Sísmica para Estructura ubicada sobre la zona de Coluvión

Tan solo existe una estructura de Vertimiento que se posa sobre esta zona y es la entrega de la estructura la Guacamaya, esta zona se incluyen las áreas de depósitos coluviales sobre la pendiente de las laderas, existen gran cantidad de coluviones sobre el escarpe occidental de la meseta, y en las laderas laterales de

los valles aluviales de las quebradas. Litológicamente corresponde esta zona a depósitos de Coluvión (QI).

La mayoría de los coluviones presentes en el área metropolitana presentan niveles freáticos poco profundos, lo que ocasiona que se generen saturaciones que al momento de un evento sísmico puede ocasionar el colapso de cualquier estructura debido a deslizamientos de tierra allí presente.

Tabla 18 Evaluación de la Amenaza Sísmica para Estructuras Ubicadas en Zona de Coluvión

TIPO DE AMENAZA	DESCRIPCIÓN		FACTOR DE AMENAZA
Tipo de Perfil de Suelo	Estratos de suelos blandos con espesores en exceso de 10 metros	Suelo Blando	2
Licuefacción Potencial	Suelos mal drenados, niveles freáticos altos, estratos subyacentes con alto contenido de arenas, zonas deltaicas, ríos y depósitos aluviales.	Licuefacción Potencial Alta	2
Deformación Permanente del Suelo	Suelos mal consolidados, terrenos con pendientes superiores al 25% áreas ubicadas muy cerca o dentro de cauces de ríos o fallas geológicas.	Deformación permanente del Suelo Alta	2
Factor de Amenaza Sísmica (FAS)			8 ALTA

Después de calcular la amenaza sísmica tanto de los colectores principales como de las estructuras de Vertimiento encontramos que para los colectores existe una amenaza sísmica media para los ubicados sobre la zona 2 y una amenaza sísmica alta para los ubicados sobre la zona 3 que corresponde a los rellenos. Y para las estructuras de Vertimiento existe una amenaza sísmica media para la zona 1 y para el resto de zonas una amenaza sísmica alta.

5.2 Cuantificación de la Vulnerabilidad Sísmica

Para evaluar la vulnerabilidad decidimos relacionarla directamente con el número de daños que tendría por efecto de un sismo, teniendo en cuenta, la amenaza sísmica presente en cada una de las zonas.

Debido a que existen dos escenarios sísmicos previamente establecidos y estos nos indican que se pueden determinar los efectos que produciría un sismo con intensidades de Mercalli que pueden ir desde VII hasta XI.

5.2.1 Estimación de daños para los Colectores Principales

Para obtener el daño presente en los colectores principales, se siguen los pasos que a continuación detallaremos, estos pasos hacen parte de las guías para el análisis de Vulnerabilidad propuesto por la OPS.

Paso 1: Estimación de la Vulnerabilidad: Se selecciona el Índice Básico de Daño (IBD) para tuberías en hierro Fundido, se toma este material como referencia para los demás tipos de material, los valores son extraídos de Mitigación de desastres Naturales en sistemas de agua potable y Alcantarillado Sanitario.

Tabla 19 Índice Básico de Daño para una Intensidad de Mercalli dada

Intensidad de Mercalli	Índice Básico de Daño (IBD)		
	FAS = Baja	FAS = Media	FAS = Alta
VI	0.0015	0.00575	0.01
VII	0.015	0.0525	0.09
VIII	0.15	0.35	0.55
IX	0.35	2.175	4
X	0.75	15.375	30
XI	1.1	30.55	60

El IBD se puede incrementar en un 50% si el tramo de tubería presenta una edad mayor que la de su vida útil, o presenta un deterioro avanzado, y puede incrementarse en un 25% si su estado es regular, pero no ha sobrepasado su vida útil.

Paso 2: Se debe identificar el tipo de material del que se componen los tramos de colectores y debe asignársele un factor de corrección por tipo de material.

Tabla 20 Factor de Corrección para material de Tubería

Material	FCM
Acero Dúctil (AD)	0.25
Hierro Fundido (HF)	1.00
Cloruro de Polivinilo (PVC)	1.50
Asbesto Cemento (AC)	2.60
Concreto Reforzado (CR)	2.60

Paso 3: Para cuantificar el número esperado de daños por tramo de colector se utiliza la siguiente ecuación.

$$\#DAÑOS\ TRAMO = Longitud\ Tramo\ (Km) \times IBD \times FCM$$

Los Colectores principales fueron construidos paralelamente con el desarrollo urbanístico de la meseta, después de reposiciones echas en años posteriores la totalidad de estos colectores se encuentra en materiales de Asbesto Cemento y Concreto reforzado y las edades todavía no sobrepasan su vida útil.

Se estiman el número esperado de daños para cada uno de los colectores.

Tabla 21 Número esperado de daños para el Colector de Calle Novena

<i>Colector</i>	<i>Intensidad del Sismo</i>	<i>Long Km</i>	<i>IBD</i>	<i>Factor de Corrección por vida útil</i>	<i>FCM</i>	<i># de Daños por Tramo</i>
Calle 9ª (zona 2)	VII	2.42	0.053	1.25	2.60	0.41
	VIII		0.350	1.25	2.60	2.75
	IX		2.175	1.25	2.60	17.11
	X		15.375	1.25	2.60	120.92
	XI		30.55	1.25	2.60	240.28

Tabla 22 Número esperado de daños para el Colector de calle 22

<i>Colector</i>	<i>Intensidad del Sismo</i>	<i>Long Km</i>	<i>IBD</i>	<i>Factor de Corrección por vida útil</i>	<i>FCM</i>	<i># de Daños por Tramo</i>
Calle 22 (zona 2)	VII	3.32	0.053	1.25	2.60	0.57
	VIII		0.350	1.25	2.60	4
	IX		2.175	1.25	2.60	23
	X		15.375	1.25	2.60	166
	XI		30.55	1.25	2.60	330

Tabla 23 Número esperado de daños para el Colector Ciudadela

<i>Colector</i>	<i>Intensidad del Sismo</i>	<i>Long Km</i>	<i>IBD</i>	<i>Factor de Corrección por vida útil</i>	<i>FCM</i>	<i># de Daños por Tramo</i>
Ciudadela (Zona 2)	VII	1.34	0.053	1.25	2.60	0.23
	VIII		0.350	1.25	2.60	2
	IX		2.175	1.25	2.60	9
	X		15.375	1.25	2.60	67
	XI		30.55	1.25	2.60	133

Tabla 24 Número esperado de daños para el Colector Calle 45

<i>Colector</i>	<i>Intensidad del Sismo</i>	<i>Long Km</i>	<i>IBD</i>	<i>Factor de Corrección por vida útil</i>	<i>FCM</i>	<i># de Daños por Tramo</i>
<i>Calle 45 (Zona 2)</i>	VII	1.73	0.053	1.25	2.60	0.30
	VIII		0.350	1.25	2.60	2
	IX		2.175	1.25	2.60	12
	X		15.375	1.25	2.60	86
	XI		30.55	1.25	2.60	172

Tabla 25 Número esperado de daños para el Colector La Rosita

<i>Colector</i>	<i>Intensidad del Sismo</i>	<i>Long Km</i>	<i>IBD</i>	<i>Factor de Corrección por vida útil</i>	<i>FCM</i>	<i># de Daños por Tramo</i>
<i>La Rosita (Zona 3)</i>	VII	2.48	0.090	1.25	2.60	0.73
	VIII		0.55	1.25	2.60	4
	IX		4	1.25	2.60	32
	X		30	1.25	2.60	242
	XI		60	1.25	2.60	484

Tabla 26 Número esperado de daños para el Colector La Calle 53

<i>Colector</i>	<i>Intensidad del Sismo</i>	<i>Long Km</i>	<i>IBD</i>	<i>Factor de Corrección por vida útil</i>	<i>FCM</i>	<i># de Daños por Tramo</i>
<i>Calle 53 (Zona 3)</i>	VII	1.25	0.090	1.25	2.60	0.37
	VIII		0.55	1.25	2.60	2
	IX		4	1.25	2.60	16
	X		30	1.25	2.60	122
	XI		60	1.25	2.60	244

Podemos observar que para sismos con intensidades de Mercalli de VII es decir magnitudes que van desde los 5.5 hasta los 6.1 en la escala de Richter, los daños pueden ser nulos o despreciables.

5.2.2 Estimación de Vulnerabilidad para las Estructuras de Vertimiento

Esta estimación se puede basar en la evaluación de algunos parámetros básicos, la evaluación se hace con una metodología subjetiva ya que la información de cada estructura no permite realizar un análisis mas profundo.

En cada una de las estructuras los factores principales son los que corresponden al aspecto estructural y al aspecto de cimentación de dicha estructura.

Los parámetros más importantes para la evaluación estructural corresponden al tipo de Estructura, al material del que esta echa, y al año de su construcción. A su vez los parámetros más importantes para la evaluación de la cimentación son: el tipo de suelo, potencial de licuefacción, y la estabilidad de los taludes adyacentes.

Para la evaluación de parámetros como: Material Constructivo, Año de Construcción, Tipo de estructura, se utilizaron las visitas realizadas a cada una de las estructuras y los planos e información recopilada.

Para evaluar los parámetros: Tipo de Suelo y potencial de licuefacción se utilizo la información obtenida de la amenaza sísmica de cada una de las zonas realizada con anterioridad en este mismo capitulo.

Cada una de las condiciones fue evaluada de forma similar dando un valor entre 1 y 5 a cada una de las ponderaciones siendo el valor mas bajo el que presente menor susceptibilidad a sufrir daño sísmico y un valor mas alto al de mayor susceptibilidad de sufrir daño sísmico. Los dos factores el Estructural y el de Cimentación tienen el mismo valor.

Para obtener el valor para cada factor se realiza un promedio con cada uno de los valores dados para cada calificativo ya que cada factor posee tres calificativos.

Tabla 27 Cuantificación de los Parámetros de Evaluación

FACTOR	PARÁMETRO	CALIFICATIVO	VALOR
Factor Estructural	Material Constructivo	Concreto	2
		Mampostería	5
	Año de Construcción	Después de 1984	2
		Antes de 1984	5
	Tipo de Estructura	Tanques Escalonados	2
		Pozos tipo Vortice	3
		Canal en Rápida, Tubería	4
		Canales en Gaviones	5
Factor de Cimentación	Tipo de Suelo	Zona 1 (Roca)	2
		Zona 2 (Suelo Rígido)	3
		Ronda de Río	4
		Coluvión	5
	Potencial de Licuefacción	Bajo	2
		Medio	3
		Alto	5
	Estabilidad de Taludes	Alta	2
		Media	3
		Baja	5

Tabla 28 Siglas Utilizadas

SIGLA	NOMBRE
FVSE	Factor de Vulnerabilidad Sísmica de la Estructura
FE	Factor Estructural
Mc	Material Constructivo
Ac	Año de Construcción
Te	Tipo de Estructura
FC	Factor de Cimentación
Ts	Tipo de Suelo
PI	Potencial de Licuefacción
Et	Estabilidad de Taludes

$$FE = \frac{(Mc) + (Ac) + (Te)}{3}$$

$$FC = \frac{(Ts) + (Pl) + (Et)}{3}$$

La multiplicación de los valores de cada factor da el grado de susceptibilidad o vulnerabilidad de cada una de las estructuras al sismo.

$$FVSE = (FE) \times (FC)$$

Es así como valores de FVSE que se encuentren menores de 6 son considerados que poseen una vulnerabilidad baja, los que se encuentren entre 6 y 12 una vulnerabilidad media y los que se sean mayores de 12 están en una vulnerabilidad alta.

Tabla 29 Longitud total y porcentaje de Estructura sobre cada una de las Zonas

Estructura de Vertimiento	Tipo	Longitud (m)	% en Zona 1	% en Zona 2	% en Ronda de Río	% en Coluvion
El Caney	Escalonada	268	96.8	3.2		
La sexta	Rapida-Escalonada	300	98.0	2.0		
Barrio Gaitan	Rapida-Escalonada	225	78.7	21.3		
Barrio Nariño	Rapida-Escalonada	230	72.6	27.4		
Cosagras	Tanques disipadores	177		100		
Barrio Santander	Escalonado-Disipador	343	63.0	37.0		
La Joya III	Escalonada	122	95.9	4.1		
La Joya I	Escalonada	125	94.4	5.6		
Gomez Niño	Escalonada	114		100		
San Miguel I	Vortice	100		100		
San Miguel II	Vortice	164	56.7	43.3		
Ciudadela	Rapida Lisa	155	100			
Barrio Mutis	Rapida Rugosa-Escalonada	282	58.9	41.1		
Presentación	Vortice	73	32.9	20.5	46.6	
Puerta del Sol	Escalonada	87	32.2	11.5	56.3	
La Salle	Canal	255	32.9	50.2	16.9	
Barrio La Victoria	Escalonada	253	34.4	63.2	2.4	
Calle 61	Escalonada-Tanque USBR	127		100		
Barrio Bucaramanga	Escalonada-Vortice	206	48.5	51.5		
La Guacamaya	Rap Lis Tanque Amortiguador	119	49.6	46.2		4.2

Como gran cantidad de las Estructuras de Vertimiento se encuentran ubicadas sobre 2 o más zonas sismogeotécnicas, se escogen la de mayor puntaje de vulnerabilidad, debido a que una estructura pierde total funcionamiento si falla en cualquiera de sus componentes, por esta razón se deben tener en cuenta la mas mínima longitud ubicada sobre cada una de las zonas, el porcentaje de estructura presente en cada una de las zonas se presentan el la tabla 29.

En la Tabla 30 se detalla el tipo de estructura, el año constructivo y el tipo de material con el que están elaboradas las estructuras, estos datos fueron obtenidos de los planos y de las visitas realizadas. (Ver PLANO 5).

Tabla 30 Estructuras de Vertimiento Tipo, Edad, Material Constructivo

Estructura de Vertimiento	Entrega a Quebrada	Tipo de Estructura	Tipo de Material	Año de Construcción
El Caney	El Caney	Escalonada	Concreto	1973-1975
La sexta	Chapinero	Rapida-Escalonada	Concreto	1980
Barrio Gaitan	Dos Aguas	Rapida-Escalonada	Concreto	1970
Barrio Nariño	La Argelia	Rapida-Escalonada	Concreto	1970
Cosagras	Chapinero	Tanques disipadores	Concreto	1970
Barrio Santander	Seca	Escalonado-Disipador	Mamposteria	1974
La Joya III	La Joya	Escalonada	Mamposteria	1980
La Joya I	La Joya	Escalonada	Mamposteria	1970
Gomez Niño	Loro	Escalonada	Concreto	1970
San Miguel I	Loro	Vortice	Concreto	1970
San Miguel II	Loro	Vortice	Concreto	1970
Ciudadela	La Rosita	Rapida Lisa	Concreto	1970
Barrio Mutis	La Rosita	Rapida Rugosa-Escalonada	Concreto	1980
Presentación	La Flora	Vortice	Concreto	1974
Puerta del Sol	La Flora	Escalonada	Mamposteria	1971
La Salle	La iglesia	Canal	Concreto	1980
Barrio La Victoria	La Iglesia	Escalonada	Concreto	1980
Calle 61	Guacamaya	Escalonada-Tanque USBR	Concreto	1969-1970
Barrio Bucaramanga	La Iglesia	Escalonada-Vortice	Concreto	1975
La Guacamaya	Guacamaya	Rapida Lisa Tanque USBR	Concreto	1981

5.2.2.1 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento El Caney

Tabla 31 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V El Caney

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Tanques Escalonados	2
Factor de Cimentación	2.6	Tipo de Suelo	Zona 2	3
		Potencial de Licuefacción	Bajo	2
		Estabilidad de Taludes	Media	3
FVSE	8	MEDIA		

La estructura de Vertimiento el Caney tiene una longitud de 268 metros aproximadamente, de los cuales 260 se encuentran en la zona 1 y 8 metros de estructura se encuentran en la zona 2, estos corresponden a la zona de entrega a la quebrada.

5.2.2.2 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Calle Sexta

Tabla 32 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V Calle Sexta

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Tanques Escalonados	2
Factor de Cimentación	3.3	Tipo de Suelo	Zona 2	3
		Potencial de Licuefacción	Bajo	2
		Estabilidad de Taludes	Baja	5
FVSE	10	MEDIA		

Los taludes adyacentes en la parte inicial de la estructura no se encuentran estabilizados, y en el momento de un sismo pueden presentar problemas de deslizamientos y es una zona de erosión plenamente identificada.

5.2.2.3 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Barrio Gaitan

Tabla 33 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V Barrio Gaitan

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Tanques Escalonados	2
Factor de Cimentación	3	Tipo de Suelo	Zona 2	3
		Potencial de Licuefacción	Medio	3
		Estabilidad de Taludes	Media	3
FVSE	9	MEDIA		

Casi el 80% de la estructura se ubica sobre la zona 1 y el 20% sobre la zona 2 lo que la hace más vulnerable.

5.2.2.4 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Barrio Nariño

Aunque posee un Vulnerabilidad media, esta podría aumentarse si no se controla la utilización de las placas superiores de la estructura escalonada por parte de los habitantes del barrio Nariño, esto podría causarles deterioro rápidamente, este problema se tocara con mas detalle en el capítulo de evaluación de amenazas antropicas.

Tabla 34 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V Barrio Nariño

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Tanques Escalonados	2
Factor de Cimentación	3	Tipo de Suelo	Zona 2	3
		Potencial de Licuefacción	Medio	3
		Estabilidad de Taludes	Media	3
FVSE	9	MEDIA		

5.2.2.5 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Cosagras

Tabla 35 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V Cosagras

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Tanques Escalonados	2
Factor de Cimentación	3.6	Tipo de Suelo	Zona 2	3
		Potencial de Licuefacción	Medio	3
		Estabilidad de Taludes	Baja	5
FVSE	11	MEDIA		

5.2.2.6 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Barrio Santander

Tabla 36 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V Barrio Santander

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	4	Material Constructivo	Mampostería	5
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Tanques Escalonados	2
Factor de Cimentación	3	Tipo de Suelo	Zona 2	3
		Potencial de Licuefacción	Media	3
		Estabilidad de Taludes	Media	3
FVSE	12	ALTA		

5.2.2.7 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento La Joya III

Tabla 37 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V La Joya III

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	4	Material Constructivo	Mampostería	5
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Tanques Escalonados	2
Factor de Cimentación	3.6	Tipo de Suelo	Zona 2	3
		Potencial de Licuefacción	Medio	3
		Estabilidad de Taludes	Baja	5
FVSE	14.6	ALTA		

5.2.2.8 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento La Joya I

Tabla 38 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V La Joya I

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	4	Material Constructivo	Mampostería	5
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Tanques Escalonados	2
Factor de Cimentación	3.6	Tipo de Suelo	Zona 2	3
		Potencial de Licuefacción	Media	3
		Estabilidad de Taludes	Baja	5
FVSE	14.6	ALTA		

Aunque durante el proceso de visitas de campo se produjo el colapso de la Estructura antigua por la acción de materiales saturados no consolidados que fueron colocados con anterioridad sobre la corona del talud adyacentes.

5.2.2.9 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Gómez Niño

Tabla 39 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V Gómez Niño

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3.5	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Tanques Escalonados y Canal en Gaviones	3.5
Factor de Cimentación	3	Tipo de Suelo	Zona 2	3
		Potencial de Licuefacción	Medio	3
		Estabilidad de Taludes	Media	3
FVSE	10.5	MEDIA		

5.2.2.10 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento San Miguel I

Tabla 40 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V San Miguel I

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3.3	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Pozos Tipo Vortice	3
Factor de Cimentación	3	Tipo de Suelo	Zona 2	3
		Potencial de Licuefacción	Media	3
		Estabilidad de Taludes	Media	3
FVSE	10	MEDIA		

5.2.2.11 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento San Miguel II

Tabla 41 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V San Miguel II

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3.6	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Pozos tipo Vortice y Canal en Gaviones	4
Factor de Cimentación	3	Tipo de Suelo	Zona 2	3
		Potencial de Licuefacción	Media	3
		Estabilidad de Taludes	Media	3
FVSE	11	MEDIA		

5.2.2.12 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Ciudadela

Tabla 42 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V Ciudadela

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3.8	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Canal en Rápida y Canal el Gaviones	4.5
Factor de Cimentación	2.6	Tipo de Suelo	Zona 1	2
		Potencial de Licuefacción	Media	3
		Estabilidad de Taludes	Media	3
FVSE	10.2	MEDIA		

5.2.2.13 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Barrio Mutis

Tabla 43 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V Barrio Mutis

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3.8	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Canal en Rápida y Canal en Gaviones	4.5
Factor de Cimentación	3.6	Tipo de Suelo	Zona 2	3
		Potencial de Licuefacción	Medio	3
		Estabilidad de Taludes	Baja	5
FVSE	14	ALTA		

5.2.2.14 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento La Presentación

Tabla 44 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V La Presentación

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3.6	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Pozos Tipo Vortice	4
Factor de Cimentación	3	Tipo de Suelo	Ronda de Río	4
		Potencial de Licuefacción	Medio	3
		Estabilidad de Taludes	Alta	2
FVSE	11	MEDIA		

5.2.2.15 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento La Puerta del Sol

Tabla 45 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V La Puerta del Sol

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	4	Material Constructivo	Mampostería	5
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Tanques Escalonados	2
Factor de Cimentación	3	Tipo de Suelo	Ronda de Río	4
		Potencial de Licuefacción	Medio	3
		Estabilidad de Taludes	Alta	2
FVSE	12	ALTA		

Esta estructura se encuentra ubicada dentro del parque La Flora, su construcción se realizó en mampostería y no se le ha realizado ninguna reforma, solo se realizó un recubrimiento en piedra al tanque final que entrega al canal de descarga a la quebrada La Flora.

5.2.2.16 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento La Salle

Tabla 46 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V La Salle

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3.6	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Canales	4
Factor de Cimentación	3.3	Tipo de Suelo	Ronda de Río	4
		Potencial de Licuefacción	Medio	3
		Estabilidad de Taludes	Media	3
FVSE	12.2	ALTA		

5.2.2.17 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Barrio La Victoria

Tabla 47 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V Barrio La Victoria

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3.3	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Tanques Escalonados	3
Factor de Cimentación	3.3	Tipo de Suelo	Ronda de Río	4
		Potencial de Licuefacción	Medio	3
		Estabilidad de Taludes	Media	3
FVSE	11.1	MEDIA		

5.2.2.18 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Calle 61

Tabla 48 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V Calle 61

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Tanques Escalonados	2
Factor de Cimentación	2.6	Tipo de Suelo	Zona 2	3
		Potencial de Licuefacción	Medio	3
		Estabilidad de Taludes	Alta	2
FVSE	8	MEDIA		

Existen unos pequeños tramos de tubería que se encuentran en ladrillo estos pueden aumentar la vulnerabilidad sísmica de media a alta si no se toman los correctivos correspondientes.

5.2.2.19 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento Barrio Bucaramanga

Tabla 49 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V Barrio Bucaramanga

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3.3	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Tanques Escalonados y Pozos Tipo Vortice	3
Factor de Cimentación	3	Tipo de Suelo	Zona 2	3
		Potencial de Licuefacción	Medio	3
		Estabilidad de Taludes	Media	3
FVSE	10	MEDIA		

5.2.2.20 Evaluación Sísmica Estructura de Vertimiento La Guacamaya

Tabla 50 Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de E-V La Guacamaya

VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Factor Estructural	3.3	Material Constructivo	Concreto	2
		Año de Construcción	Antes de 1984	5
		Tipo de Estructura	Tanques y Canal en Rápida	3
Factor de Cimentación	3.6	Tipo de Suelo	Coluvión	5
		Potencial de Licuefacción	Media	3
		Estabilidad de Taludes	Media	3
FVSE	12.2	ALTA		

5.2.3 Evaluación del daño Sísmico para las Estructuras de Vertimiento

La Metodología que se tiene en cuenta para estimar el estado de daño de cada una de las estructuras es la que desarrollada por el ATC 13, esta se basa en una evaluación hecha por expertos a los daños producidos en el Terremoto de California en 1984, basándose en el Método Delphi.

Básicamente se utilizan Matrices de Probabilidad de daño para evaluar y cuantificar el daño producido por un sismo determinado, la evaluación se hace para diferentes instalaciones o tipologías constructivas, con diferentes Intensidades sísmicas.

Tabla 51 Factor de daño central para cada uno de los estados de daño

Estados de Daño	Rango Factor de Daño (%)	Factor de daño Central (%)
1 Ninguno	0	0
2 Leve	0-1	0.5
3 Ligero	1-10	5
4 Moderado	10-30	20
5 Fuerte	30-60	45
6 Mayor	60-100	80
7 Colapso	100	100

Ninguno: Sin daño.

Leve: Daño menor de límites localizados que no requiere reparación.

Ligero: Daño significativo localizado de algunos componentes que generalmente no requiere reparación.

Moderado: Daño significativo localizado de muchos componentes que requieren reparar.

Fuerte: Daño extenso que requiere grandes reparaciones.

Mayor: Daño mayor generalizado que puede resultar en que la instalación o estructura sea arrasada, demolida o reparada.

Colapso: Destrucción total de la mayoría de la estructura.

Los valores de probabilidad de daño para cada intensidad sísmica propuestos se obtienen de las Matrices de Probabilidad de Daño (DPM) estas Matrices de Probabilidad permiten expresar cada estado de daño en términos físicos según la Intensidad, para cada una de las instalaciones.

$$MDF_I = \sum_{DS=1}^7 (P_{DSI})(CDF_{DS})$$

MDF_I= Factor de Daño Promedio para una intensidad de Mercalli Modificada Dada

DS = Estado de Daño

P_{DSI} = Probabilidad que ocurra un estado de daño con una intensidad de Mercalli Modificada dada.

CDF_{DS} = Factor de daño central para una estado de daño.

Tabla 52 Matriz de Probabilidad de Daño para Tanques Enterrados

		<i>Intensidades de Mercalli Modificada</i>						
<i>Estado de Daño</i>	<i>CDF (Ds) (%)</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
Ninguno	0	93.6	92.7	2.8	0	0	0	0
Leve	0.5	6.4	7.3	80.8	0	0	0	0
Ligero	5	0	0	14.4	98	87.9	4.5	0
Modaro	20	0	0	2	2	12.1	90.2	65.7
Fuerte	45	0	0	0	0	0	5.3	34
Mayor	80	0	0	0	0	0	0	0.3
Colapso	100	0	0	4	0	0	0	0
<i>Daño Medio (%)</i>		<i>0.032</i>	<i>0.0365</i>	<i>5.524</i>	<i>5.3</i>	<i>6.815</i>	<i>20.65</i>	<i>28.68</i>
		<i>Leve</i>	<i>Leve</i>	<i>ligero</i>	<i>Ligero</i>	<i>Ligero</i>	<i>Moderado</i>	<i>Moderado</i>

En esta clasificación podemos encontrar algunas estructuras tipo vortice, Tanques enterrados, y algunos pozos de inspección que se encuentran en los tramos de tubería de alcantarillado que entregan a las Estructuras de Vertimiento. Para intensidades entre VI y VII los daños pueden ser despreciables, para intensidades entre VIII y X el daño es ligero y aumenta hasta el 30% que corresponde a intensidades de XI y XII. (Ver Tabla 52).

Tabla 53 Matriz de Probabilidad de Daño para Tanques sobre Nivel del Suelo

		<i>Intensidades de Mercalli Modificada</i>						
<i>Estado de Daño</i>	<i>CDF (Ds) (%)</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
Ninguno	0	94	2.5	0.4	0	0	0	0
Leve	0.5	6	92.9	30.6	2.1	0	0	0
Ligero	5	0	4.6	69	94.6	25.7	2.5	0.2
Modaro	20	0	0	2	3.3	69.3	58.1	27.4
Fuerte	45	0	0	0	0	5	39.1	69.4
Mayor	80	0	0	0	0	0	0.3	3
Colapso	100	0	0	0	0	0	0	0
<i>Daño Medio (%)</i>		<i>0.03</i>	<i>0.6945</i>	<i>4.003</i>	<i>5.4005</i>	<i>17.395</i>	<i>29.58</i>	<i>39.12</i>
		<i>Leve</i>	<i>Leve</i>	<i>ligero</i>	<i>Ligero</i>	<i>Moderado</i>	<i>Moderado</i>	<i>Fuerte</i>

En este grupo se pueden clasificar las estructuras tipo vortice que salen sobre la superficie, los tanques amortiguadores, y semienterrados. Esta Tipología tiene la misma tendencia que la anterior pero el daño aumenta de forma rápida desde una intensidad de X, y los daños alcanzan el 40% con una Intensidad de XII. (Ver Tabla 53)

Tabla 54 Matriz de Probabilidad de Daño para Tubería Enterrada

Estado de Daño	CDF (Ds) * (%)	Intensidades de Mercalli Modificada						
		VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ninguno	0	100	99.8	20.9	8.7	0	0	0
Leve	0.25	0	0.2	54.1	34.2	1.3	0	0
Ligero	0.75	0	0	17.2	36.1	7.9	0.5	0
Modaro	5.5	0	0	7.8	21.9	89.5	66.5	4.5
Fuerte	15	0	0	0	0	1.1	29.6	56.4
Mayor	30	0	0	0	0	0.2	3.3	37.9
Colapso	40	0	0	0	0	0	0.1	1.2
Daño Medio (%)		0	0.0005	0.69325	1.56075	5.21	9.13125	20.5575
* Numero de roturas por Kilometro de Conducción								

Las conducciones en tubería y los interceptores sanitarios que se encuentran debajo del nivel de suelo presentan un aumento de daño normal aunque no sobrepasa el 25% de roturas por kilómetro de conducción para una intensidad de XII, con intensidades menores el daño es moderado y no sobrepasa el 10% de roturas por Kilómetro de conducción.. (Ver Tabla 54).

Tabla 55 Matriz de Probabilidad de Daño para Canales

Estado de Daño	CDF (Ds) (%)	Intensidades de Mercalli Modificada						
		VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ninguno	0	34.9	21.7	5.4	1.4	0.2	0	0
Leve	0.5	47.3	42.4	31.1	17.3	4.6	0.4	0
Ligero	5	17.8	35.6	62	75.4	56.2	23.2	3.3
Modaro	20	0	0.3	1.5	5.9	36.9	58.3	37.8
Fuerte	45	0	0	0	0	2.1	17.8	52.4
Mayor	80	0	0	0	0	0	0.3	6.5
Colapso	100	0	0	0	0	0	0	0
Daño Medio (%)		1.1265	2.052	3.5555	5.0365	11.158	21.072	36.505
		ligero	ligero	ligero	Ligero	Moderado	Moderado	Fuerte

El daño para estructuras de canales tiene una tendencia similar a los anteriores, para intensidades entre VI y IX esta en el rango del 10% de daño, para intensidades entre X y XI el daño es moderado no sobrepasando el 22%, y aumenta a fuerte sobrepasando el 35% de daño cuando se presenta una intensidad de XII. (Ver Tabla 55).

Tabla 56 Matriz de Probabilidad de Daño para Muros en concreto Reforzado

		<i>Intensidades de Mercalli Modificada</i>						
<i>Estado de Daño</i>	<i>CDF (Ds) (%)</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
Ninguno	0	18.1	0	0	0	0	0	0
Leve	0.5	69.8	17.8	0.6	0	0	0	0
Ligero	5	12.1	82.2	97.7	71.8	14.6	0.3	0
Modaro	20	0	0	1.7	28.2	83.2	68.8	29.4
Fuerte	45	0	0	0	0	2.2	30.9	70.4
Mayor	80	0	0	0	0	0	0	0.2
Colapso	100	0	0	0	0	0	0	0
<i>Daño Medio (%)</i>		<i>0.954</i>	<i>4.199</i>	<i>5.228</i>	<i>9.23</i>	<i>18.36</i>	<i>27.68</i>	<i>37.72</i>
		<i>Leve</i>	<i>Leve</i>	<i>Leve</i>	<i>Leve</i>	<i>Moderado</i>	<i>Moderado</i>	<i>Fuerte</i>

Los muros de concreto tienen un comportamiento normal con daños leves menores del 10% para intensidades que entre VI y IX, aumentando a daño Moderado para intensidades entre X y XI, el daño fuerte no sobrepasa el 40% y se presenta para una intensidad de XII.

Tabla 57 Matriz de Probabilidad de Daño para Muros en Mampostería

		<i>Intensidades de Mercalli Modificada</i>						
<i>Estado de Daño</i>	<i>CDF (Ds) (%)</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
Ninguno	0	0	0	0	0	0	0	0
Leve	0.5	9.1	0.6	0	0	0	0	0
Ligero	5	90.5	55.5	10.9	0.5	0	0	0
Modaro	20	0.4	43.4	66	22.4	2	0.1	0.1
Fuerte	45	0	0.5	22.9	65.9	35	10.1	3.4
Mayor	80	0	0	0.2	11.2	62.5	83.1	50.4
Colapso	100	0	0	0	0	0.5	6.7	46.1
<i>Daño Medio (%)</i>		<i>4.6505</i>	<i>11.683</i>	<i>24.21</i>	<i>43.12</i>	<i>66.65</i>	<i>77.745</i>	<i>87.97</i>
		<i>ligero</i>	<i>Moderado</i>	<i>Moderado</i>	<i>Fuerte</i>	<i>Mayor</i>	<i>Mayor</i>	<i>Mayor</i>

Los muros en mampostería presentan los daños mas grandes y aumentan el porcentaje de daño con intensidades menores a las de cualquier tipología estudiada, para intensidades de XII a VIII el daño es moderado no sobrepasando el 25%, para intensidades de IX el daño es fuerte mayor del 40%, y para intensidades entre X y XII el daño es mayor alcanzando aproximadamente el 90% de daño, es decir la destrucción casi total de la estructura y muy seguramente el colapso funcional de esta. (Ver Tabla 57).

6. EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR DESLIZAMIENTO

Para el desarrollo de la evaluación se emplearan los mapas Geológicos y Geotécnicos generados en el desarrollo del Estudio de Microzonificación Sísmica para Bucaramanga y los mapas de Isoyetas y Los Usos del suelo generados en el proyecto de grado desarrollado por el Ingeniero Mauricio Restrepo en el año de 1999 en conjunto con la CDMB. (Ver PLANO 1, 2, 3, 4).

Para la medición de la vulnerabilidad a los deslizamientos se analizaran las causas intrínsecas, detonantes y contribuyentes que puede ser causantes de un deslizamiento, mediante la sobreposición de efectos.

Las causas intrínsecas suelen ser naturales y se relacionan con: el agua subterránea, material, tectónica, topografía abrupta; las Causas detonantes pueden ser naturales como la lluvia, sismos, la erosión, o artificiales como cortes, deforestación, y las causas contribuyentes similares a las causas detonantes pero que simplemente anticipan el evento.

6.1 Características Principales de las Zonas Geotécnicas Estudiadas

Para la determinación de los pesos de cada una de las zonas fueron tenidas en cuenta, las características expuestas en el Estudio de Zonificación Sísmica de

Bucaramanga, a continuación destacaremos las características más relevantes de dichas zonas que son apartes extraídos del Estudio de Microzonificación Sísmica.

Limos Rojos del Abanico aluvial de Bucaramanga

Corresponde a la zona más urbanizada de Bucaramanga (sector no erosionado), e incluye los barrios del Tejar, Diamante y Provenza hasta el barrio El Bosque.

El drenaje es subparalelo y la zona está asociada a una geoforma de origen aluvial que corresponde a un gran abanico, de baja pendiente sobre el cual se encuentra cimentada la ciudad de Bucaramanga. Este sector se encuentra conformado por el miembro Limos Rojos (Qblr) de la formación Bucaramanga. (Ver PLANO 2)

Escarpes de la Meseta de Bucaramanga

En la zona escarpada se presentan problemas geotécnicos de gran magnitud, entre los cuales se incluyen las siguientes:

- ✦ Agrietamiento cosísmico de la superficie del suelo.
- ✦ Deslizamientos de tierra.
- ✦ Avance de las cárcavas de erosión.

Las características geológicas, geotécnicas y morfológicas de estas áreas no permiten garantizar la estabilidad de proyectos de desarrollo urbano. Por lo tanto, cualquier edificación u obra de infraestructura que se localice en esta área, estará en grave peligro de ser afectada severamente por procesos de inestabilidad del terreno. (Ver PLANO 2).

Se recomienda continuar con el programa iniciado por la CDMB de conformación de una zona de amortiguación a los procesos de erosión en todo el perímetro del escarpe vertical de la meseta de Bucaramanga.

Se recomienda realizar estudios tendientes a determinar las zonas amenazadas por deslizamientos y diseñar y construir las obras de estabilización y control. El programa del plan maestro de control de erosión, debe continuarse hasta lograr la estabilización de los taludes que representen peligro para los asentamientos humanos localizados en las áreas cercanas a los escarpes.

Miembro Organos Afectada por Procesos Erosivos (Ver PLANO 2).

La zona 4B se encuentra amenazada por procesos muy intensos de erosión activa, los cuales no es posible estabilizar con obras normales de ingeniería.

Las características geológicas, geotécnicas y morfológicas de estas áreas no permiten garantizar la estabilidad de proyectos de desarrollo urbano. Por lo tanto, cualquier edificación u obra de infraestructura que se localice en esta área, contribuiría a magnificar el proceso erosivo.

Se recomienda diseñar e implementar un programa para el establecimiento de cobertura vegetal protectora en toda el área afectada por procesos de erosión.

Valles Aluviales de los Ríos y Quebradas principales (Ver PLANO 2).

Esta zona presenta los siguientes problemas geotécnicos:

- ✦ Presencia de mantos de suelos sueltos no consolidados, los cuales pueden asentarse.
- ✦ Baja capacidad de soporte de los depósitos aluviales recientes.
- ✦ Áreas de suelos potencialmente licuables.

- ✦ Heterogeneidad en los materiales de fundación por presencia de paleocanales.
- ✦ Erosión debida a la dinámica de los ríos y quebradas.

Previamente a la realización de proyectos de desarrollo urbano, se deben realizar estudios geotécnicos detallados que permitan determinar las limitaciones geotécnicas de cada sitio en particular y se deben construir las obras de control, estabilización y manejo.

Todas estas áreas son potencialmente inundables, además de los estudios de geotecnia, se debe determinar en detalle la amenaza por inundación, antes de cualquier construcción o desarrollo.

Depósitos de Coluvión (Ver PLANO 2).

En esta zona se incluyen las áreas de depósitos coluviales sobre las pendientes de las laderas y en toda el Area Metropolitana de Bucaramanga existen una gran cantidad de coluviones principales localizados en: Piedemonte del macizo de Santander, laderas del cerro de Palonegro, escarpe occidental de la meseta de Bucaramanga, laderas de la mesa de Ruitoque, laderas de la colina de la Virgen en Piedecuesta y laderas laterales de los valles aluviales de las quebradas. (Ver PLANO 2).

Las áreas que comprende esta zona presentan una morfología de laderas de mediana pendiente y colinas semiredondeadas con cauces de quebradas relativamente profundas y en V. Litologicamente corresponden a los Depósitos de Coluvión (QI).

Cada coluvión tiene una composición específica de la matriz y clastos de los depósitos coluviales, dependiendo del tipo de roca de la cual se originan. Algunos coluviones son clastos-soportados y otros matriz-soportados.

La mayoría de los coluviones presentes en el Area Metropolitana de Bucaramanga poseen niveles freáticos poco profundos.

Esta zona presenta los siguientes problemas geotécnicos:

- ✦ Deslizamientos de tierra por saturación en épocas de lluvias.
- ✦ Erosión en cárcavas.

Las características geológicas, geotécnicas y morfológicas de estas áreas no permiten garantizar la estabilidad de proyectos de desarrollo urbano. Por lo tanto, cualquier edificación u obra de infraestructura que se localice en esta área, estará en grave peligro de ser afectada severamente por procesos de inestabilidad del terreno.

Se recomienda realizar programas de establecimiento de cobertura vegetal con raíz profunda.

6.2 Cuantificación de los Parámetros de Evaluación

Cada una de estas condiciones será cuantificada de 1 a 5 para determinar el grado de susceptibilidad del territorio donde se encuentra ubicada la estructura a la ocurrencia de deslizamientos (ver PLANOS 1, 2, 3, 4). Ponderando con 1 la condición que presente menor susceptibilidad a la amenaza y con 5 la de mayor. Será considerada como zona de evaluación el sector de la estructura que presente las condiciones más favorables para la ocurrencia de deslizamientos.

Cada parámetro tendrá el mismo peso, y el grado de susceptibilidad a deslizamiento de la estructura será la suma de los factores dividida en el número de factores.

Tabla 58 Nomenclatura de los parámetros de Evaluación

Sigla	Nombre
FPMA	Factor de Precipitación media Anual
FG	Factor Geológico
FGt	Factor Geotécnico
FUS	Factor de Uso del Suelo
FSDE	Factor de Susceptibilidad de Deslizamiento de la Estructura

$$FSDE = \frac{(FPMA) + (FG) + (FGt) + (FUS)}{4}$$

Una ponderación (FSDE) entre 1.0 y 2.0 equivale a una susceptibilidad Muy Baja, de 2.01 hasta 2.70 equivale a una susceptibilidad Baja, de 2.71 a 3.50 equivale a una susceptibilidad Media, de 3.51 hasta 4 equivale a una susceptibilidad Alta y de 4.01 hasta 5.0 equivale a una susceptibilidad Muy Alta.

Tabla 59 Parámetros de Evaluación

PARÁMETRO	CALIFICATIVO	VALOR
Geología		
Miembros Limos Rojos	Medio	3
FM Gravoso	Medio	3
FM Finos	Medio	3
FM Organos	Medio	3
Depósitos en Laderas	Muy Alto	5
Aluvial Recientes	Muy Bajo	2
Terrazas Bajas	Muy Bajo	2
Precipitación media Anual		
800 mm – 1200 mm	Muy Bajo	1.5

1200 mm – 1400 mm	Bajo	2.5
Geotecnia		
Escarpes de la Meseta de Bucaramanga	Medio	3
Miembros Órganos Afectados por procesos Erosivos	Muy Alto	4.5
Limos Rojos del abanico Aluvial de Bucaramanga	Medio	3
Valles Aluviales de los Ríos y Quebradas Principales	Muy Bajo	2
Depósitos de Coluvión	Muy Alto	5
Usos del Suelo		
Zona de Rastrojo alto y Bajo	Medio	3
Zona de árboles con Rastrojo alto	Muy Bajo	2
Zona de pasto	Medio	3
Zona de Cultivo	Alto	4
Zona de Erosión	Muy Alto	5
Zona de Crecimiento Urbano	Muy Bajo	2
Zona Urbana	Muy Bajo	2

6.3 Cuantificación de la Vulnerabilidad por Deslizamiento

6.3.1 Análisis de la Estructura de Vertimiento El Caney

La estructura de vertimiento el Caney se encuentra ubicada sobre la formación Bucaramanga en el Miembro Organos afectado por procesos erosivos, presenta una Precipitación Media Anual entre 800mm – 1200mm, la cual es moderada y no es un factor preponderante que aumente la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 59.33% y se encuentra recubierto de rastrojo alto y bajo, la cual no es optima para el control de los procesos erosivos.

Tabla 60 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V El Caney

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES		GRADO
Geología		
Formación Bucaramanga Miembros Órganos		3.5
Precipitación Media Anual		
800 mm – 1200 mm		1.5
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos de Erosión		4.5
Usos del Suelo		
Zona de Rastrojo alto y bajo		3
Susceptibilidad MEDIA	FSDE	3.12

6.3.2 Análisis de la Estructura de Vertimiento Calle Sexta

Tabla 61 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V Calle Sexta

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES		GRADO
Geología		
Formación Bucaramanga Miembros Organos		3.5
Precipitación Media Anual		
800 mm – 1200 mm		1.5
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos de Erosión		4.5
Usos del Suelo		
Zona de Erosión		5
Susceptibilidad ALTA	FSDE	3.62

La estructura de vertimiento Calle sexta inicia en la escarpe de la meseta de Bucaramanga y se desarrolla sobre la formación Bucaramanga en el Miembro Organos afectado por procesos erosivos, presenta una Precipitación Media Anual

entre 800mm – 1200mm, la cual es moderada y no es un factor preponderante que aumente la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 48.12%, gran parte de la estructura se encuentra en una zona de árboles con rastrojo alto, exceptuando la entrega que esta en una zona con problemas de erosión, convirtiéndose en la zona más vulnerable de la estructura.

6.3.3 Análisis de la Estructura de Vertimiento Barrio Gaitan

Tabla 62 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V Barrio Gaitan

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES		GRADO
Geología		
Formación Bucaramanga Miembros Organos		3.5
Precipitación Media Anual		
800 mm – 1200 mm		1.5
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos de Erosión		4.5
Usos del Suelo		
Zona de Rastrojo alto y bajo		3.0
Susceptibilidad MEDIA	FSDE	3.12

La estructura de vertimiento del Barrio Gaitan inicia en la escarpe de la meseta de Bucaramanga sobre los Miembros Gravosos y Finos de la Formación Bucaramanga, y continua sobre el Miembro Organos afectado por procesos erosivos, convirtiéndose en el sector mas vulnerable para la estructura. La Precipitación Media Anual se encuentra entre 800mm – 1200mm, la cual es moderada y no es un factor preponderante que aumente la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura

presenta una pendiente media del 37.5%, gran parte de la estructura se encuentra en una zona de árboles con rastrojo alto y la entrega esta sobre una zona de rastrojo alto y bajo.

6.3.4 Análisis de la Estructura de Vertimiento Barrio Nariño

La estructura de vertimiento del Barrio Nariño inicia en la escarpe de la meseta de Bucaramanga en la zona Urbana y de crecimiento sobre los Miembros Limos Rojos, Gravosos y Finos de la Formación Bucaramanga, y continua sobre el Miembro Organos afectado por procesos erosivos en una zona de árboles con rastrojo alto, convirtiéndose en el sector mas vulnerable para la estructura. La Precipitación Media Anual se encuentra entre 800mm – 1200mm, la cual es moderada y no es un factor preponderante que aumente la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 45.65%.

Tabla 63 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V Barrio Nariño

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES		GRADO
Geología		
Formación Bucaramanga Miembros Organos		3.5
Precipitación Media Anual		
800 mm – 1200 mm		1.5
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos Erosivos		4.5
Usos del Suelo		
Zona de Árboles con rastrojo alto		2
Susceptibilidad MEDIA		FSDE 2.87

6.3.5 Análisis de la Estructura de Vertimiento Cosagras

Tabla 64 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V Cosagras

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES		GRADO
Geología		
Formación Bucaramanga Miembros Organos		3.5
Precipitación Media Anual		
800 mm – 1200 mm		1.5
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos de Erosión		4.5
Usos del Suelo		
Zona de Erosión		5
Susceptibilidad ALTA	FSDE	3.62

La estructura de vertimiento Cosagras se encuentra ubicada en la escarpe de la meseta de Bucaramanga en la zona Urbana y de crecimiento sobre los Miembros Limos Rojos, Gravosos y Finos de la Formación Bucaramanga, presenta una Precipitación Media Anual entre 800mm – 1200mm, la cual es moderada y no es un factor preponderante que aumente la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 16.66%. La zona donde se encuentra la entrega de las aguas a la quebrada se encuentra afectada por procesos de erosión, lo cual la convierte en la zona de mayor vulnerabilidad de la estructura.

6.3.6 Análisis de la Estructura de Vertimiento Barrio Santander

La estructura de vertimiento del Barrio Santander inicia en la escarpe de la meseta de Bucaramanga en la zona Urbana sobre los Miembros Limos Rojos, Gravosos y Finos de la Formación Bucaramanga, y continua sobre el Miembro Organos

afectado por procesos erosivos, que presenta una protección de rastrojo alto y bajo que contribuye al control de la erosión. En la zona se presenta una Precipitación Media Anual entre 800mm – 1200mm, la cual es moderada y no es un factor preponderante que aumente la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 37.75%. Y se destaca la sección de la estructura construida sobre el Miembro Organos como la de mayor vulnerabilidad a deslizamientos debido a la afección de los procesos erosivos.

Tabla 65 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V Barrio Santander

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES		GRADO
Geología		
Formación Bucaramanga Miembro Organos		3.5
Precipitación Media Anual		
800 mm – 1200 mm		1.5
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos de Erosión		4.5
Usos del Suelo		
Zona de Rastrojo alto y bajo		3
Susceptibilidad MEDIA	FSDE	3.12

6.3.7 Análisis de la Estructura de Vertimiento La Joya III

La estructura de vertimiento la Joya III inicia en la escarpe de la meseta de Bucaramanga en la zona Urbana y de crecimiento sobre los Miembros Limos Rojos, Gravosos y Finos de la Formación Bucaramanga, y se prolonga hasta la entrega a la Quebrada sobre el Miembro Organos en una zona de erosión, que determina la zona de mayor vulnerabilidad. La Precipitación Media Anual de la se

encuentra entre 800mm – 1200mm, la cual es moderada y no es un factor preponderante que aumente la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 29.7%. Destacándose en la zona sobre la cual se encuentra la estructura los grandes problemas de erosión.

Tabla 66 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V La Joya III

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES		GRADO
Geología		
Formación Bucaramanga Miembro Organos		3.5
Precipitación Media Anual		
800 mm – 1200 mm		1.5
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos de Erosión		4.5
Usos del Suelo		
Zona de Erosión		5
Susceptibilidad ALTA	FSDE	3.62

6.3.8 Análisis de la Estructura de Vertimiento La Joya I

La estructura de vertimiento La Joya I se encuentra ubicada sobre la Formación Bucaramanga, en el Miembro Organos en una zona afectada por problemas de erosión y recubierta con una vegetación de rastrojo alto y bajo. La Precipitación Media Anual en la zona se encuentra entre 800mm – 1200mm, la cual es moderada y no es un factor preponderante que aumente la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 30.9%. Destacándose en la zona sobre la cual se encuentra la estructura los grandes problemas de erosión.

Tabla 67 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V Joya I

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES		GRADO
Geología		
Formación Bucaramanga Miembro Organos		3.5
Precipitación Media Anual		
800 mm – 1200 mm		1.5
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos de Erosión		4.5
Usos del Suelo		
Zona de Erosión		5
Susceptibilidad ALTA	FSDE	3.62

6.3.9 Análisis de la Estructura de Vertimiento Gómez Niño

Tabla 68 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V Gómez Niño

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES		GRADO
Geología		
Formación Bucaramanga Miembro Limos Rojos		3
Precipitación Media Anual		
800 mm – 1200 mm		1.5
Geotecnia		
Escarpes de la Meseta de Bucaramanga		3
Usos del Suelo		
Zona de rastrojos alto y bajo		3
Susceptibilidad BAJA	FSDE	2.62

La estructura de vertimiento Gómez Niño se encuentra ubicada en la escarpe de la meseta de Bucaramanga en la zona Urbana y en zonas recubiertas con una vegetación de rastrojo alto y bajo, sobre los Miembros Limos Rojos, Gravosos y

Finos de la Formación Bucaramanga. La Precipitación Media Anual en la zona se encuentra entre 800mm – 1200mm, la cual es moderada y no es un factor preponderante que aumente la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 31%. Se destaca como la zona de mayor vulnerabilidad de la estructura la que se encuentra sobre los Limos Rojos de la Formación Bucaramanga.

6.3.10 Análisis de la Estructura de Vertimiento San Miguel I

Tabla 69 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V San Miguel I

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES	GRADO	
Geología		
Formación Bucaramanga Miembro Limos Rojos	3	
Precipitación Media Anual		
800 mm – 1200 mm	1.5	
Geotecnia		
Escarpes de la Meseta de Bucaramanga	3	
Usos del Suelo		
Zona de rastrojos alto y bajo	3	
Susceptibilidad BAJA	FSDE	2.62

La estructura de vertimiento San Miguel I se encuentra ubicada en la escarpe de la meseta de Bucaramanga en una zona recubierta con una vegetación de rastrojo alto y bajo, sobre los Miembros Limos Rojos, Gravosos y Finos de la Formación Bucaramanga. La Precipitación Media Anual en la zona se encuentra entre 800mm – 1200mm, la cual es moderada y no es un factor preponderante que aumente la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 30.8%. Se

destaca como la zona de mayor vulnerabilidad de la estructura la que se encuentra sobre los Limos Rojos de la Formación Bucaramanga.

6.3.11 Análisis de la Estructura de Vertimiento San Miguel II

Tabla 70 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V San Miguel II

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES	GRADO	
Geología		
Formación Bucaramanga Miembro Organos	3.5	
Precipitación Media Anual		
800 mm – 1200 mm	1.5	
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos de Erosión	4.5	
Usos del Suelo		
Zona de rastrojo alto y bajo	3.0	
Susceptibilidad MEDIA	FSDE	3.12

La estructura de vertimiento San Miguel II se encuentra ubicada entre la escarpe de la meseta de Bucaramanga sobre los Miembros Limos Rojos, Gravosos y Finos de la Formación Bucaramanga, el Miembro Organos afectado por procesos de erosión y en la entrega a la Quebrada sobre una zona aluvial reciente. La Precipitación Media Anual en la zona se encuentra entre 800mm – 1200mm, la cual es moderada y no es un factor preponderante que aumente la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 65%. Y se encuentra recubierto por rastrojo alto y bajo. Siendo la zona mas vulnerable la que se encuentra sobre El Miembro Organos afectado por procesos erosivos.

6.3.12 Análisis de la Estructura de Vertimiento Ciudadela

La estructura de vertimiento Ciudadela se encuentra ubicada entre la escarpe de la meseta de Bucaramanga sobre los Miembros Limos Rojos, Gravosos y Finos de la Formación Bucaramanga, el Miembro Organos afectado por procesos de erosión y en la entrega a la Quebrada sobre una zona aluvial reciente. La Precipitación Media Anual en la zona se encuentra entre 800mm – 1200mm, la cual es moderada y no es un factor preponderante que aumente la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 43.45%. Se encuentra recubierto por rastrojo alto y bajo atravesando una pequeña zona de cultivos. Siendo la zona mas vulnerable de la estructura la que se encuentra sobre el Miembro Organos afectado por procesos erosivos.

Tabla 71 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V Ciudadela

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES	GRADO	
Geología		
Formación Bucaramanga Miembro Organos	3.5	
Precipitación Media Anual		
800 mm – 1200 mm	1.5	
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos de Erosión	4.5	
Usos del Suelo		
Zona de rastrojo alto y bajo	3.0	
Susceptibilidad MEDIA	FSDE	3.12

6.3.13 Análisis de la Estructura de Vertimiento Barrio Mutis

La estructura de vertimiento Barrio Mutis se encuentra ubicada entre la escarpe de la meseta de Bucaramanga sobre los Miembros Limos Rojos, Gravosos y Finos de la Formación Bucaramanga, el Miembro Organos afectado por procesos de erosión y en la entrega a la Quebrada sobre una zona aluvial reciente. La Precipitación Media Anual en la zona se encuentra entre 800mm – 1200mm, la cual es moderada y no es un factor preponderante que aumente la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 40.38%. Convirtiéndose la zona más vulnerable de la estructura, la que se encuentra sobre el Miembro Organos afectado por procesos erosivos.

Tabla 72 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V Barrio Mutis

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES		GRADO
Geología		
Formación Bucaramanga Miembro Organos		3.5
Precipitación Media Anual		
800 mm – 1200 mm		1.5
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos de Erosión		4.5
Usos del Suelo		
Zona de Erosión		5.0
Susceptibilidad ALTA	FSDE	3.62

6.3.14 Análisis de la Estructura de Vertimiento La Presentación

La estructura de vertimiento La Presentación se encuentra ubicada entre la escarpe de la meseta de Bucaramanga sobre el Miembro Gravoso de la Formación Bucaramanga, el Miembro Organos afectado por procesos de erosión y en la entrega sobre la terraza baja. La Precipitación Media Anual en la zona se encuentra entre 1200mm – 1400mm, la cual es moderada, pero en época de invierno aumenta la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente promedio de 32.31%. Y se encuentra en un Parque Natural de árboles con rastrojo alto que contribuye al control de los procesos de erosión. Se destaca como la sección de la estructura que presenta mayor vulnerabilidad, la que se encuentra sobre el Miembro Organos debido a la afección de procesos erosivos.

Tabla 73 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V La Presentación

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES	GRADO	
Geología		
Formación Bucaramanga Miembro Organos	3.5	
Precipitación Media Anual		
1200 mm – 1400 mm	2.5	
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos de Erosión	4.5	
Usos del Suelo		
Zona de Árboles con rastrojo alto	2	
Susceptibilidad MEDIA	FSDE	3.12

6.3.15 Análisis de la Estructura de Vertimiento la Puerta del Sol

La estructura de vertimiento Puerta Del Sol se encuentra ubicada entre la escarpe de la meseta de Bucaramanga sobre el Miembro Gravoso de la Formación Bucaramanga, el Miembro Organos afectado por procesos de erosión y en la entrega sobre la terraza baja. La Precipitación Media Anual en la zona se encuentra entre 1200mm – 1400mm, la cual es moderada, pero en época de invierno aumenta la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 40%. Y se encuentra en un Parque Natural de árboles con rastrojo alto que contribuye al control de los procesos erosivos. Se destaca como la sección de la estructura que presenta mayor vulnerabilidad, la que se encuentra sobre el Miembro Organos debido a la afección de procesos erosivos.

Tabla 74 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V La Puerta del Sol

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES	GRADO	
Geología		
Formación Bucaramanga Miembros Organos	3.5	
Precipitación Media Anual		
1200 mm – 1400 mm	2.5	
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos Erosivos	4.5	
Usos del Suelo		
Zona de Árboles con rastrojo alto	2	
Susceptibilidad MEDIA	FSDE	3.12

6.3.16 Análisis de la Estructura de Vertimiento La Salle

La estructura de vertimiento del Barrio La Salle inicia sobre los Miembros Limos Rojos y Gravosos de la Formación Bucaramanga en la zona Urbana y de crecimiento, y continua en una zona de pastos sobre el Miembro Organos afectado por procesos de erosión hasta la entrega sobre la terraza baja en un terreno de rastrojo alto y bajo. La Precipitación Media Anual en la zona se encuentra entre 1200mm – 1400mm, la cual es moderada, pero en época de invierno aumenta la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 30.5%. Se destaca la sección de la estructura que se encuentra sobre el Miembro Organos como la de mayor vulnerabilidad debido a la afección de procesos erosivos.

Tabla 75 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V La Salle

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES	GRADO	
Geología		
Formación Bucaramanga Miembros Organos	3.5	
Precipitación Media Anual		
1200 mm – 1400 mm	2.5	
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos Erosivos	4.5	
Usos del Suelo		
Zona de Pastos	3	
Susceptibilidad MEDIA	FSDE	3.37

6.3.17 Análisis de la Estructura de Vertimiento Barrio La Victoria

Tabla 76 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V Barrio La Victoria

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES		GRADO
Geología		
Formación Bucaramanga Miembros Organos		3.5
Precipitación Media Anual		
1200 mm – 1400 mm		2.5
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos Erosivos		4.5
Usos del Suelo		
Zona de Pastos		3
Susceptibilidad MEDIA	FSDE	3.37

La estructura de vertimiento del Barrio La Victoria inicia sobre los Miembros Limos Rojos y Gravosos de la Formación Bucaramanga en una zona de árboles con rastrojo alto, y continua en una zona de pastos sobre el Miembro Organos afectado por procesos de erosión hasta la entrega sobre la terraza baja en un terreno de rastrojo alto y bajo. La Precipitación Media Anual en la zona se encuentra entre 1200mm – 1400mm, la cual es moderada, pero en época de invierno aumenta la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 27.40%. Se destaca la sección de la estructura que se encuentra sobre el Miembro Organos como la de mayor vulnerabilidad debido a la afección de procesos erosivos.

6.3.18 Análisis de la Estructura de Vertimiento Calle 61

La estructura de vertimiento de la Calle 61 inicia en la zona Urbana sobre los Miembros Limos Rojos del abanicó aluvial de Bucaramanga y continua por la escarpe de la meseta de Bucaramanga sobre el Miembro Gravoso en una zona de rastrojo alto y bajo. La Precipitación Media Anual en la zona se encuentra entre 1200mm – 1400mm, la cual es moderada, pero en época de invierno aumenta la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 16.33%. Destacándose como la sección de la estructura con mayor susceptibilidad a la ocurrencia de un deslizamiento por sus condiciones geológicas la que se encuentra sobre los Miembros Limos Rojos.

Tabla 77 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V Calle 61

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES		GRADO
Geología		
Formación Bucaramanga Miembro Limos Rojos		3
Precipitación Media Anual		
1200 mm – 1400 mm		2.5
Geotecnia		
Escarpes de la Meseta de Bucaramanga		3
Usos del Suelo		
Zona de Crecimiento Urbano		2
Susceptibilidad BAJA	FSDE	2.62

6.3.19 Análisis de la Estructura de Vertimiento Barrio Bucaramanga

La estructura de vertimiento del Barrio Bucaramanga inicia en la zona urbana sobre el Miembro Organos de la Formación Bucaramanga afectado por procesos erosivos, y continua hasta la entrega en una zona de crecimiento urbano sobre la Terraza baja en un valle aluvial. La Precipitación Media Anual en la zona se encuentra entre 800mm – 1200mm, la cual es moderada y no es un factor preponderante que aumente la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 53.2%. Se destaca la sección de la estructura que se encuentra sobre el Miembro Organos como la de mayor vulnerabilidad debido a la afección de procesos erosivos.

Tabla 78 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V Barrio Bucaramanga

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES		GRADO
Geología		
Formación Bucaramanga Miembros Organos		3.5
Precipitación Media Anual		
800 mm – 1200 mm		1.5
Geotecnia		
Miembros Órganos Afectados por Procesos Erosivos		4.5
Usos del Suelo		
Zona de rastrojo alto y bajo		3
Susceptibilidad MEDIA	FSDE	3.12

6.3.20 Análisis de la Estructura de Vertimiento La Guacamaya

La estructura de vertimiento La Guacamaya inicia en la zona de crecimiento urbana en el escarpe de la Meseta de Bucaramanga sobre el Miembro Gravoso de la Formación Bucaramanga y continúa sobre el Miembro Organos afectado por procesos erosivos hasta la entrega ubicada sobre depósitos de coluvión en una zona de rastrojo alto y bajo. La Precipitación Media Anual en la zona se encuentra entre 800mm – 1200mm, la cual es moderada y no es un factor preponderante que aumente la probabilidad de ocurrencia de un deslizamiento. El terreno sobre el que se encuentra la estructura presenta una pendiente media del 43.87%. Convirtiéndose la entrega en la sección más vulnerable de la estructura debido a que se encuentra sobre depósitos de Coluvión.

Tabla 79 Evaluación susceptibilidad a deslizamiento E-V La Guacamaya

SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO		
FACTORES		GRADO
Geología		
Depósitos de Ladera		5
Precipitación Media Anual		
800 mm – 1200 mm		1.5
Geotecnia		
Depósitos de Coluvión		5
Usos del Suelo		
Zona de rastrojo alto y bajo		3
Susceptibilidad ALTA	FSDE	3.62

7. EVALUACIÓN DE LAS AMENAZAS ANTROPICAS

Las estructuras de vertimiento ven afectada su estabilidad y funcionamiento debido a actividades desarrolladas por el hombre, ya sea de forma voluntaria e involuntaria.

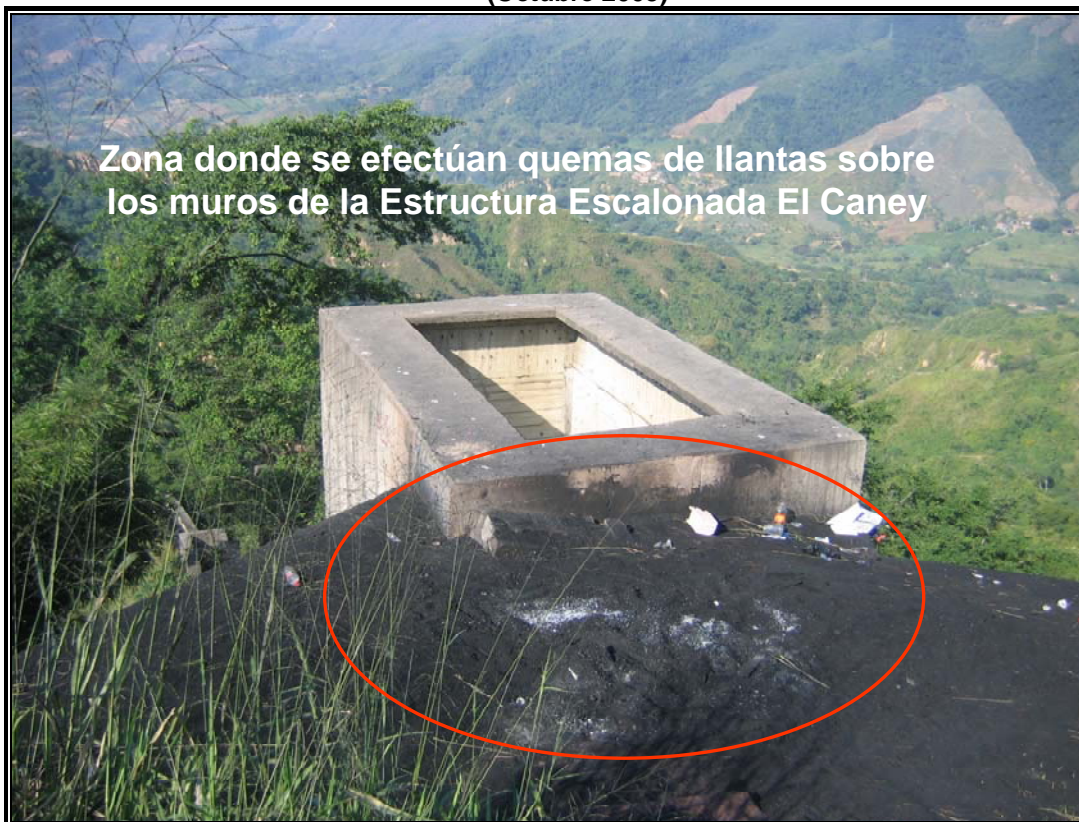
Durante las visitas de campo se detectaron actividades que presentan riesgo para las estructuras, ya sea aumentando su vulnerabilidad ante la ocurrencia de un sismo o favoreciendo condiciones de inestabilidad del terreno que puedan generar un movimiento de masa.

7.1 Estructuras de Vertimiento afectadas por Amenazas Antropicas

7.1.1 Estructura de Vertimiento El Caney

En la estructura de vertimiento El Caney, se observaron residuos de quemados de llantas de vehículos, las cuales son incineradas para extraerles el acero (ver FIGURA 27), produciendo altas temperaturas sobre la Estructura de Vertimiento, que generan el deterioro del concreto y ante la ocurrencia de un sismo se podría afectar su estabilidad.

FIGURA 27 Residuos de quema de llantas sobre la Estructura de Vertimiento El Caney (Octubre 2005)



7.1.2 Estructura de Vertimiento Barrio Nariño

Sobre la estructura de vertimiento del Barrio Nariño se desarrollaron proyectos de construcción sin ningún control (ver FIGURA 28), que pueden afectar el funcionamiento estructural, debido a que se esta sometiendo a la estructura a cargas para las cuales no fue diseñada. Se han sembrado arbustos sobre la placa de la estructura y las raíces están afectando el concreto.

FIGURA 28 Plantación de árboles sobre las placas superiores de la E-V Barrio Nariño (Noviembre 2005)



7.1.3 Estructura de Vertimiento la Joya I

Los taludes donde esta ubicada la estructura de vertimiento La Joya I fueron utilizados como lugar de botadero de escombros y basura (ver FIGURA 29), lo que ocasiono el colapso de un tramo de la estructura, debido a la acumulación de material contra las paredes en ladrillo que no estaban diseñadas para soportar cargas adicionales.

FIGURA 29 Desechos de escombros y basuras sobre los taludes laterales de la Estructura (Noviembre 2005)



7.1.4 Estructura de Vertimiento Barrio Santander

Las personas arrojan basuras y escombros sobre los taludes de la estructura de vertimiento (FIGURA 30) y de continuar se podría llegar a afectar la estabilidad de las paredes y placas del canal, si se llegaran a cargar con grandes volúmenes de basuras y escombros debido a que no están diseñadas para soportar esfuerzos horizontales.

FIGURA 30 Desechos de basuras y escombros E-V Barrio Santander (Noviembre 2005)



8. MEDIDAS DE MITIGACION Y PREVENCION DE EVENTOS

En este capitulo se darán las pautas para el desarrollo de medidas de mitigación de amenazas y prevención de eventos que llevarían a ocasionar daños físicos y funcionales en las Estructuras de Vertimiento.

Se tomaron en cuenta la ubicación de la Estructura, la condición actual, identificando previamente la amenaza a la que esta expuesta y el impacto al cual estaría sometida la Estructura.

8.1 Medidas de Emergencia y Mitigacion

Se debe tener en cuenta que existen dos tipos de medida, medidas de emergencia y medidas de mitigación, las primeras se deben realizar cuanto antes con un plazo no mayor de 1 año, y las medidas de mitigacion se pueden realizar en un plazo de 5 años.

Tabla 80 Matriz de Medidas de Migitación y Emergencia para Cada una de las Estructuras de Vertimiento

MATRIZ DE EMERGENCIA Y MITIGACIÓN				
Estructura de Vertimiento	Medidas de Emergencia	Costo*	Medidas de Mitigación	Costo*
El Caney	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Reforzar el cerramiento de la Estructura que se encuentra en postes de cemento y alambre de púas con malla de acero, debido a que se están desarrollando quemas sobre la estructura que afectan el estado del concreto. 	\$4,000.000	Realizar los estudios pertinentes para evaluar el daño en la resistencia del concreto causado por las altas temperaturas a las que se somete durante las quemas.	\$2,000.000
	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Desarrollar podas periódicas de las zonas aledañas a la estructura para tener un acceso rápido y eficaz ante la eventualidad de una emergencia. 	\$2,500.000		
Calle Sexta	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Hacer mantenimiento a la vía que conduce a la Estructura, para que haya un acceso permanente en caso de una emergencia. 	\$3,000.000	Realizar un diagnostico estructural, que permita evaluar el verdadero grado de afectación que puedan tener las grietas que se observan en los tanques disipadores.	\$2,000.000
	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Realizar actividades periódicas de poda en las inmediaciones de la estructura, ya que junto a ella crecen árboles de gran tamaño, que de caer en la estructura alterarían el funcionamiento hidráulico. 	\$1,000.000		

	<ul style="list-style-type: none"> Reforestar y desarrollar las obras de contención necesarias para mantener controlado el problema de erosión en la parte baja en la entrega de la estructura 	\$4,000.000		
--	---	-------------	--	--

MATRIZ DE EMERGENCIA Y MITIGACIÓN				
Estructura de Vertimiento	Medidas de Emergencia	Costo*	Medidas de Mitigación	Costo*
Barrio Gaitan	Realizar podas periódicamente de la vegetación que crece en los alrededores de la estructura para evitar que las raíces de los árboles afecten el concreto de la estructura.	\$2,500.000	Realizar un diagnostico estructural, que permita evaluar el verdadero grado de afectación que puedan tener los agrietamientos observados en el canal de entrega a la quebrada.	\$2,000.000
Barrio Nariño	Erradicar los arbustos sembrados sobre la placa de la estructura ya que las raíces pueden estar afecto el concreto.	\$500.000	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar los procesos legales que permitan reubicar las construcciones sobre la estructura, para evitar que en un futuro se construyan edificaciones de mayor envergadura, que pongan en riesgo su estabilidad. 	\$4,000.000
			<ul style="list-style-type: none"> Construir un cerramiento en malla de acero (altura 2m) que aislé la estructura y restrinja el acceso de las personas. 	\$8,500.000
Cosagras	Desarrollar programas de reforestación y	\$7,000.000	Recuperar el recubrimiento en concreto del canal	\$1,500.000

	realizar las obras necesarias para mantener controlada la erosión que se presenta en la parte baja de la estructura, en la entrega a la quebrada.		en gaviones, ya que se encuentra deteriorado en algunas zonas y así evitar que las aguas corroan el acero del gavión.	
--	---	--	---	--

MATRIZ DE EMERGENCIA Y MITIGACIÓN				
Estructura de Vertimiento	Medidas de Emergencia	Costo*	Medidas de Mitigación	Costo*
Barrio Santander	Desarrollar actividades periódicas de poda del área donde se encuentra la estructura, ya que la vegetación crece muy cerca de ella y las raíces están afectando el concreto y las paredes de ladrillo.	\$4,000.000	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Reforzar el cerramiento existente en postes de cemento y alambre de púas del área donde se encuentra la estructura con malla de acero que impida el acceso de personas, debido a la gran cantidad de basuras y escombros, que arrojan sobre ella, las cuales pueden ocasionar una sobrecarga sobre las paredes del canal que están construidas en ladrillo. ✦ Reemplazar la estructura que se encuentra en mampostería por una en concreto reforzado. 	\$20,000.000
				\$1000,000.000

La Joya III	<ul style="list-style-type: none"> Reforzar el cerramiento de la Estructura ya que los habitantes del sector han utilizado los taludes adyacentes como botadero de escombros y basura. 	\$11,000.000	Reemplazar la estructura que se encuentra en mampostería por una en concreto reforzado.	\$680,000.000
	<ul style="list-style-type: none"> Realizar actividades de reforestación y obras de contención que permitan controlar el avance de la erosión sobre los taludes adyacentes y en la parte de la estructura que entrega a la quebrada 	\$150,000.000		

MATRIZ DE EMERGENCIA Y MITIGACIÓN				
Estructura de Vertimiento	Medidas de Emergencia	Costo*	Medidas de Mitigación	Costo*
Joya I	<ul style="list-style-type: none"> Reforzar el cerramiento de la Estructura con malla de acero, ya que los habitantes del sector han utilizado los taludes adyacentes 	\$5,000.000	Concluir la totalidad de las obras de reposición de los muros en ladrillo del canal por muros en concreto, es conveniente que esta estructura en su	\$600,000.000

	<p>como botadero de escombros y basura.</p> <p>+ Realizar actividades de reforestación y obras de contención que permitan controlar el avance de la erosión sobre los taludes adyacentes y en la parte de la estructura que entrega a la quebrada</p>	\$3,500.000	totalidad sea de concreto incluyendo los canales de entrega a la quebrada.	
Gómez Niño	Realizar un mantenimiento preventivo a la vía de acceso para llegar con facilidad en caso de una emergencia.	\$1,000.000	Controlar las pequeñas fisuras en el canal de gaviones que entrega a la quebrada el Loro. Para evitar posibles daños futuros en los canales.	\$1,500.000
San Miguel I	Colocar la tapa sobre el pozo tipo vortice que se encuentra al final de la estructura	\$150.000	Recuperar el recubrimiento en concreto sobre el canal escalonado en gaviones que entrega las agua a la quebrada el Loro, para evitar que el acero de la malla sufra corrosión a causa de las aguas negras.	\$1,500.000

MATRIZ DE EMERGENCIA Y MITIGACIÓN				
Estructura de Vertimiento	Medidas de Emergencia	Costo*	Medidas de Mitigación	Costo*
San Miguel II	Recuperar el recubrimiento del Canal	\$2,000.000	Reemplazar los gaviones destruidos del	\$2,000.000

	escalonado de descarga de la Estructura, ya que el estado de daño es avanzado y en algunos casos es necesario repararlo debido a que se encuentra fracturado el gavión.		canal escalonado de entrega a la quebrada el Loro	
Ciudadela	Reemplazar los gaviones del canal de entrega de la estructura que se encuentran caídos sobre la margen de la quebrada, ya que adyacente a ellos se encuentra la única vía de acceso a esta estructura y algunas otras sobre la quebrada la Rosita	\$9,000.000	Realizar un diagnostico del estado del concreto de la estructura Rápida-Lisa para determinar el grado socavación hecho por las aguas negras durante los años de servicio de la estructura, para determinar las obras de mejoramiento y optimización de esta E-V.	\$2,000.000
Barrio Mutis	✦ Cambiar la estructura de entrega a la quebrada la Rosita ya que se encuentra parcialmente destruida.	\$7,000.000	Realizar campañas de reforestación y obras de contención sobre los taludes aledaños a la estructura que permitan controlar la erosión.	\$38,000.000
	✦ Realizar mantenimiento a la vegetación aledaña a la estructura debido a que están cayendo ramas y troncos que obstruyen el canal de entrega.	\$3,000.000		
La Presentación	Esta Estructura se encuentra dentro del parque Ecológico la Flora y no presenta ninguna observación importante, se debe continuar con el mantenimiento echo desde que se construyo el parque la Flora			

MATRIZ DE EMERGENCIA Y MITIGACIÓN				
Estructura de Vertimiento	Medidas de Emergencia	Costos*	Medidas de Mitigación	Costos*
La Puerta del Sol			Reemplazar los muros en mampostería del canal escalonado por muros de concreto reforzado.	\$82,000.000
La Salle	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Reconstruir el muro en gaviones de la canalización de la quebrada La Iglesia, en la entrega de la estructura. 	\$2'000.000	Finalizar la construcción del interceptor sanitario paralelo a la canalización La Iglesia, para que las aguas negras no descarguen en el canal.	\$250,000.000
	<ul style="list-style-type: none"> ✦ Reforestar y construir un sistema de drenaje para controlar la erosión que se esta generando en la parte baja de la entrega. 	\$2,000.000		
La Victoria	Realizar limpieza de los canales de aguas lluvias, aledaños a la Estructura, ya que se encuentran obstruidos y las aguas corren por la escarpa generando problemas de erosión.	\$2,000.000	Realizar los estudios pertinentes que muestren el estado real de los box culvert existente en esta estructura ya que presentan una edad mas avanzada a la del resto de la estructura	\$2,000.000
Calle 61	Realizar un mantenimiento continuo de poda de la vegetación cercana a la estructura, para tener un acceso constante en caso de una emergencia.	\$1,500.000	Recuperar el revestimiento en concreto sobre los gaviones, para evitar que se corroa el acero, por el contacto con las aguas negras.	\$3,000.000

MATRIZ DE EMERGENCIA Y MITIGACIÓN				
<i>Estructura de Vertimiento</i>	<i>Medidas de Emergencia</i>	<i>Costos*</i>	<i>Medidas de Mitigación</i>	<i>Costos*</i>
<i>Barrio Bucaramanga</i>	Desarrollar los procesos legales para que el propietario de los terrenos aledaños a la estructura permita el ingreso del personal de manteniendo de la CDMB	\$5,000.000		
<i>La Guacamaya</i>	Desarrollar programas de reforestación y obras de contención para controlar el aumento de la erosión del talud donde se encuentra la estructura.	\$24,000.000	Realizar las obras de reforzamiento estructural necesarias para mejorar la entrega de la quebrada que se encuentra en zona de Coluvión.	\$17,000.000

* Los Costos fueron calculados con los ITEMS y Precios de la CDMB, las cantidades de obra fueron medidas en los planos. Por lo que estos son costos aproximados y es necesario realizar un presupuesto detallado.

8.2 Matriz de Vulnerabilidad

Para realizar una evaluación de la vulnerabilidad de las estructuras de Vertimiento anteriormente estudiadas, se pondero de acuerdo al grado de impacto que tiene cada amenaza, un 50% para la amenaza sísmica, un 40% para la amenaza por deslizamiento y un 10% para las amenazas antropicas. Antes de desarrollar esta ponderación se procedió a unificar cada una de las calificaciones, tanto las realizadas en el análisis de vulnerabilidad sísmica como las realizadas en el análisis de vulnerabilidad por deslizamiento, para el caso de la vulnerabilidad antropica se le da un valor de 1 para las que no poseen y un valor de 10 para las que tienen alguna amenaza. La unificación de calificaciones se muestra en la Tabla 81.

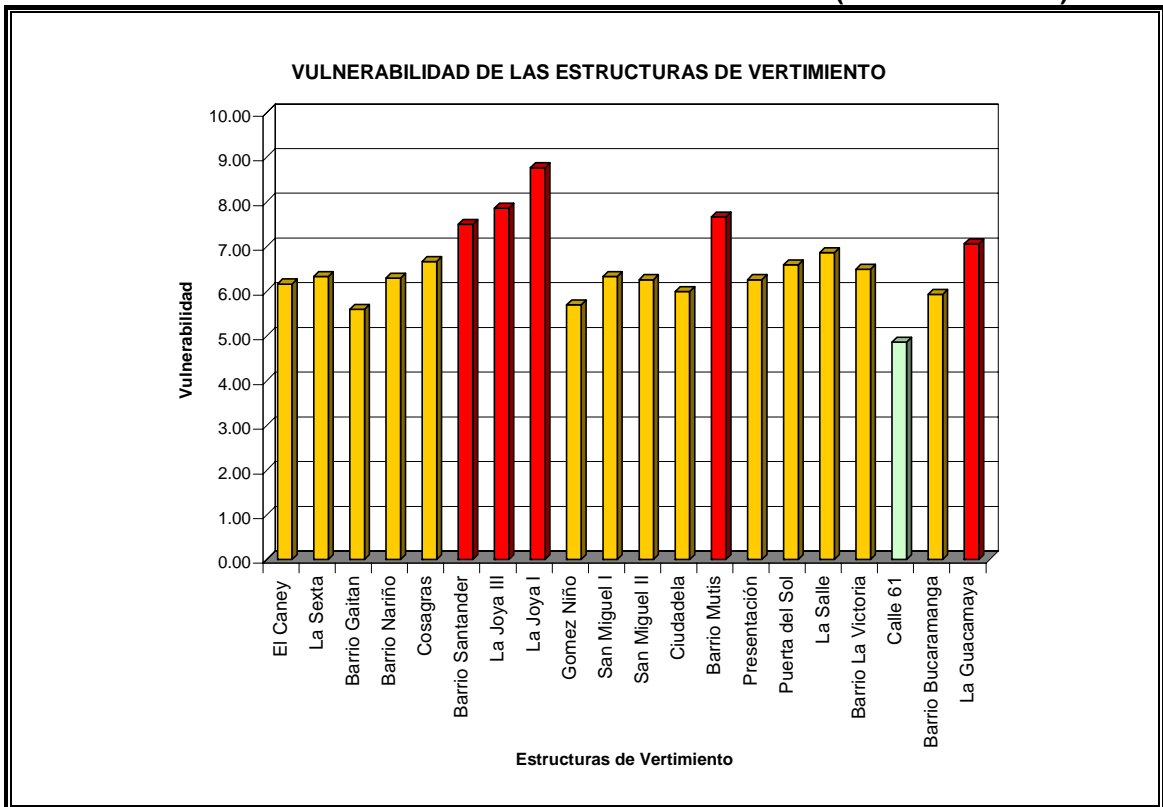
Tabla 81 Vulnerabilidad de las Estructuras de Vertimiento

	50%	40%	10%	
Estructura de Vertimiento	Vulnerabilidad Sísmica	Vulnerabilidad a deslizamiento	Vulnerabilidad Antropica	Vulnerabilidad Total
El Caney	5.3	6.24	10	6.16
La Sexta	6.7	7.24	1	6.33
Barrio Gaitan	6.0	6.24	1	5.60
Barrio Nariño	6.0	5.74	10	6.30
Cosagras	7.3	7.24	1	6.66
Barrio Santander	8.0	6.24	10	7.50
La Joya III	9.7	7.24	1	7.86
La Joya I	9.7	7.24	10	8.76
Gomez Niño	7.0	5.24	1	5.70
San Miguel I	6.7	7.24	1	6.33
San Miguel II	7.3	6.24	1	6.26
Ciudadela	6.8	6.24	1	6.00
Barrio Mutis	9.3	7.24	1	7.66
Presentación	7.3	6.24	1	6.26
Puerta del Sol	8.0	6.24	1	6.60
La Salle	8.1	6.74	1	6.86
Barrio La Victoria	7.4	6.74	1	6.50
Calle 61	5.3	5.24	1	4.86
Barrio Bucaramanga	6.7	6.24	1	5.93
La Guacamaya	8.1	7.24	1	7.06

Se realizó una ponderación y se promedió para obtener una vulnerabilidad total, definiendo que para valores menores de 5, se tiene una vulnerabilidad baja, para valores entre 5 y 7 una vulnerabilidad media y para valores mayores de 7 se tiene una vulnerabilidad alta.

Encontramos que el 25 % del total de las estructuras posee una vulnerabilidad Alta, solamente un 5% posee una vulnerabilidad baja (una sola Estructura) y el resto se encuentra en el grupo de vulnerabilidad media. (Ver figura 31).

FIGURA 31 Vulnerabilidad de las Estructuras de Vertimiento (Grafica de Barras)



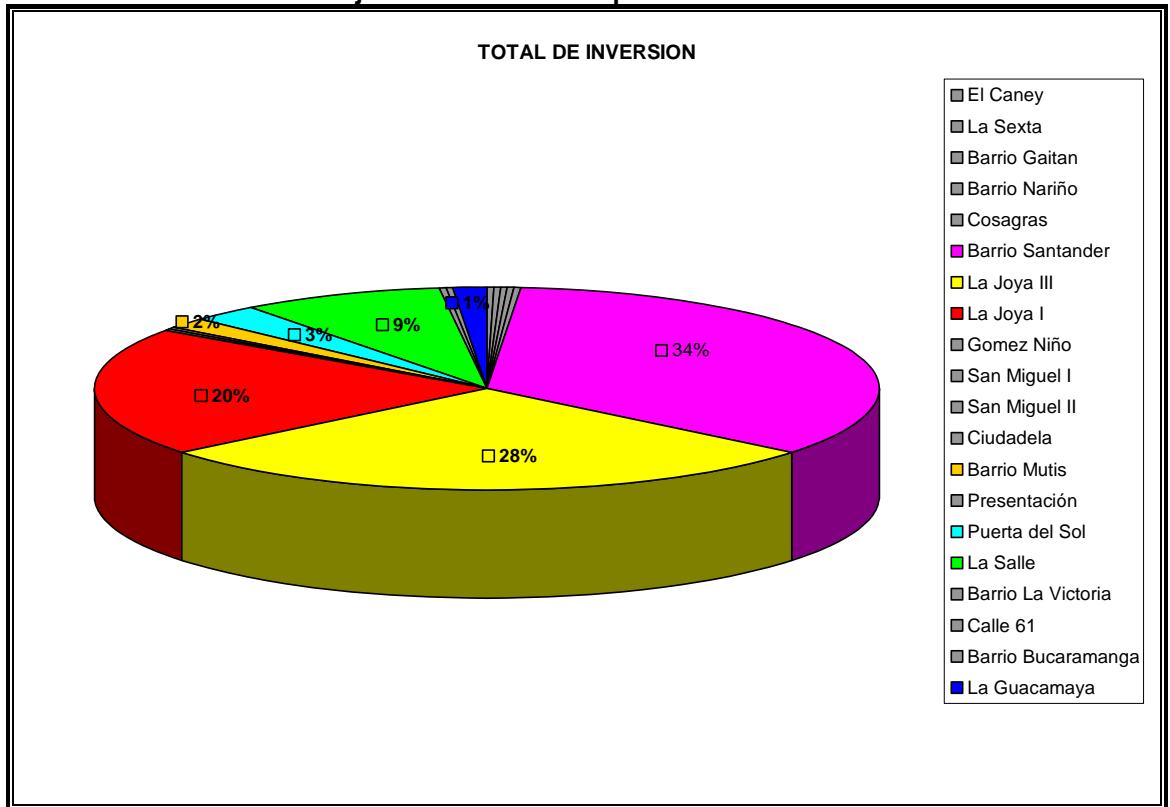
En la Tabla 82 se muestran los costos totales aproximados de cada una de las medidas de mitigación y emergencia para las 20 estructuras de Vertimiento.

TABLA 82 Inversiones para cada una de las Estructuras de Vertimiento

Estructura de Vertimiento	Vulnerabilidad	Inversion en Millones de Pesos		
		Inversion a 1 año (Emergencia)	Inversion a 3 años (Mitigación)	Inversion Total
El Caney	6.16	6.5	2	8.5
La Sexta	6.33	8	2	10
Barrio Gaitan	5.60	2.5	2	4.5
Barrio Nariño	6.30	0.5	12.5	13
Cosagras	6.66	7	1.5	8.5
Barrio Santander	7.50	4	1020	1024
La Joya III	7.86	161	680	841
La Joya I	8.76	8.5	600	608.5
Gomez Niño	5.70	1	1.5	2.5
San Miguel I	6.33	0.15	1.5	1.65
San Miguel II	6.26	2	2	4
Ciudadela	6.00	9	2	11
Barrio Mutis	7.66	10	38	48
Presentación	6.26	0	0	0
Puerta del Sol	6.60	0	82	82
La Salle	6.86	4	250	254
Barrio La Victoria	6.50	2	2	4
Calle 61	4.86	1.5	3	4.5
Barrio Bucaramanga	5.93	5	0	5
La Guacamaya	7.06	24	17	41

En la figura 32 se muestra el total de la inversión y que porcentaje que de este se necesita para cada una de las estructuras, se puede observar que el 82% del total de la inversión solo se utilizaría las estructuras del Barrio Santander, La Joya III, y la Joya I. Esta inversión representa el cambio de la estructura de mampostería a concreto reforzado.

FIGURA 32 Porcentaje de Inversión Total para cada Estructura de Vertimiento



CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

La amenaza sísmica presente para los colectores principales sobre la meseta se puede dividir en una media para los colectores que están sobre la zona 2 y alta para los colectores presentes en la zona 3 que corresponde a rellenos.

En el caso de los colectores tan solo los ubicados en la zona 1 presentan una amenaza sísmica media los restantes presentan una amenaza sísmica alta, esto se debe principalmente a que la zona 1 esta constituida principalmente por depósitos de roca de la formación Girón (1G) y estos permiten aceleraciones máximas no mayores a los 0.6 g y la forma espectral es muy similar a la propuesta por la NSR-98.

En el especto sísmico encontramos que existen un porcentaje de 70% de estructuras que se encuentran bajo una vulnerabilidad media y un 30% se encuentra bajo una vulnerabilidad Alta, las estructura que presentan vulnerabilidad alta tienen como predominante que están construidas en materiales poco resistentes a un sismo, como lo son las E-V Joya I y Joya III y la E-V la Puerta del Sol y E-V Barrio Santander. Las otras E-V como La Salle, E-V Mutis y la E-V Guacamaya, aunque están construidas en materiales mas resistentes presentan una alta vulnerabilidad porque se encuentran ubicadas en zonas peligrosas como rondas de río y coluviones, donde los materiales del suelo permiten aceleraciones del terreno muy elevadas.

Existe una incógnita muy grande en el aspecto de diseño sísmico de las estructuras, estas en su totalidad fueron construidas antes de la primera norma sismorresistente en el año de 1984, y la información sobre planos constructivos y

Memorias de cálculo se encuentra muy fraccionada e incompleta, por tal motivo es importante realizar un estudio más completo sobre el diseño hecho en esa época y el comportamiento sísmico de cada una de las estructuras

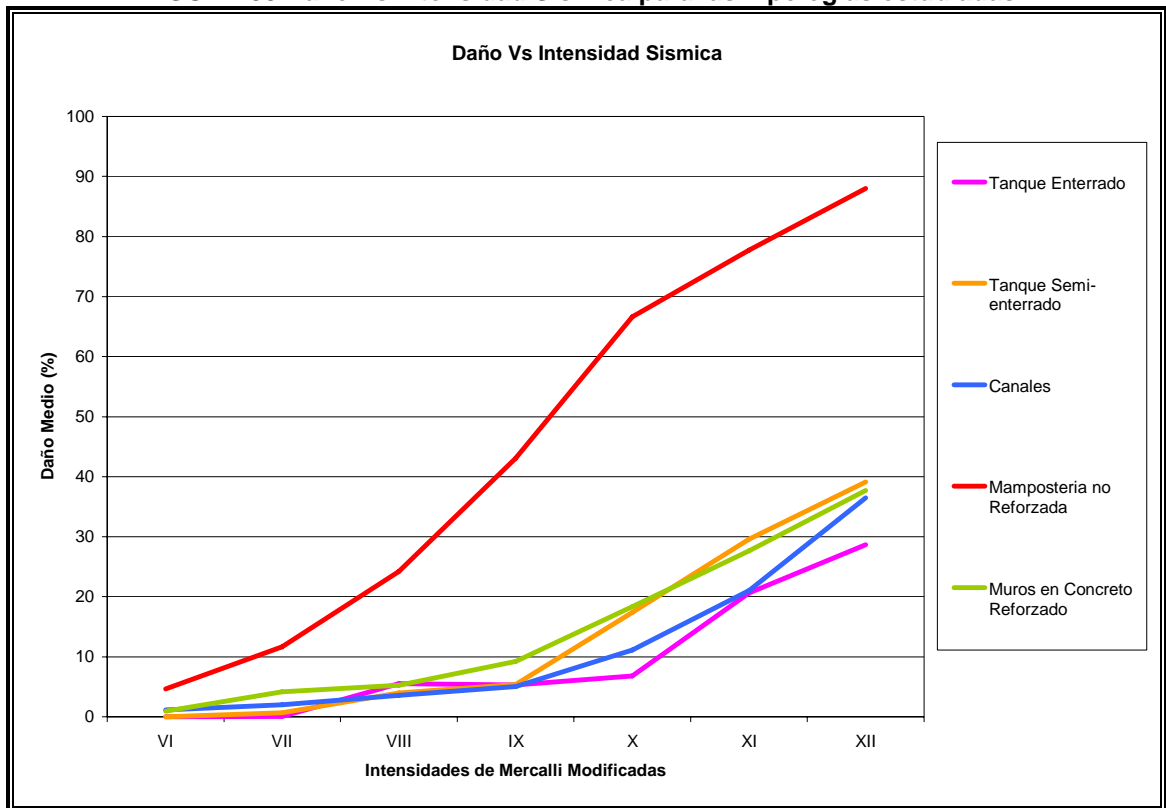
En la evaluación general echa para los colectores principales de la meseta y para los tramos de tubería de las Estructuras de Vertimiento la mayor preocupación proviene de los desplazamientos laterales que se generan debido a un sismo, esto puede desacoplar los tramo tubería haciendo que las uniones fallen, este evento produciría un escape del agua transportada provocando que el suelo pierda estabilidad por saturación del material, lo que posteriormente generaría un perdida del suelo de soporte de la tubería y un Deslizamiento en las tuberías de las estructuras de vertimiento que están en un talud. Se recomienda construir marcos tipo H en las zonas más vulnerables para evitar estos tipos de desplazamientos.

Encontramos que para sismos con intensidades de Mercalli VII (magnitudes entre 5.5 y 6.9 de Richter) los daños son despreciables para cada tramo de tubería. Para una intensidad de Mercalli de IX (magnitudes entre 6.2 a 6.9 de Richter) existe un promedio de 30 roturas por kilómetro de colector examinado, aproximadamente cada 33 metros de colector presentaría una rotura o falla.

Por lo contrario para sismos con intensidades de Mercalli entre X y XI (magnitudes entre 7 y 7.3 de Richter) los daños son muy elevados sobrepasando las 200 roturas de tubería por kilómetro de conducción, es decir una rotura cada 5 metros lo que significa el colapso total de la estructura.

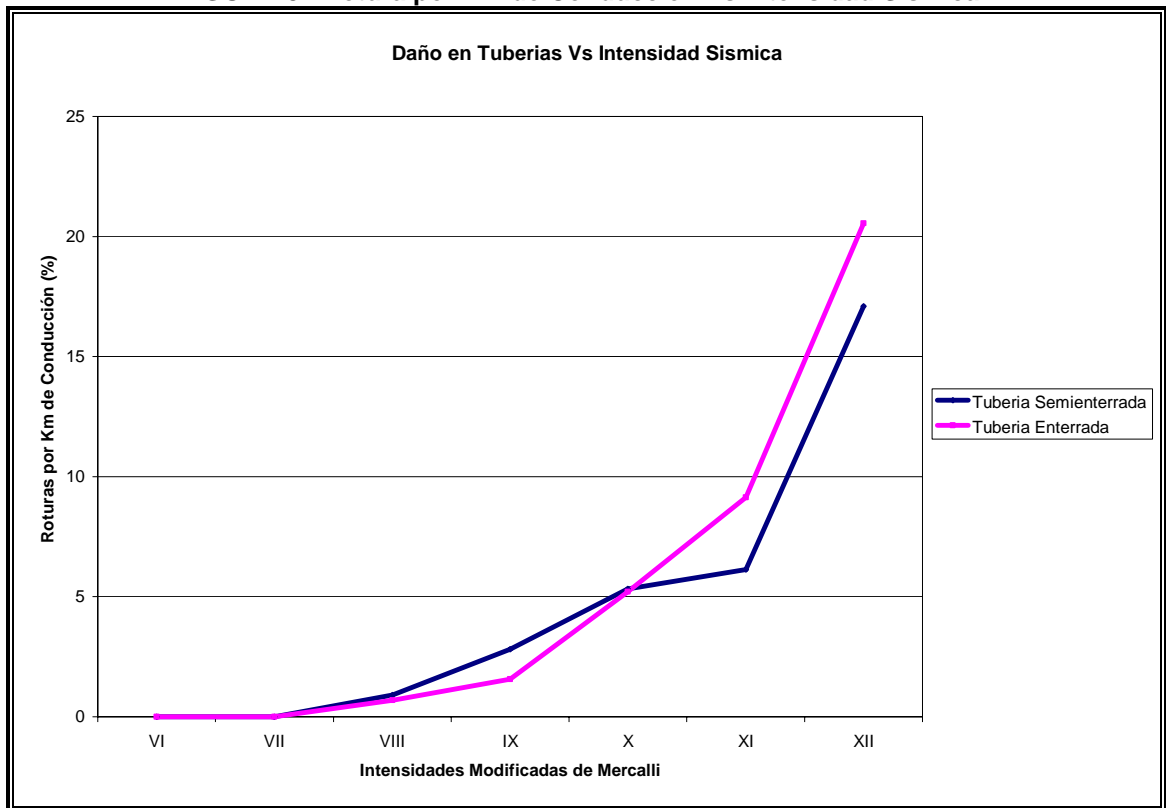
Los colectores que más sufren daños son los ubicados en la zona de llenos que son el colector de la Avenida La Rosita, y el colector de la Calle 53.

FIGURA 33 Daño Vs Intensidad Sísmica para las Tipologías estudiadas



En la figura 33 y 34 se compara el daño para cada una de las tipologías estudiadas. Observamos que para: tanques, canales y muros en concreto reforzado se presentan un comportamiento en daños similar entre sí, La tipología que más sufre daños por acción sísmica son los muros de mampostería no reforzada, llegando al 87% de daño para una intensidad de XII.

FIGURA 34 Rotura por Km de Conducción Vs Intensidad Sísmica



Se encontró que el 20% del total de las Estructuras de Vertimiento presentan afectación directa de actividades desarrolladas por el hombre, estas actividades generan un alto impacto en el aumento de la vulnerabilidad de estas estructuras, debido a que desencadenan amenazas mayores como deslizamientos y debilitamientos estructurales en el momento de la ocurrencia de un sismo.

**FIGURA 35 Deslizamiento de Tierra sobre la Canalización de la Quebrada el Loro
(Septiembre 2005)**



Realizada la evaluación de la susceptibilidad de las Estructuras de vertimiento, ante la ocurrencia de un deslizamiento, se encontró que el 15% de las estructuras están ubicadas en zonas que presentan una BAJA susceptibilidad de ocurrencia de un deslizamiento, favorecidas por las características geológicas y geotécnicas, que se suma al uso adecuado del suelo hecho por el hombre. Las Estructuras de Vertimiento que presentan una susceptibilidad baja a deslizamientos son la GOMEZ NIÑO, SAN MIGUEL I y CALLES 61 Y 63.

Las estructuras que presentan una susceptibilidad MEDIA a la ocurrencia de un deslizamiento son EL CANEY, BARRIO GAITAN, BARRIO NARIÑO, BARRIO SANTANDER, SAN MIGUEL II, CIUDADELA, LA PRESENTACIÓN, PUERTA DEL SOL, LA SALLE y LA VICTORIA., las cuales equivalen a un 50% de las

estructuras. En algunas de estas estructuras ya se observan pequeños deslizamientos ocasionados por la erosión y las características geológicas de cada zona, sumado en algunos casos a los problemas de socavación que se originan por tuberías que descargan las aguas directamente sobre la escarpa, problema que se evidencia a lo largo de las Quebradas La Rosita y El Loro (Ver FIGURA 35, 36,37 y 38). Donde ya se observan fisuras en los muros de las estructuras, debido a estos pequeños deslizamientos.

FIGURA 36 Fractura en el Recubrimiento del canal de descarga E-V San Miguel I (Septiembre 2005)



FIGURA 37 Entregas de agua sin Canalizar sobre la Quebrada la Rosita (Septiembre 2005)



Un grado de susceptibilidad ALTA a la ocurrencia de deslizamientos presentan las Estructuras de Vertimiento CALLE 6ª, COSAGRAS, LA JOYA III. LA JOYA I, BARRIO MUTIS, BARRIO BUCARAMANGA y LA GUACAMAYA, con una equivalencia del 35% del total de las estructuras.

FIGURA 38 Movimiento de Masa que produjo el desplazamiento del Gavión del canal de descarga de la E-V Ciudadela (Septiembre 2005)



Dentro de este grupo de estructuras con una alta susceptibilidad a deslizamientos, La Estructura de Vertimiento La JOYA I se encuentra actualmente en reparación en uno de sus tramos debido a un alud de tierra alimentado por escombros y basuras que sumado a la susceptibilidad del terreno produjeron su colapso.

FIGURA 37 Daños en el Canal de Entrega de la E-V Barrio Mutis (Septiembre 2005)



La Estructura de Vertimiento del BARRIO MUTIS se encuentra parcialmente destruida en la entrega a la quebrada debido a un deslizamiento ocasionado por las fuertes lluvias ocurridas en los primeros meses del año 2005.

El 29% de las estructuras que presentan susceptibilidad ALTA han tenido un colapso parcial de la estructura. (Ver FIGURA 37 y 38)

FIGURA 38 Deterioro de las paredes del canal de entrega de la E-V Barrio Mutis (Septiembre 2005)



Con la consecución de los planes de Mitigación Y Emergencia, se lograra que las estructuras que presentaban una Vulnerabilidad alta, pasen a una Vulnerabilidad media y las que se encontraban en el nivel medio de Vulnerabilidad se mantengan en este nivel.

En el presupuesto para cada una de las medidas de Mitigación y Emergencia, se encontró que las Estructuras de Vertimiento que presentan una Vulnerabilidad alta, requieren de mayores inversiones para disminuir su Vulnerabilidad, pero a su vez son las que presentan un mayor porcentaje de disminución de la misma, mientras que en Estructuras de Vertimiento que requieren inversiones menores, el porcentaje de disminución de la Vulnerabilidad es mínimo o en algunos casos es nulo.

Por lo cual se recomienda iniciar las inversiones en las Estructuras de Vertimiento que presenta un grado alto de Vulnerabilidad, ya que la disminución es significativa. (Ver Tabla 83).

Tabla 83 Disminución de la Vulnerabilidad después de la Inversión

Estructura de Vertimiento	Vulnerabilidad	Inversion Total (en Millones)	Vulnerabilidad despues de la Inversion	% de Reduccion de Vulnerabilidad
<i>El Caney</i>	6.16	8.5	5.26	14.6
<i>La Sexta</i>	6.33	10	5.25	17.1
<i>Barrio Gaitan</i>	5.60	4.5	5.60	0.0
<i>Barrio Nariño</i>	6.30	13	5.40	14.2
<i>Cosagras</i>	6.66	8.5	5.60	15.9
<i>Barrio Santander</i>	7.50	1024	5.60	25.3
<i>La Joya III</i>	7.86	841	5.60	28.8
<i>La Joya I</i>	8.76	608.5	5.60	36.1
<i>Gomez Niño</i>	5.70	2.5	5.70	0.0
<i>San Miguel I</i>	6.33	1.65	6.33	0.0
<i>San Miguel II</i>	6.26	4	6.26	0.0
<i>Ciudadela</i>	6.00	11	6.00	0.0
<i>Barrio Mutis</i>	7.66	48	6.40	16.5
<i>Presentación</i>	6.26	0	6.26	0.0
<i>Puerta del Sol</i>	6.60	82	5.60	15.1
<i>La Salle</i>	6.86	254	6.86	0.0
<i>Barrio La Victoria</i>	6.50	4	6.50	0.0
<i>Calle 61</i>	4.86	4.5	4.86	0.0
<i>Barrio Bucaramanga</i>	5.93	5	5.93	0.0
<i>La Guacamaya</i>	7.06	41	6.90	2.3

BIBLIOGRAFIA

INGEOMINAS-CDMB (2.002). Microzonificación Sismogeotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga, Bucaramanga.

ALCALDÍA DE BUCARAMANGA (2004). Plan de Ordenamiento Territorial, Municipio de Bucaramanga, Bucaramanga.

GOBERNACION DE SANTANDER, Observatorio de Salud de Santander, Desastres por inundaciones y deslizamiento. Bucaramanga Febrero 2005.

ASOCIACIÓN DE INGENIERÍA SÍSMICA (1.998). Normas Colombianas de Diseño y Construcciones Sismo Resistentes, NSR-98, Bogotá.

OPS-OMS: ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD-ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Guías para el análisis de vulnerabilidad., 1998, Washington DC.

OPS-OMS: ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD-ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.

Emergencias y desastres en sistemas de agua potable y saneamiento. Guía para una respuesta eficaz., 2001, Washington D.C. 84 Pág.

OPS-OMS: ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD-ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.

Manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable. 2ª edición, 2000 Washington, D.C. 89 Pág.

DESLIZAMIENTO Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS TROPICALES
Jaime Suárez Díaz 1998 Bucaramanga, 540

APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL ATC-13, *Earthquake damage evaluation data for California*, 1.985 CALIFORNIA

DIAGNÓSTICO DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA Y FUNCIONAL DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE SANTA ROSA DE CABAL Juan Diego Narváez Osorio, Risaralda, 2002. 151 Pág.

REYES MAURICIO, Implementación del Modulo SIG para el control de erosión en el Area Metropolitana de Bucaramanga, Proyecto de Grado con la CDMB, Bucaramanga 1999.

CORTES, W. L. Desarrollo de una metodología para la evaluación sismorresistente de edificaciones antiguas en tapia pisada y adobe. Tesis (Ingeniería Civil). Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, 2002. Bucaramanga.

CDMB, Planos de las Estructuras de Vertimiento, Centro de Información Técnica, Control de Erosión Planoteca 7

RIESGO EN LA ZONA ANDINA TROPICAL POR LADERAS INESTABLES SISMO Y VOLCANES Pagina de Internet
www.geocities.com/gonzaloduquee/zona_tropical_andina